

ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СУРГУУЛЬ
ДИСПЕТЧЕРИЙН ҮНДЭСНИЙ ТӨВ ХХК

“УХААЛАГ ЭРЧИМ ХҮЧ- ОЮУТНЫ ОРОЛЦОО”

ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СУРГУУЛИЙН
бакалавр, магистр, доктор оюутны эрдэм шинжилгээний бага хурал

№ 26/253

Улаанбаатар хот
2019.03.29-30

ИЛТГЭЛҮҮДИЙН ЭМХЭТГЭЛ

Улаанбаатар хот
2019 он

DDC
621,31'015
Б-207

© БАКАЛАВР, МАГИСТР, ДОКТОР ОЮУТНЫ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛИЙН
ЭМХЭТГЭЛ № 26/253

ЭХС-д суралцаж буй бакалавр, магистр, доктор оюутнуудын эрдэм шинжилгээний хурлыг зохион байгуулахад гүн туслалцаа үзүүлж хамтран ажиллаж буй “ДИСПЕТЧЕРИЙН ҮНДЭСНИЙ ТӨВ” ХХК-ийн хамт олонд нийт оюутнуудынхаа нэрийн өмнөөс гүн талархал илэрхийлж ажлын өндөр амжилт хүсэн ерөөе.

Энэхүү илтгэлүүдийн эмхэтгэлд ШУТИС-ийн ЭХС-д суралцаж буй нийт бакалавр, магистр, доктор оюутнуудын эрдэм шинжилгээ, судалгааны ажлын явц, зарим үр дүнг илэрхийлсэн илтгэлүүдийг нэгтгэн оруулсан болно.

Хэвлэлд бэлдэж ирүүлсэн материалуудыг нэгтгэхдээ зохиогчийн санааг огт өөрчлөөгүй боловч зарим үг үсэг, зураг схемийн хэмжээг өөрчилсөн ба ямар нэгэн алдаа гарсан бол зохиогчоос нь хүлцэл өчье.

“УХААЛАГ ЭРЧИМ ХҮЧ – ОЮУТНЫ ОРОЛЦОО” бакалавр, магистр, доктор оюутны эрдэм шинжилгээний бага хурал. // Илтгэлүүдийн эмхэтгэл. УБ.: 2019 – 303 х.

хэвлэлийн редактор доктор Д.Даваацэрэн.

Эрдэм шинжилгээний хурал бага зохион байгуулах комисс

Дарга: ЭХС-ийн захирал доктор, профессор Ч.Мангалжалав

Орлогч дарга: “Диспетчерийн Үндэсний төв” ХХК-ийн гүйцэтгэх захирал Г.Балжинням

Эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга: доктор Г.Бэхбат

Гишүүд: доктор Д.Даваацэрэн
доктор, дэд профессор Б.Пүрэвсүрэн
доктор, дэд профессор Ч.Улам-Оргил
доктор, дэд профессор С.Эрдэнэтуяа
доктор, дэд профессор Д.Хишигсайхан
доктор З.Баттогтох
доктор П.Бямбацогт
доктор Бя.Бат-Эрдэнэ
доктор Д.Үлэмж
ЭХС-ийн Оюутны зөвлөл

Хэвлэлийн дизайныг Д.Даваацэрэн

Хэвлэлийн эх бэлтгэсэн: док. Д.Даваацэрэн

Үсгийн гарнитур: Mogul Times New Roman

Хэвлэлийн хуудас: 18 х.х

Хэвлэсэн газар: ШУТИС-ийн Хэвлэлийн газар

Хэвлэсэн тоо: 150ш

ISBN 978-99929-4-321-4

ГАРЧИГ

1-р хэсэг. Бакалавр оюутнуудын илтгэлүүд	
НАРНЫ ЭРЧИМ ХҮЧЭЭР АЖИЛЛАХ АЯЛЛЫН КОЛЛЕКТОРУУДЫН ЗАГВАР	11
Э.Мэнд-Амар, С.Серикбай Д.Хишигсайхан	
ШӨНИЙН ДУЛААНЫ ХУРИМТЛУУРТАЙ ЦАХИЛГААН ХАЛААГУУРЫН ТУРШИЛТ, ТҮҮНИЙГ АШИГЛАХ БОЛОМЖ	13
Э. Цэндбаяр А.Түмэнбаяр	
ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМ ДЭХ ХЯНАЛТ УДИРДЛАГЫН СИСТЕМИЙГ АЧААЛАЛ ТОХИРУУЛГАД АШИГЛАХ	17
Ж.Төгөлдөр, С.Билгүүн С.Адарсүрэн	
ХОЁР ӨӨР ХОЛБОЛТЫН ТӨРӨЛТЭЙ ТРАНСФОРМАТОРУУДЫН ЗЭРЭГЦЭЭ АЖИЛЛАГААГ СУДЛАХ	20
Ж.Төгөлдөр, А.Хулан, Б.Загдхорол, Ч.Нацагдорж	
ТӨГСГӨЛӨГ ТООН ЭЛЕМЕНТ АНАЛИЗЫН АРГЫГ АШИГЛАН АЛДАГДАЛ БАГАТАЙ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙГ ЗАГВАРЧЛАХ НЬ	23
Ж.Эрдэнэхүү, Б.Буянтогтох Б.Нямбаяр	
ИНВЕРТОР АШИГЛАН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМД ХЭМНЭЛТ ГАРГАХ	28
Б.Марал-Эрдэнэ, А.Намуун П.Нансалмаа	
БАГАНУУР БОЛОН ШИВЭЭ-ОВООГИЙН НҮҮРС ТҮЛЖ БУЙ БКЗ-75-39 МАЯГИЙН ЗУУХНЫ ДХЦЭХ-НИЙ ХЭРЭГЛЭЭГ ХАРЬЦУУЛСАН МАТЕМАТИК ЗАГВАРЧЛАЛЫН СУДАЛГАА	31
Г.Өсөхбаяр, П.Нанжид, А.Мөнх-Эрдэнэ Д.Даваацэрэн	
НАРНЫ ЦАХИЛГААН ЭХ ҮҮСГҮҮР АШИГЛАН БАРИЛГЫГ ДУЛААЦУУЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА	34
Б. Мөнгөн-Очир, Э. Мягмарсүрэн П. Бямбацогт	
110 КВ-ИЙН ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ХҮЧДЭЛИЙГ СТАТИК ВАР КОМПЕНСАТОРААР ТОХИРУУЛАХ СУДАЛГАА	37
А.Балжинням Ш.Гантөмөр	
ЗУУХНЫ ГАЛЫН ХОТЛЫН СУДАЛГААНД ТӨСӨӨТЭЙН ОНОЛЫГ АШИГЛАХ	41
Х.Бөртжин Д.Даваацэрэн	
БАРИЛГЫН ДУЛААН ХАНГАМЖИД НАРНЫ ДУЛААНЫ ҮҮСГҮҮР АШИГЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА	44
Д.Сэрчин, Т.Алтангэрэл Д.Хишигсайхан	
УХААЛАГ ГЭРИЙН АВТОМАТЖУУЛАЛТЫН БАЙГАЛЬ ОРЧИНД НӨЛӨӨЛӨХ	46
Э.Билгүүн, М.Есөнтөмөр Ц.Эрдэнэцэцэг	
СААРАЛ УСЫГ ДУЛААН ХАНГАМЖИД АШИГЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА	48
Т.Пүрэвсүрэн, С.Отгонтуул, Л.Батзориг	

М.Оюун-Эрдэнэ HYBRID СИСТЕМИЙН ҮР АШГИЙН СУДАЛГАА	50
С. Энхтөмөр, Э. Давааням, О. Батсайхан Б. Загдхорол САЙЖРУУЛСАН ШАХМАЛ ТҮЛШНИЙ ТЕХНИКИЙН ШИНЖИЛГЭЭ, СУДАЛГАА	54
М.Мөнхбилгүүн Д.Балдандорж ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМИЙН ИХ АЧААЛАЛД СТАНЦУУДЫН ОРОЛЦОО БА АЧААЛЛЫН ӨСӨЛТИЙН ТООЦОО	56
П.Болдсайхан Д.Гандорж SOLAR PUMP ТЕХНОЛОГИЙГ АШИГЛАХ НЬ	61
А.Балжинням, П.Болдсайхан Ш.Гантөмөр ОФФИС ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ БАРИЛГЫН АЯНГА ХАМГААЛАЛТ, ГАЗАРДУУЛГАНД ШИНЭ ТЕХНОЛОГИ АШИГЛАСАН ҮР ДҮН	64
Л.Идэржаргал, М.Уранцэцэг Ж.Нандагсамба ЧАДЛЫН ИТГЭЛЦҮҮРИЙГ ДЭЭШЛҮҮЛЖ, ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧИЙГ ХЭМНЭХ БОЛОМЖ	66
А.Амар, М.Урангоо Ж.Нандагсамба БАЯНХОНГОР АЙМГИЙН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙГ САЙЖРУУЛАХ, АЛДАГДЛЫГ БУУРУУЛАХ СУДАЛГАА	70
Б.Гүндэгмаа Ш.Гантөмөр НЭГ ФАЗЫН ГҮЙДЭЛ ҮҮСГЭГЧ ТРАНСФОРМАТОРЫН СУДАЛГАА	74
О.Өлзийхутаг, Г.Мөнхчимэг, Б.Лхагва М.Батбаяр ЭДЦС-ЫН 0,4 КВ-ИЙН ХӨДӨЛГҮҮРИЙН ГЭМТЛИЙН СУДАЛГАА, ГЭМТЛИЙГ БУУРУУЛАХ БОЛОМЖ	77
Н.Түмэнцэнгэл М.Баттулга ТӨМӨР ЗАМЫН ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНИЙ ГАЗАРДЛАГЫН ГҮЙДЛИЙН ТООЦОО	80
О.Төгсжаргал, Ж.Занданхорол Ж.Нандагсамба 6, 10 КВ-ИЙН ХҮЧНИЙ ТРАНСФОРМАТОРЫН АШИГЛАЛТЫН ТҮВШИН ТОГТООХ	85
У.Лхагвасүрэн Ж.Нандагсамба ӨВӨРХАНГАЙ САЛБАРЫН 6-15 КВ-ИЙН ХУВААРИЛАХ ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ЭРЧМИЙН АЛДАГДЛЫН МАТЕМАТИК СТАТИСТИК ЗАГВАР	88
Ц.Давааням, Б.Пагма П.Эрхэмтөр ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНД ХЭТ ДАМЖУУЛАГЧ ТРАНСФОРМАТОР АШИГЛАХ СУДАЛГАА	93
Б.Ононхүү Ш.Гантөмөр ӨМНӨГОВЬ АЙМГИЙН ГУРВАНТЭС СУМЫН 6, 10 КВ-ИЙН ЦДАШ-ЫН ГОРИМЫН ТООЦОО	97

2-р хэсэг. Магистр оюутнуудын илтгэлүүд	
ЧОЙРЫН 6 КВ ХУВААРИЛАХ ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ТЕХНИКИЙН АЛДАГДЛЫГ БУУРУУЛСНААР ГАРАХ ҮР АШИГ	102
Э.Жаргалтуяа, Ш.Гантөмөр	
ЖУУЛЧНЫ БААЗЫН ДУЛААН ХАНГАМЖИД НАРНЫ ЭРЧИМ ХҮЧ АШИГЛАХ СУДАЛГАА	105
Б.Бат-Амгалан О.Бавуудорж	
МОНГОЛ ОРНЫ ЦАГ АГААРЫН НӨХЦӨЛД ӨНДӨР ХҮЧДЭЛИЙН ШУГАМ, ДЭД СТАНЦУУДЫН АЯНГА ХАМГААЛАЛТЫН ТООЦООНЫ ҮЗҮҮЛЭЛТИЙГ СОНГОХ ОНЦЛОГ	109
Н.Золбоо, Т.Чүлтэмжамц Ц. Эрдэнэтуяа	
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТОДА НЬЮТОНА-РАФСОНА ДЛЯ РАСЧЁТА УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	114
Г.Мөнхтуул Ш.Гантөмөр	
Virtual bench gpm-1.0 for short circuit	118
G.Munkhtuul Sh.Gantumur	
ӨНДӨР ХҮЧДЛИЙН ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ ШУГАМААС ЗАВСРЫН ЖИЖИГ ХЭРЭГЛЭГЧДИЙГ ТЭЖЭЭХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА	121
Э.Ангарагсүрэн З.Цэрэндорж	
100 МВТ-ЫН УСАН ЦЭНЭГТ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ЗАГВАРЧЛАЛЫН ҮР ДҮН	123
Ч.Бат-Эрдэнэ Б.Бат-Эрдэнэ	
ЦАХИЛГААН МАШИНЫ ХЭРЭГЛЭЭ ҮР АШГИЙН СУДАЛГАА	126
А.Мөнхжаргал Б.Сэргэлэн	
220 КВ-ЫН СОНГИНО-МАНДАЛГОВЬ ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ АГААРЫН ШУГАМЫН ГОРИМ АЖИЛЛАГАА	129
М.Сэржхорол Ш.Гантөмөр	
УБЦТС-ТӨХК-ИЙН АШИГЛАГДАЖ БАЙГАА 6-35 КВ-ИЙН КАБЕЛИЙН ГЭМТЛИЙН СУДАЛГАА	132
Б.Цолмон-Эрдэнэ Г. Бэхбат	
СҮХБААТАР – УЛААНБААТАР ХЭСГИЙН ТӨМӨР ЗАМЫН ЦАХИЛГААНЖУУЛАЛТ	136
Б. Энхтуул, О.Бумсанаа Б. Сэргэлэн	
ДУЛААНЫ ДЭД СТАНЦЫН ТОНОГЛОЛЫН АШИГЛАЛТЫН ҮР АШГИЙН СУДАЛГАА	142
Б.Цэрмаа Б.Намхайням	
УХААЛАГ СҮЛЖЭЭН ДЭХ МИКРОГРИД КОНТРОЛЛЁР УДИРДЛАГЫН СУДАЛГАА	144

Б.Энхжаргал Б.Загдхорол	
ЗУУРМАГИЙН ХЭВЛЭХ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ПИД УДИРДЛАГА, ТҮҮНИЙ ЗАГВАРЧЛАЛ	147
Б.Мөнхтуяа Б.Бат-Эрдэнэ	
LOAD FLOW ANALYSIS OF ALTAI-ULIASTAI ENERGY SYSTEM	151
G.Munkhtuul Sh.Gantumur	
QXF116/1.6/130/70 МАЯГИЙН ЗУУХНЫ АШИГТ ҮЙЛИЙН КОЭФФИЦИЕНТИЙГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ СУДАЛГАА	153
Б.Оюун-Эрдэнэ, О.Төрбат Д.Балдандорж	
ДҮРС БОЛОВСРУУЛАЛТЫН ЗАРИМ ҮР ДҮНГ ҮЙЛДВЭРИЙН ДАМЖЛАГАД АШИГЛАХ НЬ	156
Ж.Цанжидхүү, Б.Түвшинсанаа Б.Бат-Эрдэнэ	
ДЦС-4-ИЙН ХҮЧДЭЛ БА ХУУРМАГ ЧАДЛЫН ТОХИРУУЛГА	160
Б.Долгор Б.Загдхорол	
35 КВ-ИЙН ЗУУНМОД А, Б ЦДАШ-ЫН ГОРИМЫН СУДАЛГАА	163
О.Цогбаяр Ш.Гантөмөр	
БАРУУН БҮСИЙН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМД ЭРДЭНЭБҮРЭН УСАН ЦАХИЛГААН СТАНЦЫГ ХОЛБОХ ҮЕИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА	167
Б.Дэмбэрэл Ш.Гантөмөр	
ТӨМӨР ЗАМЫГ ЭРЧИМ ХҮЧЭЭР НАЙДВАРТАЙ ХАНГАХ ЗОРИЛГООР БАГАХАНГАЙ ДҮҮРЭГ 10МВТ-ЫН НАРНЫ ЦАХИЛГААН ҮҮСГҮҮР ШИНЭЭР ХОЛБОХ СУДАЛГАА	171
Б.Билгүүн, Ж.Батчимэг Б.Сэргэлэн	
СЭРГЭЭГДЭХ ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ЭХ ҮҮСГҮҮРЭЭР НЭХИЙ ЭЛДЭХ, БОЛОВСРУУЛАХ МАШИН, МЕХАНИЗМЫГ АЖИЛЛУУЛАХ ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙН СУДАЛГАА	176
Ж.Одонтуяа, О.Бумсанаа Б.Сэргэлэн	
ХОСОЛСОН ХӨДӨЛГҮҮРТ ТЭЭВРИЙН ХЭРЭГСЛЭЛИЙН УТААНЫ ХИЙ ДЭХ БОХИРДУУЛАГЧ БОДИСЫН СУДАЛГАА	180
Б.Мөнхжин З.Баттогтох	
ГОВИЙН БҮСИЙН УСНЫ НӨӨЦ, АШИГЛАЛТ, ЦААШДЫН ХАНДЛАГА	183
Б.Ялалтбаяр З. Баттогтох	
УЛААНБААТАР ХОТЫН АГААРЫН ЧАНАРЫН ХАРУУЛУУДЫН ХЭМЖИЛТИЙН ҮР ДҮНГИЙН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА	186
Л.Мөнхмандах Ё.Энх-Амгалан, З.Баттогтох	
АХУЙН БОХИР УСЫГ УРГУҮЛЭН АШИГЛАХ БОЛОМЖ, СУДАЛГАА	190
Б.Ялалтбаяр З. Баттогтох	
ТРАНЗИЕНТ ЭЛАСТОГРАФИЙН ТӨХӨӨРӨМЖӨӨР ЭЛЭГНИЙ ГОЛОМТОТ ӨӨРЧЛӨЛТИЙГ СУДАЛСАН ЗАРИМ ҮР ДҮНГЭЭС	192

Э.Должинсүрэн А.Амаржаргал ТӨРИЙН САНГААС САНХҮҮЖДЭГ УЛААНБААТАР ХОТЫН БАЙГУУЛЛАГУУДЫН ДУЛААНЫ ХЭРЭГЛЭЭ, ТООЛУУРЖУУЛАЛТЫН СУДАЛГАА	197
А.Болормаа Д.Үлэмж УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ГАЗАРДУУЛАХ БАЙГУУЛАМЖИЙН УЛИРЛЫН КОЭФФИЦИЕНТ ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГАА	200
Б.Нацагдорж Я.Содбаяр, Ц.Эрдэнэтуяа УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ХӨРСНИЙ ХУВИЙН ЭСЭРГҮҮЦЛИЙН МУЖЛАЛ	203
Т.Чүлтэмжамц Я.Содбаяр, Ц.Эрдэнэтуяа ДУЛААНЫ IV-Р ЦАХИЛГААН СТАНЦИЙН ХИМИ ЦЕХИЙН УСНЫ ХЭРЭГЛЭЭ БА БОДИС СААРМАГЖУУЛАЛТ	208
Н.Бямбажаргал З.Баттогтох БАРИЛГЫН ДУЛААНЫ АЛДАГДАЛ, СИМУЛЯЦИ ХИЙХ АРГАЧЛАЛЫН СУДАЛГАА	211
О.Тодгэрэл Д.Цэрэндолгор ДСЦТС” ХК-ИЙН 6/10 кВ-ИЙН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ГАЗАРДЛАГЫН ГҮЙДЛИЙН ТООЦОО	214
Б.Даваабаяр Г.Бэхбат ДЭД СТАНЦЫН ГАЗАРДУУЛГЫН ТООЦООНЫ АРГАЧЛАЛ БА АЛГОРИТМ БОЛОВСРУУЛАХ	218
М.Даваажанцан Ш.Гантөмөр МАТЛАБ ПРОГРАММ АШИГЛАН С2000 МИКРОПРОЦЕССОР ПРОГРАММЧЛАХ	224
Ё.Молом Б.Нямбаяр АГААРЖУУЛАЛТЫН ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ГОРИМЫН ТОХИРУУЛГЫН СУДАЛГАА	226
Э.Мөнхжаргал О.Пүрэвжал ӨНДӨР ХҮЧДЭЛИЙН ШУГАМЫН АЯНГЫН ТАСРАЛТ БА ТУЛГУУРЫН ГАЗАРДУУЛГЫН ЭСЭРГҮҮЦЛИЙН ХАМААРЛЫН СУДАЛГАА	230
Н.Золбоо, Т.Чүлтэмжамц Ц. Эрдэнэтуяа ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ 110/35/10 кВ ДЭД СТАНЦЫН ХУВААРИЛАХ БАЙГУУЛАМЖИЙН ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫ СУДАЛГАА	236
Г.Батцэцэг С.Эрдэнэтуяа ДЦС-3 –ЫН ИЛ ХУВААРИЛАХ БАЙГУУЛАМЖ ОРЧМЫН ЦАХИЛГААН БА СОРОНЗОН ОРНЫ ТАРХАЛТ	239
М.Бямбажав, Э.Энхбаяр Б.Бат-Эрдэнэ, М.Баттулга	

ЧОЙБАЛСАНГИЙН ДЦС-ЫН 50 МВТ-ЫН ӨРГӨТГӨЛИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА	241
Б.Пүрэвхүү Ч.Улам-Оргил	
БУЛГАНЫ 110 КВ-ИЙН ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ЭРЧМИЙН АЛДАГДЛЫН СУДАЛГАА	244
Б.Лхагвадорж Д.Содномдорж	
МЕХАНИК АРГААР ШУГАМ ХООЛОЙГ ЦЭВЭРЛЭХ, НАСЖИЛТЫГ УРТАСГАХ СУДАЛГАА	246
Н.Нямхүү О.Пүрэвжал	
БКЗ-75-39 ФБ ЗУУХНЫ ГАЛЫН ХОТЛЫН СИМУЛЯЦИЙН АЭРОДИНАМИК СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН	249
Б.Дөлгөөн, Б.Бум-Эрдэнэ, Б.Энх-Оргил Д.Даваацэрэн	
С50-8.83/0.294 ТУРБИНЫ ХЯНАЛТ, УДИРДЛАГА ХАМГААЛАЛТЫН СИСТЕМ	253
Д.Сэлэнгэ Ц.Эрдэнэцэцэг	
МАНДАЛГОВЬ ХОТЫН АХУЙН БОХИР УСЫГ ЦЭВЭРЛЭХ ТЕХНОЛОГИ	257
Д.Ганцацрал З.Баттогтох	
ҮЙЛДВЭРИЙН УУРЫГ ҮР АШИГТАЙ ХЭРЭГЛЭХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА	259
Г.Амарсүрэн П.Бямбацогт	
ҮЙЛДВЭРИЙН ГАЗАРТ УХААЛАГ ТООЛУУР СУУРИЛУУЛАН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ МЕНЕЖМЕНТИЙГ НЭВТРҮҮЛЭХ НЬ	261
Б.Солонго Ч.Улам-Оргил	
3-р хэсэг. Доктор оюутнуудын илтгэлүүд	
ВАКУУМ ТАСЛУУР БҮХИЙ РЕКЛОУЗЕР СУУРИЛУУЛЖ 6/10 КВ-ЫН АГААРЫН ШУГАМЫН ТАСАЛДЛЫН ИНДЕКСИЙГ БУУРУУЛАХ	267
Ж.Нандагсамба Б.Пүрэвсүрэн	
ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНИЙ НАЙДВАРТАЙ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХЭД ВАКУУМ ТАСЛУУР БҮХИЙ АВТОМАТ ДАХИН ЗАЛГАГЧИЙН ОНОВЧТОЙ БАЙРЛАЛЫГ ТОДОРХОЙЛОХ	269
Ж.Нандагсамба Б.Бат-Ундрал	
ТҮГЭЭЛТИЙН АВТОМАТ СИСТЕМИЙГ НЭВТРҮҮЛЭХ, ТҮҮНИЙ АЧ ХОЛБОГДОЛ	272
Ж.Нандагсамба Б.Пүрэвсүрэн	
ЗӨВ ОЛОН ӨНЦӨГТ ХЭЛБЭРТЭЙ 10-20 КВ-ИЙН УХААЛАГ ХОТЫН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙН ШИЙДЭЛ	276
Ж.Нандагсамба Б.Бат-Ундрал	
МОНГОЛ УЛСЫН НИЙГЭМ ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮР АШИГТ НӨЛӨӨЛЖ БУЙ ХЭМЖИЛ ЗҮЙ, ТОХИРЛЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ЧАНАРЫГ САЙЖРУУЛАХАД ТУЛГАМДАЖ БУЙ ЗАРИМ АСУУДЛУУД	279
Д.Бадамханд, М.Тунгалаг	

С.Эрдэнэтуяа ГОВЬ-АЛТАЙ АЙМГИЙН АЛТАЙ ХОТОД БАРИГДАХ 10 МВТ ЧАДАЛТАЙ НАРНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦ ТБЭХС-Д ХОЛБОГДОХ ҮЕИЙН ТОГТСОН ГОРИМ БА ТОГТВОРЖИЛТЫН СУДАЛГАА	282
П.Эрхэмтөр, Э.Энхсайхан Д.Содномдорж ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМИЙН ИХ АЧААЛЛЫГ ХААХАД СТАНЦУУДЫН ОРОЛЦОО БА АЧААЛЛЫН ӨСӨЛТИЙН СУДАЛГАА	290
Д.Гандорж Д.Содномдорж “БЗӨБЦТС” ТӨХК-НИЙ 6-35 КВ-ЫН ХҮЧДЭЛТЭЙ ХӨНДИЙРҮҮЛСЭН СААРМАГ ЦЭГ БҮХИЙ ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ГАЗАРДЛАГЫН ХАМГААЛАЛТЫН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ ГАРЧ БУЙ ХҮНДРЭЛҮҮД	296
С. Болд Б.Бат-Эрдэнэ ШИВЭЭ-ОВООГИЙН НҮҮРСИЙГ АТМОСФЕРЫН ДАРАЛТАНД ХИЙЖҮҮЛСЭН ЗАГВАРЧЛАЛЫН ҮР ДҮН	299
А.Түмэнбаяр Т.Баяртөгс УБТЗ-ЫН ГОЛ ЗАМЫН ДАГУУХ ХӨРСӨНД ХИЙСЭН ХИМИЙН БА МЕХАНИК БҮРЭЛДЭХҮҮНИЙ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ДҮНГ ҮНДЭСЛЭН ХӨРСНИЙ ХУВИЙН ЦАХИЛГААН ЭСЭРГҮҮЦЛИЙГ ТОГТООХ НЬ	303
Л. Булигирмаа З.Цэрэндорж	

1-р хэсэг.
БАКАЛАВР ОЮУТНУУДЫН
ИЛТГЭЛҮҮД

НАРНЫ ЭРЧИМ ХҮЧЭЭР АЖИЛЛАХ АЯЛЛЫН КОЛЛЕКТОРУУДЫН ЗАГВАР

Э.Мэнд-Амар*, С.Серикбай*, Д.Хишигсайхан*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Өнөөдөр дэлхий нийтийн эрчим хүчний үйлдвэрлэл, ашиглалтын чиг хандлага байгальд ээлтэй, хорт хаягдал багатай, нөхөн сэргээгдэх эрчим хүчийг ашиглах чиглэлд түлхүү анхаарах болсон. Өндөр хөгжилтэй улс орнууд ийм тоног төхөөрөмжийг зохион бүтээж хөгжүүлэн түүнийг ахуйн амьдралд хэрэглэж байна. Монгол улс сэргээгдэх эрчим хүчний асар их нөөцтэй ба тэдгээр эрчим хүчний эх үүсвэрийг судлан, зөв зохистой ашиглах өргөн боломж байгаа билээ.

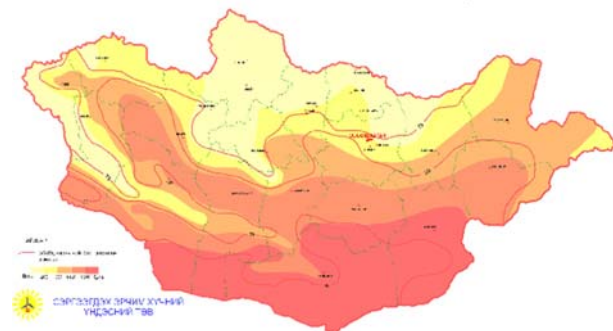
Энэхүү илтгэлд бид аялалгчдад зориулсан нарны эх үүсвэрээр ажиллах бага оврын зөөврийн иж бүрэн систем зохион бүтээж ашиглах боломжийг судлан туршсан зарим үр дүнгээс оруулсан болно. Энэ системийг бүрэн зохион бүтээснээр аялал жуулчлалын бааз, аялагч нар болон ЦШС-нээс хязгаарлагдмал малчин өрхийн хэрэглээнд нэвтрүүлж хялбар төхөөрөмж хэрэгсэлийг ашиглах боломж бүрдүүлэх юм.

Түлхүүр үг. Нарны эрчим хүч, нарны коллектор, парабол төвлөрүүлэгч.

ОРШИЛ

Нар бол дэлхийн сэргээгдэх эрчим хүчийн хамгийн чухал эх үүсвэр юм. Нар нь манай дэлхийн 149.6×10^6 км радиустай 2.812×10^{23} м² талбайд 1369 Вт/м² цацрагийн эрчимтэйгээр нийтдээ 3.85×10^{23} кВт эрчим хүчний урсгалыг өгч байдаг [1]. Нарны цацраг нь гэрлийн хурдтайгаар огторгуйд тархаж, 8 орчим минутын дараа дэлхийн гадаргууд тусна. Дэлхийд ирэх нарны цацрагийн хэмжээ нь $(0.85/1.2) \times 10^{14}$ кВт буюу энергээр нь илэрхийлбэл $(7.5/10) \times 10^7$ кВт*цаг/жил байдаг [2].

МОНГОЛ ОРНЫ НАРНЫ ЭРЧИМ НӨӨЦ



Зураг 1. Монгол орны нарны эрчмийн нөөц.

АНУ-ын Сэргээгдэх эрчим хүчний үндэсний лаборатори (NREL) нарны эрчим хүчнээс цахилгаан энерги үйлдвэрлэх нөөцийг 200 гаруй улсыг хамруулан тооцсон бөгөөд Монгол улс нарны нөөцөөр 19-р байрт оржээ [3]. Монгол орны нарны өдрийн дундаж нөөцийг 5 зайцад хувааж ангилсан бөгөөд эдгээр зайц тус бүрт ноогдох нутаг дэвсгэрийн хэмжээ, мөн эдгээрт харгалзах нарны өдрийн дундаж нөөцийн хэмжээ зэргийг тооцон гаргаж, Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд байж болох нарны энергийн нийт нөөцийг тодорхойлсныг дараах хүснэгтэд жагсаав.

Хүснэгт 1

АНУ СЭХҮҮЛ-ийн тооцсон Монгол улсын нарны эрчим хүчний нийт нөөц

Д/А	Нутаг дэвсгэр (км ²)	Бизнес талбай (км ²)	Өдрийн дундаж нарны нөөц (кВтц/м ² /өдөр)	Нарны энергийн нийт нөөц (ТВтц/ жил)
1	8533.3	128	4.25	20
2	149933.3	2249	4.75	390
3	429800	7497	5.25	1437
4	532400	7986	5.75	1676
5	365800	5487	6.25	1252
6	1556467	23347	-	4774

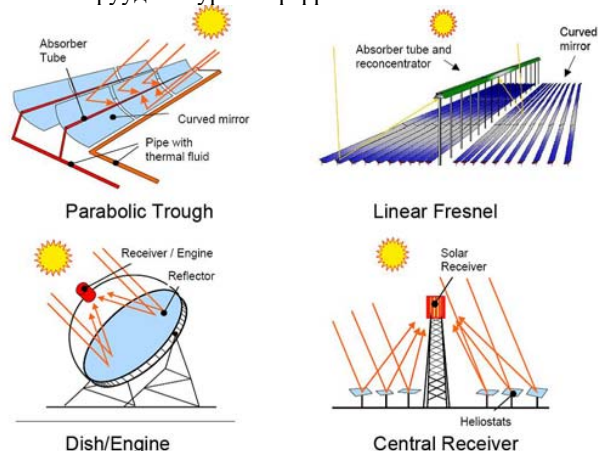
Хүснэгтээс харахад, манай орны нарны эрчим хүчний нөөцийг ашиглаж болох эдийн засгийн нөөц талбайн хэмжээ 23347 км² бөгөөд түүнийг бүрэн ашиглах тохиолдолд жилдээ 4774 ТВтц / жил цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэж болохоор тооцоо гарчээ [3].

Нарны эрчим хүчийг ашиглах төхөөрөмжийг гаргаж байгаа энергийн төрлөөр нь нарны цахилгаан үүсгүүр ба нарны дулааны үүсгүүр гэж ангилж болно.

Нарны цахилгаан үүсгүүр буюу нарны зай нь цацрагийн эрчим хүчийг фотовольтын нөлөөгөөр шууд цахилгаан эрчим хүчинд хувиргах төхөөрөмж юм.

Нарны энергийг дулаанд хувиргах төхөөрөмжүүд нь нарны тулга, нарны халаагуур, НДЦ зэрэг төрлүүд байх ба энэхүү илтгэлд нарны коллекторын тавган болон парабол ойлгогчтой хийцүүдийг сонгон туршсан үр дүнгээс оруулсан. Коллекторуудыг дулаан зөөгчийн температураар нь 100°C хүртэл нам, түүнээс дээш бол өндөр температурын гэж ангилдаг. Тэдгээрт голчлон бөмбөрцгөн ба шугаман толин фокуслах аргыг хэрэглэдэг.

Сонгон авсан тавган ба парабол ойлгогчтой коллекторуудыг /зураг 2/ үзүүлэв.



Зураг 2. Тавган ба парабол ойлгогчтой коллекторууд

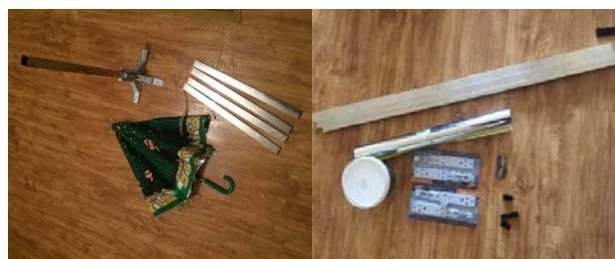
1. Угсралтын хэсэг

1.1. Нарны тавган ойлгогчийн бүтэц, угсралт

Аялалын нарны коллекторын нэг төрөл болох тавган ойлгогчтой төхөөрөмжийг хоёрдогч түүхий эд ашиглан /зураг 3/ хийсэн. Ашигласан хоёрдогч материалууд нь шүхэр, хөнгөнцагааны хуулга, төмөр болно. Суурийн болон шүхрийн хэмжээг Хүснэгт 2-т үзүүлэв. Бүтцийн хувьд суурь ба ойлгогч гэсэн 2 хэсгээс бүрдэнэ /зураг 4/.

Хүснэгт 2

Нарны тавган ойлгогчийн хэмжээ			
Эд анги	Өндөр см	Урт см	Өргөн см
Багана төмөр	70	2.5	2.5
Суурь төмөр	50	1.7	3
Холбогч төмөр	20	11.35	3
Шүхэр	69.8	88.3	22



Зураг 3. Ашигласан материал.



Зураг 4. Ойлгогч ба суурийн зураг.

1.2. Нарны парабола ойлгогчийн бүтэц, угсралт

Парабола коллектор нь хүрээ, коллектор, хүлээн авагч хоолойноос бүрдэнэ. Коллекторын хүрээг тавилга хийхэд ашигладаг хөнгөн, шахмал модон хавтангаар хийсэн. Энэ хавтан нь 1.8 см зузаантай. Ингэснээр хүрээ нь өртөг багатай, авч явахад хөнгөн болж өгсөн.

Түүнчлэн гар аргаар нар дагуулан хөдөлгөхөд тохиромжтой юм.

Хүлээн авагч хоолойн гадна диаметр нь 1 см, дотор диаметр нь 0.85 см. Нарны цацрагийг улам сайн шингээн авахын тулд хоолойн гадна гадаргууг хараар будсан.

Сонгон авсан коллекторуудын угсарсан байдлыг /зураг 5/ үзүүлэв.



Зураг 5. Тавган ба парабола хэлбэрийн ойлгогчтой коллекторуудын угсарсан байдал.

2. Тооцоо туршилтын хэсэг

2.1 Тооцооны хэсэг

Туршилтанд ойлгогчоор 2м*0.5м харьцаатай хөнгөнцагааны хуулга ашигласан бөгөөд ойлгогч гадаргуугийн тооцоог энгийн параболын тэгшитгэлийг ашиглаж тодорхойлов. Нарны цацраг төвлөрөх хэсгийн геометр харьцааг:

$$x^2 = 4 * f * y \quad (1)$$

Дээрх тэгшитгэлээс (1) 'x'-г шүхрийн диаметр, 'y'-г шүхрийн өндөр гэж үзвэл:

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 = 4 * f * h \quad (2)$$

Энэ тэгшитгэлээс фокуслагдах өндрийг олвол:

$$f = \frac{d^2}{16 * h} \quad (3) \text{ болно.}$$

Шүхрийн өндөр, диаметрийг метрээр хэмжин авч (1) ба (3) тэгшитгэлээс фокуслагдах өндрийг тооцоолон халаах гадаргууг байрлуулна.

2.2 Туршилтын хэсэг

Хэмжилт авсан объектын байршил:

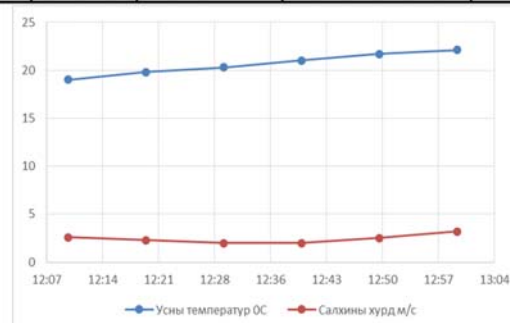
Шаргаморьтийн эцэст байрлах зуслан,

Өргөрөг - 48°07', уртраг - 106°95'.

Хэмжилтийг 2019 оны 2-р сарын 27- ноос 3-р сарын 7- ны өдрүүдэд 12:10-13:00 цагийн хооронд 10 минутын зайтай хэмжив. Жишээ болгон 2-р сарын 27- ын өдрийн хэмжилтийг Хүснэгт 3, хэмжилтийн үр дүнг Зураг 6,7-д үзүүлэв.

Хүснэгт 3

Хэмжилтийн утга				
Цаг	Орчны температур °C	Тавган ойлгогчийн усны температур °C	Парабола коллекторын усны температур °C	Салхины хурд м/с
12:10	0	19	29	2.6
12:20	0	19.8	29.8	2.3
12:30	0	20.3	32	2
12:40	0	21	34	2
12:50	0	21.7	35.6	2.5
13:00	0	22.1	36.2	3.2



Зураг 6. Тавган ойлгогчтой коллекторын хэмжилт.



Зураг 7. Парабол хэлбэрийн коллекторын хэмжилт.

Туршилтын үр дүнгээс харахад гадна агаарын температурын 0 °C утганд ч коллектор дахь усыг 19 °C-аас 570 °C хүртэл халааж болохоор байсан. Тавган коллекторт усны халах хурд ойролцоогоор 0.052 °C/мин байсан бол парабол коллекторт 0.12 °C/мин байв. Парабол коллекторын халаах бүтээмж нь 2 дахин илүү байсан.

Салхины хурдны интервалыг 0-2, 2-4, 4-6 гэх мэтээр 10 м/с хүртэл утганд авч усны халах температурыг хэмжсэн. Салхины хурдны бага утганд температур огцом өсөж байсан бол 4 м/с-ийн хурднаас алгуур буурч 10 м/с - ийн утганд 2 м/с харгалзсан утгаас бараг 1.3 дахин багассан.

Туршилтыг салхины хурд, нарны өндөр, цаг, агаарын температурын янз бүрийн утганд туршиж, оновчтой

хийц ба хэмжээсүүдийг тооцож сонгох нь зүйтэй гэж үзэж байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү илтгэлд өгүүлсэн тавган ба парабол ойлгогчтой коллекторууд аялал жуулчлалд зориулсан байгаль орчны үнэгүй энергийг ашиглан дулаан гарган авах зориулалттай төхөөрөмжүүд юм. Энэ нь жилийн аль ч улиралд нартай үед газар зүйн ямарч бүсэд ашиглагдах бөгөөд угсрах, тээвэрлэхэд хялбар, овор багатай байхуйцаар төлөвлөгдсөн. Туршилтын үр дүнгээс харахад гадна агаарын температурын 0 °C утганд ч коллектор дахь усыг 19 °C-аас 57 °C хүртэл халааж болохоор байсан. Иймд энэ төрлийн төхөөрөмжийг зуны халуун, нартай үед ашиглан усанд орох, халуун ус гарган авч цэвэрлэгэнд хэрэглэх бүрэн боломжтой гэж үзсэн. Бүтээл маань анхны туршилтын загвар бөгөөд цаашид хийц, хэлбэр, материалын хувьд улам боловсронгуй болгохыг зорьж байна.

Ашигласан материал:

1. Б. Т. Б.Мөнхбаяр,Б. Намхайням, *Эрчим хүчний хэмнэлттэй барилга*. Монгол улс.
2. Э. Ц. Цэрэндорж З., *Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ ба энергийн хуримтлуур*. Монгол улс: Color book, 2016.
3. М.Лэгдэн, *Нар ба Салхины энерги*. 2017.
4. https://math.libretexts.org/Bookshelves/Precalculus/Map%3A_Precalculus

ШӨНИЙН ДУЛААНЫ ХУРИМТЛУУРТАЙ ЦАХИЛГААН ХАЛААГУУРЫН ТУРШИЛТ, ТҮҮНИЙГ АШИГЛАХ БОЛОМЖ

Э. Цэндбаяр*, А.Түмэнбаяр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Сүүлийн жилүүдэд Улаанбаатар хотын хүн амын өсөлтөөс хамааран гэр хорооллын айл өрхийн тоо нэмэгдэж, үүнийг даган түлш, эрчим хүчний хэрэглээ өсөж, халаалтын улиралд түлшний шаталтаас үүсэх утааны хийтэй агаарт хаягдах бохирдуулагч бодисын хэмжээ ихээхэн нэмэгдэж байна. Үүнтэй холбогдуулж Монгол Улсын Засгийн газраас батлагдсан "Гэр хорооллын айл өрхөд цахилгаан эрчим хүчний тарифын хөнгөлөлт үзүүлэх журам" нь амьдралд хамгийн ойр шийдвэр болон хэрэгжиж байна. Энэ ажлын хүрээнд "Шөнийн дулааны хуримтлууртай цахилгаан халаагуур"-ын туршилтын ажлыг Сонгино хайрхан дүүргийн 11-р хорооны нийт 29 айл өрхийг хамруулан ХБНГУ болон БНХАУ-д үйлдвэрлэсэн цахилгаан халаагууруудыг суурилуулан ашиглах боломжийг судаллаа.

Түлхүүр үг. халаагуур, дулааны хангамжын систем, дулаан алдагдал, ухаалаг цахилгаан тоолуур.

ОРШИЛ

Манай орны хувьд хот, суурин газруудын алслагдсан гэр хороолол, зах зайдуу байрласан хэрэглэгчид өөрсдийн дулаан хангамжийн асуудлаа шийдэхдээ ихэвчлэн хатуу түлшээр ажиллах дулааны эх үүсгүүртэй бие даасан халаалтын системийг өргөнөөр ашиглаж байна. Гэвч хэрэглэгчдийн гэр, орон сууц, албан байгууллагуудын байрны насжилт, хийц материал,

дулаан тусгаарлалт зэргээс шалтгаалан тэдгээрийн түлш, эрчим хүчний зардал нэмэгдэж, улмаар халаалтын улиралд түлшний шаталтаас үүсэх утааны хийтэй агаарт хаягдах бохирдуулагч бодисын хэмжээ ихээхэн нэмэгдэж байна.

Өнөөдрийн байдлаар Улаанбаатар хотод 215156 айл өрх гэр хороололд амьдардаг бөгөөд үүнээс 2045 айл тохилог сууцанд, 110555 байшин, 103056 гэрт байна [1]. Эдгээр айл өрхүүд нь голлон их хэмжээгээр түүхий нүүрсийг хэрэглэж байгаагаас нийслэлийн агаарын бохирдлын 80 орчим хувь нь эндээс үүсэж байна. Агаарын бохирдолыг сүүлийн үеийн мэдээллийг 1-р хүснэгтээр үзүүлэв [2].

Хүснэгт 1

Бохирдуулах бодисийн нэрс	Агаарын чанарын стандарт хүрэлцэх агууламж, мкг/м ³	Дундаж агууламж, мкг/м ³ 2019 оны 1-р сар
PM10 тоосонцор	100	249
Азот давхар исэл, NO ₂	50	57
PM2.5 тоосонцор	50	195
Хүхэрлэг хий, SO ₂	50	61

Үүнд засгийн газраас анхааран 2017 оны 07 дугаар сарын 04-ний өдрийн 199 дүгээр тогтоолоор батлагдсан "Гэр хорооллын айл өрхөд цахилгаан эрчим хүчний тарифын хөнгөлөлт үзүүлэх журам" [3] нь амьдралд хамгийн ойр шийдвэр болон хэрэгжиж байна. Энэхүү тогтоолоор хүйтний улиралд буюу 11 дүгээр сарын 01-ний өдрөөс дараа оны 04 дүгээр сарын 01-ний өдрийг хүртэлх хугацаанд оройн 21.00 цагаас өглөөний 06.00 цагийн хооронд хөнгөлөлт эдлэхээр байгаа бөгөөд ингэхдээ 220 В-ын буюу 1 фазын сүлжээнд холбогдсон хэрэглэгчдийг хангах цахилгааны дээд чадал 2.5 кВт байхад дээд хязгаарыг нэг сард 700 кВт.ц-аар тооцон 100 хувь хөнгөлөх, 700 кВт.ц-аас илүү гарсан төлбөрийг 50 хувиар хөнгөлөх, харин 380 В-ын буюу 3 фазын сүлжээнд холбогдсон гэр хорооллын айл өрхийн 100 хувь хөнгөлөх цахилгааны дээд хязгаарыг нэг сард 1500 кВт.ц-аар, 1500 кВт.ц-аас илүү гарсан төлбөрийг 50 хувиар хөнгөлөхөөр шийдвэрлэжээ[2].

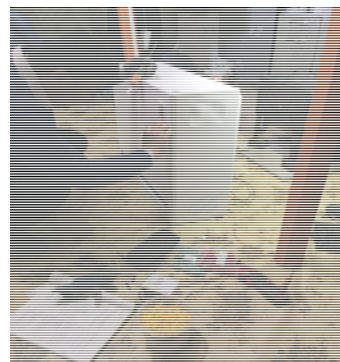
Өнгөрсөн онд дээрх тогтоолын хүрэн улсын төсвийн хөрөнгө оруулалтаар Сонгинохайрхан, Хан-Уул, Баянзүрх, Чингэлтэй, Баянгол, Сүхбаатар дүүргийн 40 хороонд 63 дэд өртөө, 10 кВ-ийн 19.5 км агаарын шугам, 10 кВ-ийн 9.2 км кабель шугам, 0.4 кВ-ийн 114.5 км агаарын шугамын барилга угсралтын ажлыг хийж гүйцэтгэн ашиглалтад оруулаад байна [4]. Үүний үр дүнд нийт 42000 айл өрхийг 4 кВт-ын цахилгаан халаагуур ашиглах боломжийг бүрдүүлсэн байна [5].

Мөн 2019 оны 5 сарыг 15-ны өдөрөөс хойш түүхийн нүүрсийг УБ хотод хэрэглэхийг хориглох тогтоолыг МУ-ын Засгийн газрын 2018 оны 02-р сарын 28-ны өдрийн 62-р тогтоол [6]-оор баталсан байдаг. Эдгээр тогтоол, журмуудын хэрэгжилтийн хүрээнд УБЦАТөслөөс зарласан “Эрчим хүчний хэмнэлттэй “дулаан хуримтлуурт” цахилгаан хэрэгсэлд тавигдах техникийн шаардлага” стандарт боловсруулах зөвлөх үйлчилгээний хүрээнд ШУТИС-ийн ЗТСТөв “Шөнийн дулааны хуримтлууртай цахилгаан халаагуур”-ын туршилтын ажлыг хийсэн. Туршилтанд Сонгино хайрхан дүүргийн 11-р хорооны нийт 29 айл өрхийг хамруулан ХБНГУ болон БНХАУ-д үйлдвэрлэсэн цахилгаан халаагууруудыг суурилуулан туршиж, судласан ажлын үр дүнгээс танилцуулж байна.

Судалгааны объект

Шөнийн дулаан хуримтлууртай цахилгаан халаагуур (ШДХЦХ)-ын туршилтын ажлыг ШУТИС-ийн ЗТСТ-ийн эрдэм шинжилгээний ажилтан, оюутнууд, хорооны хэсгийн ахлагч, СХД-ийн ХҮТ-ийн инженер, техникийн ажилтан нар хамтран 2019 оны 01-р сарын 17-ны өдрөөс 2019 оны 03-р сарын 01-ны хооронд хийж гүйцэтгэсэн. ШДХЦХ гэдэг нь оройн 21 цагаас өглөөний 06 цагийн хооронд шөнийн бага ачааллын үеийн цахилгаан эрчим хүчийг ашиглан ажиллаж, тухайн гэр болон байшинг халаахаас гадна дулаанаа өөртөө хуримтлуулаад өглөөний 06 цагаас хойш оройн 21 цаг хүртэл хуримтлуулсан дулаанаар тухайн сууцыг дулаанаар хангах зориулалттай төхөөрөмж юм.

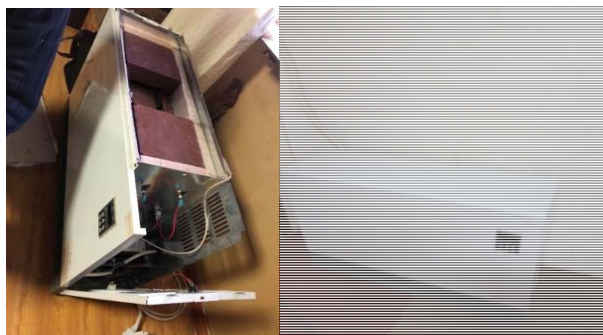
Туршилтанд өмнө дурьдсанаар импортын 2-4 кВт-ын нэгж хүчин чадалтай халаагуурууд хамрагдсан бөгөөд эдгээр халаагуурын ихэнхийг “Собби” ХХК, “Монватт” ХХК, “Ультрасоник” ХХК компаниуд одоогоор зах зээлд нийлүүлж байгаа бөгөөд бид төслийн хүрээнд БНХАУ-аас 3 өөр компаний ижил төстэй ажиллагаатай халаагууруудыг туршсан.



Зураг 1. “Ультрасоник” ХХК компаний ETS-3 кВт-ын цахилгаан халаагуурын угсралт.



Зураг 2. МонВатт ХХК компани Тулгат-4 кВт-ын цахилгаан зуух суурилуулсан байдал.



Зураг 3. СОББИ ХХК компани СОББИ-3 кВт-ын цахилгаан халаагуур суурилуулсан байдал.



Зураг 4. Хятадын Шанг-Фу ХХК-ийн 3.2 кВт-ын цахилгаан халаагуурын угсралт.



Зураг 5. Хятадын Журон брэндийн 3.2 кВт-ын цахилгаан халаагуурын угсралт.

Энд бид туршилтанд хамрагдсан 29 айлд суурилуулан туршсан халаагуурын төлөөлөл болгон СХД-ийн 11-р хорооны АОС-3-р хэсгийн 45 тоот, иргэн н.Одмандахын 36 м² талбай бүхий 2 өрөө байшинд суурилуулсан БНХАУ-д үйлдвэрлэгдсэн Хаун Хуа брэндийн халаагуурын туршилтын үр дүнг танилцуулж байна.

ШДХЦХ-ын цахилгааны хоногийн хэрэглээ ба гадна, дотор агаарын температурын судалгаа

Туршилтын явцад гадна агаарын температурын нөлөөлөл, гэр, байшингийн дулаан алдагдал, айлын ахуйн хэрэглээ зэргээс хамааран цахилгааны хоногийн хэрэглээ хэрхэн өөрчлөгдөж байсныг цахилгааны ухаалаг тоолуураас авсан өгөгдлөөр байгуулсан дараах хүснэгт, зургуудаас харж болно.

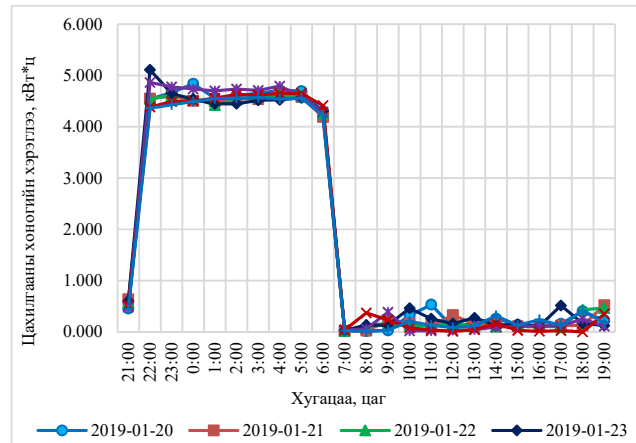
Хүснэгт 2

Цахилгааны хэрэглээний судалгаа

Цаг	Туршилтын өдрүүд						
	01-20	01-21	01-22	01-23	01-24	01-25	01-26
21:00	0.460	0.639	0.592	0.604	0.481	0.527	0.447
22:00	4.540	4.549	4.541	5.11	4.863	4.384	4.361
23:00	4.664	4.601	4.608	4.65	4.778	4.491	4.427
0:00	4.840	4.505	4.565	4.533	4.735	4.501	4.492
1:00	4.552	4.489	4.421	4.447	4.699	4.555	4.549
2:00	4.611	4.543	4.532	4.448	4.736	4.628	4.56
3:00	4.649	4.536	4.592	4.516	4.708	4.618	4.568
4:00	4.713	4.612	4.614	4.526	4.792	4.649	4.54
5:00	4.695	4.581	4.606	4.564	4.596	4.651	4.557
6:00	4.295	4.19	4.248	4.314	4.286	4.413	4.228
7:00	0.020	0.019	0.019	0.034	0.034	0.042	0.028
8:00	0.015	0.029	0.134	0.136	0.064	0.372	0.014
9:00	0.031	0.207	0.164	0.133	0.385	0.233	0.035
10:00	0.319	0.161	0.126	0.463	0.023	0.08	0.209
11:00	0.535	0.116	0.118	0.258	0.022	0.045	0.129
12:00	0.090	0.33	0.173	0.162	0.031	0.009	0.087
13:00	0.182	0.153	0.099	0.278	0.044	0.048	0.118
14:00	0.260	0.166	0.105	0.128	0.099	0.163	0.318
15:00	0.140	0.11	0.121	0.151	0.106	0.032	0.128
16:00	0.129	0.097	0.127	0.111	0.118	0.012	0.241
17:00	0.159	0.125	0.092	0.515	0.118	0.029	0.13
18:00	0.407	0.127	0.433	0.168	0.255	0	0.414

19:00	0.226	0.523	0.466	0.125	0.113	0.351	0.176
20:00	0.231	0.9	0.184	0.259	0.132	0.106	0.222
21:00	0.639	0.592	0.604	0.481	0.427	0.447	0.512

2-р хүснэгтээс харахад ШДХЦХ нь 21 цагт цахилгаанд залгагдан хөрсөн тоосгоо халааж эхлэх бөгөөд энэ үед цахилгаан ачаалал нь харьцангуй бага 0.427-0.639 кВт/ц байгаад 22 цагаас өглөөний 06 цаг хүртэл 5.11-4.19 кВт/ц хүртэл өссөн байна. Өглөө 06 цагаас хойш 20 цаг хүртэл өгөгдсөн температурын далгавараар ажилласан учир харьцангуй бага ачаалалсан буюу хэрэглээ нь 0.0-0.9 кВт/ц байна.



Зураг 6. Цахилгааны хэрэглээний судалгаа.

6-р зургаас харахад ШДХЦХ залгагдсанаас хойш оройн 22 цаг хүртэл харьцангуй бага өсөлттэй байгаад ихэвчлэн 22-00 цагийн хооронд хамгийн их утгандаа хүрээд цааш өглөөний 06 цаг хүртэл алгуур буурч байгаа нь дулаанаа хуримтлуулж байгааг харуулж байна.

Туршилтын явцад гадна агаарын температур болон байшингийн дулаан алдагдлаас хамааран сууцны доторх агаарын температур харьцангуй өөрчлөгдөж байсныг дараах хүснэгт, зургуудаас харж болохоор байна. Гадна агаарын температурыг туршилтын үед 3 өөр газарт байрлуулан дундаж утгаар тооцон айлуудын дотор агаарын температурын өөрчлөлтийн графикыг байгуулсан болно.

Хүснэгт 3

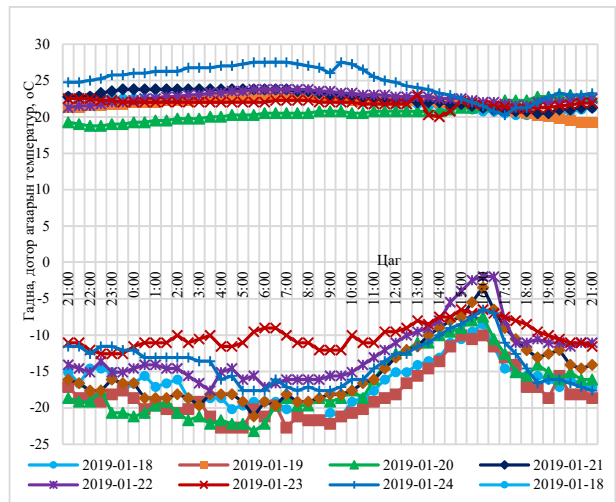
Дотор агаарын температурын судалгаа

Цаг	Туршилтын өдрүүд							
	1/17	1/18	1/19	1/20	1/21	1/22	1/23	1/24
21:00	21.28	22.79	21.28	19.27	22.79	21.28	22.54	24.77
21:30	21.03	22.79	21.28	19.02	22.79	21.53	22.54	24.77
22:00	21.03	22.79	21.53	18.76	22.79	21.53	22.54	25.02
22:30	20.78	22.79	21.53	18.76	23.29	21.78	22.28	25.27
23:00	20.78	22.79	21.78	19.02	23.54	22.03	22.28	25.77
23:30	20.78	22.54	21.78	19.02	23.79	22.03	22.03	25.77
0:00	20.53	22.54	22.03	19.27	23.79	22.28	22.03	26.02
0:30	20.53	22.54	22.03	19.27	23.79	22.54	22.03	26.02
1:00	20.53	22.54	22.03	19.52	23.79	22.54	22.03	26.27
1:30	20.53	22.54	22.28	19.52	23.79	22.79	22.03	26.27
2:00	20.53	22.54	22.28	19.77	23.79	22.79	22.03	26.27
2:30	20.53	22.54	22.28	19.77	23.79	23.04	22.03	26.77

3:00	20.27	22.54	22.54	19.77	23.79	23.04	22.03	26.77
3:30	20.27	22.54	22.54	20.02	23.79	23.29	22.03	26.77
4:00	20.27	22.54	22.54	20.02	23.79	23.29	22.03	27.02
4:30	20.27	22.54	22.79	20.27	23.79	23.54	22.03	27.02
5:00	20.27	22.54	22.79	20.27	23.79	23.54	22.03	27.27
5:30	20.27	22.79	22.79	20.27	23.79	23.79	22.03	27.52
6:00	20.27	22.79	23.04	20.52	23.79	23.79	22.03	27.52
6:30	20.27	22.79	23.04	20.52	23.79	23.79	22.28	27.52
7:00	20.27	22.79	23.04	20.52	23.79	23.79	22.28	27.52
7:30	20.27	22.79	23.04	20.52	23.54	23.79	22.28	27.27
8:00	20.27	22.79	22.79	20.52	23.54	23.79	22.28	27.02
8:30	20.02	22.54	22.79	20.78	23.29	23.54	22.03	26.77
9:00	20.02	22.54	22.79	20.78	23.04	23.54	22.03	26.02
9:30	20.27	22.28	22.54	20.78	23.04	23.29	22.03	27.52
10:00	21.03	22.28	22.28	20.52	22.79	23.29	22.03	27.27
10:30	21.28	22.03	22.28	20.52	22.54	23.04	21.78	26.52
11:00	19.77	22.03	22.54	20.78	22.54	23.04	21.78	25.52
11:30	17.00	22.03	22.28	20.78	22.28	23.04	21.78	25.02
12:00	20.02	21.78	22.28	20.78	22.28	22.79	21.78	24.77
12:30	20.27	21.78	22.28	20.78	22.28	22.79	21.78	24.27
13:00	19.27	21.78	22.28	20.78	22.03	22.79	23.04	24.02
13:30	18.76	21.53	22.28	20.78	22.03	22.79	20.27	23.77
14:00	18.26	21.53	22.03	20.78	22.03	22.54	20.02	23.27
14:30	18.26	21.28	22.03	21.03	21.78	22.54	20.78	23.02
15:00	19.77	21.28	21.78	21.28	21.78	22.54	22.16	22.52
15:30	22.03	21.03	21.53	21.28	21.53	22.28	21.91	22.01
16:00	21.78	20.78	21.53	21.53	21.28	22.03	21.66	21.51
16:30	22.03	20.78	21.28	21.78	21.03	22.03	21.53	20.76
17:00	22.03	20.52	21.03	22.28	21.03	21.78	21.40	20.26

Хүснэгт 3 болон 4-р зургаас харахад дотор агаарын температур харьцангуй тогтмол байгаад бөгөөд өдөр 15-16 цагийн үеэс эхлэн гадна агаарын температур багасаж, гэрт сэрүүн орох үед нэмж галласан нь хүснэгт болон графикаас харагдаж байна.

Өөрөөр хэлбэл, ШДХЦХ нь 7-8 цаг нөөцлөсөн дулаанаа өгч дуусаж байгаа бөгөөд энэ үед нь дахин 2-3 цаг цэнэглэх шаардлагатай гэдэг нь энд харагдаж байгаа юм.



Зураг 4. Гадна ба дотор агаарын температурын өөрчлөлтийн судалгаа.

Туршилтын нийгэм-эдийн засгийн ач холбогдол

Айл өрхийн гэр, орон байрыг монгол улсад мөрдөгдөж буй дулаан техникийн техникийн норм, дүрэмд нийцүүлэн дулаалахад алдагдаж байгаа нийт дулааны алдагдлыг 30-50%-иар бууруулах боломжтой юм [7]. Энэ тохиолдолд ШДХЦХ хэрэглэхэд илүү тохиромжтой бөгөөд эдийн засгийн хувьд илүү ач холбогдолтой болно.

Иргэн Одмандахынх халаалтын улиралд тогтмол галлагааг 10-4 сарын хооронд 7 сар үргэлжилдэг бөгөөд энэ хугацаанд 3 портер нүүрс түлдэг. Нэг портер нүүрсний зах зээлийн дундаж үнэ 150000 төгрөг [8] гэж үзвэл, хүйтний улиралд 450000 төгрөг зөвхөн нүүрсэндээ зарцуулдаг байна. Харин цахилгааны хэрэглээнд нэг сард 25000 төгрөг, халаалтын хугацаанд 175000 төгрөгийг төлдөг ба үүн дээр түлшний зардал 450000 төгрөг нэмэгдэж, нийт зардал нь 625000 төгрөг болж байна.

ШДХЦХ-ыг тавьж туршсан нэг сарын хугацаанд энэ айлын цахилгаан хэрэглээний төлбөр нь дээрх журмын дагуу шөнийн цахилгааны хөнгөлөлт ороод 28000 төгрөг болсон ба үүнийг халаалтын 7 сараар тооцвол 196000 төгрөгийг дулаан, цахилгаандаа зарцуулж байна.

Энэ бүгдээс үзэхэд шөнийн дулааны хуримтлууртай цахилгаан халаагуурыг суурилуулснаар жилд 429000 төгрөгийг хэмнэхээс гадна дулааны хангамжийн асуудал, орчны эрүүл ахуй, үнс тоос болон хамгийн гол асуудал болох агаарын бохирдлыг бууруулах зэрэг олон давуу талтай нь харагдаж байна.

Мөн үүнээс гадна хэрэглэгчээс авсан сэтгэгдлээс үзэхэд галлагааны тоо эрс цөөрч, өглөө оройдоо гал түлэхгүй болсноор амралтын хугацаа уртсаж, бусад зүйлдээ анхаарах цаг нэмэгдсэн сайн талтай болсон байна.

ДҮГНЭЛТ

Дээрх туршилт, судалгааны үр дүнд үндэслэн дараах дүгнэлтийг хийж байна.

Үүнд:

1. ШДХЦХ нь тоосго халж, дулаанаа хуримтлуулж эхэлсэнээр 22-00 цаг хүртэлх хугацаанд хамгийн их буюу 4.501-5.11 кВт/ц хүрч байна. Улмаар цаашид алгуур бууран өглөөний 06 цаг хүртэл

өндөр ачаалалтай байна. Энэ нь дулаан нөөцлөхийн хамт, халаах үүргээ гүйцэтгэж байгаатай холбоотой байна.

2. Өглөөний 06 цагаас хойш 20 цаг хүртэл өрөөний температурыг 20° С-д тогтмол барихын тулд ажиллаж буй тул хэрэглээ нь 0.0-0.9 кВт/ц хооронд байна.
3. Өдрийн 13-14 цаг хүртэл гэрийн дулаан тогтмол байгаад 15-16 цагийн үеэс эхлэн гадна агаарын температур багасаж, гэрт сэрүүн орох үед буурсан байна. Энэ үед гэрийн эзэд галлагаа хийж байна. Иймд ШДХЦХ нь 7-8 цаг нөөцлөсөн дулаанаа өгч дуусах үед нь дахин 2-3 цаг цэнэглэх шаардлагатай гэдэг нь энд харагдаж байгаа юм.
4. ШДХЦХ-ыг тухайн айл хэрэглэснээр жилд 429000 төгрөгийг хэмнэхээс гадна дулааны хангамжийн асуудлаа шийдэж, үнс тоосгүй эрүүл орчинд амьдрах болон агаарын бохирдлыг бууруулах зэрэг олон давуу талтай нь харагдаж байна.

Мөн өглөө, оройдоо босож, гал түлэхгүй болж галлагааны тоо цөөрснөөр амралтын хугацаа уртсаж,

бусад зүйлдээ анхаарах цаг нэмэгдсэн сайн талтай болсон байна.

Ашигласан материал

1. С.Баяннасан ШУА. Барилгын дулааны алдагдалд хийсэн шинжилгээ, агаарын бохирдолыг бууруулах боломж. 2018. ШУА-ийн дэргэдэх “Эрдэм” клубээс зохион байгуулсан “Шөнийн цахилгаан эрчим хүчийг ашиглаж гэр, сууцыг дулаанаар хангах боломж” хэлэлцүүлэг.
2. <http://www.agaar.mn>
3. <http://erc.gov.mn/index.php?newsid=864>
4. <http://tog.mn/public/newsshow/id/523>
5. <https://montsame.mn/ru/read/177107>
6. <https://www.legalinfo.mn/law/details/13270>
7. “ЭХ ДЭЛХИЙН ЭРЧИМ ХҮЧ” бакалавр, магистр, доктор оюутны эрдэм шинжилгээний бага хуралын илтгэлүүдийн эмхтгэл, УБ хот, 2014 он, 315хуудас.
8. <https://mongolianeconomy.mn>

ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМ ДЭХ ХЯНАЛТ УДИРДЛАГЫН СИСТЕМИЙГ АЧААЛАЛ ТОХИРУУЛГАД АШИГЛАХ

Ж.Төгөлдөр*, С.Билгүүн*, С.Адарсүрэн*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Манай орны эрчим хүчний системд одоогоор автоматжуулсан удирдлагын систем нэвтрээгүй байна. SCADA системийг өнөөгийн байдлаар зөвхөн мэдээлэл цуглуулах, дэлгэцээр хянах зорилгоор ашиглаж байна. SCADA системийг ашиглан дэд станцын ачааллыг хянах судалгаанууд хийгдсээр байна. Мөн орчин үед smart grid буюу ухаалаг сүлжээг эрчим хүчний системд ашигладаг болсон байна. Энэхүү судалгааны ажлаар манай оронд SCADA системийг хэрхэн ашиглаж байгаа болон ачааллыг хэрхэн автоматаар тохируулах талаар авч үзнэ.

Түлхүүр үг. SCADA, smart grid, тоон дэд станц, ачаалал тохируулга.

I. ОРШИЛ

Аливаа эрчим хүчний системийн хувьд системд ажиллаж буй хэрэглэгч, дэд станцуудын хяналт, удирдлагын асуудлыг шийдэх нь гол асуудлуудын нэг юм.

ЭХС-д үүссэн аварийн нөхцөл байдалд удирдлагын командыг 0.05с-д багтаж өгөх шаардлагатай болдог. Ийм боломж хүнд бараг байхгүй учраас мэдээллийг боловсруулах үүргийг өндөр хурд, багтаамжтай компьютер буюу микропроцессорын систем тусгай алгоритм программаар гүйцэтгэх шаардлагатай болдог. Дан ганцаар нь микропроцессорын төхөөрөмжийг ашиглах нь учир дутагдалтай бөгөөд түүнийгээ нэгдмэл системд оруулан бусад төхөөрөмжүүдтэй холбож цогц

ажиллуулах нь эрчим хүчний найдвартай ажиллагааг дээшлүүлдэг.

Сүүлийн үед улс орнуудын эрчим хүчний хяналтын системийн шинэ, шинэ хувилбарууд бий болж, эрчим хүчний системийн найдвартай ажиллагаа, хяналт, удирдлагыг зохицуулах зорилгоор микропроцессорын төхөөрөмжүүдийг өргөн хэрэглэх болсон. Тэр дундаа SCADA системийг нэвтрүүлж, төрөл бүрийн интерфэйсийн төхөөрөмжийг ашиглан реле хамгаалалт, хэмжилт, удирдлагын төхөөрөмжүүдийг хооронд нь холбож, харилцан уялдаатай ажиллуулах, төв мэдээллийн санд мэдээллийн бааз үүсгэх зэргээр ашиглаж байна.

SCADA систем гэдэг нь төв удирдлагын систем юм. Үйлдвэрийн автомат төхөөрөмжүүд, эрчим хүчний систем гэх мэт автоматжуулалт зонхилсон газруудад өргөн ашиглагддаг.

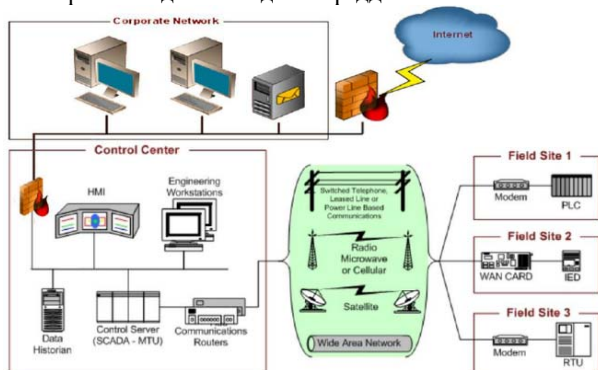
Удирдаж буй системийн мэдээллүүдийг цуглуулан хадгалах, автоматжуулалтын төхөөрөмжүүдийн хооронд мэдээлэл солилцуулж, ажиллуулах, мэдээллийг синхрон хянах, инженер техникийн ажилчдад мэдээлэх зэрэг олон үүргийг цогцоор шийдэж өгдөг нь энэ системийн давуу тал юм.

SCADA-гийн дотоод бүтцэд HMI, PLC, RTU, холбооны интерфэйс, төв удирдлагын системүүд ордог бөгөөд өөрт тохирсон программ хангамжаас тогтсон цогц систем юм. Энэ систем нь параметруудын хяналт, аливаа гэмтлийн дохиолол хүлээн авч өгөгдлийн сан үүсгэн хадгалах, аливаа үйлдвэрийн процессыг автоматжуулж удирддаг.



Зураг 1. SCADA системийн үндсэн функцүүд.

Монгол улсын хувьд энэ зохицуулгыг хийхдээ ДҮТ-өөс хоногын ачаалалын горимыг баталж нийт сүлжээнд холбогдсон үүсгэгчүүдэд хуваан ачаалладаг. Хэдий урьдчилсан байдлаар горимын параметрийг тооцсон ч ачаалал нь тохиолдлын шинж чанартай учир Монгол улсын эрчим хүчний систем нь Орсын Холбооны улсын эрчим хүчний системтэй зэрэгцээ ажиллаж системийн тогтвортой хэвийн үйл ажиллагааг барьж чадлын дутагдалтай үед эрчим хүчийг импортоор авч ажилладаг. Ингэж холбогдож ажилласнаар системийн тогтвортой байдалыг хадгалж үлддэг.



Зураг 2. SCADA системийн архитектур.

Манай орны системийн онцлог нь ихэнх үйлдвэрлэгч нь ДЦС бөгөөд эрчим хүчний үйлдвэрлэлийг зохицуулах чадвар муутай учир хэрэглээнд гарсан огцом өөрчлөлтийг даган үйлдвэрлэх боломжгүй байдагтай холбоотой.

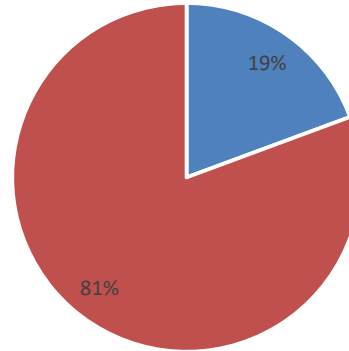
Монгол улсад SCADA системийг одоогоор зөвхөн системийн параметруудийг хянах зорилготойгоор ашиглаж байна. Энэ судалгааны ажлаар Монгол улсын хяналт удирдлагын систем ямар төвшинд байгаа болон цаашдаа ямар ахиц дэвшил гарч болох талаар асуудлыг дэвшүүлсэн болно.

I. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

A. Манай орон дахь SCADA системийн нутагшилт

Дээр дурьдсанчилан манай оронд SCADA системийг мэдээлэл цуглуулах зорилгоор л ашигладаг. Цахилгаан станц дэд станцуудын чадлын урсгал, хоногийн ачааллыг ДҮТ – ийн SCADA – ийн дэлгэцнээс хянан, өдрийн баталсан горимоо барьж ажиллах зорилгоор ДҮТ – с бусад байгууллагуудад хандан чадлын хэрэглээг хянадаг. Энэ процессийг одоогоор бүрэн автоматжуулаагүй байгаа.

SCADA систем суурилсан дэд станцуудын эзлэх хувь



- SCADA системд холбогдсон дэд станц
- SCADA системд холбогдоогүй дэд станц

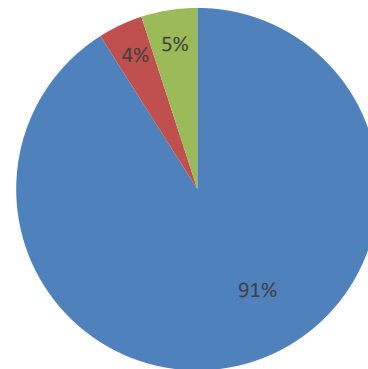
Зураг 3. SCADA систем суурьласан дэд станцуудын эзлэх хувь.

Зураг 2 – д үзүүлснээр ЦДҮС компаний харьяа 65 дэд станцын 13 – д нь буюу 19% - д нь SCADA систем нэвтэрсэн байна.

Эдгээр дэд станцуудад ашиглагдаж байгаа МП – ын төхөөрөмжийн 91% - ийг SEL компаний МП – ын төхөөрөмж эзэлж байгаа бөгөөд хоорондын холболтын протокол нь SEL Fast Message ашиглагдаж байна.

Дэд станцуудын хяналтын системд гол төлөв SEL компаний МП – ын төхөөрөмжүүдийг ашиглаж байгаа нь нэгдсэн нэг сүлжээг бий болгох асуудлыг хялбар болгож өгч байна.

Дэд станцуудад суурьлуулсан МП-ын төхөөрөмжүүдийн эзлэх хувь



- SEL
- ABB
- Бусад

Зураг 4. Дэд станцуудад суурьлуулсан МП – ын төхөөрөмжүүдийн эзлэх хувь.

Хүснэгт 1
SCADA систем нэвтэрсэн томоохон дэд станцуудын ашиглаж буй төв процессор болон протокол

№	Станц	Төв процессор	Ашиглаж буй протокол
1	Амгалан	SEL-3354	Modbus
2	Налайх	SEL-3354	SEL Fast Message

3	Багануур	SEL-3355	SEL Message	Fast
4	Салхит	SEL-3354	SEL Message	Fast
5	Яргайт	SEL-3354	SEL Message	Fast
6	Туул	SEL-3354	Modbus/SEL Message	Fast
7	Шинэ яармаг	SEL-3354	SEL Message	Fast
8	Улаанбаатар	RSG-2100	IEC61850	

Хүснэгт 1 – с харахад манай орны SCADA системд ашиглаж буй холболтын протоколын ихэнхи хувийг SEL Fast Message эзэлж байгаа юм. Сүүлийн үед эрчим хүчний системийн хяналт удирдлагын системд олон улсын цахилгаан техникийн хорооноос баталсан IEC61850 протоколыг ашиглахыг шаардах болсон. Манай оронд одоогоор зөвхөн Улаанбаатар дэд станцад уг протоколыг ашиглаж байна.

ДҮТ – с 2019 онд “Ухаалаг сүлжээ” төслийг баталсан бөгөөд туршилтын ажлууд хэрэгжиж эхэлсэн байна. Б. Хяналт удирдлагын системийг ачаалал тохируулгад ашиглах

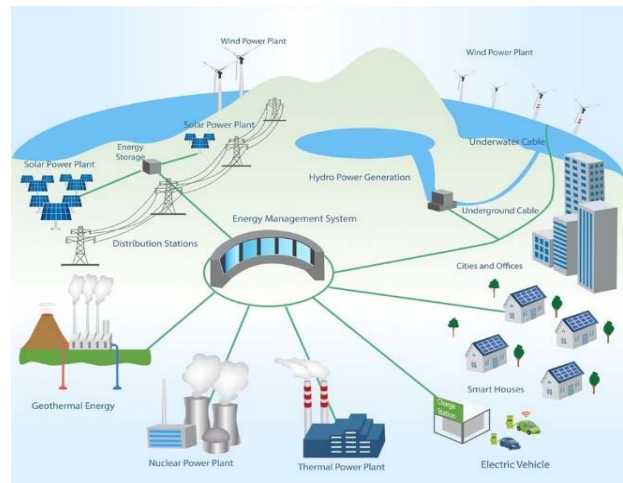
Дээр дурьдсанчилан SCADA системийг зөвхөн системийг хянаж, дохиолол хүлээн авах байдлаар ашиглаж байна. ДҮТ – с Оростой холбоотой 220, 110 кВ шугамууд болон Дархан, Улаанбаатарыг холбосон 220, 110 кВ – ийн шугам, мөн ТЭЦ – 3, ТЭЦ – 4 – ийн ачааллуудыг хянаж, ЦДҮС, цахилгаан түгээх үндэсний сүлжээ компаниудтай хамтран ажиллаж горимыг барьж байдаг. Ингэхдээ өдөр бүр ачааллыг прогнозлож, хэрэглээ үйлдвэрлэлтээс давсан тохиолдолд станцуудыг үйлдвэрлэх чадлаа нэмэх үүргийг ДҮТ – с өгдөг. Горимыг барих, хэрэглэгчдийг эрчим хүчээр таслахгүй байх үүднээс ОХУ – с эрчим хүч авдаг.

Аваарийн нөхцөл байдал үүссэн тохиолдолд ДҮТ – ийн зүгээс томоохон хэрэглэгчдийг таслах хүртэл арга хэмжээг авах эрхтэй байдаг.

Хэрэв ОХУ – тай холбогдсон шугам тасарвал эрчим хүчний үүсгэгчдийг бүрэн чадлаар нь ажиллуулах бөгөөд үйлдвэрлэлт хэрэглээгээ давж чадахгүй болох тохиолдолд ачааллуудыг графикайн дагуу тасалж эхэлдэг байна.

Дээрх процессуудыг диспетчерийн зүгээс гар удирдлагаар тохируулдаг. Уламжлалт утсан сүлжээгээр диспетчер хоорондоо холбогдож, ачааллыг удирдах нь цаг хугацааны хувьд удаан зарим тохиолдолд алдаа гаргах зэрэг эрсдлүүд байж болно.

Сүүлийн үед улс орнуудад smart grid технологийг эрчим хүчний системдээ нэвтрүүлж байна. Үүний үр дүнд систем үүсгэгчээс хэрэглэгч рүү гэсэн зөвхөн нэг урсгалтай биш, харин үүсгэгчээс хэрэглэгчид, хэрэглэгчидээс үүсгэгч гэсэн хоёр чиглэлтэй болоод байгаа юм.



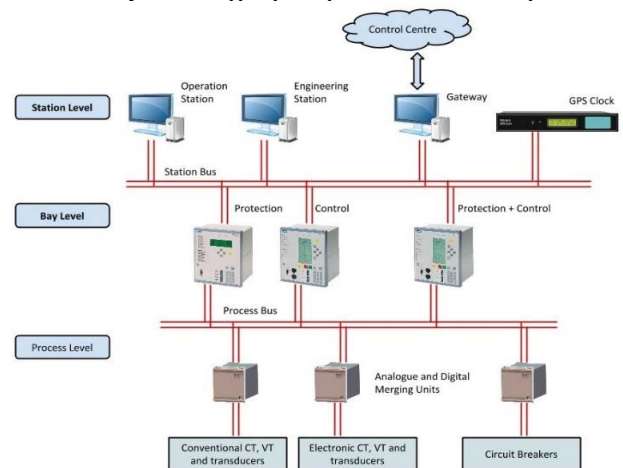
Зураг 5. Smart grid буюу ухаалаг сүлжээний архитектур.

Энэ технологи нэвтэрснээр системийн хэмжээний ачаалал тохируулгын асуудлыг ухаалагаар зохицуулах, зөв хуваарилах боломжтой болж байгаа юм.

Мөн сүүлийн үед “дижитал дэд станц” гэсэн тодотголтой технологийг хөгжөөд байгаа бөгөөд манай урд хөрш болох БНХАУ – д энэхүү технологи эрчим хүчний системд нь аль хэдийн нэвтэрсэн байна.

Дижитал дэд станцын давуу талууд нь:

- Бүх мэдээллийг тоон хэлбэрээр хүлээн авч хадгалах
- Гэмтэл доголдол гарсан тохиолдолд маш богино хугацаанд арилгах
- Хуваарьлах байгууламж, трансформатор болон бусад тоноглолыг цаг тухайд нь бодит симуляци хийх
- Симуляцийн үр дүнгээр насжилтийг тодорхойлох



Зураг 6. Тоон дэд станцын архитектур.

Бүх мэдээллийг тоон хэлбэрт хөрвүүлж, сүлжээний платформууд, протоколуудыг стандартчилснаар дэд станцын ажиллагаа, эрчим хүчний системийн найдваржилт дээшилдэг байна.

III. ДҮГНЭЛТ

Манай орны өнөөгийн нөхцөл байдалд ачаалал тохируулгыг автоматаар хийж гүйцэтгэдэг технологийг нэвтрүүлэхийн тулд түгээх болон дамжуулах сүлжээнд ашиглагдаж буй хуучин тоноглолуудыг солих шаардлагатай.

1. Gungor, Vehbi C., et al. "Smart grid technologies: Communication technologies and standards." IEEE transactions on Industrial informatics 7.4 (2011): 529-539.
2. Xinzhou Dong, Delin Wang, Manyong Zhao, Bin Wang, Senior Member, Alexander Apostolov, Fellow, "Smart Power Substation Development in China." IEEE,

3. Communication Networks and Systems in Substations – Part 5: Communication Requirements for Functions and Device Models, IEC Standard 61850-5, 2003.
4. Technical Guide for Smart Substation. SGCC (State Grid Cooperation of China) Standard Q/GWD 383, 2009.

ХОЁР ӨӨР ХОЛБОЛТЫН ТӨРӨЛТЭЙ ТРАНСФОРМАТОРУУДЫН ЗЭРЭГЦЭЭ АЖИЛЛАГААГ СУДЛАХ

Ж.Төгөлдөр*, А.Хулан*, Б.Загдхорол*, Ч.Нацагдорж*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Сүүлийн үед хотын шугам сүлжээнд хэрэглэгдэж буй 6,10 кВ – ийн кабель шугамын урт ихсэж, үүнийгээ дагаад шугамын багтаамж ихсэж байна. Үүний улмаас тухайн шугам сүлжээнд нэг фазын газардлага гарахад, багтаамжийн шинж чанартай гүйдлийн хэмжээ ихсэж байгаа бөгөөд уг шалтгааны улмаас тусгаарлагдсан нейтраллийн горимоор ажиллаж буй 6,10кВ – ийн шугам сүлжээг газардлагатайгаар удаан хугацааны туршид ажиллуулж болохгүй нөхцөл байдал үүсээд байна. Энэхүү судалгааны ажлаар дээр дурьдагсан асуудлыг трансформаторын холболтын төрлийг өөрчлөх замаар шийдэх аргын талаар дурьдсан болно.

Түлхүүр үг. трансформатор, холболтын төрөл, зэрэгцээ ажиллагаа, кабель шугам, PowerFactory.

I. ОРШИЛ

Эрчим хүчний системд хүчний трансформаторуудыг зэрэгцээ ажиллуулхын тулд доорх нөхцлүүдийг хангасан байх шаардлагатай байдаг. Үүнд:

- Богино залгааны хүчдэл ижил байх ($U_{кз}\%$).
- Ороомгуудын холболтын бүлэг ижил байх
- Хувиргах коэффициент нь ижил байх

зэрэг шаардлагуудыг тавьдаг [1], [2].

Гадны ном зохиолуудад богино залгааны хүчдлийн хэмжээ нь ± 10 хувь, Мөн трансформаторын хувиргах коэффициент нь ± 5 зөрүүтэй байхыг зөвшөөрсөн байдаг талаар дурьдсан байгаа бөгөөд мөн энэ шаардлагуудаас гадна трансформаторуудын чадал өөр хоорондоо хэт их зөрүүтэй буюу хамгийн ихдээ 1/3 харьцаатай байх нь зүйтэй гэж үздэг байна.

Трансформаторуудын эдгээр шаардлагууд биелээгүй буюу шаардлага хангахгүй трансформаторуудыг зэрэгцээ холбосон тохиолдолд трансформаторуудын хооронд тэгшитгэх гүйдэл гүйдэг. Энэ гүйдлийн улмаас трансформаторууд жигд биш ачааллагдаж, мөн халалт үүсэх нөхцөл бүрдэнэ.

Түгээх сүлжээнд хамгийн өргөн тохиолддог гэмтэл нь нэг фазын газардлага байдаг. Энэ газардлага нь нийт гэмтлийн 65-70 хувийг эзэлдэг. Газардлага удаан үргэлжилвэл даамжирч 2 болон 3 фазын богино залгаанд шилжих эрсдэл үүсдэг.

Дүрэм ёсоор тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй шугам сүлжээ нь газардлагын бага гүйдэлтэй шугам сүлжээ тул газардлага гарахад богино хугацаанд таслах шаардлагагүй байдаг. Цахилгаан техникийн аюулгүй ажиллагааны дүрмэнд заасны дагуу, тусгаарлагдсан

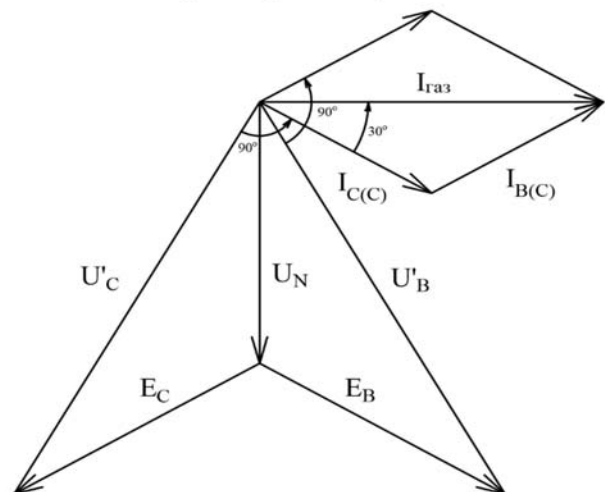
саармагтай шугам сүлжээнд нэг фазын газардлага гарахад түүнийг шууд таслах шаардлагагүй ба газардлагатай фазыг 2 цагийн турш ажиллуулж болно гэсэн заалт байдаг. Хэрэв 2 цагийн дотор тухайн газардлага устахгүй тохиолдолд газардлагыг гар ажиллагаагаар таслах ёстой байдаг.

Тусгаарлагдсан саармагтай шугам сүлжээнд газардлага болсноор эрүүл фазуудын хүчдэл нь газартай харьцангуйгээр $\sqrt{3}$ дахин өсдөг бөгөөд богино залгааны цэг рүү шугам сүлжээний газартай харьцангуй багтаамжийн гүйдэл гүйдэг байна.

10 кВ – ийн шугам сүлжээний хувьд газардлагын гүйдэл 20А – с бага бол тухайн шугам хэвийн ажиллах боломжтой гэж үздэг [3].

Хэрэв тусгаарлагдсан саармагтай шугам сүлжээнд нэг фазын газардлага гарсан гэвэл газардлагын гүйдлийн хэмжээг (1) томъёогоор ойролцоогоор тодорхойлно. (1) томъёоноос харахад тусгаарлагдсан саармагтай шугам сүлжээний газардлагын гүйдлийн хэмжээ тухайн шугамын багтаамжийн хэмжээтэй шууд хамааралтай байна [4].

$$\vec{I}_{газ} = \vec{I}_{B(C)} + \vec{I}_{C(C)} = 3 \cdot U_{\phi} \cdot \omega \cdot C \quad (1)$$

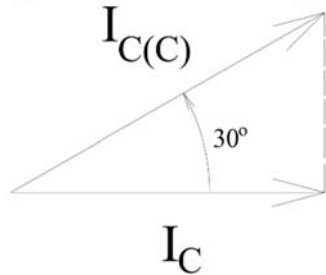


Зураг 1. Тусгаарлагдсан саармагтай шугам сүлжээнд газардлага гарсан үеийн вектор диаграм (А фазын газардлага).

Шугамын багтаамжийг (2) томъёогоор олох бөгөөд кабель шугамын багтаамж нь тухайн шугамын уртаас шууд хамааралтай байна.

$$C_{каб} = C_{каб,0} \cdot L_{каб,0} \quad (2)$$

Эндээс кабель шугамын урт ихсэх тусам газартай харьцангуй багтаамж нь ихсэх ба түүнээс хамаараад газардлагын гүйдэл нь (1) томьёоны дагуу өсөх юм [6].



Зураг 2. Газардлага гарсан үеийн багтаамжийн гүйдлийн вектор.

Улаанбаатар хотод ашиглаж буй 6,10 кВ – ийн кабель шугамын урт жил ирэх тутамд нэмэгдэж байгаа учраас кабель шугамын багтаамжийн хэмжээ ихсэж байгааг анхаарч үзэх нь чухал. Кабель шугам урт болсноор нэг фазын газардлага гарахад газардлагын цэг рүү гүйх багтаамжийн шинж чанартай гүйдлийн хэмжээ ихсэх анхаарал татаж байна. Иймд 6, 10 кВ – ийн сүлжээнд гарсан газардлагыг хугацаа алдалгүй таслах шаардлага гарч ирж байна.

Газардлагыг шууд таслахын тулд 6, 10 кВ – ийн талыг од холболттой болгож, саармагийг нь шууд болон бага эсэргүүцлээр дамжуулан газардуулах шаардлагатай юм.

Улаанбаатар хотын түгээх сүлжээний хувьд Y/ Δ холболттой 35/10(6) кВ-ийн маш олон трансформаторууд бий. Үүнийг нэг зэрэг солих боломжгүй тул тодорхой хугацаанд нэг дэд станцад Δ/Y, Y/Δ холболттой трансформаторуудыг ашиглах шаардлага гарч байна. Иймд Δ/Y, Y/Δ холболттой, ижил холболтын грүпшгэй трансформаторуудыг зэрэгцээ ажиллуулахад ямар асуувал тулгарах талаар судалж үзье.

Бид судалгааны ажлыг гүйцэтгэхдээ DIGSILENT компанийн хөгжүүлдэг PowerFactory програм дээр симуляци хийх замаар холболтын бүлэг ижил, харин ороомгийн холболтын төрөл нь ондоо трансформаторуудын зэрэгцээ ажиллагааг судална.

Энэхүү программ нь дэлхийн хэмжээний гайхамшигтай программ бөгөөд өөртөө 17 функцтай буюу

- Повер фактор суурь тооцооллын функц (горимын тооцоо)
- Богино залгааг тооцоолдог функц
- Ихсэх гүйдэл болон зайн хамгаалалт тооцоолдог функц
- Зөвхөн ихсэх гүйдлийн хамгаалалтын функц
- Түгээх сүлжээнд зориулсан функц
- Гармоник болон эрчим хүчний чанарын шинжилгээ хийдэг функц
- Чадлын онвчтой урсгалыг тооцоологч функц
- Чадлын онвчтой урсгалыг тооцоологч функц 2 (ЭЗ-н үр ашигтай зохицуулалтын тооцоолох) гэх мэт функцуудтай.

Эдгээр функцуудээс хамгийн энгийн анхан шатны тооцоолох функцийг нэгэн хэсэг нь тогтсон горимын тооцоог хийх юм. Уг программаар тогтсон горимын тооцоог хийхдээ дараах өгөгдлүүдийг оруулсан байна.

Ачааллын хувьд:

- Чадал

- Чадлын коэффициент

- Хүчдэл гэх мэт.

Трансформаторын хувьд :

- Чадал

- Чадлын коэффициент

- Холболтын төрөл

- Хүчдэл гэх мэт.

Мөн харгалзаж үзвэл чухал функц нь гэмтлийн шинжилгээ хийдэг буюу богино холбооны тооцоо хийдэг. Тооцоог хийх олон стандартуудаас сонгодог бөгөөд бүхий л төрлийн гэмтлийн хэлбэрийг оруулж өгсөн байдаг. Тус функцийг гүйцэтгэх стандарт бүр нь өөрийн тооцооллын аргачлалтай байдаг ба хувьсах гүйдлийн болн тогтмол гүйдлийн шугам сүлжээний богино залгааны тооцоог хийх боломжтой байдаг. Энэ сүүлийн үед барууны орнуудад ихээхэн дэлгэрч байгаа өндөр хүчдлийн тогтмол гүйдлийн шугамын тооцоог хийх, хамгаалалтын тооцоог гүйцэтгэх гэх мэт орчин үеийн шийдэл боломжуудыг олгож байна [2, 3].

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Хотын шугам сүлжээнд хэрэглэгдэж буй 6,10кВ – ийн шугамын урт ихссэнээс, шугамын дагуух багтаамжийн хэмжээ нэмэгдэж, улмаар газардлагын гүйдлийн хэмжээ нэмэгдэх нөхцөл бүрдэж байна. Иймд шугам сүлжээнд ашиглагдаж байгаа 35/10 кВ – ийн Y/Δ холболттой трансформаторуудыг Δ/Y холболттой трансформаторуудаар сольж, газардлага гарсан тохиолдолд шугамыг газардлагатай ажиллуулахгүйгээр газардлагыг шууд арилгах арга хэмжээг авах шаардлагатай болоод байгаа юм. Трансформаторыг Δ/Y сольсноор 10кВ – ийн талд нум унтраагч ороомог суурьлуулах, газардлагын хамгаалалтыг гүйцэтгэх боломжтой болох, мөн нам талыг нь бага эсэргүүцлээр дамжуулан газардуулах зэрэг давуу талууд үүсэх юм.

Туршилт хийх трансформаторуудыг дараах байдлаар сонгоё

Трансформаторын чадал: $S = 10 \text{ MVA}$

Богино залгааны хүчдэл: $U_{кз} = 8\%$

Хувиргалтын коэффициент: $k = 35/10$

Трансформаторын холболтын бүлэг:

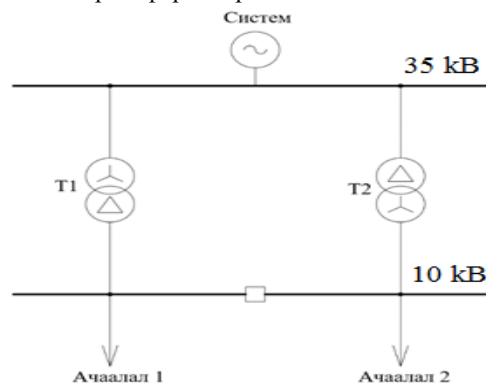
T1 трансформатор – Y/Δ – 11

T2 трансформатор – Δ/Y – 11

Ачаалал:

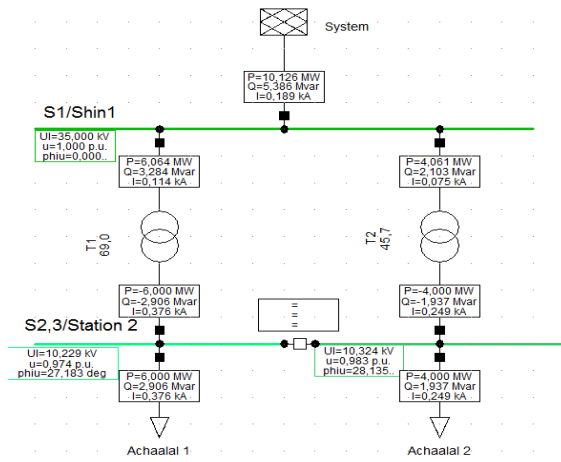
Ачаалал 1 – трансформатор 1 – ийн ачааллын 40 хувь

Ачаалал 2 – трансформатор 2 – ийн ачааллын 60 хувь



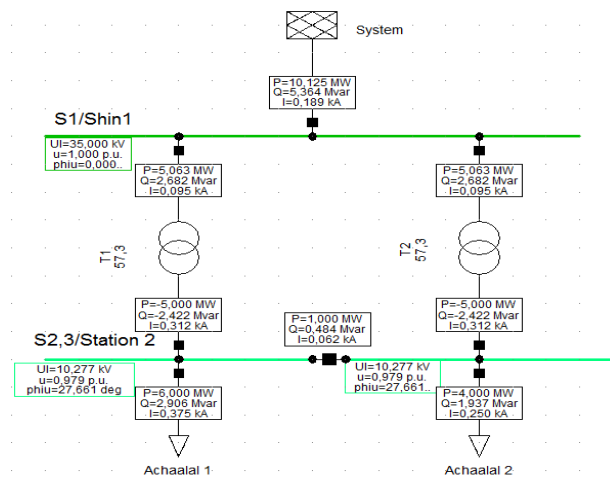
Зураг 2. Тооцооны схем.

Тооцоог зураг 1 – д өгөгдсөн схемийн дагуу хийж гүйцэтгэе.



Зураг 3. Секц холбогч салгаатай үеийн чадлын урсгалын тооцооны дүн.

Зураг 2 – д трансформаторууд хоорондоо хамааралгүй ажиллах үеийн тооцоог PowerFactory програм дээр хийж гүйцэтгэсэн үр дүнг харуулсан байна.



Зураг 4. Секц холбогч залгаатай үеийн чадлын урсгалын тооцооны дүн.

Хүснэгт 1

Секц холбогч салгаатай үеийн чадлын урсгалын тооцооны үр дүн

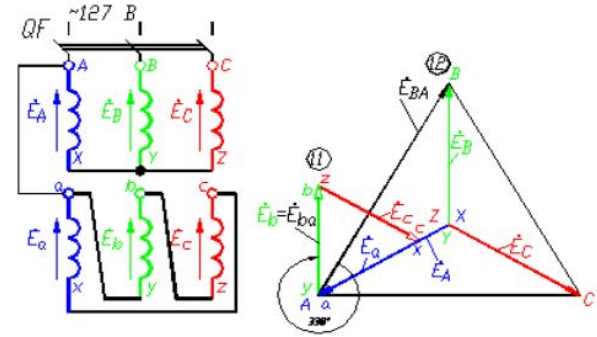
Элемент	P (МВт)	Q (МВар)	I (кА)
Систем	9.69081	5.11007	0.1732
T1	5.76313	3.0882	0.1034
T2	3.92768	2.02187	0.0699
Ачаалал 1	5.67944	2.75068	0.3566
Ачаалал 2	3.85722	1.86814	0.2399

Хүснэгт 2

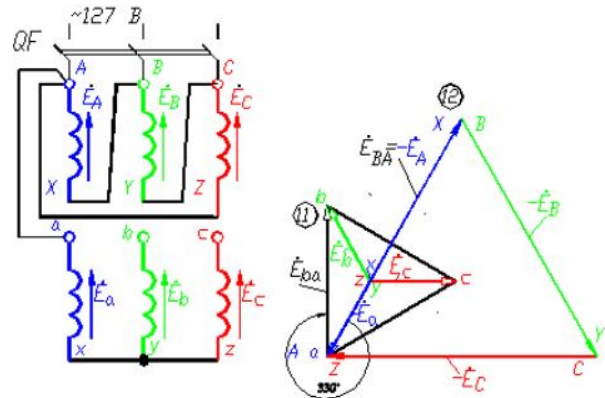
Секц холбогч залгаатай үеийн чадлын урсгалын тооцооны үр дүн

Элемент	P (МВт)	Q (МВар)	I (кА)
Систем	9.70717	5.10174	0.1734
T1	4.853586	2.550870	0.086730
T2	4.853586	2.550870	0.086730
Ачаалал 1	5.67944	2.75068	0.3566
Ачаалал 2	3.85722	1.86814	0.2399

Хүснэгт 2 – д үзүүлсэн секц холбогч залгаатай буюу сонгосон трансформаторуудыг зэрэгцээ ажиллагаанд залгасан үеийн горимын тооцооны үр дүнгээс харахад холболтын төрөл ондоо трансформаторуудыг зэрэгцээ ажиллагаанд залгахад ямар нэг байдлаар тэгшитгэх гүйдэл гүйхгүй байгаа нь харагдаж байна.

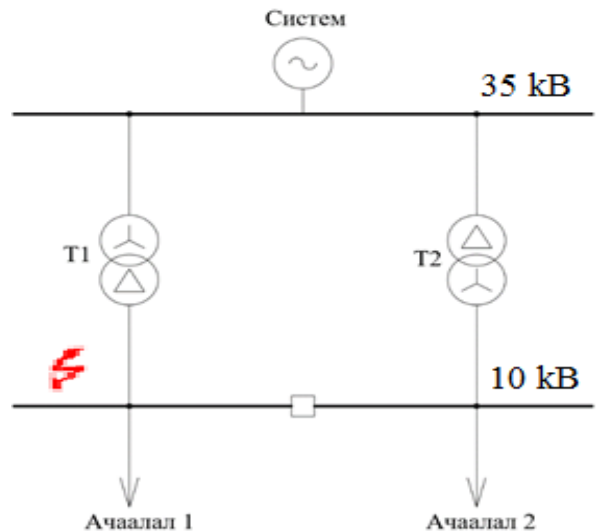


Зураг 5. Y/Δ-11 холболттой трансформаторын вектор диаграм.



Зураг 6. Δ/Y-11 холболттой трансформаторын вектор диаграм.

Зураг 4 болон 5 – д үзүүлсэн вектор диаграммуудыг харвал, ижил нэртэй шугамуудын хүчдлүүдийн векторын хооронд фазын зөрүү үүсэхгүй гэдэг нь харагдаж байгаа бөгөөд энэ нь симуляцийн үр дүн онолын хувьд үнэн болохыг нотолж байна [4, 5].



Зураг 6. Богино залгааны цэг.

Энэхүү схемд зураг 6 – д үзүүлсэн цэг дээр богино залгааны тооцоог PowerFactory програм болон

уламжлалт аргаар тооцоог хийж, хийсэн тооцооны үр дүнг хүснэгт 3, 4 – д үзүүлээ.

Хүснэгт 3

Трансформаторын нам талын шин дээр хийсэн богино залгааны тооцооны үр дүн (PowerFactory ашигласан)

VDE0102	Ia	Ib	Ic
K3	6.786	6.786	6.786
K2	0	5.877	5.877
K1,1	0	5.877	5.877
K1	0	0	0
IEC60909	Ia	Ib	Ic
K3	6.786	6.786	6.786
K2	0	5.877	5.877
K1,1	0	5.877	5.877
K1	0	0	0
complete	Ia	Ib	Ic
K3	6.769	6.769	6.769
K2	0	5.863	5.863
K1,1	0	5.863	5.863
K1	0	0	0

Хүснэгт 4

Трансформаторын нам талд хийсэн богино залгааны тооцооны дүн (Excel програм ашигласан)

	Ia	Ib	Ic
K3	6.873	6.873	6.873
K2	0	5.952	5.952
K1,1	0	7.274	7.274
K1	3.968	0	0

Дээрх богино залгааны үр дүн нь секц холбогч таслуур залгаатай үеийн тооцооны богино залгааны гүйдэл буюу өгөгдсөн трансформаторууд зэрэгцээ ажиллаж байх үед трансформаторын нам талын шин дээр болсон богино залгааны утгууд юм.

Хүснэгт 5 – д үзүүлсэн богино залгааны тооцооны үр дүнг аргачлал бүрт харьцуулан үзэхэд ижил хэмжээтэй гарч байгаа боловч нэг фазын богино залгааны тооцооны үр дүнг буруу гаргаж байна. Энэ нь тус програмын дотоод загварчилалаас болж байна гэж үзэж байна. Барууны орнуудад гүн газардуулсан шугам сүлжээний оронд, тусгаарлагдсан нейтральтай шугам сүлжээг ашигладаг тул схемийн модельд компенсаци хийгдсэн гэж үзээд газардлагын гүйдэл гүйхгүй гэсэн үр дүнг үзүүлж байж болох юм.

PowerFactory програмын модельд байрлах Series capacitance, Series reactance зэрэг компенсацилах элементүүдийн тохиргоог өөрчилснөөр тооцооны үр дүн үнэн гарах боломжтой.

III. ДҮГНЭЛТ

PowerFactory програм дээр гүйцэтгэсэн симуляцийн үр дүнгээс үзэхэд $\Delta/Y-11$, $Y/\Delta-11$ холболттой трансформаторуудыг зэрэгцээ ажиллагаанд залгахад трансформаторуудын хооронд тэгшитгэх гүйдэл гүйхгүй нь трансформаторын вектор диаграм болон горимын тооцооны үр дүнгээс харагдаж байна. Үүнээс гадна богино залгааны тооцоонуудын үр дүнгээс үзэхэд реле хамгаалалтын тавилын тооцоонд нэмэлт асуудал дэвшүүлэх шаардлагагүй гэж дүгнэж байна.

Дээрх үр дүнгүүдээс үзэхэд Улаанбаатар хотын шугам сүлжээнд ашиглагдаж байгаа $Y/\Delta-11$ холболттой трансформаторуудыг $\Delta/Y-11$ холболттой трансформатороор солих үед зэрэгцээ ажиллаж буй трансформаторыг ээлж дараалуулан солих замаар $Y/\Delta-11$, $\Delta/Y-11$ холболтын бүлэгтэй трансформаторуудыг зэрэгцээ ажиллагаанд залгаж ашиглах боломжтой нь харагдаж байна.

Ашигласан материал

1. Д.Өлзий-Орших, “Цахилгаан машин, бичил машин”, Улаанбаатар 2017 он
2. Д.Өлзий-Орших, “Тусгай зориулалтын бичил машин”, Улаанбаатар 2014 он
3. DIgSILENT PowerFactory "15.1 Tutorial " *DIgSILENT GmbH Heinrich-Hertz-Str. 9: 72810.*
4. PowerFactory, DIgSILENT. "Digsilent powerfactory 15 user manual." *DIgSILENT GmbH, May-2014* (2013).
5. З.Цэрэндорж, “Өндөр хүчдлийн техник - 4”, Улаанбаатар 2012 он
6. К.К.Абрамов, “Расчет электрических емкостей многожильного кабеля с комбинированной изоляцией”, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ОАО «ВНИИКП», 2009 года
7. Ш.Гантөмөр, “Цахилгаан станц, дэд станц”, Улаанбаатар 2014 он
8. Ш.Гантөмөр, “Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам”, Улаанбаатар 2014 он
9. З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэтуяа, “Цахилгаан хангаамж түгээлтийн үндэс – 1”, Улаанбаатар 2017 он
10. З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэтуяа, “Цахилгаан хангаамж түгээлтийн үндэс – 2”, Улаанбаатар 2017 он

ТӨГСГӨЛӨГ ТООН ЭЛЕМЕНТ АНАЛИЗЫН АРГЫГ АШИГЛАН АЛДАГДАЛ БАГАТАЙ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙГ ЗАГВАРЧЛАХ НЬ

Ж. Эрдэнэхүү*, Б. Буянтогтох*, Б. Нямбаяр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Компьютерийн 3 хэмжээст загварчлал нь орчин үеийн цахилгаан тоног төхөөрөмжийн үйлдвэрлэлтэй салшгүй холбоотой болсон. Энэхүү аргыг дэлхийн томоохон цахилгаан тоног төхөөрөмжийн үйлдвэрүүд (ABB, SIEMENS...) хэрэглэдэг бөгөөд манай улс энэ салбарт мэдлэг, чадвартай инженерүүдээр дутмаг байдаг.

Энэхүү судалгааны ажлаар “Төгсгөлөг тоон элемент анализ”-ын аргын тооцооллыг судалж, судалгаанд тусгасан бөгөөд “Төгсгөлөг тоон элемент анализ”-ын арга дээр үндэслэн 3 фазын трансформаторыг ANSYS MAXWELL програм дээр загварчилж зүрхэвчиндэх алдагдал болон соронзон оронг загварчилсан.

Түлхүүр үг. компьютер загварчлал, төгсгөлөг тоон элемент анализын арга, элемент.

I. ОРШИЛ

Цахилгаан эрчим хүчний системд цахилгаан тоног төхөөрөмжийн алдагдал багатай ажиллагаа чухал ач холбогдолтой. Энэхүү сэдвээр “Төгсгөлөг тоон элемент анализ”-ын арга дээр үндэслэсэн ANSYS MAXWELL програм дээр 3 фазын трансформаторыг загварчилж зүрхэвчиндэх алдагдал болон соронзон оронг загварчилсан.

Трансформаторыг компьютерт загварчлах нь инженерүүдийн хувьд хүнд даалгавар байсаар ирсэн. Хүчний трансформатор нь цахилгаан эрчим хүчний системийн хамгийн чухал бөгөөд үнэтэй тоног төхөөрөмж тиймээс маш нарийн үйлдвэрлэлийн процесс шаардлагатай байдаг. 1970 оноос эхлэн “Төгсгөлөг тоон элемент анализ” аргыг цахилгаан соронзон тоног төхөөрөмжийг загварчлахад ашиглаж эхэлсэн.

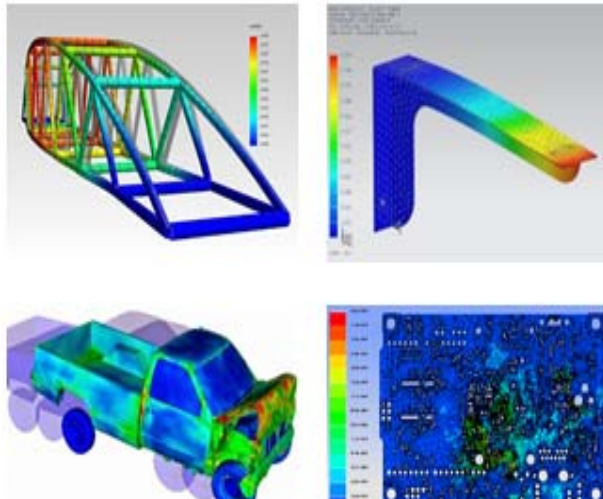
Орчин үеийн цахилгаан тоног төхөөрөмж үйлдвэрлэгч том үйлдвэрүүд (ABB, SIEMENS гэх мэт) компьютер загварчлалын аргыг өндөр түвшинд ашигладаг. Тиймээс шинэ үеийн инженерүүд бидний хувьд энэ салбарт мэдлэг чадвараа хөгжүүлэх нь чухал юм.

Энэ төрлийн програм хангамжийг хэрэглэснээр:

- Эдийн засгийн маш их үр ашигтай
- Үйлвэрлэлийн процессыг хурдасгаж цаг хугацааг хэмнэнэ
- Прототайп моделин үйлдвэрлэлийн тоог багасгана
- Төрөл бүрийн ачаалалтай, нөхцлийн үед туршиж үзэх боломжтой гэх мэт олон давуу талтай.

II. Төгсгөлөг тоон элемент анализын арга

Энэ арга нь анх биетийн бүтцийг судлах инженерийн тооцоолол хийхэд хэрэглэгдэж эхэлсэн, 1942 онд математикч Коорант Ричийн тоон анализын аргыг ашиглан хөдөлгөөнт системийг жижиг хэсгүүдэд хувааж математик тооцооллыг ойролцоогоор хийж эхэлсэн. Түүний дараа 1956 онд Тюрнер, Клаф, Мартин, Топп нар тоон анализын аргын тухай нийтлэл бичиж энэ аргыг түгээмэл болгосон.



Зураг 1. Төгсгөлөг тоон элемент анализын аргын хэрэглээ.

Инженерийн тооцоонд CAD (computer aided design) системийн компьютер загварчлал хангалтгүй болж төгсгөлөг тоон элемент анализын арга дээр суурилсан CAE (computer aided engineering) систем эрэлттэй болж эхэлсэн.

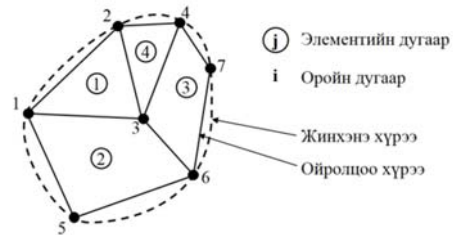
1970 аад оны эхээр төгсгөлөг тоон анализын аргыг маш үнэтэй, өндөр хүчин чадалтай компьютер эзэмшдэг авто, нисэх онгоц болон цөмийн эрчим хүч үйлдвэрлэгч компаниуд хэрэглэдэг байсан.

Энэхүү аргын хамгийн гол давуу тал нь шугаман бус материал, биет дээр анализ хийх боломж олгодогоруу давуу талтай тиймээс инженерийн бүх салбарт хэрэглэдэг.

III. Төгсгөлөг тоон элемент анализын аргыг ашиглан цахилгаан соронзон тоног төхөөрөмжийг загварчлах тооцоо

Тооцоо хийх биеийг олон жижиг хэсгүүдэд хуваана Зураг. 2-т тооцоо хийх хэсэг 4 элементэд хуваагдсан байна (хоёр дөрвөн өнцөгт, хоёр гурван өнцөгт) болон долоон орой. Элемент тус бүрийн хүчдэлийн ойролцоо утгаар нийт хэсгийн хүчдэлийг олно. Тооцоо хийх хэсгийн ерөнхий хүчдэл дараах томъёогоор тодорхойлогдоно [1], [2].

$$V_{(x,y)} \cong \sum_{e=1}^N V_{e(x,y)} \quad (1)$$



Зураг. 2. Тэгш хэмгүй дүрс, элементийн ерөнхий хуваалт.

Хүчдэлийг тооцоолоход гурван өнцөгт элементийг түгээмэл ашигладаг

$$V_{e(x,y)} = a + bx + cy \quad (2)$$

Дөрвөн өнцөгт элементийн хувьд

$$V_{e(x,y)} = a + bx + cy + dx \quad (3)$$

Элементийн гадна талд потенциал байхгүй, дотор талын потенциал 0-ээс ялгаатай гэж үзнэ (Зураг. 2)

(Зураг. 3)-т үзүүлсэн гурван өнцөгт элементийн орой бүр дээрх потенциалууд V_{e1} , V_{e2} , V_{e3}

(2) томъёоноос дараах тэгшитгэл гарна.

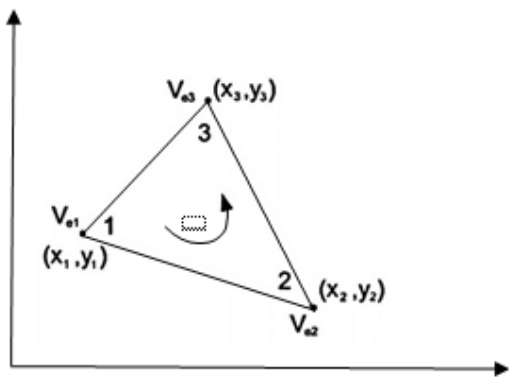
$$\begin{bmatrix} V_{e1} \\ V_{e2} \\ V_{e3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \quad (4)$$

Эндээс a, b, c коэффициент тодорхойлогдоно

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} V_{e1} \\ V_{e2} \\ V_{e3} \end{bmatrix} \quad (5)$$

(2) томъёонд орлуулбал

$$V_e = [1 \ x \ y] \frac{1}{2A} \cdot \begin{bmatrix} (x_2y_3 - x_3y_2) & (x_3y_1 - x_1y_3) & (x_1y_2 - x_2y_1) \\ (y_2 - y_3) & (y_3 - y_1) & (y_1 - y_2) \\ (x_3 - x_2) & (x_1 - x_3) & (x_2 - x_1) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{e1} \\ V_{e2} \\ V_{e3} \end{bmatrix} \quad (6)$$



Зураг 3. Жишээ гурван өнцөгт элемент (6)-г өөрөөр

$$V_e = \sum_{i=1}^3 \alpha_i(x, y) V_{ei} \quad (7)$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{2A} [(x_2 y_3 - x_3 y_2) + (y_2 - y_3)x + (x_3 - x_2)y] \quad (8)a$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{2A} [(x_3 y_1 - x_1 y_3) + (y_3 - y_1)x + (x_1 - x_3)y] \quad (8)b$$

$$\alpha_3 = \frac{1}{2A} [(x_1 y_2 - x_2 y_1) + (y_1 - y_2)x + (x_2 - x_1)y] \quad (8)c$$

Энд: А -элементийн талбай
α -элементийн хэлбэрийн коэффициент

$$2A = \begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{vmatrix} = (x_1 y_2 - x_2 y_1) + (x_3 y_1 - x_1 y_3) + (x_2 y_3 - x_3 y_2) \quad (9)$$

$$A = \frac{1}{2} [(x_2 - x_1)(y_3 - y_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1)] \quad (9)$$

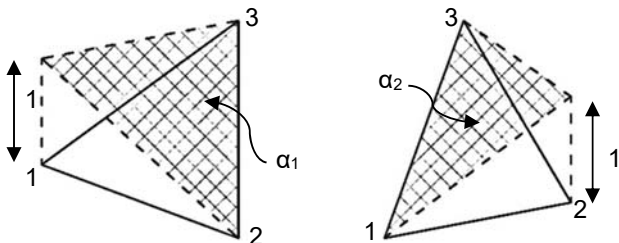
Элементийн оройг цагийн зүүний эсрэг эргүүлж тооцвол А -ийн утга эерэг байна. (дурын оройгоос тооцож болно) Зураг. 3-г харуулав. 7-р томъёог ашиглан элементийн оройнуудын потенциал мэдэгдэж байх үед (x, y) тэнхлэг дээрх дурын цэгийн потенциалыг олж болно.

α-г өөрөөр элементийн хэлбэрийн функц гэдэг ба дараах шинж чанарыг агуулна.

$$\alpha_i(x_i, y_j) = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \quad (10)a$$

$$\sum_{i=1}^3 \alpha_i(x, y) = 1 \quad (10)b$$

Хэлбэрийн функц α₁, α₂ Зураг. 4-г харуулав



Зураг. 4. Гурван өнцөгт элементийн хэлбэрийн функц.

[3]-аас элемент e -ийн хэсэг бүрийн энергийн томъёо авав.

$$W_e = \frac{1}{2} \int \epsilon |\vec{E}|^2 dS = \frac{1}{2} \int \epsilon |\nabla V_e|^2 dS \quad (11)$$

Элемент 2 хэмжээст учраас ρ = 0 гэж үзнэ. Гэхдээ (7) томъёоноос:

$$\nabla V_e = \sum_{i=1}^3 V_{ei} \nabla \alpha_i \quad (12)$$

(12) томъёог (11) –г орлуулуулвал

$$W_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \epsilon V_{ei} \left[\int \nabla \alpha_i \cdot \nabla \alpha_j dS \right] V_{ej} \quad (13)$$

Хэрэв хаалтан дахь хэсгийг салгаж бичвэл

$$C_{ij}^{(e)} = \int \nabla \alpha_i \cdot \nabla \alpha_j dS \quad (14)$$

(13) томъёог хураангуйгаар бичвэл

$$W_e = \frac{1}{2} \epsilon [V_e]^T [C^{(e)}] [V_e] \quad (15)$$

Энд T нь хөрвүүлсэн матриц

$$[V_e] = \begin{bmatrix} V_{e1} \\ V_{e2} \\ V_{e3} \end{bmatrix} \quad (16)a$$

[C^(e)] матрицыг элементийн коэффициент гэж нэрлэдэг. (материалын бүтцийн анализад “матрицын хаг” гэдэг).

Коэффициентийн утгыг өөрөөр (8) томъёог (14) –г орлуулж

$$C_{12}^{(e)} = \int \nabla \alpha_1 \cdot \nabla \alpha_2 dS = \frac{1}{4A^2} [(y_2 - y_3)(y_3 - y_1) + (x_3 - x_2)(x_1 - x_3)] \int dS = \frac{1}{4A} [(y_2 - y_3)(y_3 - y_1) + (x_3 - x_2)(x_1 - x_3)] \quad (17)a$$

(17)a –тай адилаар элемент бүрд тодорхойлвол

$$C_{13}^{(e)} = \frac{1}{4A} [(y_2 - y_3)(y_1 - y_2) + (x_3 - x_2)(x_2 - x_1)] \quad (17)b$$

$$C_{23}^{(e)} = \frac{1}{4A} [(y_3 - y_1)(y_1 - y_2) + (x_1 - x_3)(x_2 - x_1)] \quad (17)c$$

$$C_{11}^{(e)} = \frac{1}{4A} [(y_2 - y_3)^2 + (x_3 - x_2)^2] \quad (17)d$$

$$C_{22}^{(e)} = \frac{1}{4A} [(y_3 - y_1)^2 + (x_1 - x_3)^2] \quad (17)e$$

$$C_{33}^{(e)} = \frac{1}{4A} [(y_1 - y_2)^2 + (x_2 - x_1)^2] \quad (17)f$$

Мөн дараах нөхцөлүүд биелэнэ.

$$C_{21}^{(e)} = C_{12}^{(e)}, C_{31}^{(e)} = C_{13}^{(e)}, C_{32}^{(e)} = C_{23}^{(e)} \quad (18)$$

Элементүүдийг нэгтгэх

Дараагийн хийх зүйл бол тооцоо хийх хэсгийн элементүүдийг нэгтгэх. Нийт энерги дараах томъёогоор тодорхойлогдоно.

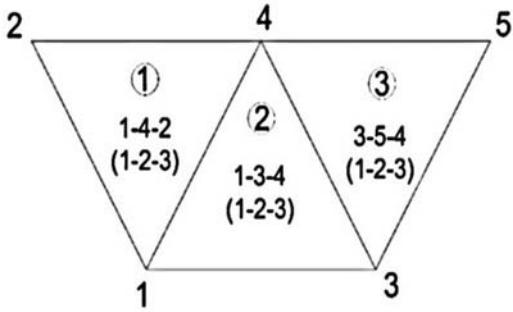
$$W = \sum_{e=1}^N W_e = \frac{1}{2} \epsilon [V]^T [C] [V] \quad (19)$$

$$[V_e] = \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (20)$$

n элементийн оройны тоо. N элементийн тоо.

[C] Матрицын ерөнхий коэффициент энэ нь элемент бүрийн коэффициентүүдийн нэгтгэсэн хэлбэр юм.

Гурван элементээс бүрдэх төгсгөлөг тоон хуваалтыг зураг. 4. -г үзүүлсэн байна. Хуваалтын дугаарлалтаас харахад, 1, 2, 3, 4, 5 –г ерөнхий дугаарлалт. i-j-k дугаарлалтыг дотоод дугаарлалт гэнэ. Жишээ нь зураг 4 ийн элемент 3 –ын хувьд дотоод дугаарлалт 3-5-4. Дотоод дугаарлалтыг дурын оройгоос цагийн зүүний эсрэг дугаарлаж тооцно.



Зураг. 5. Дурын гурван элементийн нийлэмж. Дээрх элементүүдийн нийлэмжээс дараах матрицыг авна.

$$[C] = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} \end{bmatrix} \quad (21)$$

($n = 5$) гэдгээс 5×5 матриц гарна. Матрицын элемент бүр 2 оройн коэффициентоос тодорхойлогдож байна. Матрицын элементийг тодорхойлохдоо потенциалын тархалт элементийн хүрэн дотор байна гэдгийг харгалзан үзнэ. $[C]$ ийн i, j байрлалыг гаргахын тулд i, j оройг агуулсан бусад элементүүдээс хамааруулж авна. Жишээ нь Зураг 4, 1-р орой, элемент 1 ба 2 –г агуулагдаж байна. Эндээс:

$$C_{11} = C_{11}^{(1)} + C_{11}^{(2)} \quad (22a)$$

2 –р орой зөвхөн элемент 1 –д хамаарагдана. Эндээс:

$$C_{22} = C_{33}^{(1)} \quad (22b)$$

4 –р орой элемент 1, 2, 3 –г хамаарагдана. Эндээс:

$$C_{44} = C_{22}^{(1)} + C_{33}^{(2)} + C_{33}^{(3)} \quad (22c)$$

1 ба 4 –р орой 1 ба 2 –р элементэд зэрэг хамаарна. Эндээс:

$$C_{14} = C_{14} = C_{12}^{(2)} + C_{13}^{(2)} \quad (22d)$$

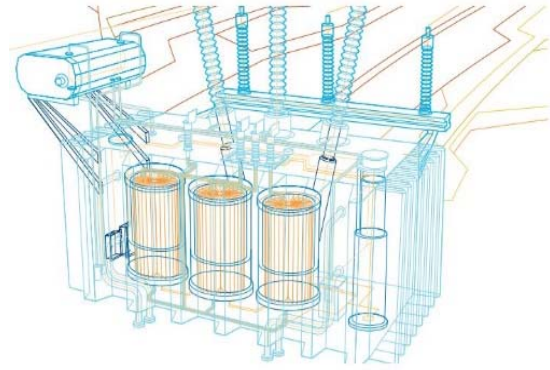
Орой 2 ба 3 –ын хооронд холбоос байхгүй учир

$$C_{23} = C_{32} = 0 \quad (22e)$$

Дээрхтэй адилаар тооцож дараах матрицыг гаргаж авна.

$$[C] = \begin{bmatrix} C_{11}^{(1)} + C_{11}^{(2)} & C_{13}^{(1)} & C_{12}^{(2)} & C_{12}^{(1)} + C_{13}^{(2)} & 0 \\ C_{31}^{(1)} & C_{33}^{(1)} & 0 & C_{32}^{(1)} & 0 \\ C_{21}^{(2)} & 0 & C_{22}^{(2)} + C_{11}^{(3)} & C_{23}^{(2)} + C_{13}^{(3)} & C_{12}^{(3)} \\ C_{21}^{(1)} + C_{31}^{(2)} & C_{23}^{(1)} & C_{32}^{(2)} + C_{31}^{(3)} & C_{22}^{(1)} + C_{33}^{(2)} + C_{33}^{(3)} & C_{32}^{(3)} \\ 0 & 0 & C_{21}^{(3)} & C_{23}^{(3)} & C_{22}^{(3)} \end{bmatrix} \quad (23)$$

IV. Трансформаторын загварчлал ба үйлдвэрлэл (ABB Group)



Зураг. 6. Трансформаторын загварчлал [4].

Өндөр чадлын трансформатор (Generator Step-Up transformer), гурван давхар ороомогтой трансформаторын (tertiary windings of autotransformer) нам талын гүйдэл маш өндөр байдаг. Хэрэв гүйдлийг маш сайн тооцоолж чадахгүй бол трансформаторын танкыг халааж улмаар трансформаторын алдагдал ихэсч, өндөр өртөгтэй засварлах гэмтэл гардаг.

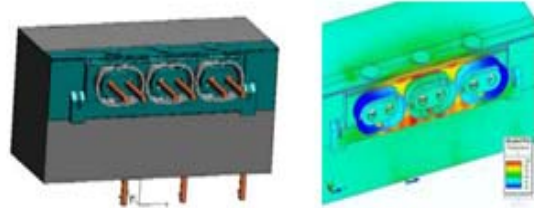
Өндөр чадлын трансформатор дандаа хамгийн их чадлаараа ажиллаж байдаг болохоор трансформаторын алдагдлын нарийн тооцоо маш чухал байдаг. Трансформаторт үндсэн 2 төрлийн алдагдал байдаг [5].

- Ороомгийн алдагдал
- Зүрхэвчинд үүсэх алдагдал

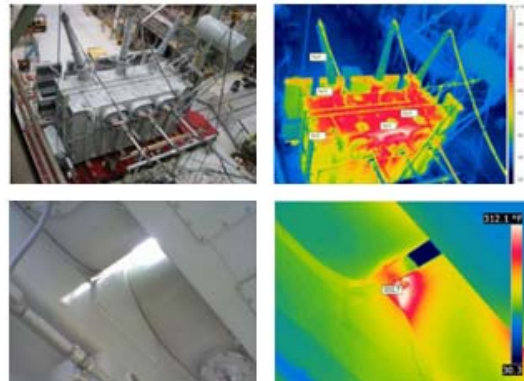
Тусгаарлагч хэсгүүдэд мөн загварчлал хийдэг. Тусгаарлагчид хэт ачааллын үеийн загварчлал хийхэд бодит амьдрал дээр гарах үр дүнтэй маш ойр байдаг.

3 хэмжээст загварчлалын аргыг ашигладаг үйлдвэрлэгчид дараах давуу талуудыг эдэлдэг:

- Халалтыг бууруулах мөн түүнийг удирдах
- Аюулгүй байдлыг нэмэх түүнчлэн хэт ачааллын үеийн найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх
- Үйлдвэрлэлийн процессыг хөнгөвчлөх



Зураг. 7. Трансформаторын 3 хэмжээст загварчлал ба өндөр ачааллын үед гаргалгын орчим дахь температурын загварчлал (ABB Group).



Зураг. 8. прототайп моделин өндөр ачаалалдахь температурын анализ (ABB Group).

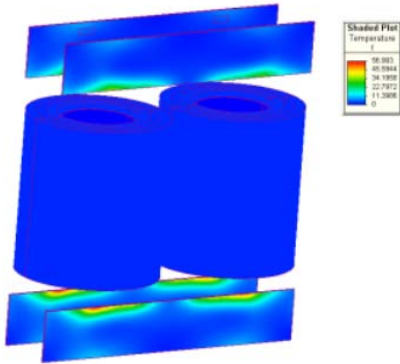
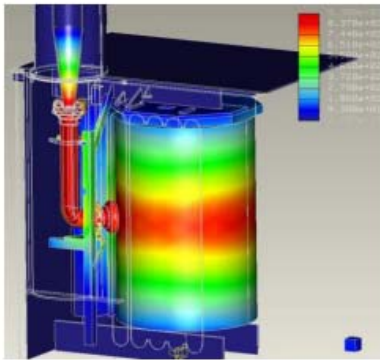


Figure 8: Core Clamp temperature rise distribution over the oil in the tank

Зураг 9. зүрхэвчний даруулгын температур анализын 3 хэмжээст загварчлал (ABB Group).



Зураг 10. Трансформаторын тусгаарлагч хэсгийн ачааллын 3 хэмжээст загварчлал.

V. ANSYS Maxwell програмдээр загварчлал

ANSYS Maxwell програм нь 2 болон 3 хэмжээстээр цахилгаан соронзон болон цахилгаан механик төхөөрөмжүүд болох цахилгаан мотор болон бусад гүйцэтгэх механизмууд, трансформаторууд, мэдрүүрүүд болон ороомогдох цахилгаан соронзон орны загварчлал хийдэг програм юм. ANSYS Maxwell нь төгсгөлөг тоон анализын арга дээр үндэслэн цахилгаан соронзон болон цахилгаан оронд тогтмол болон хугацаанаас хамааран хувьсах системд загварчлал, тооцоо хийдэг. Тухайн програм нь тоног төхөөрөмжийн нарийн герметрийн хэмжээс, деталиудын материал болон гаралтын утгуудыг зааж өгсөнөөр бүрэн автомат компьютер загварчлал хийдэг [6], [7].

ANSYS Maxwell дараах тооцооллцыг хийнэ

- Хувьсах гүйдлийн цахилгаан соронзон орон
- Соронзон орон
- Цахилгаан орон
- Тогтмол гүйдлийн дамжууламж
- Цахилгаан машин болон трансформаторын дизайн боловсруулалт
- Хэлхээ болон бүтэн системийн загварчлал

трансформатор загварчлалд зүрхэвчиндэх цахилгаан соронзон орны хуйларсан гүйдлийн алдагдлыг тооцоогүй.

Системийн давтамж 50 Герц. Фаз тус бүр хоорондоо 180 градус зөрүүтэй симетр систем.

A фаз:

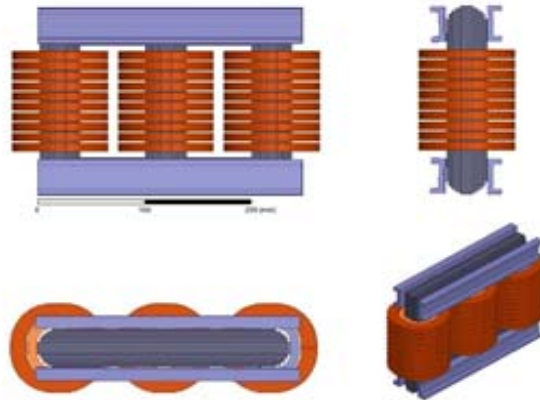
$$V_A = V_{peak}(1 - \exp(-50t))\cos(2\pi 50t) \quad (24)a$$

B фаз:

$$V_B = V_{peak}(1 - \exp(-50t))\cos(2\pi 50t + \frac{2}{3}\pi) \quad (24)b$$

C фаз:

$$V_C = V_{peak}(1 - \exp(-50t))\cos(2\pi 50t + \frac{4}{3}\pi) \quad (24)c$$



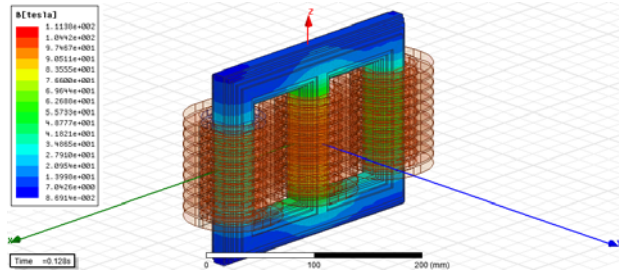
Зураг 11. 3 фазын трансформаторыг ANSYS Maxwell програмдээр зурсан байдал [8].

Трансформаторын өндөр талын ороомгийн ороодос 10 давхар байхаар зурж давхар бүрд 10 ороодос байхаар загварчилсан.

Хүснэгт 1

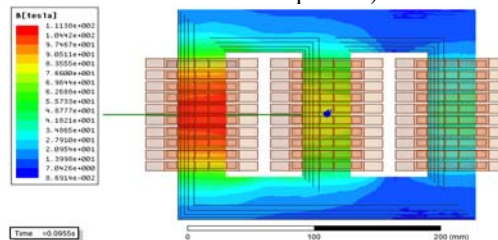
Трансформаторын материал

Трансформаторын зүрхэвч	ган
Зүрхэвчний хавчаар	ган
Ороомог	зэс
Орчин	вакуум

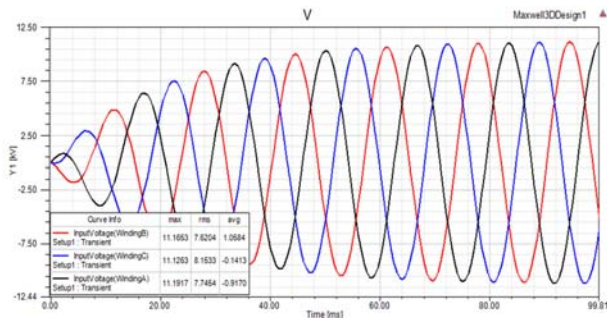


Зураг 12. 3 фазын трансформаторыг ANSYS Maxwell програмдээр зүрхэвчиндэх цахилгаан соронзон оронг 3 хэмжээстээр загварчилсан байдал.

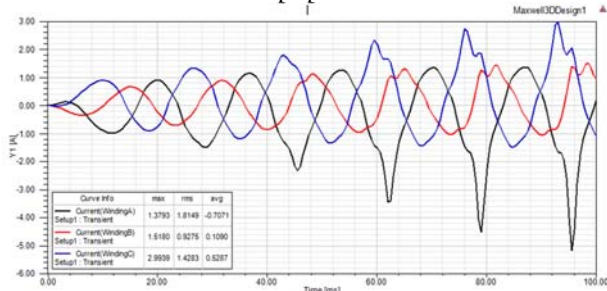
(0,2 секундын хугацаанд 500 микросекундын алхамтайгаар загварчилж хөдөлөөнт дүрс байдлаар загварчилав).



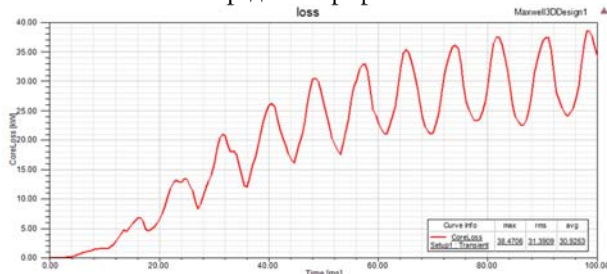
Зураг 13. 3 фазын трансформаторыг ANSYS Maxwell програмдээр зүрхэвчиндэх соронзон оронг 2 хэмжээстээр загварчилсан байдал.



Зураг. 14. Трансформаторын оролтын хүчдэлийн график.



Зураг. 15. Трансформаторын ороомгоор гүйх гүйдлийн график.



Зураг. 16. Трансформаторын зүрхэвчинд үүсэх алдагдлын график (Гистерисийн алдагдал) 80мс-100мс хооронд тооцон дундаж утга 30,9263 кВтт. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар 3 фазын трансформаторыг ANSYS Maxwell програм дээр зурж түүний ороомгуудад хүчдэл өгч, зүрхэвчинд үүсэх соронзон оронг загварчилсан. Ингэхдээ зүрхэвчийг 1000

элементэд хувааж (элемент бүр пирамид хэлбэртэй) 0.2 секундын хугацаанд 500 микросекундын алхамтайгаар, алхам бүрд төгсгөлөг тоон элемент анализын арга дээр үндэслэн тооцоо хийж утга бүрд харгалзуулан өнгө өгч гарсан үр дүн болох 400 дүрсийг хөдөлгөөнт зураг болгож боловсруулсан мөн зүрхэвчинд үүсэх алдагдлыг график хэлбэрээр загварчилсан.

Зүрхэвчиндэх цахилгаан соронзон орны хуйларсан гүйдлийн алдагдал болон Гистерисийн алдагдал гэсэн хоёр төрлийн алдагдал үүсдэг ба тус загварчлалыг гүйцэтгэхэд компьютерийн хүчин чадлын хангалтгүйгээс зүрхэвчиндэх цахилгаан соронзон орны хуйларсан гүйдлийн алдагдлыг тооцоогүй. Зүрхэвчний хуйларсан хэмжээг янз бүрийн үед загварчилж зүрхэвчний алдагдлын графикт харьцуулалт хийн алдагдал багатай үеийн загварыг үйлдвэрлэх боломжтой болж байна.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Matthew N. Sadiku. A simple introduction to finite element analysis of electromagnetic problems, May 1989, 85 – 93
2. Application of the Finite-Element Method for the Determination of the Parameters Representing the Cross-Magnetizing in Saturated Synchronous Machines. Xiaodong Liang, Ahmed M. El-Serafi and Sherif O. Faried. December 2009
3. W. H. Hayt, Engineering electromagnetics. New York: McGraw-Hill, 1981, pp. 121. 184-192
4. 3D Modeling in transformer design ABB group
5. Core loss characteristics analysis of power transformer under different frequencies excitation, Syafruddin Hasan , Soib Taib , Surya Hardi , A. Rahim A.R and Ahmad Shukri, July 2013
6. The Behaviour of Three Phase Three- Leg 11KV Transformer Core Type Design Under Sinusoidal and Non-Sinusoidal Operating Conditions for Different Core Materials, Omar Sh. Alyozbaky, Mohd Zainal A. A.Ab Kadir, Mahdi Izadi, Chandima Gomes, Norhafiz B. Azis
7. User's guide – Maxwell 3D, 2005
8. Design of Three Phase Transformer using Ansys Maxwell, 2017 June, Siva Subramaniyam

ИНВЕРТОР АШИГЛАН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМД ХЭМНЭЛТ ГАРГАХ

Б.Марал-Эрдэнэ*, А.Намуун*, П.Нансалмаа*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим хүчний сургууль

Хураангуй. Техник технологи хурдтай хөгжиж буй өнөө үед хялбар, хямд аргаар эдийн засгийн хэмнэлтийг бий болгоно гэдэг нь асар том дэвшил юм. Ялангуяа манай орны томоохон системүүдийн нэг эрчим хүчний системд хэмнэлтийг бий болговол улс орны эдийн засагт ихээхэн хувь нэмэртэй. Уг хэмнэлтийг бид давтамж хувиргагч буюу инверторын тусламжтайгаар хийж болно. Давтамж хувиргагч нь хөдөлгүүрийн хуурмаг чадлыг идэвхтэй чадал руу шилжүүлэх замаар хөдөлгүүрийн ашигт үйлийн коэффициентийг нь

нэмэгдүүлж хэрэглэгчийн хэрэглэх хэмжээнд нь энергийг дамжуулах төхөөрөмж юм.

Уг төхөөрөмжийг манай улсад одоогоор дулааны цахилгаан станцууд дотоод хэрэгцээний эргэлтийн усны насос, үлээх салхилуур болон бусад төхөөрөмжүүдийн хөдөлгүүрт суурилуулан ашиглаж байна. Судалгааг “ДЦС-4 ТӨХК”-ийн техник хангамжийн усны насосууд дээр хийсэн хэмжилтүүдийг үндэслэн тооцож, дүгнэлт гаргалаа.

Түлхүүр үг. Давтамж хувиргагч, ашигт үйлийн коэффициент, энерги, үр дүн

I. ОРШИЛ

Өнөө үеийн дэлхийн үйлдвэрлэлийн салбарын цахилгаан дамжлагыг удирдлагагүйгээр төсөөлөхөд бэрх юм. Цахилгаан дамжлагын удирдлага болон автоматжуулалтанд хүчний электроник хувиргах техникийг хэрэглэснээр түүний овор хэмжээ багасан, ашиглалтын хугацаа, найдвартай ажиллагаа нь улам өсч эдийн засгийн хувьд ашигтай болсоор байна. Энэ давуу талуудыг агуулсан төхөөрөмжийн нэг жишээ бол давтамж хувиргагч буюу инвертор юм.

Нам хүчдэлийн давтамж хувиргагч нь бидний эргэн тойронд өдөр тутам хэрэглэгддэг цахилгаан төхөөрөмжүүдэд агуулагддаг. Жишээ нь: Плитка, үсний сэнс гэх мэт нийтийн түгээмэл ахуйн хэрэглээнд өргөн ашиглагддаг. Плитканд давтамж хувиргагч ашигласнаар ашигт үйлийн коэффициент нь ойролцоогоор 90%-д хүрч байгаа бөгөөд энэ нь одоогоор давтамж хувиргагч ашигласан хамгийн их ашигтай ажиллаж байгаа цахилгаан хэрэгсэл юм [1]. Харин өндөр хүчдэлийн давтамж хувиргагчийг дэд станц, аж үйлдвэрүүдэд нэлээд хэрэглэдэг. Сүүлийн жилүүдэд нам болон өндөр хүчдэлийн давтамж хувиргагчийг манай улсын хувьд дулааны цахилгаан станцууд үйл ажиллагаандаа нэвтрүүлж эхлээд байна.

II. Давтамж хувиргагч

Асинхрон хөдөлгүүрүүдийн хурд тохируулах 3 арга байдаг.

- Давтамжаар нь
- Хос туйлын тоогоор
- Фазын ротортой хөдөлгүүр / гулсалтаар / [7]

$$n = \frac{60f}{p} \quad (1)$$

Энд: n -хөдөлгүүрийн эргэлтийн хурд, f -давтамж, p - хөдөлгүүрийн хос туйлын тоо

Давтамж хувиргагч гэдэг нь тогтмол хүчдэлийг хувьсах хүчдэл болгон хувиргадаг цахилгаан төхөөрөмж бөгөөд инвертор гэж нэрлэдэг. Уг төхөөрөмж нь шинээр цахилгаан хөдөлгөгч хүчийг үүсгэдэггүй, тогтмол эх үүсвэрээр тэжээгддэг [5].

Чадлын коэффициент бол цахилгаан эрчим хүчний чанарыг илэрхийлдэг. Бүрэн чадлын хэдэн хувийг идэвхтэй чадал эзэлж байгааг чадлын коэффициент гэж нэрлэдэг.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (2)$$

Энд: $\cos \varphi$ -чадлын коэффициент, P -идэвхтэй чадал, S -бүрэн чадал

Цахилгаан хөдөлгүүрийн эргэлдэх соронзон урсгалыг бий болгож байгаа хуурмаг чадал нь ачааллаас хамаарахгүй тогтмол байдаг. Ачаалал өсөхөд идэвхтэй чадал өсдөг учир чадлын коэффициент ч өснө. Хоосон явалтын үед $\cos \varphi = 0.1 - 0.15$ байснаа хөдөлгүүр хэвийн ачааллаа авч дуусмагц $\cos \varphi = 0.8 - 0.9$ болж өсдөг. Харин хөдөлгүүрийн гол дээрх ачаалал өсөхөд ашигт үйлийн коэффициент өссөөр хэвийн ачааллын 75% орчим ачаалалтай байхад хамгийн их утгаа авна. Ачаалал хэвийн утгаас хэтрэхэд хувьсах алдагдал огцом өсөх учир АҮК буурна.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Delta P_\Sigma}{P_1} \quad (3)$$

Энд: P_2 -Хөдөлгүүрийн гол дээрх ашигтай механик чадал, P_1 -Хөдөлгүүрийн сүлжээнээс хэрэглэх идэвхтэй чадал, ΔP_Σ -Хөдөлгүүр дэх чадлын нийт алдагдал

Асинхрон хөдөлгүүрийн АҮК, чадлын коэффициентыг өндөр байлгахын тулд хөдөлгүүрийн чадлыг зөв сонгох, аль болох бүрэн ачааллах хэрэгтэй [2,3].

Практикт хуурмаг чадлыг үүсгэгч болгож хөдөлгүүр бүрт тохируулгатай болон тохируулагдай конденсаторууд тавих зэрэг АҮК дээшлүүлэх аргууд байдаг боловч өнөө үед хамгийн тохиромжтой арга нь давтамж хувиргагч ашиглах явдал юм [4].

Манай орны эрчим хүчний систем нь өргөн уудам нутгийг хамарсан нийлмэл бүтэцтэй. Тиймээс давтамж хувиргагчийг ашигласнаар алсын зайнаас эрчим хүчийг удирдан хянаж, тохируулах боломж бүрддэг.

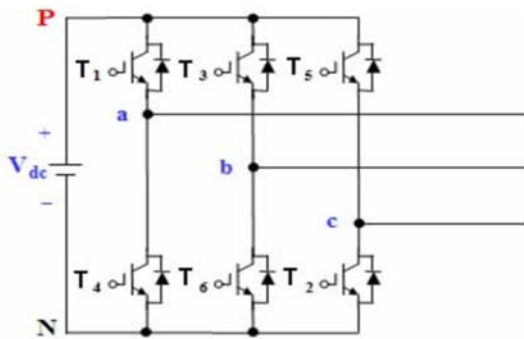
Мөн давтамж хувиргагчид олон төрлийн хамгаалалтыг суурилуулж өгсөн байдаг учраас найдвартай, аюулгүй ажиллах нөхцөлийг хангаж чаддаг.

Хөдөлгүүрийг зөөлөн асаагч /soft starter/ ашиглах шаардлагагүйгээр давтамж хувиргагч ашиглан ашиглалтын хугацааг уртасгадаг. Хөдөлгүүрийг 50 Гц-ийн давтамжаар шууд асаахад их хэмжээний гүйдэл гүйж огцом асдаг. Хэрвээ давтамжийг 0 Гц давтамжаас аажмаар 50 Гц давтамж хүртэл нэмбэл хөдөлгүүрээр огцом их гүйдэл гүйхгүйгээр зөөлөн эргэлдэж асна. Үүнээс гадна хөдөлгүүр ажиллаж байх явцад түүний давтамжийг ачаалалд нь тохируулж өөрчилснөөр ашигт үйлийн коэффициентийг нь нэмэгдүүлдэг [7].

Хэдийгээр олон давуу талыг бий болгох хэдий ч манай орны хувьд тоног төхөөрөмж, программ хангамж болон бусад хүчин зүйлүүдээс шалтгаалан зарим сул талууд үүсээд байна. Жишээ нь: Хүчдэлийн хэлбэлзэл бий болох, хэвийн ажиллаж байх явцад давтамж хувиргагчийн реле хамгаалалтын систем ажиллаж хөдөлгүүрийг унтраах гэх мэт.

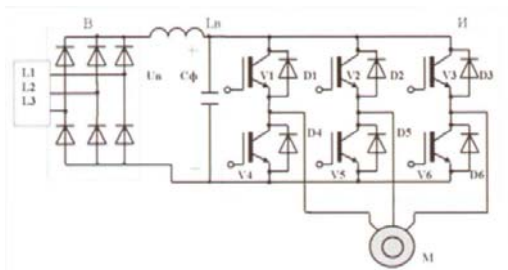
III. Давтамж хувиргагчийн хийц, ажиллах зарчим

Асинхрон хөдөлгүүрийн хурдыг тэжээлийн хүчдэлийн давтамжаар удирдах арга нь хэдий үнэтэй боловч хамгийн үзүүлэлт өндөртэй хувилбар юм. Энэ аргаар хөдөлгүүрийн хурдыг удирдахад процессорын удирдлагатай давтамж хувиргагч (гурван фазын инвертор) шаардагдана. Давтамж хувиргагч нь тогтмол ба хувьсах хүчдэлийн хэсэгтэй байдаг. Эхлээд шугамнаас авсан хувьсах хүчдэлээ шулуутгана. Дараа нь энэ шулуутгагдсан хүчдэлээсээ IGBT зургаан ширхэг транзистор түлхүүрийн тусламжтай давтамж нь өөрчлөгдсөн гурван фазын хувьсах хүчдэлээ гарган авч хөдөлгүүрийн тэжээлд хэрэглэнэ. Дээр дурьдсан зургаан транзисторын гурав нь хугацааны агшин бүрт нээлттэй байдаг. Хугацааны аль агшинд ямар дугаартай гурван транзистор нэг багц болж ажиллахыг процессорт програмчилж өгдөг. Транзистор бүрийн нээлттэй, хаалттай байх хугацаанаас хамаарч хүчдэлийн давтамж нь өөр өөр гардаг [1].



Зураг 1. Гурван фазын давтамж хувиргагчийн түлхүүр транзисторын холболтын схем.

Оролтын конденсаторан шүүлтүүр C_ϕ ба V_1-V_6 хүртэл зургаан IGBT транзистороос бүрдэж байна. Удирдлагын системийн өгөгдсөн алгоритмаар V_1-V_6 хүртэл дарааллаар транзисторууд нээгдэж тогтмол оролтын хүчдэл U_b нь хувьсах тэгш өнцөгт импульсийн гаралтын хүчдэл болж хувирч гардаг. V_1-V_6 хүртэл удирдлагын түлхүүрээр асинхрон хөдөлгүүрийн гүйдлийн идэвхтэй байгуулагч, харин D1-D6 хүртэлх диодоор гүйдлийн реактив байгуулагч гүйнэ [4].



Зураг 2. IGBT транзистор дээр хийгдсэн давтамж хувиргагчийн гурван фазын гүүрэн схем. Энд: И- гурван фазын гүүрэн давтамж хувиргагч, В- гурван фазын гүүрэн шулуутгагч, C_ϕ -шүүлтүүрийн конденсатор,

IV. “ДЦС-4” ТӨХК-д ашиглагдаж буй давтамж хувиргагч



Зураг 3. ACS510 давтамж хувиргагч. “ДЦС-4 ТӨХК” нь ABB компанийн ACS510 маркын хувиргагчийг илүүтэй ашиглаж байна.

ACS510 маркийн давтамж хувиргагчийн чадвар:

- Өндөр нарийвчлалтай удирдлага
- Хурдан суурилуулалт
- Түргэн асаалт
- Найдвартай ажиллагаа

ACS510 маркын давтамж хувиргагчийн онцлог шинж :

- Үйлдвэрийн насос ба сэнсийг удирдахад зориулагдсан
- Сайжруулсан удирдлагын дэлгэцийг ашиглахад хялбар ойлгомжтой байдаг зориулалтын самбар
- Гармоникийн гажилтыг бууруулах зорилго бүхий патентлагдсан гүйдэл хязгаарлах ороомог "swinging choke"
- Олон хөдөлгүүрийг ээлжлэн зөөлөн асаах функц
- Хүчдэл/давтамжийн (U/F) олон төрлийн сонголтын муруйнууд
- Аваарын горим "Override" 1-р болон 2-р дугаар орчинд зориулсан нийлмэл цахилгаан соронзон орны шуугианыг дарах "RFI" шүүлтүүрийг стандартаар суурилуулсан
- Европын Холбооны стандартаар баталгаажуулсан [6].

V. Хэмжилт, үр дүн

“ДЦС-4” ТӨХК-ийн турбин цехийн ус шахагч ЭЦВ 10-120-60 маркийн СКВ-9 давтамж хувиргагчтай болон СКВ-5 давтамж хувиргагчгүй 34 кВт чадалтай хоёр насосны хөдөлгүүрт өвлийн улирлын 12:40-21:40 хүртэлх цагийн давталттайгаар хийсэн хэмжилтийг үзүүлээ. Уг насос нь 380 В-ын хүчдэлээр тэжээгддэг [8].

Хүснэгт 1

Давтамж хувиргагчгүй насосны хэмжилт

Д/д	Хэмжилт хийсэн цаг	Гүйдэл	Эргэлтийн хурд	Нэг цагт шахах усны хэмжээ
		А	1/мин	м ³ /цаг
1	12:40	62.5	2800	130
2	13:40	62.5	2800	130.7
3	14:40	62.5	2800	130.5
4	15:40	62.5	2800	130.1
5	16:40	62.5	2800	130.5
6	17:40	62.5	2800	130.4
7	18:40	62.5	2800	130.4
8	19:40	62.5	2800	130.3
9	20:40	62.5	2800	130.7
10	21:40	62.5	2800	131

Давтамж хувиргагчгүй үеийн тооцоо:

Насосны идэвхтэй чадал:

$$P = I * U \quad (4)$$

$$P = I * U = 62.5 * 380 = 23750 \text{ Вт}$$

Уг чадлаар 10 цагийн турш тасралтгүй ажилласан:

$$P_{ep} = P * 10 = 23750 * 10 = 237500 \text{ Вт} = 237.5 \text{ кВт}$$

Үйлдвэрт хэрэглэх цахилгааны төлбөр 1 кВт = 150 төгрөгөөр тооцвол:

$$237.5 * 150 = 35625 \text{ төгрөг}$$

Нэг хоногт хэрэглэх чадлын өртөг:

$$3265.2 * 24 = 85500 \text{ төгрөг}$$

Давтамж хувиргагчтай насосны хэмжилт

Д/д	Хэмжилт хийсэн цаг	Гүйдэл	Эргэлтийн хурд	Нэг цагт шахах усны хэмжээ
		А	l/мин	м ³ /цаг
1	12:40	41.52	1876	68.2
2	13:40	40.96	1848	66.3
3	14:40	40.38	1820	64.4
4	15:40	40.36	1819	64.5
5	16:40	40.42	1820	64.6
6	17:40	40.4	1821	64.6
7	18:40	40.42	1822	64.6
8	19:40	40.51	1824	64.5
9	20:40	40.42	1819	64.5
10	21:40	40.42	1820	64.5

Давтамж хувиргагч суурилуулсан үеийн тооцоо:

Насосны идэвхтэй чадал:

$$P_1 = I_1 * U = 41.52 * 380 = 15777.6 \text{ Вт}$$

$$P_2 = I_2 * U = 40.96 * 380 = 15564.8 \text{ Вт}$$

$$P_3 = I_3 * U = 40.38 * 380 = 15344.4 \text{ Вт}$$

$$P_4 = I_4 * U = 40.36 * 380 = 15336.8 \text{ Вт}$$

$$P_5 = I_5 * U = 40.42 * 380 = 15359.6 \text{ Вт}$$

$$P_6 = I_6 * U = 40.4 * 380 = 15352 \text{ Вт}$$

$$P_7 = I_7 * U = 40.42 * 380 = 15359.6 \text{ Вт}$$

$$P_8 = I_8 * U = 40.51 * 380 = 15393.8 \text{ Вт}$$

$$P_9 = I_9 * U = 40.42 * 380 = 15359.6 \text{ Вт}$$

$$P_{10} = I_{10} * U = 40.42 * 380 = 15359.6 \text{ Вт}$$

$$P = \sum_{n=1}^{10} P(n) = 140007.8 \text{ Вт} = 140.0078 \text{ кВт}$$

Арван цаг насосыг ажиллуулахад гарах өртөг/1кВт=150төгрөг/:

$$140.0078 * 150 = 21001.17 \text{ төгрөг}$$

Нэг цаг ажиллуулахад зарцуулах мөнгөн дүн:

$$21001.17 : 10 = 2100.117 \text{ төгрөг}$$

Нэг хоног ажиллуулахад зарцуулах мөнгөн дүн:

$$2100.117 * 24 = 50402.808 \text{ төгрөг}$$

1 хоногт хэмнэх мөнгөн дүн:

$$85500 - 50403 = 35097 \text{ төгрөг}$$

Давтамж хувиргагчийн өөрийн өртгийг нь олох хугацаа:

/Давтамж хувиргагчийг 6.598.500 төгрөгөөр тооцсон/

$$6598500 : 35097 = 188 \text{ өдөр}$$

ДҮГНЭЛТ

Онолд заасан (1) томьёо ёсоор давтамж нь эргэлтийн хурдтай шууд хамааралтай байна. Өөрөөр хэлбэл давтамж багасахад эргэлтийн хурд нь мөн адил багасна. Давтамж хувиргагчгүй үед насос өөрийн ажиллаж чадах дээд хэмжээний чадлаар ажиллаж хэрэглэх хэмжээнээс илүү хэмжээний усыг шахан алдагдалтай ачааллаж байгаа юм. Харин давтамж хувиргагч суурилуулсан насос нь станцын хэрэглэх хэмжээнд буюу дунджаар 63%-ийн ачаалалтай ажиллаж байсан. Үүний дүнд давтамж хувиргагчтай насост чадлын алдагдал үүсэх нь бага бөгөөд эдийн засгийн хувьд илүү хэмнэлттэй ажиллаж байна гэж дүгнэлээ.

Эдийн засгийн хямралын энэ үед манай улсын томоохон системүүдийн нэг болох эрчим хүчний системд эдийн засгийн хэмнэлт гаргана гэдэг бол уг хямралаас гарахад ихээхэн нөлөөлөх хүчин зүйл болно. Хэрвээ өмнө дурьдсан давтамж хувиргагчид гарч буй сул талуудыг шийдвэрлэх арга замыг нээн хэвийн ажиллуулж чадвал энэ нь бидний эдийн засагт гарах үр нөлөөнөөс гадна, дэлхийн шинэ техник технологийг улс орондоо нэвтрүүлж технологийн шинэ дэвшилтэд хүргэнэ. Системд уг жижиг өөрчлөлтийг гаргаснаар ирээдүйн том дэвшилт болно.

Ашигласан материал

- <http://e-book.must.edu.mn/lecture/show/id/1156>
- Өлзий-Орших. Д “Цахилгаан машин бичил машин” 2017
- Саранхөхөө. Д “Эрчим хүчний мастер ба засвар ашиглалтын ажилчдад зориулсан гарын авлага” 2009
- Эрчим хүч engineering 1 (96) 2012. Сэтгүүл
- https://en.wikipedia.org/wiki/Power_inverter
- <https://new.abb.com/products/en/ACS550-01-195A-4>
- “Технологийн автомажуулалт нэвтрүүлэх замаар ЭДЦС-ын дотоод хэрэгцээг бууруулах судалгаа ба туршилт” Б.Ганбат
- “ДЦС-4 ТӨХК”-ий техникийн ус хангамжийн шуурхай ажиллагааны хоногийн үзүүлэлтийн хэмжилт”

БАГАНУУР БОЛОН ШИВЭЭ-ОВООГИЙН НҮҮРС ТҮЛЖ БҮЙ БКЗ-75-39 МАЯГИЙН ЗУУХНЫ ДХЦЭХ-НИЙ ХЭРЭГЛЭЭГ ХАРЬЦУУЛСАН МАТЕМАТИК ЗАГВАРЧЛАЛЫН СУДАЛГАА

Г.Өсөхбаяр*, П.Нанжид*, А.Мөнх-Эрдэнэ*, Д.Даваацэрэн*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим хүчний сургууль

Хураангуй. Сүүлийн үед манай улсад, ялангуяа Төвийн бүсийн эрчим хүчний системд төслийн бус нүүрс хэрэглэх тохиолдол нэлээдгүй их болсон. Энэ нь ганц Багануурын нүүрсний хараат байдлаас гарах боломжийг нэмэгдүүлэх эерэг нөлөөтэй боловч, төслийн бус нүүрсийг ашиглах нь эдийн засгийн хувьд алдагдал орох нөхцлийг бий болгодог. Төслийн бус нүүрсээр Шивээ-Овоогийн нүүрсийг сонгоход сорох машин буюу

утаа сорогчийн цахилгаан ачаалал хэрхэн өөрчлөгдөхийг Багануурын нүүрстэй харьцуулан тоон загварчлалын аргаар судалж үр дүнг энэхүү өгүүлэлд тусгалаа.

Түлхүүр үг. Зуух, уурын бүтээмж, түлшний зарцуулалт, утааны хийн эзэлхүүн, утаа сорогчын чадал.

Зорилго: Эрчим хүчний үйлдвэр болох цахилгааны станцыг барихдаа тухайн нэг ордын нүүрсийг түлэхээр төсөл хийгддэг. Станцын тоноглол сонголтын 60-80 хувь нь төслийн түлшний шинж чанараас хамаардаг. Төслийн бус нүүрс ашиглах нь техник эдийн засгийн үзүүлэлт буурах нөхцөл болдог. Гэвч нь ганц уурхайгаас хараат байх нь монополь нөхцөлийг бий болгох тул энэ байдлыг арилгаж өөр түлшний эх үүсвэр болох Шивээ-Овоогийн нүүрсийг ашиглахад сорох машины хүчин чадал хэрхэн өөрчлөгдөхийг судлахад уг ажлын зорилго оршино.

ОРШИЛ

ДЦС-ын үр ашигтай байдлыг үнэлдэг А.Ү.К нь түүний үндсэн тоноглол болох зуух болон турбины ажиллагааны горимоос шууд хамаардаг. Ялангуяа станцын зүрх гэж нэрлэгдэх зуух нь: Хэдий хийцийн хувьд нарийн төвөгтэй зүйл биш боловч, ажиллагааны үед түүний горимыг хэрхэн техник эдийн засгийн үндэслэлтэйгээр, найдвартай, тасралтгүй барьж ажиллуулах вэ? гэдэг асуудал эрчим хүчний салбарынханы гол анхаарлаа хандуулж ирсэн сэдэв билээ.

Зуух нь турбинд шаардлагатай параметр бүхий хэт халсан уурыг үйлдвэрлэн өгөх зориулалт бүхий тоноглол бөгөөд түүнийг горимын дагуу ажиллуулахад олон зүйлийг авч үзэх шаардлагатай болдог. Жишээ нь: зуухны бүтээмж өөрчлөгдөхөд түлшний зарцуулалт, утааны хийн эзэлхүүн, мөн утааг атмосферт тодорхой өндөрт, заагдсан хурдтайгаар зайлуулахын тулд утаа сорогчид шаардлагатай цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ зэрэг үзүүлэлтүүд хувьсан өөрчлөгдөж байдаг онцлогтой.

Тиймээс ямар шинж чанар бүхий түлш хэрэглэвэл зуух хамгийн бага түлш зарцуулж шаардлагатай хэт халсан уурыг өгөгдсөн параметрт бариулан тасралтгүй үйлдвэрлэх, түлшний зарцуулалтаас хамааран утааны хийн эзэлхүүн, мөн үүнийг дагаад утаа сорогчийн цахилгаан ачаалал хэрхэн өөрчлөгдөхийг илэрхийлж чадахуйц хамаарлыг тогтоох зорилгоор БКЗ-75-39 зуухны дээрх үзүүлэлтүүдийг Багануур болон Шивээ-Овоогийн нүүрсэн дээр харьцуулан тооцож үр дүнг нь нэгтгэлээ.

Тооцооны арга аргачлал

Монгол улсад хамгийн олон тоогоор ашиглагдаж буй БКЗ-75-39 зуухны дулааны балансын тооцоог ОХУ-ын эрдэмтдийн гаргасан аргачлалын дагуу хийж гүйцэтгэв [1]. Тооцоонд хэрэглэгдэх түлшний өгөгдөл болоод зуухны тодорхойломжийг [2] сурах бичгээс, мөн бусад тооцоонд шаардагдах зүйлсийг [3] номыг ашиглан зуухны бүтээмжийг өөрчлөхөд түлшний зарцуулалт болоод, утааны хийн өөрчлөлт ямар хэмжээнд өөрчлөгдөхийг тогтоосон. Үүнээс хамааран утаа сорогчийн цахилгааны хэрэглээ дээрх хоёр түлшний алинд нь хамгийн бага байхыг судалгааны дүгнэлтэнд тодорхой оруулах нөхцлийг бүрдүүлэх явдал юм.

Түлшний зарцуулалтыг бууруулахын тулд зуухыг тэжээж буй тэжээлийн усны зарцуулалтыг багасгах бөгөөд үүнийг дагаад түлшний зарцуулалт шугаман хамаарлаар буурах ёстой эс тэгвээс шугам хоолойд хэт халалт үүсч шатах аюултай байдаг.

Шивээ-Овоогийн хүрэн нүүрсийг Багануурын нүүрстэй харьцуулан зуухны бүтээмжийг бууруулан тооцоход түлшний зарцуулалт нь хоёуланд нь буурч

байгаа боловч Шивээ-Овоогийн нүүрсэнд харьцангуй өндөр байгааг 1-р хүснэгт болон 1-р зурагаас харж болохоор байна. Энэ нь түүний дулаан гаргах чадвар Багануурын хүрэн нүүрсийнхээс бага байгаатай холбоотой.

Хүснэгт 1

БКЗ-75-39 маягийн зуухны уурын зарцуулалтад шаардагдах агаарын хэмжээ

№	Уурын зарцуулалт, тн/ц	Томьёо	Бодит агаарын эзэлхүүн, м³/ц	
			Шивээ-Овоо	Багануур
1	40	[1]	41785.20	41689.19
2	50		52231.51	52111.49
3	60		62677.81	62533.78
4	75		78347.26	78167.23

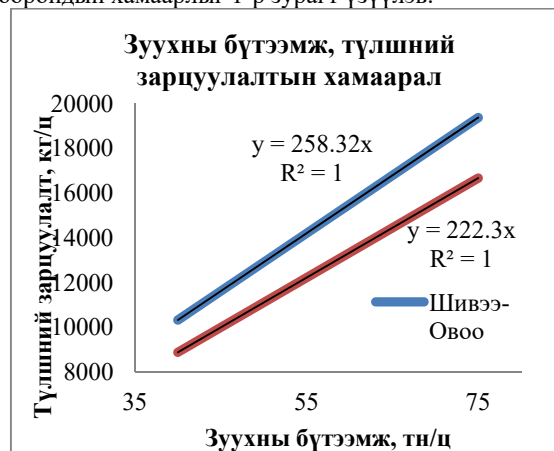
Хүснэгт 2

Зуухны уурын ба түлшний зарцуулалт

№	Уурын зарцуулалт, тн/ц	Томьёо	Түлшний зарцуулалт, тн/ц	
			Шивээ-Овоо	Багануур
1	40	[1]	10332.64	8891.99
2	50		12915.80	11114.98
3	60		15498.96	13337.98
4	75		19373.70	16672.47

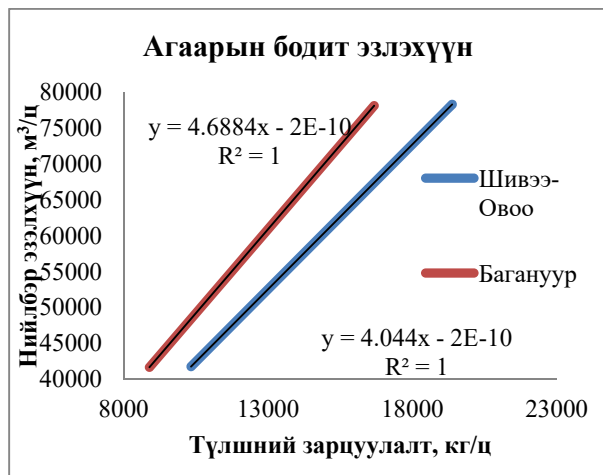
Шивээ-Овоогийн нүүрсний дулаан гаргах чадвар бага болохоор галын хотол дахь экран хоолойн хүлээн авах дулааныг шаардлагатай хэмжээнд барихын тулд түлшний зарцуулалт өсөх нь дээрх тооцоогоор батлагдаж байгаа юм.

Зуухны уурын бүтээмж, түлшний зарцуулалтын хоорондын хамаарлыг 1-р зурагт үзүүлэв.



Зураг 1. Зуухны уурын бүтээмж түлшний зарцуулалтын хоорондын хамаарал

Зуухны бүтээмжээс хамаарах түлшний зарцуулалтын хэмжээг тодорхойлоход шугаман хамаарлаар өсч байгаа тул галын хотолд түлшний асалтыг дэмжих, дөлний тогтвортой байдлыг нь хангах зориулалттай өгч буй агаарын эзэлхүүн ч мөн адил хамааралтай байхыг 2-р хүснэгт ба 2-р зурагаас харж болно.



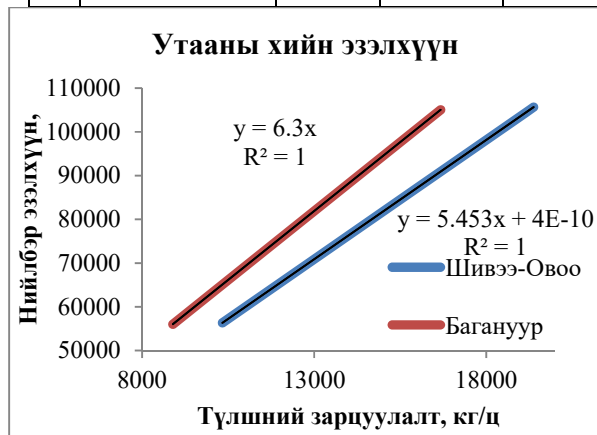
Зураг 2. Түлшний зарцуулалт, шаардлагатай агаарын эзлэхүүний хоорондын хамаарал

Зууханд орж буй түлш агаарын зарцуулалтын хооронд шууд хамааралтай нэг хүчин зүйл нь түлшний шаталтанд шаардлагатай агаарын хэмжээ тогтмол байдагт оршино.

Зуухны бүтээмжийн тодорхой утгуудад утааны хийн эзлэхүүн хэрхэн өөрчлөгдөхийг 3-р хүснэгт болон 2-р зурагт үзүүлэв.

Хүснэгт 3

№	Уурын зарцуулалт, тн/ц	Томьёо	Хийн эзлэхүүн, м³/ц	
			Шивээ-Овоо	Багануур
1	40	[1]	56343.9	56019.5
2	50		70429.9	70024.4
3	60		84515.8	84029.3
4	75		105644.8	105036.6



Зураг 3. Түлшний зарцуулалт утааны хийн хоорондын хамаарал

Утаа сорогчийн цахилгаан чадлыг тодорхойлоход түлшний зарцуулалт, агаарын эзлэхүүн, утааны хийн эзлэхүүнээс хамааран шугаман хамаарлаар өсч байгаа боловч Багануур болон Шивээ-Овоогийн нүүрсний хувьд утаа сорогчийн хэрэглэх цахилгааны хэмжээ нь бараг тэнцүү байгаа нь дээрх 3-н үзүүлэлтээс гадна түлшний химийн бүтцээс ихээхэн хамаардаг болохыг харуулж байгаа юм. Эхлээд утааны яндангаар хаягдах шаталтын бүтээгдэхүүний эзлэхүүний зарцуулалтыг тодорхойлоход дараах томьёог ашиглав.

$$V_{\text{дым}} = k_{\text{пр}} * V_{\text{р}} * V_{\text{г}} * \left(\frac{t_{\text{г}} + 273}{273}\right) * \left(\frac{760}{b + 760}\right); \quad (1)$$

энд: $k_{\text{пр}}$ – шилжүүлгийн коэффициент, $V_{\text{р}}$ – түлшний зарцуулалт, тн/ц; $V_{\text{г}}$ – утааны хийн эзлэхүүн,

м³/ц; $t_{\text{г}}$ – утааны хийн температур, °C; b – барометрийн даралт.

Хүснэгт 4

Зуухны хийн үзүүлэлтүүд

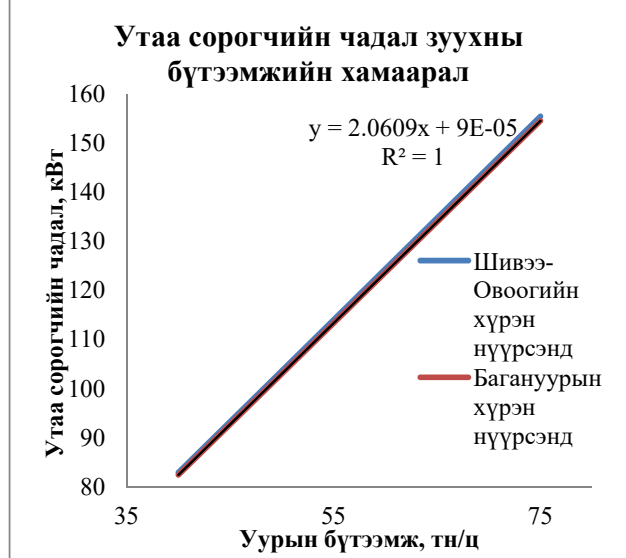
№	Уурын зарцуулалт, тн/ц	Түлшний зарцуулалт		Утаа сорогчийн Бүтээмж, м³/ц	
		Шивээ-Овоо	Багануур	Шивээ-Овоо	Багануур
1	40	10332.6	8891.9	52985.7	52672.3
2	50	12915.8	11114.9	66232.2	65840.4
3	60	15498.9	13337.9	79478.6	79008.5
4	75	19373.7	16672.4	99348.3	98760.6

Яндангаар хаягдах утааны хийн эзлэхүүний зарцуулалтаас хамааран станцын утаа сорогчийн маркийг сонгон түүний бүрэн ашигт үйлийн коэффициент болон напорыг мэдсэнээр дараах бодолтыг хийх боломжтой бөгөөд үр дүнг 5-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 5

Утаа сорогчийн үзүүлэлт

Дымососын марк	Томьёо	Цахилгаан чадал, кВт	
		Шивээ-Овоо	Багануур
$N = \frac{V_{\text{дым}} * \Delta p}{(1000 * 3600 * \eta_{\text{д}})}$		82.92	82.43
		103.66	103.04
		124.39	123.65
		155.48	154.56
КПД	82	-	-
Напор, кПа	4.62	-	-



Зураг 4. Уурын бүтээмж, утаа сорогчийн цахилгаан чадлын хоорондын хамаарал

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааг гүйцэтгэсний дүнд дараах дүгнэлтэнд хүрэв.

БКЗ-75-39ФБ зуухыг 50 тн/ц уурын бүтээмжтэй ажиллуулахад Шивээ-Овоогийн нүүрс түлэх тохиолдолд 10332.62 кг/ц түлш, Багануурын нүүрс түлэх тохиолдолд 8891.99 кг/ц түлш зарцуулж байна. Эндээс төслийн бус нүүрс буюу Шивээ-Овоогийн нүүрс түлэх нь эдийн засгийн хувьд алдагдалтай байх магадлалтай.

Гэтэл шаталтын бүтээгдэхүүн болон агаарын хэмжээг 50 тн/ц дээр тодорхойлоход: Шивээ-Овоогийн нүүрсэнд агаарын эзэлхүүн 52231.5 м³/ц, ВП-1-ээс гадагш хаягдах утааны хийн нийлбэр эзэлхүүн 70429.87 м³/ц байна. Харин Багануурын нүүрсэнд агаарын эзэлхүүн 52111.5, ВП-1-ээс гадагш хаягдах утааны хийн нийлбэр эзэлхүүн 70024.39 м³/ц байна. Эдгээр үзүүлэлтүүд ойролцоо байгааг шинжлэхэд: Шивээ-Овоогийн нүүрс хэдий түлшний зарцуулалт өндөртэй боловч түүнийг шаталтанд хүргэхэд шаардагдах онолын агаарын хэмжээ багануурынхаас бага байгаа (Шивээ-Овоо $V_{ar}^0 = 3.37$ нм³/кг Багануурт $V_{ar}^0 = 3.97$ нм³/кг) нь шаталтанд оролцох анхдагч болон хоёрдогч агаарын хэмжээг, мөн шаталтын бүтээгдэхүүний эзэлхүүнийг бууруулдагаар тайлбарлагдана. Энэ нь цаашлаад утаа сорогчийн цахилгаан чадал дээрх хоёр түлшний аль алинд нь яагаад ойролцоо (Шивээ-Овоогийн нүүрс түлэх үеийн утаа сорогчийн чадал 50 тн/ц ачаалал дээр 103.66 кВт, Багануурын нүүрсэнд 103.04 кВт) байгааг батлах баталгаа нь болно.

Эндээс үзэхэд БКЗ-75-39ФБ маягийн зууханд Шивээ-Овоогийн хүрэн нүүрс түлэхэд эдийн засгийн хувьд алдагдалтай ажиллах боловч, бусад үзүүлэлтүүд,

жишээлбэл агаар болон утааны хийн эзэхүүнд томоохон өөрчлөлт гарахгүй байгаа нь эерэг талтай. Яагаад гэвэл түлш солигдсоноос хамааран утаа сорогчийн цахилгаан чадал өөрчлөгдөх, өөр маркийн дымсос тавих нөхцөлд хүрэхгүй байгаа нь эдийн засгийн төдийгүй станцын ДХЦЭХ-ийг өсгөж станцын ашигт ажиллагаанд хүндрэл учруулахгүй байх сайн талтай. Мөн Монгол улсын эрчим хүчний системийг дан Багануурын хүрэн нүүрснээс хараат байдлыг арилгах томоохон гаргалгаа болдог.

Тиймээс түлшний зарцуулалт гэхээс илүү түүний дотоод бүтэц шинж чанарыг судалж мэдэх нь станцад хамгийн чухал байдаг.

Ашигласан материал:

1. Н.В.Кузнецова, В.В.Митора, И.Е.Дубовского, Э.С.Карасиной, “Тепловой расчет котельных агрегатов” М,Энергия, 1973г, 297стр
2. Б.Балдандорж, “Зуухны дулааны тооцооны нормчлолын арга”.УБ.2018он
3. Д.Мандал “Уурын генератор” УБ хот, 2012

НАРНЫ ЦАХИЛГААН ЭХ ҮҮСГҮҮР АШИГЛАН БАРИЛГЫГ ДУЛААЦУУЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Б. Мөнгөн-Очир*, Э. Мягмарсүрэн*, П. Бямбацогт*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Монгол орон нь өргөн уудам газар нутагтай ч нийт хүн амын 40 орчим хувь нь нийслэл Улаанбаатар хотод төвлөрч хүн амын нягтаршил ихэссэн төдийгүй түүнийг дагаад хөрсний болон агаарын бохирдол зэрэг нь зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс давсан. Улаанбаатар хотын хүн амын нягтаршил нь дэд бүтэц (дулаан, цахилгаан)-ээ дагаж их байгаа нь хотын сансрын зургаас харагдаж байна. Үүнийг бууруулах төвлөрлийг сааруулах хотын захын жижиг хорооллуудыг эрчим хүчний нэгдсэн системээр бус бие даасан жижиг системүүдэд хувааж сэргээгдэх эрчим хүч болон орчин үеийн дэвшилтэт технологиор хангах нь тохиромжтой юм. Монгол улс нь сэргээгдэх эрчим хүчний асар их нөөцтэй ба тэр дундаа нар салхины нөөц хамгийн ихтэй.

Энэ судалгааны хүрээнд Улаанбаатар хотын Чингэлтэй дүүргийн Ар гүнтэд байрлах 169 м² талбай бүхий 2 давхар гурван айлын орон сууцыг объект болгон авч барилгын дулааны ачаалал, хэрэгцээний халуун ус, зэргийг тооцож нарны эрчим хүчээр тасралтгүй найдвартай хангах хамгийн боломжтой хувилбарыг сонгож эдийн засгийн тооцоо хийж дүгнэлт гаргана.

Түлхүүр үг. дулааны алдагдал, хуримтлуур, шалны халаалт.

I. ОРШИЛ

Монгол улс цэлмэг тэнгэртэй учир нарны гийгүүлэлтийн үргэлжлэх хугацаа их 2600-3300 цаг. Олон жилийн дунджаар үзэхэд жилийн 230-260 хоногт цэлмэг, 50-70 хоног бүрхэг, нарны нийлмэл цацраг 4000-

4800 ккал, хойд хэсгийн уулархаг нутагт 4000-4500 ккал, говьд 4500-4800 ккал байна [1]. Үүнээс улбаалаад айл өрхүүдэд нарны халаалтын болон цахилгаан систем гэх бусад эрчим хүчний эх үүсгүүрүүдийг нэвтрүүлж байна. Энэ нь нарны эрчим хүчийг ашиглах бүрэн боломжтойг илтгэнэ. Нарны үүсгүүр нь дулаан хангамжийн хувьд дараах онцлог шинж чанарыг өөртөө агуулдаг.

- Нарны гийгүүллийн жилийн үргэлжлэх хугацаа орон нутаг бүрд харилцан адилгүй.
- Нарны энергийг зөвхөн цэлмэг өдрүүдэд ашиглах боломжтой.
- Нарны энергийн дулааны урсгалын нягт зуны улиралд өөрөөр хэлбэл дулааны ачаалал бага байх үед их байна [3].

Ийм учраас нарны энергийг дулаан хангамжид ашиглах тохиолдолд дулааны хуримтлуур ба нэмэлт халаагуур зайлшгүй хэрэгтэй болдог.



Зураг 1. Судалгааны объектийн гадна харагдах байдал.

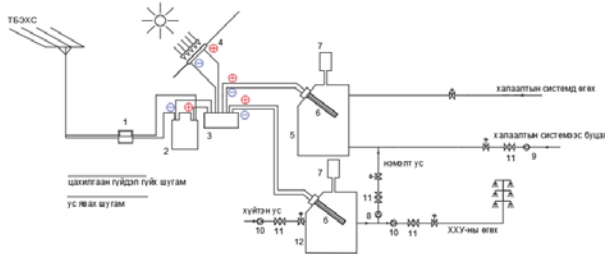
Үүнийг үндэслэж барилгын дулааны ачааллыг PV систем болон төвийн бүсийн эрчим хүчний системтэй хослуулан ашиглан эдийн засгийн үр ашгийн тооцоо гүйцэтгэв.

II. Нарны цахилгаан үүсгүүр

Цахилгаан соронзон цацрагаар үйлчлэхэд материалын дотор талд эерэг ба сөрөг тэмдэгтэй цэнэгүүдийн ялгарал бий болох үзэгдлийг ашиглан нарны туяанаас цахилгаан эрчим хүч гаргаж авдаг тоноглолыг фотовольтын төхөөрөмж гэж нэрлэдэг.

Фотоцахилгааны үзэгдлийг анх 1839 онд Францын физикч Беккер нээсэн ба 1954 оноос хойш фото диодыг зохион бүтээснээр PV төхөөрөмжүүдийн хөгжлийн эрчимтэй үе эхэлсэн гэж үздэг. Өнөөдөр PV элементүүдийг ашигт үйлийн коэффициент нь дунд зэргийн гэрэлтэлтэй үед 10-20 % болтлоо дээшилсэн байна. Олон тооны PV элементүүдийг зэрэгцээ ба цуваа холбож илүү их чадлын ба илүү их хүчдэлийн PV системийг үүсгэдэг [2].

Манай судалгааны объект нь 20кВт-ын хүчин чадалтай нарны эх үүсгүүрээр нийт эрчим хүчний хэрэглээг бие даасан эх үүсгүүрээр хангахаар төлөвлөгдсөн. Оргил ачааллын үед бие даасан системээс хангаж чадахгүй байгаа тохиолдолд төвийн бүсийн эрчим хүчний системтэй хослон ажилладаг.



Зураг 2. Зарчмын схем (Бага оврын барилгын дулааны ачааллыг нарны PV систем болон ТБЭХС-ээс хосолсон байдлаар хангах схем).

1-Цахилгаан тоолуур, 2-батерей (хуримтлуур), 3-инвертор, 4-нарны панель, 5-халуун ус нөөцлөх сав (бак), 6-цахилгаан халаагуур, 7-тэлэлтийн сав, 8-вакуум насос, 9-халаалтын системийн насос, 10-ХХУ-ны насос, 11-үл буцаах клапан, 12-хүйтэн усны бак.

III. Эрчим хүч хуримтлах технологи

Энергийн олон төрлүүд дотроос үйлдвэрлэх, дамжуулах, хэрэглэхэд хамгийн тохиромжтой боловсронгуй нь цахилгаан эрчим хүч юм. цахилгаан эрчим хүчийг бараг 100%-ийн ашигт үйлийн коэффициенттойгоор механик болон дулааны энергид хувиргаж болдог бол дулааны болон механик энергийг цахилгаан энерги болгон хувиргахад хувиргалтын ашигт үйлийн коэффициент нь чамлагдахаар доогуур болдог дутагдалтай.

Цахилгаан эрчим хүчний нэг дутагдалтай тал нь түүнийг их хэмжээнд нөөцлөн хадгалж болдоггүй учраас цахилгаан станцууд үйлдвэрлэл, хэрэглээ нь нэгэн зэрэг явагддаг онцлогтой. Нарны цахилгаан үүсгүүрүүдийн хувьд энергийн эх үүсгүүрүүд нь санамсаргүйгээр байнга өөрчлөгдөж байх тул тухайн үеийн хэрэглээг шууд хангаж чадахгүй тохиолдол их ажиглагдана. Иймд ялангуяа тусдаа бие даасан сэргээгдэх эрчим хүчний системийн хувьд цахилгаан эрчим хүчийг нөөцөлж хадгалах шаардлага гарах бөгөөд ингэснээр нарны тусгалтай, өдрийн цагт цахилгаан энерги нөөцлөн хадгалж хэрэглээ ихэссэн буюу эх үүсгүүрийн гаргах чадал багассан үед нөөцлүүрээс авч хэрэглэх боломжтой болдог. Ингэж нөөцлүүр хуримтлуурыг хэрэглэх нь цахилгаан хангамжийн тасралтгүй найдвартай ажиллагааны шаардлагыг хангах

гол нөхцөл болно. Хуримтлуурыг оргил ачааллыг тэгшитгэх, аваарын болон үл тасрах цахилгаан тэжээлийн үүсгүүр болгох зэрэг зориулалтаар хэрэглэж байна [2].

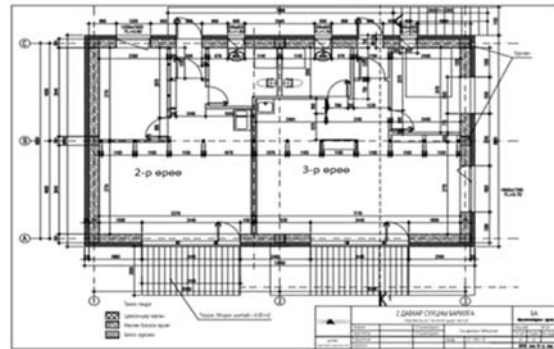
IV. Барилгын дулааны алдагдал ба халаалтын улирлын дулааны ачаалал

Жилийн хүйтний улиралд гадна агаарын температур, дотор агаарын температураас бага болсноор гадна хаших хийцээр дулаан алдагддаг. Барилгын дотор агаарын температурыг шаардлагын хэмжээнд тогтмол барьж хүмүүсийн ажиллах амьдрах ба үйлдвэрлэлийн технологийн ажиллагаа хэвийн явагдах агаарын орчинг бүрдүүлж температурыг өгөгдсөн хэмжээнд тогтмол барих нь халаалтын системийн зорилго байдаг. Бага оврын барилгын дулааны алдагдлыг тооцоолохын тулд дулаан дамжуулалтын үндсэн тэгшитгэлийг хэрэглэдэг. Дулаан дамжуулалтын үндсэн тэгшитгэл нь:

$$Q = kF(t_d - t_r) \quad (1)$$

Дээрх тэгшитгэлээс k-дулаан дамжуулалтын коэффициентийг тодорхойлох нь чухал байдаг. k нь барилгын хаших хийцийн дулаан дамжилтын эсэргүүцлийн урвуу хэмжигдэхүүн юм [4].

Барилгын дулааны алдагдал нь тухайн барилгын дулаацуулгын ачаалалтай тэнцүү ухагдахуун юм.



Зураг 3. Барилгын 2 давхрын план.

V. Барилгын хэрэгцээ халуун усны ачааллыг тодорхойлох

Орон сууц, эмнэлэг, хүүхдийн цэцэрлэг, үйлчилгээний байгууллаг, халуун усны газар зэрэг хэрэглэгч халуун усыг ахуйн зориулалтаар хэрэглэх бөгөөд түүнийг бэлтгэхэд зарцуулагдах дулааныг хэрэгцээний халуун усны ачаалал гэнэ. Хэрэгцээний халуун усны долоо хоногийн цагийн дундаж ачааллыг дараах томъёогоор тодорхойлно [3].

$$Q_{\text{хху}}^{7\text{-дунд}} = \frac{a \cdot m \cdot c \cdot (t_{\text{хал}} - t_{\text{хүй}})}{T}, [\text{Вт}] \quad (2)$$

Жилийн турш хэрэгцээний халуун усны ачаалал үндсэндээ тогтмол, харин халаалтын ачаалал тухайн сарын гадна агаарын дундаж температураас хамааран хувьсан өөрчлөгдөж байдаг [3].

Барилгын дулааны нийт ачааллын тооцоог (1), (2) томъёогоор гүйцэтгэж дараагийн тооцоонуудад ашигласан.

VI. Нарны эрчим хүчийг тооцоолох үндсэн хэмжигдэхүүнүүд

Нарны төхөөрөмжийн ажиллах хугацааны туршид түүний ажлын гадаргууд аль болох их хэмжээний цацраг тусаж байхаар төхөөрөмжийг налууд байрлуулна. Иймээ хэвтээ гадаргууд хэмжсэн буюу тооцоолсон нарны цацрагийг налуу гадаргууд

шилжүүлэн тооцоолох шаардлага гардаг. Энэ аргыг Луй, Жордан нарын боловсруулсан шилжүүлэн тооцоолсон арга гэдэг.

А. Нарны дэлгэцийн үйлдвэрлэх цахилгаан эрчим хүчний хэмжээг тооцоолох
Сар бүрийн дундаж нийлбэр цацрагийн хэмжээнээс тухайн сарын нэг өдөрт харгалзах бүтэн нарны эквивалент цагийн тоог тодорхойлох.

$$t_{\text{бн}} = \frac{Q_{\text{өдөр}}(\text{Вт} \cdot \text{ц})}{1000(\text{Вт})} \quad (12)$$

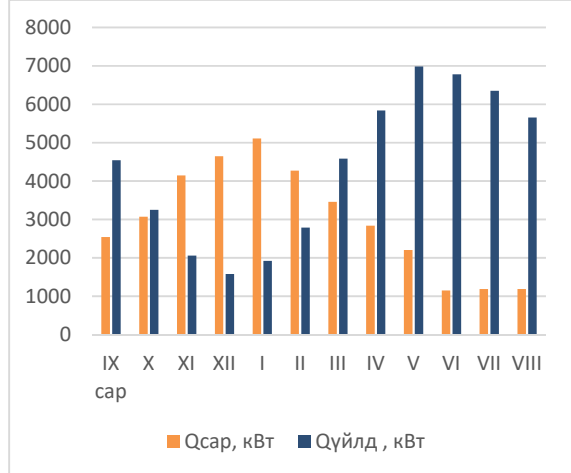
$Q_{\text{өдөр}}$ -тооцоог хялбарчлах үүднээс налуу гадаргууд тусгах нарны нийлбэр цацрагийн хэмжээг [2] номограмаас авсан.

Жилийн сар бүрийн төлөөлөх өдөрт дэлгэцийн үйлдвэрлэх цахилгаан эрчим хүчний хэмжээг тооцоолох (Вт.ц).

$$\mathcal{E}_{\text{өдөр}} = P_0 \cdot t_{\text{бн}} \cdot \eta_{\text{бок}} \cdot \eta_{\text{инв}} \cdot \eta_{\text{тем}} \cdot \eta_{\text{каб}} \quad (13)$$

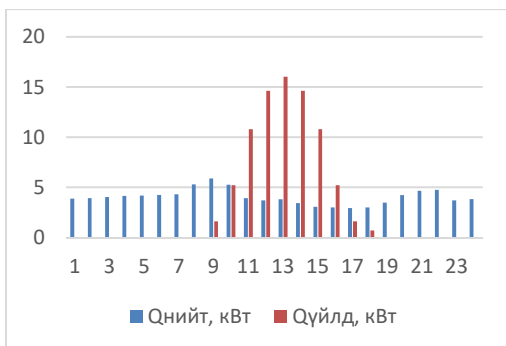
Дэлгэцийн сард үйлдвэрлэх эрчим хүчний хэмжээ [2].
Вт.ц

$$\mathcal{E}_{\text{сар}} = \mathcal{E}_{\text{өдөр}} \cdot n \text{ (хоногийн тоо)} \quad (14)$$



Зураг 4. Барилгын дулааны жилийн хэрэглээ.

Дээрх графикаас харахад барилгын хэрэглээ хамгийн өндөр саруудад нарны эрчим хүчний үйлдвэрлэл бага байгаа нь харагдаж байна. Энэ нь нарны эрчим хүчний хэмжээг илэрхийлэх гол үзүүлэлт болох нарны нийлбэр цацрагийн хэмжээ эдгээр саруудад хамгийн бага байдгаас шалтгаална. Иймээс өвлийн улиралд хэрэглэгчийг дулаанаар найдвартай тасралтгүй хангахын тулд зайлшгүй нэмэлт халаагуур эсвэл дулааны хуримтлуур шаардлагатай юм.



Зураг 5. Хоногийн цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэл ба барилгын дулааны ачааллын хамаарлын график.

VII. Шалны халаалтын систем

Барилга байгууламжийн шалны хийцэд халаах гадаргуу суурилуулж дулаан зөөгчийн тусламжтайгаар халааж буй системийг шалны халаалтын систем гэнэ [4]. Барилгын хаших хийц нь дулаан техникийн үзүүлэлтийг хангаж байгааг харгазах үүднээс дулааны урсгалын нягтыг тодорхойлно.

$$q = \frac{Q}{F} \quad (15)$$

Шалны гадаргуугийн дундаж температурыг тодорхойлох.

$$t_{\text{гад}} = t_{\text{д}} + \frac{q}{\alpha} \quad (16)$$

$$\frac{q}{\alpha} = \Delta T \text{ өрөөний ба шалны}$$

температурын зөрүүг илтгэнэ.

Шал нь өнгөлгөө болон дулаалгын материалаас хамаарч температур нь буурдаг ба энэ температурын бууралтыг тодорхойлох шаардлагатай болдог.

$$\Delta T_{\text{б}} = q \cdot \left[\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right] \quad (17)$$

Усны дундаж температурыг тодорхойлох .

$$t_{\text{дун}} = \Delta T_{\text{б}} + \Delta T_{\text{о}} + t_{\text{д}} \quad (18)$$

Дамжуулах хоолой дулаанаа бүрэн дамжуулдаггүйн улмаас температурын уналт нь практикт ихэвчлэн 5°C байна гэж өгөх ба буцах усны температурыг олно.

$$t_{\text{өгөх}} = t_{\text{дун}} + 2.5 \quad (19)$$

$$t_{\text{буцах}} = t_{\text{дун}} + 2.5 \quad (20)$$

Хэлхээний урт

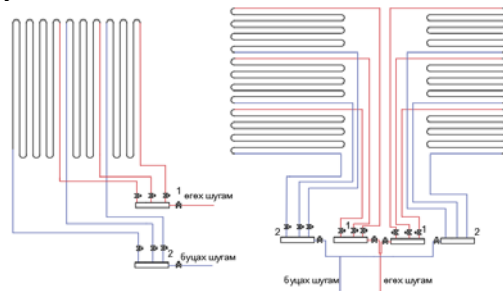
$$L_{\text{хэл}} = \frac{F}{b} \quad (21)$$

b = хоолой хоорондын зай (0.15-0.3м)

Нийт даралтын алдагдал

$$P = R \cdot L + Z \quad (22)$$

Шалны халаалтын системийн тооцоог хүснэгтээр харуулав.

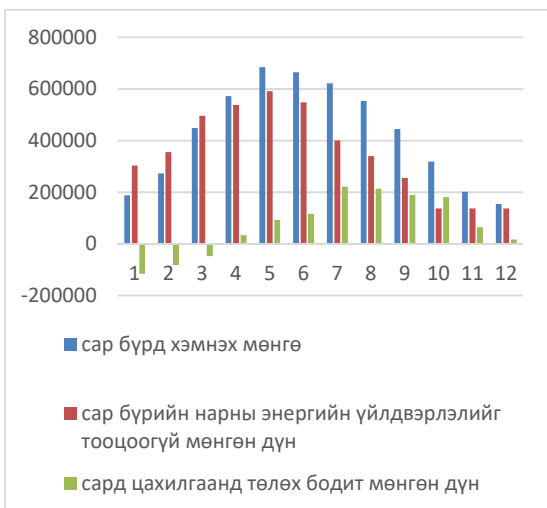


Зураг 6. Шалны халаалтын системийн схем (1 өгөх усны коллектор, 2 буцах усны коллектор).

VIII. Эдийн засгийн тооцоо

сар	сард үйлвэрлэх энерги	сар бүрд хэмнэх мөнгө	сар бүрд төлөх урсгал зардал	сард цахилгаанд төлөх бодит мөнгөн дүн
1	1920.512	188210.2	303900.256	-115690
2	2789.248	273346.3	355813.5582	-82467.3
3	4583.04	449137.9	496433.205	-47295.3
4	5839.7	572290.6	538619.7888	33670.81
5	6983.7	684402.6	592055.496	92347.1

6	6780	664440	547994.4894	116445.5
7	6351	622398	400811.7762	221586.2
8	5652	553896	339876.6534	214019.3
9	4540.08	444927.8	255505.2102	189422.6
10	3251.776	318674	137607.12	181066.9
11	2059.2	201801.6	137607.12	64194.48
12	1582.24	155059.5	137607.12	17452.4



Зураг 7. Дулааны нийлбэр ачааллыг ТБЭХС-ээс дангаар нь хангах эсвэл ТБЭХС-тэй хослон нарны PV систем ажиллах үеийн жилийн цахилгааны төлбөр.

ДҮГНЭЛТ

Амины орон сууцны дулааны алдагдлыг нарны эрчим хүч ашиглан шийдвэрлэх хувилбарыг Улаанбаатар хотын Чингэлтэй дүүргийн Ар гүнтэд байрлах 169 м² талбай бүхий 2 давхар 3 айлын орон сууцны дулааны ачааллын тооцоог хийж гүйцэтгэв. Барилгын дулааны нийт ачааллыг нарны PV системээр шийдвэрлэх тохиолдолд анхны хөрөнгө оруулалт өндөр байдаг бол төвийн бүсийн эрчим хүчний систем

110 КВ-ИЙН ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ХҮЧДЭЛИЙГ СТАТИК ВАР КОМПЕНСАТОРААР ТОХИРУУЛАХ СУДАЛГАА

А.Балжинням*, Ш.Гантөмөр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэхийн гол зорилго нь хэрэглэгчдийг чанартай, найдвартай, тасралтгүй эрчим хүчээр хангах явдал билээ. Цахилгааны параметрийн утгуудын өөрчлөлтийн хурд маш өндөр ба ялангуяа шилжилтийн процессийн үед их байдаг тул үйлчилгээний ажилтан тохируулах боломжгүй юм. Эрчим хүчний үйлдвэрлэл, дамжуулалт хуваарилалтын процесс маш нийлмэл, тасралтгүй байнга явагддаг тул бүх объектийн хувьд автомат тоноглол зайлшгүй ашиглах шаардлагатай болдог. Системийн үйл ажиллагааг дээшлүүлэхийн тулд тухайн

(ТБЭХС) -ээр цахилгаан халаагуураар шийдэх тохиолдолд урсгал зардал их гардаг. Эдгээр үзүүлэлтүүдийг харьцуулж эргэн төлөгдөх хугацаа болон системийн үр ашгийг тодорхойлсон.

Тооцооны объект нь 88 ширхэг PV хавтанг ашиглан нарны эрчим хүчийг цахилгаан энергид хувиргах ба халаалтын улирлын оргил ачааллын үед ТБЭХС-тэй хослон ажилладаг. Мөн нарны тусгалтай үед үйлдвэрлэсэн цахилгаан энергийн дулааны ачааллаас давсан энергийг батерейд нөөцөлж нарны тусгалгүй үед ашиглана. Хуримтлуурын чадлыг сонгохдоо дулаацуулгын улирлын хоногийн дундаж ачааллаас хамааруулж сонгов. Барилгын дулааны нийлбэр ачаалал тодорхойлсон график 1-ээс хархад PV системээс үйлдвэрлэх энерги нь дулаацуулгын улиралд оргил ачааллын үед дулааны нийлбэр ачааллыг 11-р сараас 2-р сар хүртлэх хугацаанд хааж чадахгүй төвийн бүсийн эрчим хүчний системтэй хослон ажиллах боловч жилийн туршид PV систем нь байна.

Эдийн засгийн тооцооны үр дүнг харахад PV системийн анхны хөрөнгө оруулалт нь 29935912 төгрөг байсан боловч урсгал зардал нь жилд 245452 төгрөг. Харин төвийн бүсийн эрчим хүчний системээс шийдэх тохиолдолд анхны хөрөнгө оруулалт бага боловч урсгал зардал нь жилд 4234831 төгрөг байна. Тооцооны үр дүнгээс үзэхэд 7,4 жилийн дараа анхны хөрөнгө оруулалтаа бүрэн төлөх боломжтой нь харагдаж байна.

Ашигласан материал

1. Батмөнх С. “Монголын нөхцөлд нарны эрчим хүчийг дулаанд хувиргах технологийн онол практикийн үндэс”. Соёмбо принтинг. УБ. 2014.
2. Цэрэндорж З. , Эрдэнэтуяа Ц. “Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ ба энергийн хуримтлуур”. Color Book. УБ. 2016.
3. Намхайням Б. “Дулаан хангамжийн систем”. Соёмбо принтинг. УБ. 2015.
4. Дашдорж Ц. “Халаалт”. ШУТИС хэвлэлийн үйлдвэр. УБ. 2015.
5. “Эрчим хүч техник технологи”. Эрдэм шинжилгээний эмхтгэл. УБ. 2017.
6. www.alibaba.com

орон нутгийн онцлогт тохирсон уян хатан тоноглолыг сонгох чухал юм. Хархорин дэд станцын өндөр талд Статик Вар Компенсатор тавьснаар 110 кВ-ийн хүчдэлийг зуны бага ачааллын үед хэрхэн хэвийн утганд барих талаар үнэлэлт өгнө.

Тулхуур үг. Хүчдэл, реактор, статик вар компенсатор, Powerfactory.

I. ОРШИЛ

Хүчдэл нь хэрэглэгчдийн ачааллаас хамаарч хугацааны агшин бүрд хувирч өөрчлөгддөг учир түүнийг хүний оролцоотой бүрэн хянахад хүндрэлтэй. Тиймээс техник технологи хөгжиж буй эрин үед автомажуулсан тоног төхөөрөмж суурилуулбал ачааллаас хамааран тогтсон горим барихад илүү хялбар, алдагдлын хэмжээг бууруулж, хэмнэлтийг бий болгож чадна.

Тогтмол эсвэл механик ажиллагатай ректоруудыг бага ачаалалтай нөхцөлд шугамын хэт ачааллыг багасгахад хэрэглэнэ. Шунтлагч реактор нь бага ачааллын үед хүчдэлийн түвшин өсөхөд механикаар буюу хүний оролцоотойгоор түүнийг залгаж хүчдэлийн утгыг тогтворжуулдаг.

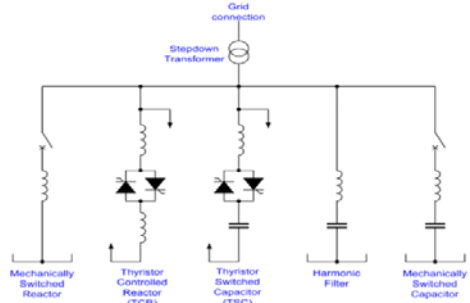
Статик вар компенсатор нь өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын ачааллын шинж чанараас хамааран хуурмаг чадлыг богино хугацаанд үүсгэн компенсацилах төхөөрөмж юм. Энэ нь электрон төхөөрөмжүүд ашиглан хуурмаг чадлын урсгалд хяналт тавих хэрэгслүүд холбогдсон цахилгаан эрчим хүчний чанарыг дээшлүүлэх төхөөрөмж юм.

II. Статик вар компенсатор (SVC)

SVC нь шугамын хүчдэлийг хугацаа алдалгүй найдвартай хянах боломжтой. Энэ нь оновчтой байршилаа шинэ индексээр тодорхойлдог. Үүнийг нэг удаагийн санамсаргүй хүчдэлийн индекс гэж нэрлэдэг. Алгоритм нь оновчтой эсхийг тодорхойлоход SVC дох хянагч нь чадлын урсгал болон зангилааны хүчдэлийн хэмжээг нэгэн зэрэг хянан нэмэгдүүлдэг. Мөн “Optimal power flow” буюу хамгийн оновчтой чадлын урсгалыг бий болгодог.

SVC-ийн хамгийн түгээмэл дараах дөрвөн төрөл байдаг. (Зураг 1-д үзүүлэв.)

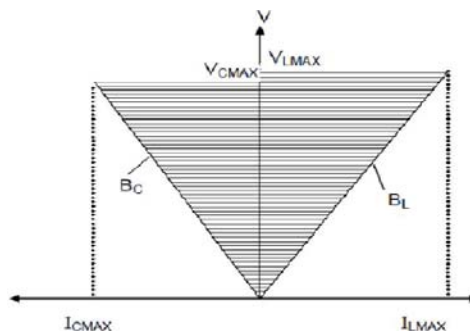
- Тристорын удирдагатай реактор (TCR)
- Конденсаторыг залгах тристор (TSC)
- Гармоник шүүлтүүр (FC)
- Механикаар конденсатор ба реакторыг залгах



Зураг 1. Статик Вар Компенсаторын төрлүүд.

SVC-ийн гүйдэл хүчдэлийн шинж чанар Статик Вар Компенсатор нь хоёр төрлийн горимд ажиллах боломжтой.

1. Хүчдэл зохицуулалтын горим
2. Хуурмаг чадлын хяналтын горим



Зураг 2. Статик Вар Компенсаторын гүйдэл хүчдэлийн шинж чанар.

SVC-ийн загварчлал

Статик Вар Компенсатор нь үндсэндээ шунт холбогдсон хувьсах хуурмаг чадлын генератор бөгөөд системд багтаамжийн болон нөлөөмжийн гүйдлийг солилцон тохируулга хийдэг. Үүний хамгийн өргөн хэрэглэгддэг тохируулгын нэг нь тристорын удирдагатай реактортай зэрэгцээ холбогдсон конденсаторыг залгах тристор юм.



Зураг 3. Статик Вар Компенсаторын харагдах байдал

$$B_{TCR}(\alpha) = B_L \left(\frac{2\pi - 2\alpha - \sin 2\alpha}{\pi X(s)} \right) \quad \frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \pi; \quad (1.1)$$

Энд: $X_s = \frac{U_s^2}{Q_L}$ ба $U_s = SVC$ шинийн хүчдэл

$Q_L = MVA$ реакторын хязгаарын чадал.

SVC нь тогтмол конденсатор болон хувьсах реакторын хослолыг ашигладаг.

Шунтын үр ашигтай байх нөлөө:

$$B_s = \frac{1}{X_c} - B_L(\alpha) \quad (1.2)$$

Энд: X_c : багтаамжийн эсэргүүцэл

Статик Вар Компенсаторыг сүлжээнд нэг буюу хэд хэдэн тохиромжтой цэгт суурилуулах нь хүчдэлийн тогтворжилтыг сайжруулах, дамжуулах чадлын чадварыг нэмэгдүүлдэг. Ингэснээр бусад сүлжээний хүчдэлийг хэвийн байлгах боломжтой.

Статик Вар Компенсаторын давуу тал:

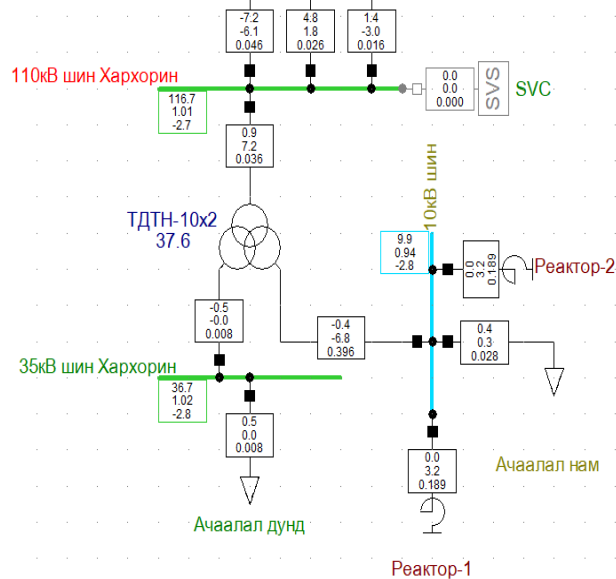
- Цахилгаан дамжуулах шугамын дамжуулах чадварыг дээшлүүлэх
- Системийн тогтворжилтыг сайжруулах
- Түр зуурын хэт хүчдэлийн дараах тогтворжилтыг хянах
- Шугамын алдагдлыг бууруулах
- Гармоник хэлбэлзлийг дарах

III. DigSILENT PowerFactory

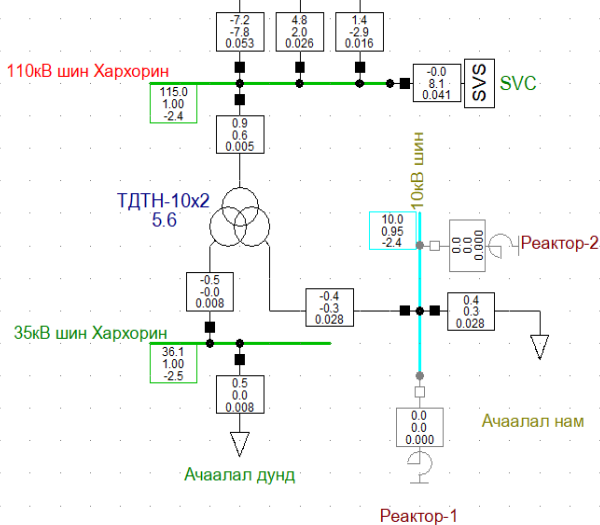
“DigSILENT” гэдэг нь “Digital Simulation of Electrical Networks” гэсэн товчилсон үг юм. Эрчим хүчний системийн дүн шинжилгээний шаардлагуудад нийцүүлэхийн тулд “PowerFactory” програм нь эрчим

хүчний системийн дүн шинжилгээний функцүүдын иж бүрэн нийлэмжийг гүйцэтгэлийн програм дотор хангах цогц инженерийн хэрэгслүүдээр дизайн хийгдсэн.

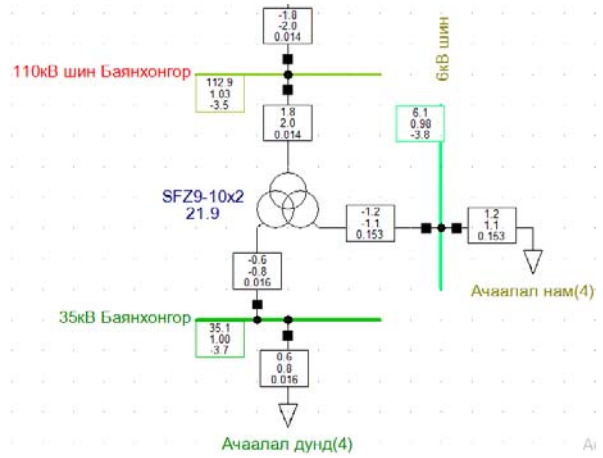
PowerFactory програм хангамжийн давуу талууд нь функциональ нэгдмэл байдал, түүний өргөн цар хүрээтэй загварчлал ба анализ хийх чадвар, дамжуулалт түгээлт үйлдвэрлэлийн сүлжээнүүд өгөгдлийн менежментийн маш хүчирхэг хэрэгслүүдийг ашиглан ажлын үр ашгийг дээшлүүлэхийн зэрэгцээ өгөгдлийн тогтвортой байдал, нэгж дамжуулалтыг хангах явдал юм.



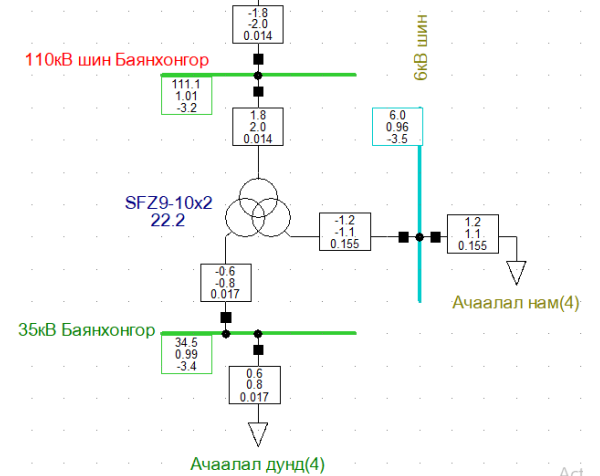
Зураг 4.1а Хархорин дэд станц дээр 3.3МВА чадалтай 2 реактортай үеийн хүчдэлийн утга.



Зураг 4.16 Хархорин дэд станц 3.3МВА чадалтай 2 реактортай үеийн төгсгөлийн зангилааны хүчдэлийн утга.



Зураг 4.2а Хархорин дэд станцын өндөр талд Статик Вар Компенсатор холбосон үеийн хүчдэлийн утга.



Зураг 4.2б Статик Вар Компенсатортай үеийн төгсгөлийн зангилааны хүчдэл.

Хүчдэл тохируулга

Хамгийн их ачааллын горимд цахилгаан шугам сүлжээ их ачаалагдаж түүний элементүүдэд бий болох хүчдэлийн алдагдал ихэсгэдэг.

Хүчдэл тохируулга нь цахилгаан эрчмийн хэрэглэгчдийн шин дээрх хүчдэлийн утга номиналь утгаасаа хазайх хазайлтыг стандартын зөвшөөрөгдөх хэмжээнд хязгаарлах техникийн арга хэмжээнүүдийн цогц юм. Хүчдэлийн бууралт нь гол төлөв хуурмаг чадлын дутагдалтай районд ажиглагддаг.

Хүчдэлийн хазайлт

Энэ нь хэвийн тогтсон горимын үед хүчдэлийн утга номиналь утгаасаа хазайх хазайлт юм.

$$U = \frac{U - U_n}{U_n} * 100\%$$

Стандартаар цахилгаан эрчмийн хэрэглэгчдийн оруулган дээрх хүчдэлийн хэвийн зөвшөөрөгдөх утга номиналь утгаасаа $\pm 5\%$ ба хязгаарын зөвшөөрөгдөх утга $\pm 10\%$ байна.

Хүснэгт 1.

Хүчдэлийн хазайлтыг Powerfactory програм дээр

тооцоолов.

№	Хархорин	Цэцэрлэг	Арвай-хээр	Баянтээг	Баян-хонгор
SVC	115	115	112.8	112.1	111.1
Reactor	116.7	116.7	114.6	113.9	112.9

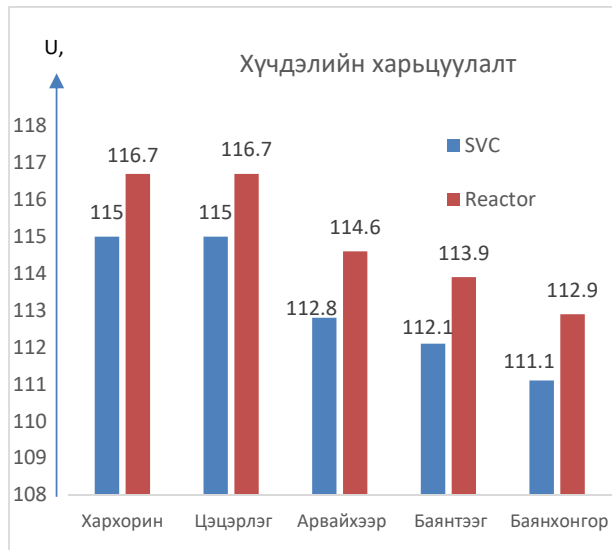


График 1. SVC, реактортай үеийн хүчдэлийн хазайлтын график.

IV. Эрчмийн алдагдлын тооцоо.

Цахилгаан эрчим хүчийг дамжуулах үед зарцуулж байгаа эрчим хүчийг цахилгаан шугам сүлжээний эрчмийн алдагдал гэж нэрлэдэг. Эрчмийн алдагдал бага байх тусам түүнээс олох ашиг нэмэгддэг.

Толгойн хэсгээр дамжиж буй бодит чадал:

$$P_{\text{тол}} = 7955.33 \text{ кВт}$$

Шугам, трансформаторын ороомог, трансформаторын ган дээр үүсэх нийт алдагдлыг тодорхойлно.

$$P_{\Sigma}^{\text{ш}} = 590.33 \text{ кВт}, P_{\Sigma}^{\text{ороомог}} = 219.37 \text{ кВт},$$

$$P_{\Sigma}^{\text{xx}} = 107.6 \text{ кВт};$$

Нийт чадлын алдагдал:

$$\Delta P_{\Sigma} = P_{\Sigma}^{\text{ш}} + P_{\Sigma}^{\text{то}} + P_{\Sigma}^{\text{xx}} = 664.12 \text{ кВт}$$

Их ачааллын аргаар эрчмийн алдагдлыг тодорхойлох. Горимын тооцооны үр дүнд шугам сүлжээний элемент тус бүрээр дамжих чадал болон түүнд алдагдах чадлын алдагдлын тодорхойлон түүний тусламжтайгаар тодорхой хугацаанд дамжсан энерги, эрчмийн алдагдлыг тодорхойлдог.

Эрчмийн алдагдлыг тодорхойлохын тулд шугам сүлжээний толгойн хэсгээр дамжсан эрчим хүчийг олно. Реактортай үед:

Хамгийн их ачааллыг ашиглах хугацаа:

$$T_{\text{нб}} = \frac{\sum_{i=0}^{12} P_i t_i}{P_{\text{max}}} = 6499.680 \text{ цаг} \quad (1.3)$$

Алдагдлын хугацаа (цаг)

$$\tau = \frac{\sum_{i=0}^{12} P_i t_i}{P_{\text{max}}^2} = 4966.71 \text{ цаг} \quad (1.4)$$

$$W_{\text{тол}} = P_{0-1}^{\text{эх}} * T_{\text{нб}} = 7955.33 * 6499.68 = 51707075.36 \text{ кВт. цаг} \quad (1.5)$$

Шугамын нийт эрчмийн алдагдал:

$$\Delta W_{\Sigma}^{\text{ш}} = \Delta P_{\Sigma}^{\text{ш}} * T_{\text{нб}} = 590.33 * 6499.68 = 2216681.27 \text{ кВт. цаг} \quad (1.6)$$

Нийт эрчмийн алдагдал:

$$\Delta W_{\Sigma} = \Delta W_{\Sigma}^{\text{ш}} + \Delta W_{\Sigma}^{\text{xx}} + \Delta W_{\Sigma}^{\text{то}} + \Delta W_{\Sigma}^{\text{тит}} = 3821311.03 \text{ кВт. цаг} \quad (1.7)$$

$$\Delta W_{\Sigma\%} = \frac{\Delta W_{\Sigma}}{W_{\text{тол}}} = \frac{3821311.03}{51707075.36} = 7.39 \% \quad (1.8)$$

Шугам, трансформаторын ороомог, трансформаторын хоосон явалтын эрчмийн алдагдлуудыг эрчмийн нийт алдагдалтай харьцангуйгаар алдагдлын бүтцийг тодорхойлно.

$$\Delta W_{\Sigma\%}^{\text{ш}} = \frac{\Delta W_{\Sigma}^{\text{ш}}}{\Delta W_{\Sigma}} = \frac{2216681.27}{3821311.03} = 58.01 \% \quad (1.9)$$

Хүснэгт 2.1

Чадлын алдагдлын харьцуулсан тооцоо

Харьцуулалт		Шугам	Ороомог	Зүрхэвч	Нийт
Реактор	кВт	341.04	215.48	107.60	664.13
	%	62.43	23.2	10.76	8.35
SVC	кВт	179.73	161.12	107.60	448.45
	%	40.08	35.93	23.99	5.79

Хүснэгт 2.2

Реактор, SVC эрчмийн алдагдлыг харьцуулсан тооцоо.

Харьцуулалт		Шугам	Ороомог	Зүрхэвч	Нийт
Реактор	кВт. цаг	2216681.27	1070211.38	534418.38	3821311.03
	%	58.01	28.01	13.99	7.39
SVC	кВт. цаг	1162957.1	791869.06	528837.3	2483662.46
	%	46.82	31.88	21.29	4.96

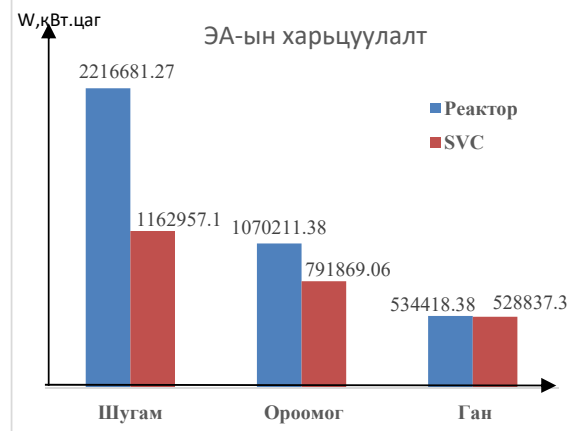


График 2. Реактор болон SVC-тай үеийн эрчмийн алдагдлын харьцуулалт.

ДҮГНЭЛТ

1. Хархорин дэд станц дээр Статик Вар Компенсатор, реактортай үед Powerfactory програм дээр хүчдэлийн хазайлтыг бодов(График 1):

а. Реактортай үед:

$$U_{\text{Реактор}}^{\text{тол}} = 116.7 \text{ кВ буюу } U_{\text{хазайлт}}^{\text{тол}} = 6.09\%$$

$$U_{\text{Реактор}}^{\text{төгс}} = 112.9 \text{ кВ буюу } U_{\text{хазайлт}}^{\text{төгс}} = 2.64\%$$

б. SVC-тэй үед:

$$U_{\text{SVC}}^{\text{тол}} = 115 \text{ кВ буюу } U_{\text{хазайлт}}^{\text{тол}} = 4.54\%$$

$$U_{\text{SVC}}^{\text{төгс}} = 111.1 \text{ кВ буюу } U_{\text{хазайлт}}^{\text{төгс}} = 1\%$$

байна. Дээрх тооцооноос харахад реактортай үед хүчдэлийн хазайлт нь зөвшөөрөгдөх утга болох $\pm 5\%$ -иас хэтэрсэн. Харин статик вар компенсатор холбосон үед зөвшөөрөгдөх утганд байна. SVC нь хүчдэлийн утгыг хэвийн утганд нь найдвартай барьж байна.

Шугаман дээрх ачааллын шинж чанараас хамааруулан хүчдэлийн утгыг тогтмол хэвийн утганд нь барьснаар бусад тоноглолын хэвийн ажиллагааг сайжруулах давуу талтай.

2. Чадлын алдагдлын тооцоо

Чадлын алдагдлын харьцуулсан тооцооноос харахад (хүснэгт 2.1):

Шугамын дээрх алдагдал:

$$\Delta P_{\text{ш}}^{\text{реак}} = 341.04 \text{ кВт}, \Delta P_{\text{ш}}^{\text{реак}} = 62.43\%$$

$\Delta P_{\text{ш}}^{svc} = 179.73$ кВт, $\Delta P_{\text{ш}}^{svc} = 40.08\%$ Статик Вар Компенсатор холбосноор шугамын алдагдлыг 161.31кВт буюу 47.3%-иар бууруулж байна.

$\Delta P_{\text{ороомог}}^{\text{reak}} = 215.48$ кВт, $\Delta P_{\text{ороомог}}^{\text{reak}} = 23.2\%$

$\Delta P_{\text{ороомог}}^{svc} = 161.12$ кВт, $\Delta P_{\text{ороомог}}^{svc} = 35.93\%$

трансформаторын ороомгийн алдагдлыг 54.36кВт буюу 25.2%-иар бууруулж байна.

Нийт чадлын алдагдал:

$\Delta P_{\Sigma}^{\text{reak}} = 664.13$ кВт, $\Delta P_{\Sigma\%}^{\text{reak}} = 8.35\%$

$\Delta P_{\Sigma}^{svc} = 448.49$ кВт, $\Delta P_{\Sigma\%}^{svc} = 5.79\%$

SVC-тай үед нийт чадлын алдагдлын зөрүү нь 215.63кВт буюу 32.5%-иар буурсан байна.

Статик вар компенсатор нь чадлын урсгалыг оновчтой зохицуулснаар алдагдлын хэмжээг бууруулаад зогсохгүй тоноглолуудын ачааллыг багасгаж байна.

3. Эрчимийн алдагдлын тооцоо

$\Delta W_{\text{ш}}^{\text{reak}} = 2216681.27$ кВт. цаг,

$\Delta W_{\text{ш}\%}^{\text{reak}} = 58.01\%$

$\Delta W_{\text{ш}}^{svc} = 1162957.10$ кВт. цаг,

$\Delta W_{\text{ш}\%}^{svc} = 46.82\%$

SVC-тай үед шугаман дээр гарч байгаа эрчимийн алдагдлыг 1053724.17 кВт.цаг 47.53%-иар бууруулж байна.

$\Delta W_{\text{ороомог}}^{\text{reak}} = 1070211.38$ кВт. цаг,

$\Delta W_{\text{ш}\%}^{\text{reak}} = 28.01\%$

$\Delta W_{\text{ш}}^{svc} = 791869.06$ кВт. цаг,

$\Delta W_{\text{ш}\%}^{svc} = 31.88\%$

Трансформаторын ороомог дээрх эрчимийн алдагдлыг 278342.32 кВт.цаг 26.01%-иар бууруулж байна.

Нийт эрчимийн алдагдал:

$\Delta W_{\Sigma}^{\text{reak}} = 3821311.03$ кВт. ц,

$\Delta W_{\Sigma\%}^{\text{reak}} = 7.39\%$

$\Delta W_{\Sigma}^{svc} = 2483663.43$ кВт. ц, $\Delta W_{\Sigma\%}^{svc} = 4.96\%$

SVC-тай үед эрчимийн алдагдал 2483663.43 кВт.цаг реактортай үеийнхээс 1337647.57 кВт.цаг буюу 35%-иар алдагдлыг бууруулсан. Эрчимийн алдагдлын хэмжээг бууруулснаар бусад тоноглолын хэвийн ажиллагааг дээшлүүлж эдийн засгийн хувьд ихээхэн хэмнэлтийг бий болгох нь харагдаж байна.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Guneet Kour, G.S.Brar & Jaswanti impact of Static Var Compensators on Power System: A Case Study
2. <file:///C:/Users/open/Downloads/voltage-profile-improvement-of-transmissionlines-using-static-var-compensator.pdf>
3. <https://www.svk.se/siteassets/jobba-har/dokument/dynamic-voltage-regulation-using-svcs.pdf>
4. https://globaljournals.org/GJRE_Volume11/3-Voltage-Level-Improving-by-Using-Static-VAR.pdf
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Static_synchronous_compensator
6. <https://www.captech.com.au/solution/static-var-compensator/>
7. Эрчим хүч & engineering 2014-3(121) 32ху
8. Ш. Гантөмөр, “Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам” Улаанбаатар хот. 2014 он
9. Ш. Гантөмөр, “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем” Улаанбаатар хот. 2017 он
10. ABB, VArPro™ STATCOM Динамик реактив чадлын компенсаци

ЗУУХНЫ ГАЛЫН ХОТЛЫН СУДАЛГААНД ТӨСӨӨТЭЙН ОНОЛЫГ АШИГЛАХ

Х.Бөртжин*, Д.Даваацэрэн*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Эрчим хүчний зуухны галын хотлын процесст чухал нөлөө үзүүлж байдаг төсөөтэйн тоонуудаас Рейнольдсын тоо болон Эйлерийн тоог онцлон авч үзсэн ба загвар боловсруулахад хэрэглэх талаар жишээлэн авч үзэв.

Түлхүүр үг. Галын хотол, төсөөтэйн тоо, Рейнольдсын тоо, Эйлерийн тоо.

I. ОРШИЛ. Төсөөтэйн онол, түүнийг туршилт явуулах онолын үндэслэл болгон ашиглах.

Аливаа физик үзэгдлийг судлахад тухайлан авсан үзэгдлийг ажиглах, шууд хэмжих, хэмжилтийн үр дүнг боловсруулах гэсэн үе шаттай танин мэдэхийн аргуудыг хэрэглэдэг болохыг бид сайн мэднэ. Жишээлбэл, цаг уурын үзэгдлийг судлахын тулд хамгийн түрүүнд тэнгэрийн байдлыг (нартай эсэх, хэр дулаан байгаа, үүлшил, үүл нүүх, хашаа нүүж байгаа байдал, үүл тэнгэрт дээр байна уу, эсвэл доохно байна уу, ямар өнгөтэй байна, салхи, салхины хүч, чиглэл г.м.) ажиглахаас эхэлдэг. Дараа нь эдгээрийг зориулалтын багажаар хэмжилт хийж тоон үзүүлэлтийг гаргадаг.

Дараагийн үе шатанд олон удаагийн хэмжилтийн тоон үзүүлэлтээ боловсруулна. Эцэст нь урьдчилсан ба эцсийг дүгнэлт гаргана. Энэ бүх үе шаттай арга зүй нь яваа яваандаа цаг уурын судалгааны ажил болж практикт хэрэглэгддэг.

Үүнтэй адилаар Эрчим хүчний салбарт нүүрсийг хэрэглэж, өөрөөр хэлбэл шатааж дулаан гаргах процессийг судласнаар ямар арга, технологиор, ямар тоног төхөөрөмж, өөрөөр хэлбэл зуух хэрэглэж нүүрсийг шатаавал хамгийн үр дүнтэй болохыг судлаж тогтоох явдал чухал байдаг. Энэ нь дулааны эрчим хүчний судалгааны нэг үндсэн бөгөөд гол чиглэл болно.

Орчин цагийн эрчим хүчний зориулалттайгаар ДЦС дээр ашиглагдаж байгаа уурын генератор нь нэг цагт ихээхэн хэмжээний нүүрсийг шатаадаг, овор хэмжээ томтой, их өртөг зардлаар бүтдэг, өндөр температурт шатаалт явагддаг нүсэр том, бүрэн механикжиж автоматчлагдсан тоног төхөөрөмж байдгийг бид одоо үзэж байгаа “Уурын генератор”-ын хичээлээс мэдэх болсон.

Иймд уурын генераторын хийц, түүнд нүүрс шатааж байгаа арга, нүүрсний шаталтын процессийг нарийн

судлаж байж түүний үр ашгийг, өөрөөр хэлбэл АҮК-ийг дээшлүүлэх хэрэгтэй болдог. Энэ судалгааг дээр жишээ болгон авсан цаг уурын судалгаатай адилаар ганцхан бэлэн ажиллаж байгаа уурын генераторыг ашиглан зөвхөн ажиглалт, бодит хэмжилт, үр дүнгийн боловсруулалтаар бүрэн хэмжээний, өөрөөр хэлбэл түүнийг бүхий л талаар сайжруулах хангалттай дүгнэлтийг тэр бүр гаргах боломжгүй байдаг.

Ялангуяа зуухны өөрийнх нь хийц, тухайлбал түүний галын хотлын өндөр, өргөн, асаагуурын тоо ба байрлал, нүүрсний бутлалт, нунтаглалтын оновчтой хэмжээ зэргийг тогтоох нарийвчилсан судалгааг хийхэд ихээхэн хөрөнгө зардал, цаг хугацаа шаарддаг.

Иймд уурын генераторын шинэ хийцийг зохион бүтээх, бидний хичээл дээр үздэг галын хотол дахь нүүрсний шаталтын процессийг судлах, улмаар оновчлоход эхлээд физик загвар зохион бүтээж туршилт явуулах хэрэгтэй болдог. Физик загвар гэдэг нь зуухны жижигрүүлсэн, зөвхөн судалгааны зорилготой уялдсан туршилтыг явуулах хэмжээний хэмжүүр, багажаар тоноглогдсон лабораторын төхөөрөмж юм. Ийм учраас физик загвар дээр туршилт явуулах замаар их хэмжээний хөрөнгө зардал, цаг хугацааг хэмнэж нэлээд ахиц гарсан судалгааны үр дүнг гаргах боломжтой байдаг.

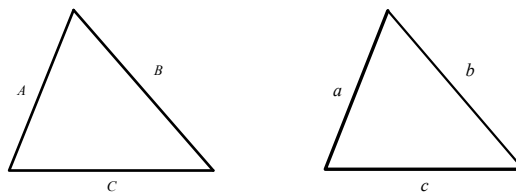
Физик загварт тавигдах гол шаардлага нь судлаж байгаа эрчим хүчний зуухтайгаа “төсөөтэй” байх шаардлагатай. Төсөөтэй гэдэг нь зөвхөн харахад адилхан төдийгөөр хязгаарлагдахгүй түүнд явагдах физик процесс нь ижил байх ёстой ([1], 69-р т.).

Иймд ямар загвар байвал бодит зуухтай, бүр тодруулбал түүний нүүрсийг шатаадаг гол хэсэг болох галын хотолтой төсөөтэй гэж үзэж болох вэ? гэсэн асуултанд бидний “Дулаан дамжуулалт-2” хичээл дээр үзсэн “төсөөтэй онол”-ын тухай сэдэв энд гол хариултыг өгнө. Төсөөтэй онолын шаардлагыг хангасан, өөрөөр хэлбэл төсөөтэй онолд үндэслэсэн физик загварыг боловсруулан хэрэгжүүлж түүн дээрээ ажиглалт, хэмжилт, туршилтыг явуулбал эцсийн дүнд жинхэнэ уурын генераторыг зохион бүтээх, галын хотлын процессийг оновчлоход ашиглаж болох шинжлэх ухааны үндэслэлтэй үр дүнг гаргаж авч болдог.

Төсөөтэй онолоор тодорхой орон зай, цаг хугацаанд явагдаж байгаа физик үзэгдлүүд хоорондоо төсөөтэй бол түүний нэг дээр нь хийж гаргасан үр дүнг нөгөөд нь шууд түгээн (шилжүүлэн) хэрэглэж болно гэж үздэг [2]. Иймд бидний судлах гэж байгаа эрчим хүчний бодит тоноглол, жишээлбэл зуухны галын хотол, түүн дотор явагдаж байгаа бодит процесс (шатаж байгаа түлш агаарын өндөр температуртай хийн урсгал) болох судалгааны объект болон судалгаанд ашиглах физик загвар буюу жижиг хэмжээний лабораторийн төхөөрөмж нь нэгдүгээрт геометрийн хувьд төсөөтэй хийгдсэн байх ёстой ба түүн дотор зохион байгуулсан хийн нам температуртай хүйтэн урсгал нь бас төсөөтэй байх ёстой. Үүнийг товчоор, бодит тоноглол ба процесс нь судалгаанд хэрэглэх гэж байгаа физик загвартайгаа төсөөтэй байна, гэж ойлгож болно.

Энд төсөөтэй гэдэг үгийн цаана [2]-т дурьдагдсаны дагуу тэдгээрийг, өөрөөр хэлбэл бодит тоноглол ба процесс болох “объект”, лабораторийн төхөөрөмжид явагдах процесс болох “загвар”-ын хувьд тооцож гаргасан тоон шинжүүрүүд тэнцүү байвал зохино.

Энэ нь бидний 8-р ангид “Геометр”-ийн хичээл дээр үзсэн гурвалжны төсөөтэй гурван шинжийн нэг болох “хэрвээ нэг гурвалжны талууд нөгөө гурвалжны харгалзсан талуудтай пропорциональ байвал эдгээр гурвалжин хоорондоо төсөөтэй байна” гэсэнтэй адил байна. Зураг 1-д төсөөтэй гурвалжны загварыг үзүүлэв.



Зураг 1. Төсөөтэй гурвалжинууд.

Гурвалжны төсөөтэй шинж:

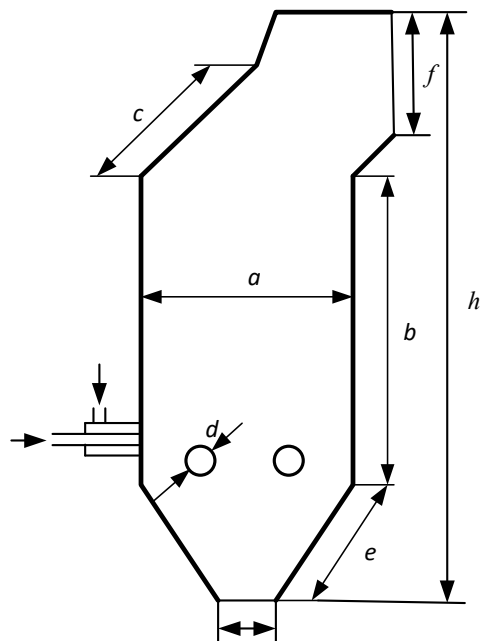
$$\frac{A}{a} = \frac{B}{b} = \frac{C}{c} = m \quad (1)$$

Хоёрдугаарт объект ба загвар нь мөн физик процесстэй холбоотой. Ийм физик процессийн хоорондын төсөөтэй талын дараах тодорхой жишээн дээр авч үзье.

II. Эрчим хүчний зуухны галын хотолд түлш шатаах процессийг загварчлах

Үүний тулд дээр авч үзсэн төсөөтэй онолын үндсэн ойлголтуудыг хэрэглэе. Эхнийх нь буюу тоног төхөөрөмжийн хоорондын төсөөтэй байдал нь объект ба загварын хоорондын геометрийн төсөөтэй шинж юм. Үүнийг масштабаар илэрхийлнэ. Өөрөөр хэлбэл, геометрийн төсөөтэй шинжүүр нь масштаб болно. Жишээлбэл, БКЗ-75-39 маягийн зуухыг авч үзье.

БКЗ-75-39 маягийн зуухны галын хотлын хэмжээс бүхий загварыг дараах 2-р зурагт үзүүлсэн бөгөөд уг загварын дагуу төсөөтэй нөхцлийг шалгах болно.



Зураг 2. БКЗ-75-39 маягийн зуухны галын хотлын загвар.

2-р зурагт үзүүлсэнтэй адилаар бодит зуухны A, B, C, D, E ... г.м. хэмжээсүүд нь түүний загварын a, b, c, d, e

хэмжээнүүдтэй пропорциональ байснаар БКЗ-75-39 зуухны галын хотлын геометрийн төсөөтэй чанар биелэгдэнэ.

$$\frac{A}{a} = \frac{B}{b} = \frac{C}{c} = \frac{H}{h} = \frac{E}{e} = m \quad (2)$$

Ингэж объект ба загварын хоорондын төсөөтэй байх эхний нөхцөл биелэгдэнэ. Энэ нь төсөөтэйн нөхцлийг ашиглахын тулд төсөөтэй мужид (хязгаарт) явагдах процессыг авч үзсэн байх ёстой гэсэн үг юм.

Одоо төсөөтэй байх хоёр дахь үндсэн нөхцлийг авч үзье. Энэ нь БКЗ-75-39 зуухны галын хотол дотор явагдаж байгаа процессийн физик үзэгдлийнх нь хувьд төсөөтэй байх явдал юм. Аливаа физик үзэгдэл, жишээлбэл зуухны галын хотол доторх хийн урсгал тодорхой дифференциал тэгшитгэлээр бичигддэг болохыг шингэн ба хийн механикийн хичээлээс [4] бид мэднэ.

Байнгын ажиллагаатай зуухны хувьд түүнд явагдаж байгаа шаталтын процесс тогтворжсон, цаг хугацааны хувьд өөрчлөгдөхгүй байдаг. Үүнийг бид одоо үзэж байгаа “Уурын генератор”-ын хичээлээс мэднэ. Иймд БКЗ-75-39 зуухны галын хотлын эзлэхүүн дэх тоосон нүүрсний дөлт шаталгаас үүссэн агаар-хийн холимгийн урсгалын хурд ихсэж багасахгүй, харьцангуй жигдэрсэн байдаг. Энэ нь стационар буюу хугацаанаас хамаарч өөрчлөгдөхгүй гэсэн үг юм.

Дөлт шаталтын үед үүссэн шингэн шаарга галын хотлын доод хэсэг рүү унахад хүндийн хүч нөлөөлөхөөс хийн нягт бага тул дөлний урсгалд хүндийн хүч нөлөө үзүүлэхгүй. Ийм учраас дөлний өгсөх хөдөлгөөн нь зөвхөн асаагуураас өндөр хурдтай гарч байгаа тоос-агаарын холимгийн динамик даралт, утаа сорогчийн үйлчлэлээр галын хотлын дээд хэсэгт үүссэн сийрэгжилт (бага зэргийн хасах утгатай даралт)-ийн зөрүүгээр явагдана. Эдгээрийн абсолют зөрүү галын хотол дотор үүсэх даралтын градиентийг тодорхойлно.

Ийм стационар (өөрөөр хэлбэл байрны хурдатгал $\partial \vec{W} / \partial \tau = 0$, энд τ —хугацаа) урсгалын хувьд хөдөлгөөний тэгшитгэлийг ([4], 212-р т.; [1], 49-р т.) гравитацийн орны нөлөөллийг хэрэгсэхгүй ($\vec{f} = \vec{g} = 0$) тохиолдолд дараах байдлаар бичигдэнэ.

$$\vec{W}(\vec{\nabla} \vec{W}) = -\frac{1}{\rho} \vec{\nabla} P + \nu \nabla^2 \vec{W} \quad (3)$$

Төсөөтэйн тоог гаргаж авахын тулд нэгжийн шинжилгээний (хэмжээний) онолыг [5] үндэс болгон дээрх тэгшитгэлийг нэгжгүй хэлбэрт оруулдаг. Үүний тулд дурын физик хэмжигдэхүүнийг суурь хэмжигдэхүүн ба масштаб (тоон коэффициент) гэж хоёр ангилаад уг физик хэмжигдэхүүнийг эдгээрийн үржвэр байдлаар бичиж болно. Энд гарч байгаа суурь хэмжигдэхүүн нь тухайн физик хэмжигдэхүүнийг бүхий л шинж чанарыг агуулсан түүний нэгжээр хэмжигдэх болно. Харин масштаб нь тухайн физик хэмжигдэхүүнд өмнөх суурь хэмжигдэхүүн хэд дахин багтаж байгааг илтгэнэ. Өөрөөр хэлбэл, физик хэмжигдэхүүнийг эдгээрийн үржвэр болгож үзэж болно.

$$\vec{W} = \vec{W}_0 \cdot k_W; \quad x = x_0 \cdot k_l; \quad \rho = \rho_0 \cdot k_\rho; \\ p = p_0 \cdot k_p; \quad \nu = \nu_0 \cdot k_\nu$$

Эдгээрийг тэгшитгэлд орлуулбал:

$$k_W \frac{1}{k_l} k_W \vec{W}_0 (\vec{\nabla} \vec{W}_0) = -\frac{k_p}{k_\rho k_l \rho_0} \frac{1}{k_l} \vec{\nabla} P_0 + \frac{k_\nu k_W}{k_l^2} \nu_0 \nabla^2 \vec{W}_0 \quad (4)$$

хэлбэртэй болох ба хамгийн сүүлчийн зуурамтгай шинж чанарыг илэрхийлсэн гишүүнд бусад бүх гишүүнийг хувааж хувиргалт хийсний дараа тэгшитгэл доорх хэлбэрт шилжинэ.

$$\frac{\vec{W}_0 (\vec{\nabla} \vec{W}_0)}{\nu_0 \nabla^2 \vec{W}_0} = \left[\frac{k_p}{k_\rho k_W^2} \right] \frac{1}{\rho_0} \vec{\nabla} P_0 + \frac{1}{\left[\frac{k_W k_l}{k_\nu} \right]} \quad (5)$$

Энэ тэгшитгэлийн тэнцүүгийн тэмдгийн зүүн талд байгаа гишүүн нь хийн урсгалын инерцийн хүчийг $\vec{W}_0 (\vec{\nabla} \vec{W}_0)$ шингэний зуурамтгайн хүчинд $\nu_0 \nabla^2 \vec{W}_0$ харьцуулсан харьцаа, тэнцүүгийн тэмдгийн баруун талд байгаа эхний гишүүн нь даралтын хүчийг инерцийн хүчинд харьцуулсан харьцааг илэрхийлж байна. Иймд энд орсон нэгжгүй бүлэг хэмжигдэхүүнийг Рейнольдсын тоо, дараагийн бүлэг хэмжигдэхүүнийг Эйлерийн тоо гэж нэрлэдэг.

$$Re = \frac{k_W k_l}{k_\nu} = \frac{WL}{\nu}; \quad (6)$$

$$Eu = \frac{k_p}{k_\rho k_W^2} = \frac{\Delta p}{\rho W^2} \quad (7)$$

энд: W —урсгалын хурд, L —шугаман хэмжээс, ν —кинематик зуурамтгайн коэффициент, Δp —даралтын ялгавар, ρ —хийн нягт.

III. Галын хотлын процессийг туршилтыг аргаар судлахад баримтлах үндсэн нөхцөл

Эндээс галын хотлын процессийг физик загвар дээр туршихын тулд судалгааны объект болох БКЗ-75-39 зуух, түүний туршилтын загварын хооронд бүх геометрийн хэмжээсүүдийн харьцаа тэнцүү байхын зэрэгцээгээр зуухны асаагуураас гарч байгаа нүүрсний тоос-агаарын холимгийн хурдаар бодсон Рейнольдсын тоо ба галын хотлын доторх урсгалын даралтын ялгавраар бодсон Эйлерийн тоо тэнцүү байх нөхцөл биелэгдсэн байх ёстой болно.

$$Re_{об} = Re_{зар} \quad (8)$$

$$Eu_{об} = Eu_{зар} \quad (9)$$

Жишээ болгож БКЗ-75-39 маягийн зуухны галын хотлын физик загварын үндсэн параметруудийг тооцож гаргъя. Үүний тулд эхлээд геометрийн хэмжээсүүдийг тодорхойлно. Өгөгдөл нь бодит нөхцөл дэх БКЗ-75-39 маягийн зуухны хэмжээ: $A=6000$ мм, $B=9000$ мм, $C=4360$ мм, $H=16700$ мм, $D=700$ мм, $E=6600$ мм. Хэрвээ бид $m=10$ буюу загварыг бодит зуухнаас 10 дахин бага байна гэж тооцвол загварын үндсэн хэмжээ: $a=600$ мм, $b=900$ мм, $c=436$ мм, $h=1670$ мм, $d=70$ мм, $e=660$ мм болно.

Аэродинамикийн параметрууд нь объектод хамаарах ба галын хотлын эзлэхүүн дэх температур, дөлний цөмд 1600 °C, асаагуурын амсар дээрх агаар 120 °C, галын хотлын гарах цонхны орчим 950 °C. Асаагуураас гарах огтлол дээрх анхдагч ба хоёрдогч агаарын холимгийн хурд 18 м/с, даралт 230 мм.у.б орчим байдаг.

Агаар нүүрсний тоосны холимог асаагуураас урсгал гарах амсар дээр шатаж эхэлнэ. Иймд асаагуураас гарч байгаа агаар тоосны холимгийн рейнольдсын тоо (температурыг 1000 °C-ээр авахад):

$$Re_{об} = \frac{WL}{\nu} = \frac{18 \cdot 0.65}{177.1 \cdot 10^{-6}} = 6.6 \cdot 10^4$$

Загварт хийн эзлэхүүний температур жигд бөгөөд 20 °C (хүйтэн загвар):

$$W = Re \frac{\nu}{d} = \frac{6.6 \cdot 10^4 \cdot 15.06 \cdot 10^{-6}}{0.065} = 15.29 \text{ м/с}$$

Эйлерийн тоо:

$$Eu_{об} = \frac{\Delta p}{\rho W^2} = \frac{0.0133}{0.277 \cdot 18^2} = 0,000148$$

Загварт:

$$Eu_{об} = Eu_{заг}$$

$$\Delta p = Eu_{об} \rho W^2 = 0.000148 \cdot 1,205 \cdot 15,29^2 = 0.00417 \text{ кгх/м}^2$$

IV. ДҮГНЭЛТ

1. Эрчим хүчний зуухны ажиллагааг оновчлох, хийцийг сайжруулахтай холбоотой судалгааны ажлыг төсөөтэйн онолыг ашиглан боловсруулсан багасгасан физик загвар дээр турших боломжтой болохыг баталлаа.
2. Томоохон зуухнуудыг өөр түлшинд шилжүүлэх, түүний галын хотол дахь шаталтыг сайжруулах зэрэгт физик загвар хэрэглэж турших нь хөрөнгө зардал, цаг хугацааг хэмнэх ач холбогдолтой байдаг.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Батмөнх С. Конвекцийн дулаан солилцоо (Хоёр дахь хэвлэл). “Бемби сан” хэвлэлийн газар. Улаанбаатар, 2010. 544 х.
2. https://www.encyclopediaofmath.org/index.php/Similarity_theory
3. Геометр: дунд сургуулийн 6-8 дугаар ангид үзэх сурах бичиг / [зохиогч А.В. Погорелов; орчуулсан А. Хашбаатар, У. Доёд, Га. Дагва]. Улаанбаатар : БНМАУ Ардын Боловсролын Яамны Сурах бичиг, Сэтгүүлийн Нэгдсэн Редакцийн Газар, 1984
4. С.Батмөнх, Ч.Даваасамбуу, Ч.Мангалжалав. Шингэн ба хийн механик. (Их сургуулийн үндсэн сурах бичиг). ШУТИС-ийн хэвлэл. Улаанбаатар, 2018, 560 х.
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Dimensional_analysis.

БАРИЛГЫН ДУЛААН ХАНГАМЖИД НАРНЫ ДУЛААНЫ ҮҮСГҮҮР АШИГЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Д.Сэрчин*, Т.Алтангэрэл*, Д.Хишигсайхан*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Өнөө үед дэлхийн дулаарал, уур амьсгалын өөрчлөлт, агаарын бохирдол зэргээр хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэйгээр байгаль, экологийн тэнцвэр алдагдаж буй нь хүн төрөлхтний өмнө тулгарч буй томоохон асуудлуудын нэг юм. Ийм учир дэлхийн улс орнууд байгальд ээлтэй технологи болох сэргээгдэх эрчим хүчний ашиглалтад гол анхаарлаа хандуулж байна.

Эрс тэс уур амьсгалтай манай орны нөхцөлд дулааны хэрэглэгчид нь тархмал, бүх хэрэглэгчдийг төвлөрсөн системээс дулаанаар хангахад хүндрэлтэй байдаг. Түүнчлэн төвлөрсөн системд холбогдоогүй айл өрх, аж ахуйн бие даасан хэрэглэгчид нь ихэвчлэн органик түлшийг хоцрогдсон технологиор шатаах уурын болон ус халаагуурын зуухыг ашиглан дулаацуулгаа шийдэж байна. Энэ нь дутуу шаталт ихтэй, агаарын бохирдлыг ихээр үүсгэдгээс экологийн тэнцвэрт байдлыг алдагдуулж байна. Сүүлийн жилүүдэд цахилгаан халаагуур ашиглан дулаацуулгын асуудлаа шийдэх болсон ч зардал өндөр нэмэлт төхөөрөмж, тоолуур болон цахилгаан эрчим хүчний чанар тогтворгүй зэргээс хамаарч өргөн хүрээг хамарч чадахгүй байна. Иймд бие даасан, байгальд ээлтэй сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэр, тухайлбал нарны халаалтын системээр дулаанаа шийдэх нь ирээдүйтэй, цэвэр технологи болох юм.

Энэхүү судалгааны ажлаар Улаанбаатар хотын Сүхбаатар дүүргийн Сэлбэд байрлах цахилгаанаар дулаанаа шийдсэн мөн Өмнөговь аймгийн Даланзадгадад байрлах нүүрсээр дулаанаа шийдсэн 2 барилга дээр тооцоо, судалгаа хийсэн үр дүнг харьцуулан авч үзсэн.

Түлхүүр үг. Нарны коллектор, дулааны алдагдал, нөөцийн сав, хувийн орон сууцны дулаан хангамж

ОРШИЛ

Монгол орны нутаг дэвсгэрт ирэх цацраг энергийн хэмжээ дэлхийн нийт гадаргууд ирэх нарны энергийн дундажтай харьцуулахад их байдаг. Жилд ойролцоогоор 1190-1320 кВт.ц/м² ирдэг ба өдөрт ирэх нарны цацрагийн дундаж утга ойролцоогоор 3,438 кВт/м² байгаа нь нарны халаалтын систем ашиглах бүрэн боломжтойг харуулж байна [1]. Хүн ам ихээр суурьшсан Улаанбаатарын хотын хувьд иргэд тавларал ихтэй газарт, олон давхар сууцнаас тав тухтай, хувийн жижиг орон сууцад амьдрахыг илүүд үзэх хандлага ажиглагдах болсон. Иймд бие даасан дулаан хангамжийн системд түлш болон эрчим хүчний зардлыг хэмнэж, халаалтын улиралд үүсэх утааны ялгарлыг багасгах нарны халаалтын систем ашиглах нь дээрх сөрөг асуудлуудыг шийдвэрлэхэд тодорхой хувь нэмэр оруулах юм.

Судалгааны хэсэг

Хүн ам, өрхийн мэдээллийн сангийн мэдээлснээр 2019 оны 1 дүгээр сарын 25-ны байдлаар Монгол улсад нийт 898.5 мянган өрх бүртгэлтэй байна. Эдгээр өрхийн 628.1 мянга буюу 69.9 хувь нь ердийн галлагаатай зуух, 247.1 мянга буюу 27.5 хувь нь төвлөрсөн системтэй холбогдож, 17.8 мянга буюу 2 хувь нь нам даралтын зуух, 5.5 мянга буюу 0.6 хувь нь цахилгаан халаагууртай сууцанд амьдарч байна. Улаанбаатар хотод нийт өрхийн 43.6 хувь буюу 391.7 мянган өрх амьдарч байгаа бөгөөд өнгөрсөн оны мөн үетэй харьцуулахад төвлөрсөн системтэй амьдардаг өрх 5.4 хувиар, нам даралтын зуухтай сууцанд амьдардаг өрх 4.6 хувиар цахилгаан халаагууртай сууцанд амьдардаг өрх 10.8 хувиар өсжээ. Харин ердийн галлагаатай сууцанд амьдардаг өрх 0.02 хувиар буурсан байна [1]. Энэ нь хүмүүс экологи байгаль хамгаалалын талаар мэдлэгтэй болж хэтийн төлөвөө боддог болсныг харуулж байна.

Судалгааны объект: Одоо ашиглаж байгаа 2015 онд ашиглалтанд орсон Сүхбаатар дүүргийн Сэлбэд байрлах цахилгаанаар дулаанаа шийдсэн А барилга, Өмнөговь

аймгийн Даланзадгад суманд барихаар төлөвлөж тооцсон нүүрсний зуухаар дулаанаа шийдсэн Б барилга /Зураг 1/ дээр тооцоо хийсэн. Барилга ба хийцийн материалуудыг Зураг-1 Хүснэгт 1-д тус тус үзүүлэв.

Барилгын дулаан алдагдлын тооцоог объект байрлах газрын цаг уур, уур амьсгалын үзүүлэлтийг ашиглан Хүснэгт 1 дэх материал дээр тооцсон.



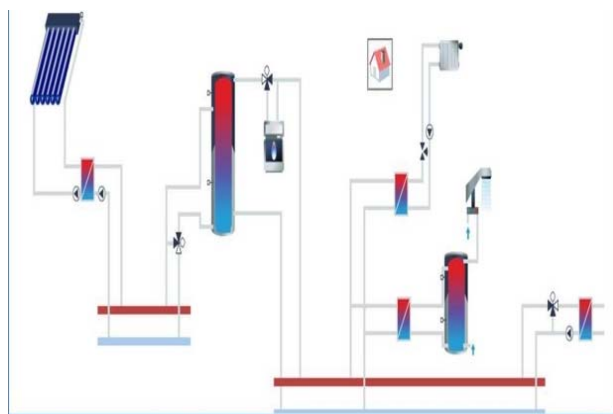
Зураг 1. Тооцоонд сонгосон барилгууд.

Хүснэгт 1

Барилгын хаших хийцийн материалууд		
	1.Цахилгаанаар халдаг байшин	2.Галлагаагаар дулаалгаа шийдсэн барилга
Хана	Шавар+хөөс +блок+хөөс+шавар	Шавар+хөөсөнцөр + блок+мөнгөлөг цаас+осбо хавтан
Тааз	Гипсэн хавтан+эрдэст хөвөн+банз+шилэн хөвөн+элс+гялгар цаас	Банз+мөнгөлөг+үрт эс
Шал	Хөөсөнцөр+бетон+х өөсөн зөөлөвч паркет	Бетон+шалны хулдаас
Цонх	PVC давхар цонх	PVC давхар цонх
Хаалга	Бүргэд хаалга	Бүргэд хаалга

Тооцоо, сонголтын хэсэг

Тооцоогоор А сууцны дулааны хамгийн их ачаалал 11.05 кВт харин Б сууцны дулааны хамгийн их ачаалал 14.3 кВт байсан. Дулааны ачааллыг 100 хувь нарны эрчмийн төхөөрөмж ашиглан хангах боломжгүй гэж тооцсон тул нар болон цахилгаан халаагуур хосолсон систем /Зураг 2/ суурилуулах тооцоог Tsol Expert программын тусламжтайгаар хийж гүйцэтгэсэн. Шаардлагатай тоног төхөөрөмжийн тооцоо, хувилбаруудыг харьцуулан сонголтын үр дүнг Хүснэгт 2, 3-т үзүүлэв [4,5].



Зураг 2. Хэрэгцээний халуун ус ба халаалт дэмжих нарны систем.

Тооцооноос харахад нарны халаалтын систем нь өвөлдөө 15-20 хувь, хавар намартаа хэрэглээний халуун усыг бүрэн хангаж, дулааны ачааллыг 30-50 хувийг хангахаар байв. Зуны өдрүүд халуун усны хэрэглээг бүрэн хаана. Иймээс нарны халаалтын системийг монголд ашиглах боломжтойг харуулж байна. Мөн CO₂-ын ялгаралтыг бууруулах хувь, хэмжээ болон түлш, цахилгааны зардал, төхөөрөмжийн өртгийг Хүснэгт 4-т үзүүлэв. Тооцоо, судалгааны үр дүнгээс энэхүү систем нь авсаархан, бие даасан, ашиглахад хялбараас гадна байгаль орчинд ээлтэй технологи учир ухаалаг эрчим хүчний шийдэл болж чадах юм.

Хүснэгт 2

Нарны тоног төхөөрөмжийн техникийн үзүүлэлт

Нарны вакуум коллекторын үзүүлэлт			
Үзүүлэлтийн нэр	Хэмжих нэгж	1-р сууц	2-р сууц
Коллекторын талбай	м ²	9	16
Налалтын өнцөг	градус	60	45
Халуун усны бак сав			
Төрөл	-	DHW Tank-300	DHW Tank-500
Эзлэхүүн	Л	300	500
Завсрын дулаан нөөцлүүрийн үзүүлэлт			
Төрөл	-	Buffer Tank-500	Buffer Tank-1500
Эзлэхүүн	Л	500	1500
Нэмэлт цахилгаан халаагуурын үзүүлэлт			
Төрөл	-	Electric-12	Electric-30
Чадал	кВт	12	30

Хүснэгт 3

Нарны халаалт болон хэрэгцээний халуун ус бэлтгэх системийн тооцооны дүн

Үзүүлэлтийн нэр	Хэмжих нэгж	1-р сууц	2-р сууц
Нарны коллекторын дулааны чадал	кВт	6.30	11.2
Нарны энерги хүлээн авах гадаргууд тусгах нарны эрчим	МВт*ц	14.8	26.66
	кВт*ц/м ²	1644.66	1666.27
Нарны коллекторын үйлдвэрлэх эрчим хүч	МВт*ц	5.9	10.28
	кВт*ц/м ²	655.12	624.22
Нарны коллекторын системээс үйлдвэрлэх эрчим хүч	МВт*ц	5.2	8.99
	кВт*ц/м ²	577.44	561.87
Хэрэгцээний халуун усны хэрэглээ	кВт*ц	2976.13	4.08
Халаалтын	МВт	15.82	52.68

дулааны хэрэглээ			
Нарны системээс хэрэгцээний халуун усанд өгөх дулаан	МВт*ц	4.23	5.16
Нэмэлт халаагуураас өгөх дулаан	МВт*ц	15.84	49.81
Нарны системээс халаалтанд өгөх дулаан	МВт*ц	645.69	3069.79

Хүснэгт 4

Нарны системийн байгаль орчинд үзүүлэх нөлөө ба үнийн харьцуулалт

Хэмнэх ЦЭХ	кВт*ц	5330	8811.6
CO2 бууралтын хэмжээ	кг	-	5868.52
Жилд хэрэглэх түлш, цахилгааны үнэ	Төгрөг	969000	470000
Нарны халаалтын системийн үнэ	сая.төг	3.5	6.5

ДҮГНЭЛТ

Адил талбайтай цаг уур, уур амьсгалын хувьд өөр өөр бүсд байрлах, хоорондоо ялгаатай барилгын материалаар баригдсан А ба Б сууцнуудад дулааны алдагдлын тооцоо хийхэд Улаанбаатарт байрлах барилга нь хаших хийцийн материал сайтай, дулаан алдагдал багатай байгаа нь нарны халаалтын систем ашиглах

бүрэн боломжтойг харуулсан. Харин Өмнөговь аймагт байрлах барилга нь олон жилийн өмнө баригдсан, хаших хийцийн материалын чанар муу, дулааны алдагдал ихтэй байгаа нь нарны халаалтын систем шууд ашиглах боломж муу байсан. Гэвч барилгыг нэмэлтээр дулаалж, дулаан тусгаарлалтыг сайжруулахаар тооцож үзэхэд дулааны алдагдлыг 20 орчим хувиар бууруулж болохоор байв. Эндээс баригдах гэж буй барилгад анхнаас нь нарны дулаанаар халаалтаа шийдэхээр төлөвлөсөн бол материал болон цаг, уурын нөхцлийг зөв тооцох, газар зүйн болон орчны нөлөөллийг нарийвчлан авч үзэж, ашигтай байрлалыг сонгох хэрэгтэй ба нэгэнт баригдсан барилгын хувьд нэмэлт дулаалгыг зайлшгүй хийх нь зүйтэй байна. Дулаалга сайтай А барилга дээр вакуум коллектор сонгоход эргэн төлөгдөх хугацаа нь 5.5 жил гэж гарсан харин Б барилгын эргэн төлөгдөх хугацаа маш урт байгаа нь дээр дурьдсанчлан дулааны алдагдал их, өндөр чадалтай төхөөрөмж шаардлагатай буюу хөрөнгө оруулалтын зардал их байгаатай шууд хамааралтай юм. Энэ судалгааны дүнд хувийн орон сууцанд дулаан хангамжийн систем ашиглахад одоогийн нөхцөлд хосолмол системтэй байх нь илүү тохиромжтой байна. Мөн хууль эрх зүйн орчин болон дэмжих хөтөлбөрт хөнгөлөлтийн хөтөлбөр илүү тусгаснаар нарны төхөөрөмжийн ашиглалтыг ихэсгэх боломж нэмэгдэх юм.

Ашигласан ном хэвлэл

1. Хүн ам, Өрхийн мэдээллийн сан, УБ 2019
2. Б.Мөнхбаяр Б.Намхайням Б.Төрбат Эрчим хүчний хэмнэлттэй барилга, УБ 2005 он
3. С.Цэрэндаш Б.Мөнхбаяр Байшин дулаалах гарын авлага, УБ 2006 он
4. Б.Намхайням Дулаан хангамжийн систем УБ, 2006 он
5. Ц.Дашдорж Д.Пүрэвсүрэн Халаалт, агаар сэлгэлт, УБ 2016 он

УХААЛАГ ГЭРИЙН АВТОМАТЖУУЛАЛТЫН БАЙГАЛЬ ОРЧИНД НӨЛӨӨЛӨХ

Э.Билгүүн*, М.Есөнтөмөр*, Ц.Эрдэнэцэцэг*

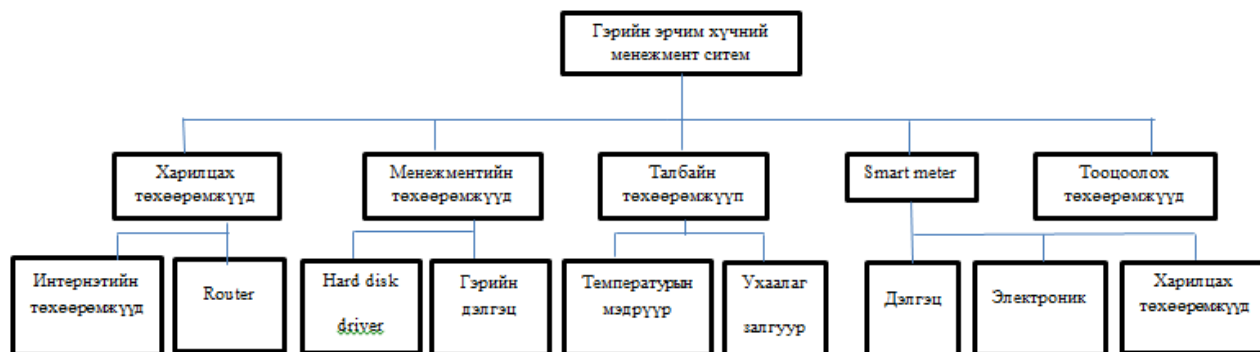
*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Улаанбаатар хотод тулгамдаж буй асуудлууд нь дэлхийн олон хотууд мөн адил нийтлэг тулгардаг бэрхшээлүүд юм. Хүн амын төвлөрөл, хотжилтын байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөө тэр дундаа агаарын бохирдол оршин суугчдын эрүүл мэндэд ноцтойгоор нөлөөлж буй хамгийн гол асуудлын нэг юм. Манай улс өвлийн улиралд нүүрс их түлдэгтэй холбоотой агаарт утаа тортог ихтэй. Нүүрсхүчлийн хийн ялгаралт өндөр байгаа нь агаарын бохирдлын хэмжээг улам нэмэгдүүлдэг. Иймд ухаалаг гэрийн автоматжуулалт нь эрчим хүчний хэмнэлт, байгаль ээлтэй технологи болж чадна гэж үзэж байна.

Түлхүүр үг. ухаалаг гэрийн автоматжуулал, гэрийн эрчим хүчний менежмент, ухаалаг тоолуур нүүрсхүчлийн хий.

I. ОРШИЛ

Ухаалаг гэрийн автоматжуулалт (SHA) нь удирдах цахилгаан тоноглолуудаас хамаарна мөн интеграл хэсгүүдээс бүрдэнэ. Эрчим хүчний өрхийн хэрэглээг бууруулж байгаль орчинд ээлтэй гэдэг нь давуу талтай. Мөн SHA системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд ч хувь нэмрээ оруулдаг. Гэрийн автоматжуулалтын систем нь гэр хорооллын байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөг багасгах боломжтой гэдгийг Финландад авсан судалгаанаас (Louis et al., 2014) үзэж болно. 4 хүнтэй ердийн айл өрхийн жилийн ялгаруулах нүүрсхүчлийн хий нь автоматжуулалтаас өмнө нь 543 kgCO₂ байсан гэж тогтоосон бол автоматжуулалтын дараа 473 kgCO₂ болж буурсан гэсэн үр дүн гарчээ. Ухаалаг гэрийн автоматжуулалтыг бүрэн хэрэгжүүлэхийн тулд Менежментийн систем (HEMS) , олон төрлийн мэдрэгчүүд хэрэг болно.



Зураг 1. Судалгаанд хамрагдсан байшингийн байшингийн (HEMS).

Эрчим хүчний менежментийн систем нь байгаль орчны ачааллыг үнэлэх явдал юм. Эрчим хүчний менежментийн системийн объект нь ямар ч төрлийн байшин байх боломжтой ба хэрэглэгдэх сегментүүд нь өөр өөр байж болно. Энэхүү систем нь ISO 16484-2 (CEN, 2004) стандартаар хийгдсэн ба байгаль орчинд нөлөөлөх судалгаанаас үүдэн (HEMS) нь гурван төрөл болж хуваагдсан. Эхний сегмент ухаалаг тоолуур нь бүх төрлийн байшингийн хувьд нийтлэг байдаг. Байгаль орчинд хэр ээлтэйг нь үнэлэх үнэлгээг ухаалаг тоолуураар хэмждэг. Гэвч ухаалаг байшинд анхнаасаа ухаалаг тоолуур суурьлагдсан байдаг тул тооцохгүй болох байсан ч судалгааны явцад тооцох ёстой. Ухаалаг тоолуур нь гэр доторх бүх мэдээллийг цуглуулдаг мөн төхөөрөмжийг бүртгэх, хянах зориулалттай. Дэлгэц нь энергийн талаархи мэдээллийг олж авахад хэрэглэнэ. Сүлжээнд автоматжуулалт хийх үед тооцоолох төхөөрөмж бүх цагийг бэлэн байлгах хэрэгтэй мөн компьютер 24/24 идэвхтэй байх болно гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй. Ухаалаг тоолуурт зориулсан холбооны систем болох GSM / LTE сүлжээнүүд байдаг.

II. Ухаалаг тоолуур

Системд ухаалаг тоолуур нь байнгын үүрэг гүйцэтгэдэг. Цуглуулах мэдээллийн хэмжээ хязгаарлагдмал элементүүдтэй. Өөртөө жижиг дэлгэцтэй, хуванцар хийцтэй.

III. Дэлгэц

Дэлгэц нь 17 инч байх нь ухаалаг тоолуур дээрх дэлгэцийн хэмжээтэй адилхан юм. Ухаалаг тоолуурын мэдээллийг илтгэх үйл нь дэлгэц билээ.

II. II. Электроник

Өмнө дурьдсанчлан ухаалаг тоолуур нь дижитал дохиог бүртгэдэг төхөөрөмж юм.

Sensor, Smart залгуур нь электроникийн тусламжтай харилцан холбогддог. Үүнд зэс, хөнгөн цагаан хавтан. хэлхээг бүрдүүлж буй хэсгүүд орно. Зэсийн тоо хэмжээг дараах байдлаар тооцоолно.

$$M_{\text{зэс}} = V_{\text{зэс}} \times \delta_{\text{зэс}} \quad (1)$$

$M_{\text{зэс}}$ -зэсийн хэрэглэсэн масс [г], $V_{\text{зэс}}$ -зэсийн тооцоолсон эзэлхүүн [см³], $\delta_{\text{зэс}}$ -зэсийн нягт зэс 8.95 г / см³ Кабелийн хэмжээг жинг тодорхойлсноор олно.

III. Харилцах төхөөрөмжүүд

Интернэтийн хандалтын төхөөрөмж болон чиглүүлэгчийг холбооны төхөөрөмжүүд гэнэ. Харилцах төхөөрөмжийн хувьд дотор болон гадна талд нэмэлт төхөөрөмж суулгадаг. MatLab симулиц, үйл ажиллагааны процесст нэмэгдэх болно. 1 Mb / s үед 4.2 Вт-ийн үр дүнтэй интернэтэд холбогддог.

IV. Талбайн хэмжүүр

Энэ нь төхөөрөмж нь 2 төрлийн төхөөрөмжийн цогц шийдэл бөгөөд температур, чийгшэлийг хэмжигч ухаалаг төхөөрөмж юм. Энэ төхөөрөмж нь та гэртээ байхгүй байсан ч алсаас удирдах боломжтой. Хэрэглэгч тусгайлан IEEE 802.11 буюу төхөөрөмжийн суурь программ хангамжийг суурьлуулах хэрэгтэй. Температур мэдрэгч:

Ямар ч температур мэдрэгчийг сонгож болно. Энэ судалгаанд хүрээлэн буй орчны хананаас температурыг мэдрэдэг мэдрүүрийг хэрэглэж байна. Omega мэдрэгч (Omega, 2014) агаарын харьцангуй чийгшил, температурыг бүртгэж, хэрэглэгчийн өгсөн байх ёстой утгатай харьцуулалт хийдэг. Мэдрүүрийн гол элемент нь пластик бөгөөд поливинилхлорид гэх 100г жинтэй утсаар бүрхсэн байдаг. Шургийн эзэлхүүн нь 0.1 см³ ба хавтангийн эзэлхүүнийг 3 см³ тооцоолно. Мэдрүүрийн гол үүрэг нь объектийн бүх хэсгээс мэдээллийг авч шалгах үүрэгтэй.

V. Ухаалаг залгуур

Ухаалаг залгуур нь цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг тодорхойлох боломжтой хэргэсэл юм. Энэ технологи нь олон үйлдвэрлэгчид техникийн шийдэл үзүүлж байна (Vuppala ба S, 2013) гэхдээ ажиллагааны зарчим нь: залгахад-залгах систем буюу цахилгаан хэрэгслийг ухаалаг залгуурт залгахад, төхөөрөмж цахилгааны хэрэглээг бичиж, мэдээлэл хүлээн авах хэсэгт дамжуулж эцэст нь дэлгэцэнд мэдээллийг хэвлэж өгдөг. Процессор нь дотоод эсвэл гадаад үйлчлэлтэй байж болно. Энэ судалгаанд дотоод мэдээлэл боловсруулж байна гэж үзсэн. Температур мэдрэгчийн хувьд ухаалаг залгуурийн бүтэц нь: бүрхүүл болон утасны холболтын хэсэг. Утасны материал нь гуулин бөгөөд түүний массыг тодорхойлох шаардлагатай байдаг. (8.5 г / см³-ийн гуулийн нягтыг тооцоолох стандарт утгыг ашиглана). Харин утасны бүрхүүлийг поливинилхлоридоор хийгдсэн (100 гр) байна.

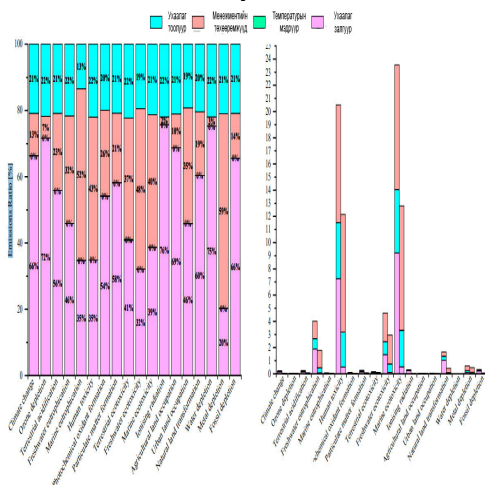
Өмнө дурдсанчлан "удирдлагын төхөөрөмжүүд" нь цахилгаан эрчим хүчийг дамжуулах тооцоолох болон мэдээллийг хадгалах зэрэг үйлдлүүд багтана. Эрчим хүчний хэрэглээний талаарх мэдээллийг авахын тулд хэрэглэгч удирдлагыг хянадаг интерфэйс байдлаар ажилладаг автоматжуулалтын систем хэрэглэдэг. Системийн ажилласан хугацаа:

Энэ системийн дундаж наслалт нь 5 жил ба 4В-ийн тогтмол гүйдэл хэрэглэдэг. Ажиллагааны туршид цахилгаан эрчим хүчийг бүрэн хэмнэх боломжтой.

VI. SHA үр дүн

Гэрийн ухаалаг автоматжуулалт цахилгаан хэрэглээний 12%-ийг бууруулахад хувь нэмэр оруулж

байна. Хэдий чинээ эрчим хүчийг хэмнэх нь төдий чинээ байгаль экологид ач тустай.



Зураг 2. HEMS-ийн байгаль орчны нөлөөлөл HEMS өмнө ба дараа.

Хүснэгт 1

Агаарын бохирдлын эх үүсвэрүүд
Агаар бохирдуулагч (,000 тн/жилд)

Үндсэн эх үүсвэрүүд	SO2	PM10	CO2	NOx
Дулааны цахилгаан станц	13.28	14.11	50.82	13.48
Дулааны уурын зуух	1.68	2.94	5.71	0.36
Гэр хороолол	4.68	3.65	151.13	2.01
Засмал зам	0.20	0.20	32.00	5.11
Шороон зам	0.07	0.07	10.48	1.67
Тоос шороо	-	9.27	-	-
Нийт	19.91	30.24	250.14	22.64

VII. ДҮГНЭЛТ

- Ухаалаг гэрийн автоматжуулалтыг системийг суурилуулснаар хяналт, удирдлагыг сайжруулсан.
- Гэрийн аюулгүй ажиллагаа ханган, тав тухтай орчинг бүрдүүлсэн нь гэр орон тав тухтай байх нөхцөл бүрдсэн
- Уламжлалт системүүд дээр барилгын автоматжуулалтын системийг нэмж суурилуулснаар барилгын ухаалаг систем бий болж байна. Энэ нь нэг дороос хянах, удирдах боломжтой болсон.
- Эрчим хүчний хэмнэлт гарсанаар байгаль дэлхийд ач тустай экологи хэрэглээ болно

Ашигласан материал

1. CEN, 2004. Building automation and control systems (BACS) - Part 2: Hardware (No. EN ISO 16484-2). Brussels, Belgium
2. Darby, S.J., 2013. The role of smart meters in carbon management. Carbon Management 4, 111–113. Hledik, R., 2009. How Green Is the Smart Grid? The Electricity Journal 22, 29–41.
3. IEA, International Energy Agency, 2013. CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights 2013 1–158.
4. IFIXIT (Ed.), 2014. Elster REX2 Smart Meter Teardown. URL <http://goo.gl/sz6jEH>
5. Omega (Ed.), 2014. Omega User Guide. URL <http://goo.gl/CmM0IS>
6. www.sciencedirect.com
7. <http://agaar.mn/files/article/664/Агаариин%20bohirdliin%20тухай%20товчхон.pdf>

СААРАЛ УСЫГ ДУЛААН ХАНГАМЖИД АШИГЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Т.Пүрэвсүрэн* С.Отгонтуул* Л.Батзориг* М.Оюун-Эрдэнэ*

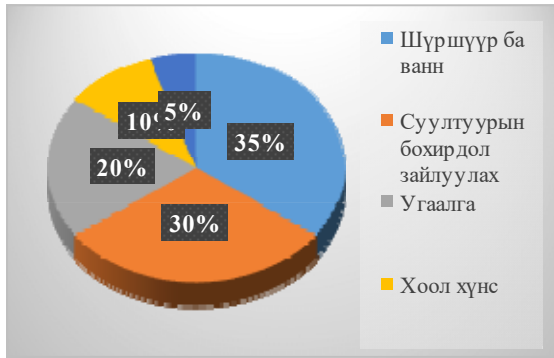
*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй: Монгол оронд сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрийг ашиглаж эхэлсэнээс хойш нар, салхи, ус, халуун рашаан зэрэг байнга нөхөн сэргээгдэж байдаг эрчим хүчний цэвэр эх үүсвэрийн нөөцийг тодорхойлох ашиглах техник хэрэгсэл зохион бүтээх технологи боловсруулах олон талын судалгаа хийгдэж сэргээгдэх эрчим хүчний төхөөрөмж, системийн анхны хувилбарууд боловсрогдож, судалгаа шинжилгээний ихээхэн материалууд хуримтлагдсан. Мөн экологийн хувьд тогтвортой хөгжлийг хангах ирээдүйн эрчим хүчний эх үүсвэр нь Сэргээгдэх эрчим хүч мөн гэдгийг нийгмийн бүх хүрээнд хүлээн зөвшөөрсөн билээ.

Түлхүүр үг. Хаягдал энерги, хөргөлтийн ажлын бие, энерги хувиргалтын коэффициент

I. ОРШИЛ

Нам температурын эх үүсвэрийн дулааны потенциалыг механик, цахилгаан болон бусад төрлийн эрчим хүч ашиглах замаар шаардлага хангахуйц хэмжээнд хүртэл нэмэгдүүлэх зориулалттай төхөөрөмжийг дулааны насос гэнэ [1]. Бидний хийсэн судалгаа нь 180 айлын орон сууцны хэрэгцээний халуун ус болон бусад хэрэглээнд ашиглагдаад хаягдаж буй саарал усны дулааныг ашиглан хүүхдийн цэцэрлэгийг дулаанаар хангахад оршино. Манай орны хувьд хаягдал энергийг дулаан хангамжид ашиглах нь төдийлөн дэлгэрээгүй билээ. Судалгаагаар орон сууцнаас дараах төрлийн ус хаягддаг байна.

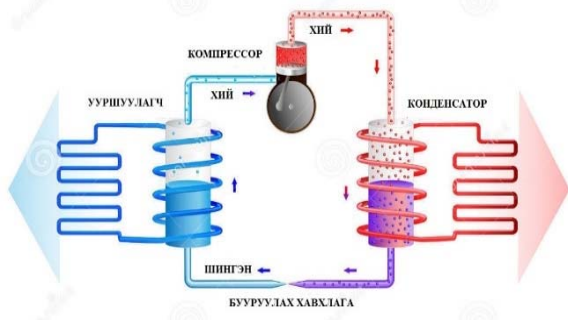


Зураг 1. Орон сууцны хаягдал усны төрөл

Хаягдал ус нь физик, химийн шинж чанараараа ялгагдах бохирдлуудыг агуулсан байна. Саарал ус гэдэг нь усанд орсон, гар нүүр, хувцас, гал тогооны сав суулга, угаахад ашигласан усыг хэлнэ [2]. Үүнээс зөвхөн усанд орсон усыг ашиглаж үзье.

II. Дулааны насосны төхөөрөмж, түүний ажиллах зарчим:

Дулааны насосны ажиллах зарчим нь термодинамикийн урвуу цикл буюу хөргөлтийн циклийн зарчим дээр үндэслэгдсэн байдаг. Дулааны насосыг эх үүсвэрийн төрлөөр нь Агаар-усны, Ус-усны, Хөрс-усны, Агаар-агаарын гэж ангилдаг.



Зураг 2. Дулааны насосны зарчмын схем

Дулааны насос нь үндсэн 4 тоног төхөөрөмжөөс бүрдэнэ. Үүнд ууршуулагч, компрессор, конденсатор, дросселийн вентиль зэрэг орно. Дулааны насосны ажлын биед нам температурт буцлах шинж чанар бүхий ажлын биеийг ашиглана.

III. Температурын судалгаа

Энэхүү судалгаагаар бид бүхэн 180 айлын орон сууцны саарал усны температурыг хэмжсэн. Температурын хэмжилтыг Ibutton хэмжих хэрэгсэл ашиглан хийсэн. IButton төхөөрөмж нь 16мм зузаантай зэвэрдэггүй гангаар хийгдсэн компьютерийн чип юм. Энэ чип температурын хязгаараас хамааруулан хаана ч ямар ч орчинд төвөггүй хэмжих боломжтой юм.



Зураг 3. Ibutton хэмжих хэрэгсэл

Туршилтын явцад халуун усны температурын утгыг 1 минут тутамд хэмжиж авахаар чипыг тохируулсан.

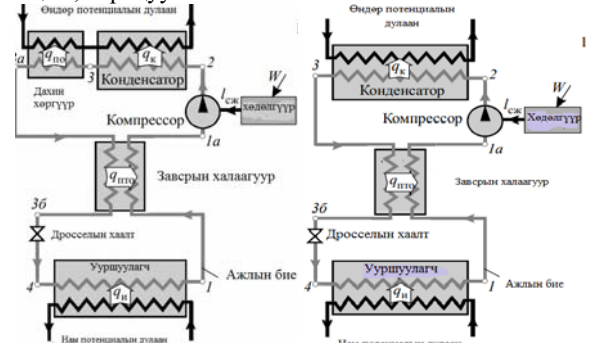
Хүснэгт 1.

2019.01.14-ний өдрийн хэмжилт.

№	Усанд орох үеийн усны температурын утгууд (°C)	Усны орсны дараах усны температурын утгууд (°C)	t °C-ын зөрүү
1	33.4	31.9	1.5
2	36.1	33.8	2.3
3	38.5	36.4	2.1
4	32.7	31.7	1
5	42	33.8	8.2
6	44.1	29.6	14.5
7	32.9	23.1	9.8
8	38.9	28.8	10.1
9	29.3	23.65	5.65
10	39	34	5
11	40	35	5
12	41	35	6
13	38	32	6
Дүн	37.37	31.44	5.93

IV. Арга зүй

Манай улсад хамгийн өргөн борлуулдаг R-134a болон R-600a хөргөлтийн ажлын биеүүдийг дахин хөргүүртэй болон завсрын халаагууртай дулааны насосууд хэрэглэж энерги хувиргалтын коэффициентыг тооцож, харьцуулалт хийв.



Зураг 4. Дахин хөргүүртэй ба завсрын халаагууртай дулааны насосны схем [2].

R134a ажлын бие дээрх тооцоог хийж үзүүлэв.

Ууршуулагчид саарал уснаас өгөх дулаан:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2) = 180 \cdot 110 \cdot 4.19 \cdot (31.44 - 26.44) = 115,22 \text{ кВт}$$

Компрессорын шахалтын ажил:

$$l_{\text{ком}} = h_2 - h_1 = 440 - 418.181 = 21.82 \text{ кДж/кг}$$

Конденсатор дахь 1кг хөргөлтийн ажлын биеийн өгч байгаа дулаан:

$$Q_{\text{конд}} = h_2 - h_3 = 440 - 288.18 = 151.82 \text{ кДж/кг} = 115.23 \text{ кВт}$$

Хөргөлтийн ажлын биеийн зарцуулалт:

$$G_H = \frac{Q_{\text{конд}}}{h_2 - h_4} = \frac{115,23}{(440 - 288,28)} = 0,759 \text{ кг/с}$$

Компрессорын онолын ба ажлын процессын үед уурыг адиабатаар шахахад зарцуулагдах түүний чадал:

$$N_K = G_H \cdot (h_2 - h_1) = 0.759 \cdot (440 - 418.181) = 16.56 \text{ кВт}$$

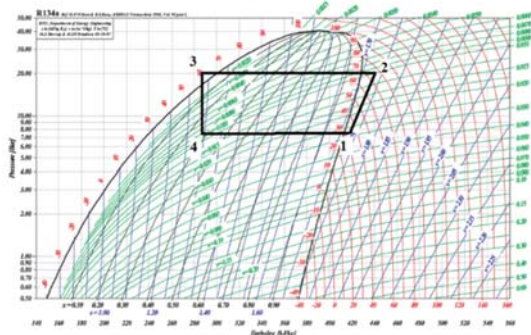
Компрессорын дамжуулга руу өгөх цахилгаан энергийн хэрэглээ, өөрөөр хэлбэл компрессорын цахилгаан хөдөлгүүрийн чадал:

$$N_3 = \frac{N_K}{\eta_{эм}} = \frac{16,56}{0,98} = 18,4 \text{ кВт}$$

Энд: Компрессорын гол дээрх цахилгаан хөдөлгүүрийн цахилгаан механикийн А.Ү.К-ыг $\eta_{эм}=0.98$ тэнцүү гэж авна.

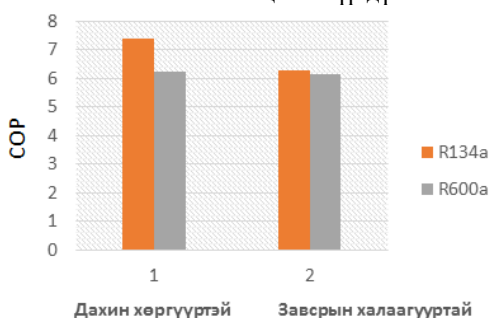
Энерги хувиргалтын коэффициент нь дараах томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$\mu = \frac{Q_{конд}}{N_3} = \frac{115,22}{18,4} = 6,262$$



Зураг 5. R134a ажлын биеийн lgP-I диаграммын дүрслэл.

V. Тооцооны үр дүн



Зураг 6. Энерги хувиргалтын коэффициент.

VI. Эдийн засгийн тооцоо

Энэхүү судалгаагаар 150 хүүхэдтэй цэцэрлэгийн дулааны ачааллыг хангана гэж үзлээ.

Цэцэрлэгийн дулааны ачаалал:

$$Q = Q_0 + Q_{хху} = 73,6 + 24,12 = 97,72 \text{ кВт}$$

Дулааны насосны анхдагч өртөг = 9,212,000 төгрөг байна.

Харьцуулалт

Цэцэрлэгийн сард төлдөг дулааны өртөг (мян.төг)	Дулааны насосны сард хэрэглэх өртөг (мян.төг)
1674.812	233.331

*1Гкал=27692 авсан[3].

*1кВт.ц=156.4 авсан [4].

Хэмнэлт

$$N = 1674,812 - 233,331 = 1441,481 \text{ мян.төг}$$



Зураг 7. Эргэн төлөгдөх хугацаа.

VII. ДҮГНЭЛТ

Хөргөлтийн ажлын бие ба дулааны насосны ажиллагааны схемүүдыг харьцуулсан тооцооноос үзэхэд дахин хөргүүртэй дулааны насосны схем дээр R134a ажлын биеийг ашиглах нь тухайн схем дээр R600a ажлын биеийг ашиглах үеийн энерги хувиргалтын коэффициентоос 18.02%-аар их байна.

Бидний өдөр тутмын хэрэглээнээс хаягддаг саарал усаар 150 хүүхдийн цэцэрлэгийн дулааны ачааллыг бүрэн хаах боломжтой нь харагдаж байна. Дулааны насосны анхны хөрөнгө оруулалт өндөр боловч мөн өндөр учир хөрөнгө оруулалтаа бүрэн нөхөх боломжтой мөн хаягдал энергийг ашиглаж байгаа учир эрчим хүчний маш том хэмнэлтийг бий болгож байгаа юм.

Ашигласан материал

1. Б.Намхайням “Дулаан хангамжийн систем” УБ.2015 он
2. П.А.Трубаев, Б.М.Гришко”Тепловые насосы” Булгород.2010
3. <http://ubds.energy.mn>
4. <http://obtsts.mn>

HYBRID СИСТЕМИЙН ҮР АШГИЙН СУДАЛГАА

С. Энхтөмөр*, Э. Давааням*, О. Батсайхан*, Б. Загдхорол*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Энэхүү өгүүллээр Монголд үйлвэрлэдэг нарны цацрагийг цахилгаан эрчим хүч болгон хувиргагч хавтан, дизель генератортай хослон ажилладаг инвертерийг ашиглан Шалган нэвтрүүлэх цэгийн цахилгааны хэрэглээнд эх үүсгүүр болгон ашиглах шийдлийг танилцуулж байна. Ингэснээр систем нь илүү найдвартай, үр ашигтай болно. Тус судалгаагаар Өмнөговь аймагт байрлах Шалган нэвтрүүлэх цэгийн жишээн дээр Hybrid системийн боломжийн судалгааг

тусгасан ба үүнд тохирох хамгийн боломжит шийдлийг танилцуулахаар орууллаа.

Түлхүүр үг. нарны хавтан, нарны инвертер, Hybrid систем, сэргээгдэх эрчим хүч.

ОРШИЛ

Hybrid [6] нь түгээх сүлжээнд холбогдох боломжгүй нөхцөлд нарны хавтан дизель генератор ашиглан

цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх систем юм. Өрхийн болон аж ахуйн нэгжийн дотоод хэрэгцээнд бага оврын хүчин чадалтай, сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрийг дизель эрчим хүчний үүсгүүртэй уялдуулан ажиллуулах, эрчим хүчний чанарын стандартад нийцүүлэн ажиллах юм. Сэргээгдэх эрчим хүчний чиглэлээр үндэсний үйлдвэрүүдийг байгуулж, сэргээгдэх эрчим хүчний ашиг тусыг мэдсэн, сонирхсон, ашиглах хүсэлтэй хүмүүсийн тоо ч нэмэгдэж байна. Нарны энергийг гайхалтай зохицуулан ашиглаж байгаа нь улс орны өгжил дэвшилд тун ихээр нөлөөлж байна. Сэргээгдэх эрчим хүчийг ашигласнаар хүрээлэн байгаа орчинд хор хөнөөл учруулдаггүй, байгаль орчинд ээлтэй цахилгаан эрчим хүчийг гаргаж авах боломжтой. Манай оронд нарны цахилгаан станц амжилттай баригдаж, үр ашигтай ажиллаж байгаа ба дараа дараагийн нарны цахилгаан станцуудын төслүүд судлагдаж, зарим нь гүйцэтгэлийн шатандаа явж байгаа нь уг технологи манай оронд нийцэж, үр өгөөж өгөх нь батлагдсан юм.

Манай оронд томоохон хүчин чадалтай сэргээгдэх эрчим хүчний станцууд нь синхрон байдлаар түгээх сүлжээтэй холбогдож ажилладаг боловч хараахан бага болон дунд хүчин чадалтай үүсгүүрүүд, тухайлбал айл өрх, сургууль, цэцэрлэг бусад сэргээгдэх эрчим хүчийг ашиглаж болох аж ахуйн нэгж байгууллагууд өвлийн өндөр ачаалал зуны бага ачаалалтай үед найдвартай эрчим хүчээр хангах нь хамгийн төвөгтэй асуудал билээ. Иймээс уг судалгааны ажлаараа хэрхэн дээрх асуудлыг шийдвэрлэж болох цаашлаад үүнийг нэвтрүүлж болох боломжийг судалснаараа онцлог давуу талтай юм.

Уг асуудлын хүрээнд 150.27 м² шалган нэвтрүүлэх цэгийн цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг Hybrid системээр хангах асуудлыг авч үзлээ.

1. Ерөнхий судалгаа

Шалган нэвтрүүлэх цэгийн газар зүй, байршлын судалгаа, уур амьсгал, цаг уурын мэдээ, бүс нутгийн нарны эрчим хүчний нөөцийн судалгаа, нарны эрчмийн тооцоо, хоногийн цахилгаан ачааллын тооцоо зэргийг үндэслэн нийлбэр цацрагийн хэмжээг урьдчилан тооцож, түүнд тохирох цахилгаан эрчим хүчээр хангах шийдлийг боловсруулсан үйл ажиллагааны үр ашигийн судалсан.

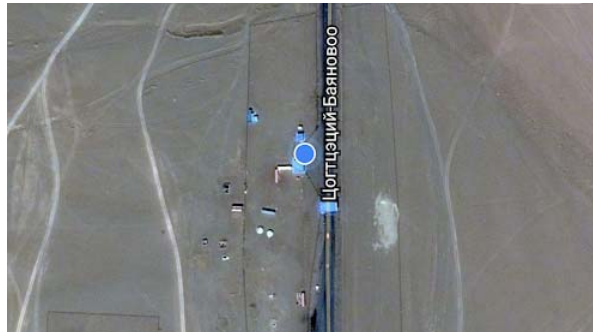
1.1 Шалган нэвтрүүлэх цэгийн байрлах газар зүйн байршил

Таван толгой Гашуун сухайт чиглэлийн хүнд даацын авто замын Өмнөговь аймаг, Ханбогд суманд байрлах Шалган нэвтрүүлэн цэг.



Зураг 1. Өмнөговь аймаг Ханбогд сумын нутагт байрлах Шалган нэвтрүүлэх цэг

ШНЦ-ийн цахилгаан эрчим хүчний хэрэгцээг зуны улиралд сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгүүрээр бүрэн хангах, өвлийн улиралд дизель генератортай хослуулан цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээний тодорхой хувийг нарны эрчим хүчний үүсгүүрээр хангахаар төлөвлөж байна.

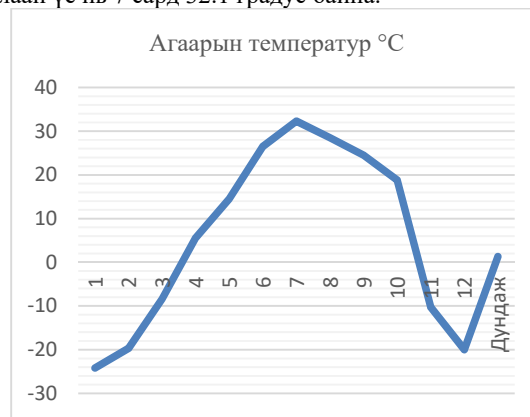


Зураг 2. ШНЦ-ийн байршил

Шалган нэвтрүүлэх цэг нь урагш 20-30 градус эргэсэн байрлалтай бөгөөд тал газар байрлалтай. Өргөрөг: 42°57'12.63" Уртраг: 107°55'24.03". Далайн түвшин дээш өргөгдсөн байдал: 1345м.

1.2 Цаг уурын судалгаа

Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын салхины хурд нь 4 сард оргилдоо, 8 сард хамгийн багадаа хүрнэ. Жилийн дундаж хурд нь 4.9 м/с. 4-6 сард салхины хурд өндөр 9-1 сард жигд байна. Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын газрын гадаргын температур агаарын температурыг даган өөрчлөгдөх бөгөөд 1 сараас авахуулан градус нь нэмэгдэж дулааны улирал дуусах хугацаанаас буурч эхэлнэ. Өвөлдөө газрын гадаргын температур 1 сард хамгийн хүйтэн буюу -22.9 градусад хүрэх бол хамгийн дулаан үе нь 7 сард 32.1 градус байна.

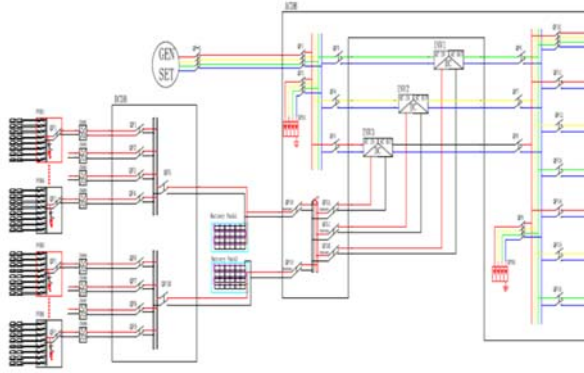


Зураг 3. Ханбогд сумын сар, жилийн дундаж температур.

Салхины зонхилох чиглэл нь баруун хойноосоо бөгөөд салхины хурд байшин байрлах орчмын хувьд харьцангуй тогтуун.

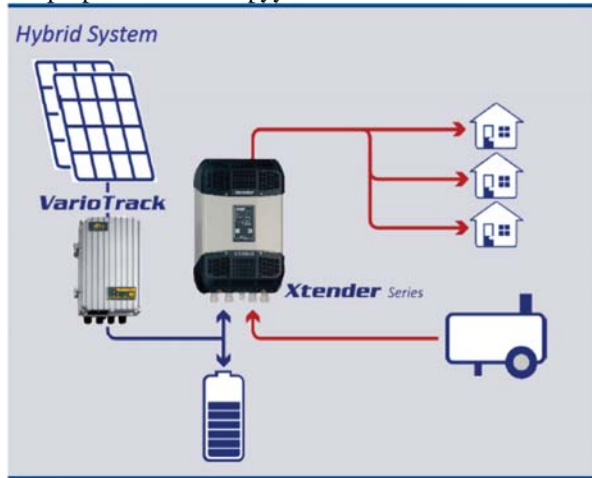
2. Нарны эрчмийн тооцоо

ын нам хүчдэлийн 3 фазын 4 кабельтай холбогдоно. Зураг 6-д цахилгаан холболтын блок схемийг орууллаа.



Зураг 6. Цахилгаан холболт.

Цахилгааны тоног төхөөрөмж: Энэ төслийн хамгийн гол цахилгаан хэрэгсэл бол нарны инвертер юм. Уг төхөөрөмж нь тогтмол хүчдэлийг хувьсах хүчдэл болгон хувиргаж ахуйн хэрэгцээний 220В, 380В хүчдэлийг гарган авах гол төхөөрөмж ба энэхүү бидний сонгосон инвертер нь дизель генератортай синхрон ажиллах шаардлагыг бүрэн хангаж байгаа ба зураг 7-д уг инвертерийн схемийг оруулав.



Зураг 7. Инвертерийн зарчмын схем.

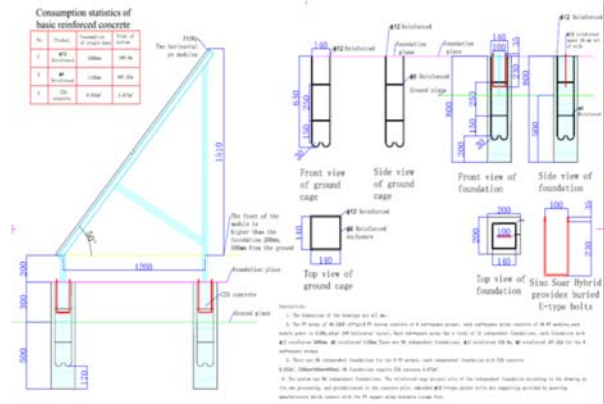
Цахилгааны кабель утас: Зэс голтой кабель утас сонгон авсан. Кабелийн гаднах хэсгээр хоолой суурилуулахаар төлөвлөсөн.

Хэт хүчдэлийн хамгаалалт: Хэт хүчдэлийн хамгаалалт нь инвертерийн хувьсах болон тогтмол гүйдлийн аль алинд нь суурилуулагдсанаар хэт хүчдэлээс хамгаалж чадна.

Газардуулга: Нарны хавтангуудыг барилгын газардуулгын системтэй, инвертерийг цахилгааны шитны газардуулгатай холбож хамгаална.

4.3 Нарны хавтангийн бусад туслах тоног төхөөрөмжийн тооцоо сонголт

Нарны хавтанг Хятад улсын Анхуй Дахенг солар ХХК-д үйлдвэрлэсэн DHP72-315W загварыг сонгож авсан. Уг нарны хавтан нь Монголд анхных бөгөөд одоог болтол найдвартай ажиллаж байна.



Зураг 8. Нарны хавтангийн үзүүлэлт.

Туслах тоног төхөөрөмжийн хэд хэдэн загварыг санал болгох боломжтой.

Тогтоогчийн материал: Төмөр Q235 / Хөнгөн цагаан AL6063

Чангалагч материал: Хөнгөн цагаан AL6063

Эрэг шураг: ган төмөр SUS304

4.4 Хүлэмжийн хийн тооцоолол.

Цахилгаан эрчим хүч хэмнэснээр хүлэмжийн хийг бууруулах ба түүний тооцоог [1] дурдсан арга зүйгээр хийж гүйцэтгэлээ. Тооцоонд Багануурын нүүрсний өгөгдлүүдийг ашиглав.

Дулаан гаргах доод чадвар

$$Q_H^p = 11,4 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг} \quad (1)$$

1 ГДж түлшинд агуулагдах нүүрстөрөгчийн масс

$$b = \frac{10^6}{Q_H^p} = \frac{10^6}{11,4 \cdot 10^3} = 87,72 \text{ кДж/кг} \quad (2)$$

1 ГДж түлшинд агуулагдах нүүрстөрөгчийн масс

$$m_c = b \cdot C^p = 87,72 \cdot 0,72 = 63,16 \text{ кг} \cdot \text{С/ГДж} \quad (3)$$

1 кг түлшний шаталтаас үүсэх CO₂-ын хэмжээ

$$e_{CO_2} = Q_H^p \cdot m_c \cdot c_e \cdot \frac{44}{12} = 0,0114 \cdot 63,16 \cdot 0,8 \cdot \frac{44}{12} = 2,11 \text{ кг} \quad (4)$$

C_e – нүүрсний шаталт

$$V = \frac{43,8 \text{ кВт} \cdot \text{ц}}{1,23 \text{ кВт} \cdot \text{ц/тн}} = 35,609 \text{ тн} \quad (5)$$

$$E_{CO_2} = V \cdot Q_H^p \cdot m_c \cdot c_e \cdot \frac{44}{12} = 35,609 + 0,0114 \cdot 63,16 \cdot 0,8 \cdot \frac{44}{12} = 35,611 \text{ тн(CO}_2) \quad (6)$$

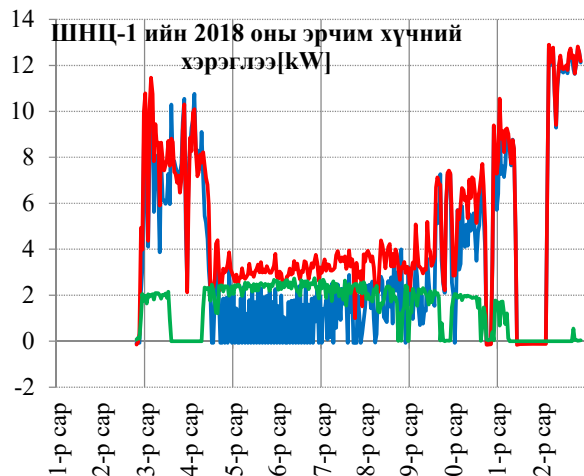
1тн CO₂ – ыг 1200 төгрөгөөр зарна. 35,611 · 1200 = 42733 төг

Одоогоор Монгол улсад хэмнэсэн хүлэмжийн хийн төлбөрийг төлөх зохицуулалт хууль эрх зүйн хүрээнд шийдэгдээгүй байна.

ДҮГНЭЛТ

Уг төслийг хэрэгжүүлснээр дараах боломжуудыг бий болгоно: сэргээгдэх эрчим хүчийг ашиглаж, байгальд ээлтэй цахилгаан эрчим хүчийг үйлдвэрлэх, урт хугацаанд үр өгөөж өгөх.

Зураг 9-д анхны хөрөнгө оруулалт болох 425'000'000 төгрөг болон нарны хавтан ашигласан Hybrid системээр олох ашгийг дүрслэн үзүүлээ.



Зураг 9. НЦУ-ын болон генераторын үйлдвэрлэсэн эрчим хүч.

ШНЦ-ийн 2018 оны эрчим хүчний хэрэглээ 37,483 кВт.ц үүнээс 14,745 кВт.ц Нарны цахилгаан үүсгүүр үйлдвэрлэсэн нь 23 сая төгрөгийн эдийн засгийн бодит хэмнэлт гаргасан бөгөөд ухаалаг эрчим хүчний хэмнэлтийн бодлого хэрэгжүүлснээр дээрх ашиг жил тутам нэмэгдэх боломжтой.



Зураг 10. НЦУ-ын жилд үйлдвэрлэх цахилгааны хэмжээ.

САЙЖРУУЛСАН ШАХМАЛ ТҮЛШНИЙ ТЕХНИКИЙН ШИНЖИЛГЭЭ, СУДАЛГАА

М.Мөнхбилгүүн*, Д.Балдандорж*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Нүүрс нь эрт дээр үеэс л түлш ба химийн түүхий эд болон ашиглагдаж ирсэн бөгөөд хүн төрөлхтний соёл иргэншил, нийгэм, эдийн засгийн хөгжил, шинжлэх ухаан, техник, технологийн дэвшилд маш их үүрэг гүйцэтгэсэн. Нүүрсийг бүхэллэгжүүлэх (брикетлэх) процесс нь нүүрсэнд агуулагдах чийгийн болон дэгдэмхий эдийн хэмжээг бууруулдаг. Ингэснээр

Манай орон сэргээгдэх эрчим хүчний асар их нөөц бололцоотой ба цаашид уг системийг өргөн хэмжээнд нэвтрүүлснээр MICRO GRID сүлжээг үүсгэж, цаашилбал SMART GRID-ийг хөгжүүлэх, хууль эрх зүйн зохицуулалтаар SMART USER-үүд бий болж, дэлхийн хөгжингүй орнуудын жишигт хүрэх боломж нээгдэх юм.

Эрчим хүчний найдвартай тасралтгүй ажиллагааг хангах, салбарын бүтэц зохион байгуулалт, хууль эрх зүйн орчныг сайжруулах, үр дүнтэйгээр хэрэгжүүлэх, техник технологийн шинэтгэл хийх зорилгыг хэрэгжүүлэх шаардлагатай гэж үзэж байна. Монгол орны хувьд төв суурингаас алслагдсан цахилгаан эрчим хүч хэрэглэгчид олон байдаг боловч цахилгаанаар хангах хангамж дутмаг учраас нарны цахилгаан тэжээлийн үүсгүүрийг ашиглах нь эдийн засгийн хувьд болоод түгээх сүлжээний хувьд нэн чухал юм. Дээрх асуудлын хүрээнд Hybrid системийг манай оронд нэвтрүүлэх шаардлагатай гэж үзэж байна.

Ном зүй

1. Мөнхбаатар Ө. Нарны эрчим хүч. –УБ, 2014, -44 х.
2. S. S. Mani Venkata, Mohammad Shahidehpour “[IEEE Power and Energy Magazine](#)” Vol.15 No.4, 2017
3. John A. Duffie, William A. Beckman (2013) “Solar Engineering of Thermal Processes”
4. M.A. Fouad, M.A. Badr, M.M. Ibrahim (2017) “modeling of micro-grid system components using matlab/Simulink” Global scientific journals:Volume 5, Issue 5, Online:ISSN 2320-9186
5. <http://erc.gov.mn/> [Accessed: 26th February. 2018]
6. <https://www.anapode.com/> [Accessed: 20th March. 2018]
7. <http://www.nso.mn/> [Accessed: 18th September. 2017]

нөлөөлөлийг судлах юм. Сайжруулсан шахмал түлшний шатгалтыг уламжлалт зууханд туршиж угааны хийд агуулагдах агаар бохирдуулагч бодисын хэмжээг тодорхойлж харьцуулсан.

Түлхүүр үг. сайжруулсан шахмал түлш, агаарын бохирдол, нүүрс.

ОРШИЛ

Техник технологийн өндөр хөгжил болсон өнөөгийн нийгэмд бидэнд тулгамдаж буй гол асуудал бол экологийн эрүүл, тэнцвэртэй байдлыг хангах юм. Өдрөөс өдөрт өргөжин тэлж буй Улаанбаатар хотын хүн ам сүүлийн 15 жилийн хугацаанд 55 хувиар өсөж 1,4 сая хүрчээ. Үүний 790000 нь гэр хороололд амьдарч байна. Ийм учраас Улаанбаатар хот агаарын бохирдлын хэмжээгээрээ дэлхийд тэргүүлэх байр эзлэх болжээ. Өвлийн улиралд нарийн ширхэгтэй тоосонцорын (PM2.5) агууламж Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага (ДЭМБ)-аас тогтоосон 24 цагт зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс даруй 120 дахин илүү байна. Монгол улсын засгийн газар энэхүү маш том тулгамдсан асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд олон арга хэмжээнүүдийг хэрэгжүүлсэн боловч төдийлэн үр дүнд хүрээгүй байна.

2019 оны 5 сарын 15-ны өдрөөс эхлэн түүхий нүүрсийг хэрэглэхийг хориглох засгийн газрын тогтоол гарсантай холбогдуулан сайжруулсан шахмал түлшний үйлдвэрүүд ашиглалтанд орж эхэлсэн. Хэрэв Улаанбаатар хотын нийт түүхий нүүрсний хэрэгцээг сайжруулсан шахмал түлшээр орлуулж чадвал агаарын бохирдлын хэмжээг 50 хувь бууруулна гэж судлаачид үзэж байна. Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрт нийт 13 сайжруулсан шахмал түлшний үйлдвэрүүд үйл ажиллагаагаа явуулж байгаа юм. Гэвч тэдгээрийн үйлдвэрийн процесс болон шахмал түлш бэлтгэж буй нүүрс нь ялгаатай байна. Үүнээс хамаарч түлшний шинж чанар өөрчлөгдөнө.

Иймд түлшний техникийн шинжилгээг хийж шаталтын процессыг судлаж бусад түлштэй харьцуулан дүгнэх зорилго тавин ажиллав.

I. Түлшний техникийн шинжилгээ

Улаанбаатар хотод үйл ажиллагаа явуулж буй нийт шахмал түлш үйлдвэрлэгчдээс 5 нэр төрлийн шахмал түлшийг сорьцоор авч туршсан. Үүнд:

Таван толгой түлш ХХК. Таван толгой түлш ХХК нь ДЦС-2 ТӨХК-г түшиглэн 2018 онд баригдсан, Багануурын уурхайн нүүрсийг ашиглан шахмал түлш үйлдвэрлэдэг. Жилдээ 200000 тн шахмал түлш үйлдвэрлэх хүчин чадалтай.

Ора шахмал түлш ХХК. 2015 онд ашиглалтанд орсон таван толгойн нүүрсний мидлинг буюу угаасан нүүрсийг ашиглан шахмал түлш үйлдвэрлэдэг.

Усу коал ХХК. Говь-Сүмбэр аймгийн Шивээговь суманд үйл ажиллагаагаа явуулдаг. 2018 онд байгуулагдсан. Шивээ-Овоон уурхайн нүүрсийг шахмал түлш болгон үйлдвэрлэдэг.

Багануур өндгөн түлш ХХК. Багануурын уурхайн нүүрсийг ашиглан шахмал түлш үйлдвэрлэдэг. 2017 онд үйл ажиллагаагаа явуулж эхэлсэн.

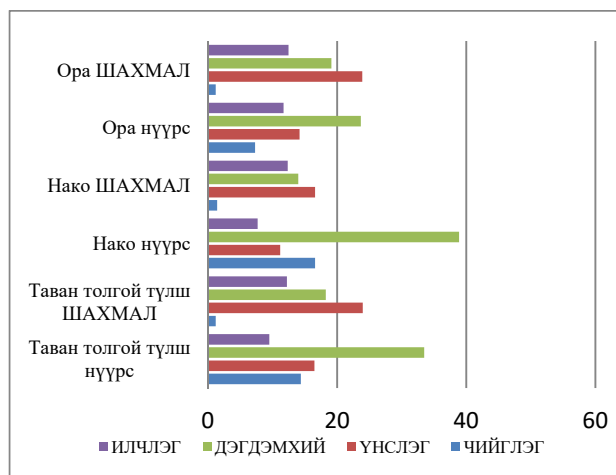
Нано түлш ХХК. Шарын голын уурхайн нүүрсийг ашиглан шахмал түлш үйлдвэрлэдэг. Мөн хагас коксжуулсан нүүрс үйлдвэрлэдэг.

Түлшний техникийн шинжилгээний үзүүлэлтүүд:
Түлшний техникийн шинжилгээний үр дүнд тодорхойлсон түлшний дэгдэмхий эд (V^a), үнслэг (A^a), чийглэг (W^a), дулаан гаргах доод чадвар, (Q_H^p).

Хүснэгт 1.

Эцсийн шахмал түлш ба эхний бүтээгдхүүний харьцуулалт.

№	Түлшний дээж	W^a , %	A^a , %	V^a , %	Q_H^p , ккал/кг
1	Таван толгой түлш	1,21	23,97	18,27	6135
2	Ора шахмал түлш	1,23	23,9	19,13	6236
3	Нако түлш	1,43	16,6	14,0	6182
4	Өндгөн түлш	1,02	16,4	27,4	5982
5	Усу-коал түлш	1,25	21,18	19,38	6404

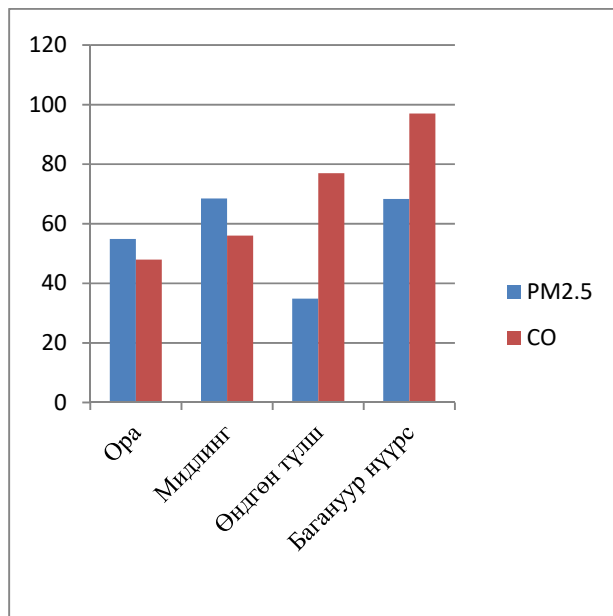


Зураг 1.

II. Шахмал түлшний шаталтаас ялгарах агаарын бохирдуулагч бодисын хэмжээ

Хүснэгт 2

Д/д	Зуухны төрөл	Нүүрсний төрөл	PM2.5 г/мЖ	СО г/мЖ
1	Дөл	Багануур түүхий нүүрс	68.36	9.76
2	Дөл	Өндгөн түлш	34.9	7.7
3	Дөл	Ора	54.9	4.8
4	Дөл	Мидлинг	68.5	5.6



Зураг 2. Түүхий нүүрс болон шахмал түлшний утааны хийд агуулагдах агаар бохирдуулагч бодисын харьцуулалт

ДҮГНЭЛТ

1. Сайжруулсан шахмал түлшинд техникийг шинжилгээ хийсний үр дүнд чийглэгийн хэмжээ маш бага гарсан. Энэ нь шахмал түлшийг үйлдвэрлэх үед хатааж бэлтгэснээс шалтгаалж байна. Дэгдэмхий эдийн хэмжээ мөн бага байна. Энэ нь түлшний амархан ноцох чадварыг бууруулдаг боловч утааны хийд агуулагдах

тоосонцор болон агаар бохирдуулагч бодисын хэмжээг бууруулна. Сайжруулсан шахмал түлшний шаталт 350-400°C температурт дэгдэмхий эд ялгарна. Шахмал түлшний үнслэгийн хэмжээ ихэссэн нь шахмал түлшний барьцалдуулагч бодис (асфальт)-оос хамаарч байна. Дулаан гаргах чадварын хувьд түүхий нүүрснээс 1,5 дахин өндөр байгаа нь түлшний зарцуулалтыг хэмнэнэ. Түлшний гол шатамхай масс болох нүүрстөрөгчийн шаталт 700°C – дявагдана. Үүнээс нам температурт түлшний шаталт бүрэн явагдахгүй. Агаарын бохирдуулагч бодисын хэмжээ их байх болно.

2. Шахмал түлшийг гэрийн уламжлалт зууханд туршсан туршилтын үр дүн.

Энгийн зууханд шахмал түлшний шаталтыг явуулахын тулд урьдаар зайлшгүй мод эсвэл бусад түлшийг шатааж түлшний дэгдэмхий эдийг ялгаруулах темпартурыг тогтвортой үүсгэх шаардлагатай. Бусад тохиолдолд хүйтэн зууханд шахмал түлшийг дангаар нь шатаах хүндрэлтэй.

Шахмал түлшний шаталтаас ялгарах агаар бохирдуулагч нарийн ширхэгтэй тоос болон нүүрстөрөгчийн дутуу ислийн агууламж түүхий нүүрстэй харьцуулахад бага байна (Зураг 2).

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Ж.Нарангэрэл. Нүүрсний хими технологийн үндэс. УБ 2011.
2. Г.Бадамхатан. Монголын хүрэн ба чулуун нүүрсээр шахмал түлш бэлтгэх технологийн судалгаа, Техникийн ухааны докторын диссертаци, УБ 2001.
3. Б.Батсүх-Очир. Гэрийн зуухны туршилт судалгаа, Техникийн ухааны магистрын диссертаци, УБ 2017.
4. Д.Мандал. Уурын генератор. УБ 2012.

ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМИЙН ИХ АЧААЛАЛД СТАНЦУУДЫН ОРОЛЦОО БА АЧААЛЛЫН ӨСӨЛТИЙН ТООЦОО

П.Болдсайхан*, Д.Гандорж*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Монгол улсын эрчим хүчний системийн эх үүсвэрүүдийн бүтэц одоогийн байдлаар дулаан, цахилгааныг хослон үйлдвэрлэх дулааны цахилгаан станцууд (ДЦС) болон сэргээгдэх эрчим хүчний (СЭХ) нар, салхины цахилгаан станцууд (НЦС, СЦС), ОХУ-ын эрчим хүчний системээс 220 кВ-ын шугамаар авч байгаа импортын цахилгаанаас бүрдэж байна. Эрчим хүчний системийн нийт хэрэглээг авч үзэхэд дотоодын үйлдвэрлэл 80%, импортын худалдан авалт 20%-ийг эзэлж байна. Иймд цахилгаан болон дулааны хэрэглээг тодорхойлох математик загварчлал байгуулж, төлөвлөлтийн тооцоог гүйцэтгэн түүнийг хаахад дотоодын үйлдвэрлэлийг нэмэгдүүлэх, СЭХ-ний эзлэх хувийг дээшлүүлэхэд энэхүү судалгааны ажлын зорилго оршино. ЭХС-ийн цахилгаан станцуудын хооронд цахилгаан, дулааны ачааллыг оновчтой хуваарилснаар системийн хэмжээнд нийт түлшний зардлыг багасгах ач холбогдолтой.

Тулхуур үг. математик загвар, цахилгаан эрчим хүч, дулааны эрчим хүч, ачааллын график, төлөвлөлт.

I. ОРШИЛ

Монгол Улсын цахилгаан эрчим хүчний нийт хэрэглээний 76.5%-ийг төвийн бүсийн цахилгаан эрчим хүчний системийн (ТБЭХС) хэрэглээ эзэлж байна. ДЦС-ын түлшний зардал нь станцын хувьсах зардлыг бүрдүүлэх бөгөөд ТБЭХС-ийн хэмжээгээр өнөөдрийн байдлаар дунджаар нийт зардлын 43.2%-ийг хувьсах зардал эзэлж байна. Үүний 42.4%-ийг цахилгаан эрчим хүчийг, 57.6%-ийг дулааны эрчим хүчийг үйлдвэрлэхэд тус тус зарцуулж байна [6].

ТБЭХС-ийн хэмжээгээр дунджаар 1 кВт.ц цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэлд хувьсах ба тогтмол зардлын нийлбэрээр 79.12 төг/кВт.ц, 1 Гкал дулааны эрчим хүчний түгээлтэд 24.1 мян.төг./Гкал тус тус болж байна. 2017 оны байдлаар системийн хэмжээгээр жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт цахилгаанд 317.4 г/кВт.ц, дулаанд 177.3 кг/Гкал болсон байна. Иймд системийн хэмжээгээр нийт хэрэглэж байгаа түлшний хэмжээг бууруулах нь хувьсах зардлыг багасгахаас гадна 1 кВт.ц

цахилгаан эрчим хүчний болон 1 Гкал дулааны эрчим хүчний үнэ, тарифыг ч бууруулах ач холбогдолтой юм.

II. Эрчим хүчний системийн өнөөгийн байдал

Манай улсын эрчим хүчний систем нь нийт таван хэсгээс тогтож байдаг (зураг1). Нийтдээ 9 дулааны цахилгаан станц, Дөргөн, Тайширын усан цахилгаан станц, Алтай, Улиастайн дизель станцууд болон бага чадлын сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүдээс цахилгаан эрчмийг үйлдвэрлэн 220/110 кВ-ын дэд станц, дамжуулах сүлжээ, 35/10/6/0.4 кВ-ын дэд станц болон түгээх сүлжээгээр дамжуулан хэрэглэгчдийг цахилгаан эрчмээр ханган ажиллаж байна. Үүний зэрэгцээ ОХУ болон БНХАУ-аас цахилгаан эрчим хүчийг импортлон авч цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг ханган ажиллаж байна [5].



Зураг 1. МУ-ын ЭХС-үүд.

Дулааны цахилгаан станцуудын суурилагдсан нийт хүчин чадал 1105,8 МВт. Үүнд:

- ❖ ДЦС2 нь 24 МВт;
- ❖ ДЦС3 нь 186 МВт;
- ❖ ДЦС4 нь 703 МВт;
- ❖ Дарханы ДЦС нь 48 МВт;
- ❖ Эрдэнэтийн ДЦС нь 28.8 МВт;
- ❖ Чойбалсангийн ДЦС нь 36 МВт;
- ❖ Даланзадгадын ДЦС нь 9 МВт;
- ❖ Ухаахудаг ЦС нь 18 МВт;
- ❖ Эрдэнэт үйлдвэр ДЦС нь 53 МВт.

Салхин цахилгаан станцуудын суурилагдсан нийт хүчин чадал 152 МВт. Үүнд:

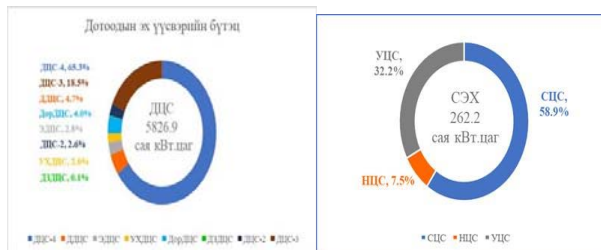
- ❖ Салхит СЦС нь 50 МВт;
- ❖ Цэций СЦС нь 50 МВт;
- ❖ Сайншанд СЦС нь 52 МВт;

Нарны цахилгаан станцуудын суурилагдсан нийт хүчин чадал 60 МВт. Үүнд:

- ❖ Нар НЦС нь 10 МВт;
- ❖ Моннар НЦС нь 10 МВт;
- ❖ Нарантээг НЦС нь 15 МВт;
- ❖ Хөшиг НЦС нь 15 МВт;
- ❖ Сүмбэр НЦС нь 10 МВт.

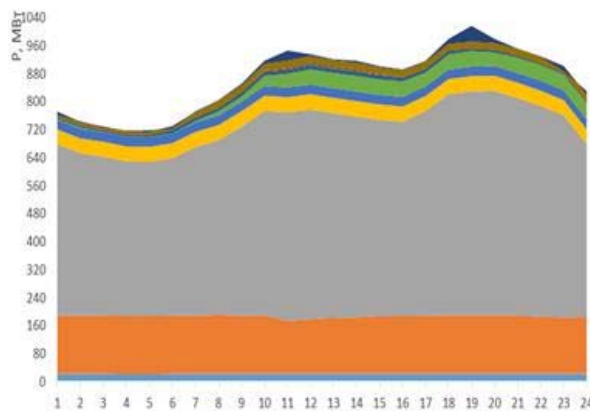
Үүнээс гадна Усан цахилгаан станцууд (УЦС) 26.2 МВт болон Дизель цахилгаан станцууд (ДизЦС) 72.6 МВт суурилагдсан хүчин чадалтай байна [5].

Дотоодын нийт үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ 2017 оны байдлаар 6089,1 кВт.ц байна. Бүтцийг диаграммаас үзвэл:



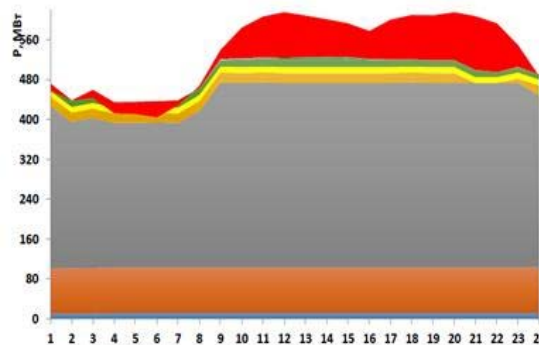
Зураг 2. ЭХС-ийн эх үүсвэрийн бүтэц.

Төвийн бүсийн нийт суурилсан чадал 1281.8 МВт байгаа ба 83.5%-ийг дулааны станцууд, 16.5%-ийг сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүд эзэлж байна. ТБЭХС-ийн өвлийн их ачааллын үеийн хоногийн цахилгааны хэрэглээ 18.0-23.0 сая кВт.цаг орчим байдаг ба өвлийн горимд хоногийн их, бага ачааллын зөрүү нь 280-350 МВт хүрч байна. Төвийн бүсийн өвлийн их ачааллын үеийн хоногийн цахилгаан ачааллын графикт нийт хэрэглээ 20.7 сая кВт цаг байхад $R_{max} = 1016$ МВт, $R_{min} = 716$ МВт буюу зөрүү 300 МВт байсан байна. Оргил ачааллын цагт дотоодын үйлдвэрлэлт 971 МВт байхад импортоор 45 МВт хүртэл чадал авсан байна.



Зураг 3. ТБЭХС-ийн өвлийн их хоногийн ачааллын график.

Төвийн бүсийн зуны бага ачааллын үеийн 8 дугаар сарын хоногийн цахилгааны ачааллын графикийг үзүүлсэн ба хоногийн цахилгааны нийт хэрэглээ 12.8 сая кВт цаг байхад $R_{max} = 615$ МВт, $R_{min} = 404$ МВт буюу зөрүү 211 МВт байсан байна. Өглөө, оройн их ачааллын цагуудад импортоор 70 МВт хүртэл чадал авч, шөнийн бага ачааллын цагуудад 32 МВт хүртэл чадлыг экспортод өгсөн байна [5].



Зураг 4. ТБЭХС-ийн зуны бага хоногийн ачааллын график.

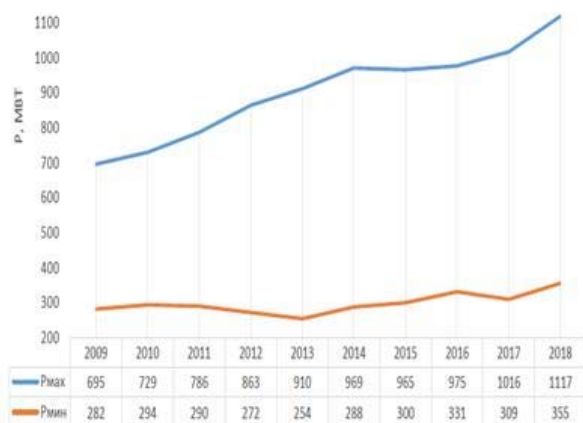
ТБЭХС-ийн сүүлийн арван жилийн ачааллын их ба бага хэмжээ, өсөлтийн хувийг авч үзье.

Хүснэгт 1

Их ба бага ачааллын хэмжээ

№	Он	Их чадал, МВт	Өсөлт, бууралтын хувь	Бага чадал, МВт	Өсөлт, бууралтын хувь
1	2009	695	3.30%	280	2.30%
2	2010	729	4.66%	294	4.76%
3	2011	786	7.25%	290	-1.38%
4	2012	863	8.92%	272	-6.62%
5	2013	910	5.16%	254	-7.09%
6	2014	969	6.09%	288	11.81%
7	2015	965	-0.41%	300	4.00%
8	2016	975	1.03%	331	9.37%
9	2017	1016	4.04%	405	18.27%
10	2018	1117	9.04%	355	-14.08%

ТБЭХС-ийн сүүлийн 10 жилийн их ачаалал ба бага ачааллын харьцааг харвал бага ачааллын төвшин 25.8% өссөн байхад их ачааллын төвшин 60.7% өссөн байна (зураг 5).



Зураг 5. Ачааллын өсөлтийн график.

Цахилгааны ачааллын хоногийн болон ялангуяа жилийн график нь ойрын болон дунд хугацааны эх үүсвэрийн төлөвлөлт хийхэд чухал үүрэгтэй. Ялангуяа эрчим хүчний системийн бүтцийг тодорхойлох нь эдгээр графикуудыг ул суурьтай задлан шинжилж математик загварчлалын тусламжтайгаар ирээдүйгээ төлөвлөх нь зүйтэй юм.

3. ЭХС-ийн ачааллын өсөлтийг төлөвлөх математик загварчлал

Түлш, эрчим хүчний макро төвшингийн хэрэглэгчид гэдэг нь цаг хугацааны хувьд өндөр инерцтэй, харьцангуй хэвийн өсөлттэй хэрэглэгчид болно. Мөн макро төвшингийн хэрэглэгчид нь улс орны эдийн засгийн макро үзүүлэлттэй корреляцын нягт хамааралтай байдаг. Ийм төрлийн хэрэглээг тусгай аргачлалаар тодорхойлох бөгөөд ихэвчлэн магадлал-статистикийн аргаар шинжилгээ хийж тодорхойлдог [2].

Энд макро төвшингийн түлш, эрчим хүчний хэрэглээг прогнолох экстраполяцын ба нэг болон олон хэмжээст регрессийн загварыг зохиох аргачлалыг авч үзье.

Макро түвшингийн регрессийн комплекс загварыг зохиохдоо функц нь хайж олох гэж байгаа түлш, эрчим хүчний хэрэглээ болох бөгөөд харин аргумент нь эдийн

засгийн макро үзүүлэлт буюу хугацааны цуваа байж болно. Прогнозын комплекс загварыг зохиосноор манай улсын түлш, эрчим хүчний хэрэглээг ойрын хугацаанд 1-5 жилийн болон дунд хугацаанд 10-15 жилийн, прогнозын 20-30 жилийн хугацаанд тодорхойлох боломжтой. Тус комплекс загвар нь анхдагч мэдээллийн тодорхой бус шинж чанарыг агуулсан байдаг бөгөөд тооцооны цаг хугацаанаас хамааран минимум ба максимум гэсэн утгаар илэрхийлэгдэнэ. Энэ хоёрын хоорондох заагийг анхдагч мэдээллийн тодорхой бусын бүс гэж нэрлэдэг.

Одоо тус загварыг зохиох арга ба түүний бүтцийг үзүүлье.

Түлш, эрчим хүчний нөөцийн хэрэглээ ба эдийн засгийн макро үзүүлэлтийн хоорондох корреляцын хамаарлын коэффициентын утгыг нэг бүрчлэн тодорхойлно. Судалгаанаас үзэхэд улс орны эдийн засаг өсч байгаа тохиолдолд эрчим хүчний макро төвшингийн хэрэглээ өсч байдаг бөгөөд буурч байгаа үед мөн нэг адил буурч байдаг байна.

Корреляцын коэффициентын утгыг тодорхойлохдоо: Тухайлбал, EXCEL-ын мастер-функцийн CORRELATION($X_{\text{фун}}$; $X_{\text{арг}}$) гэсэн стандарт функцийг ашиглаж болно.

Энд: $X_{\text{фун}}$ – функцийн утгыг агуулсан массив; $X_{\text{арг}}$ – аргументын утгыг агуулсан массив.

Үүний дараа бодит өгөгдлийн массивыг хугацаанаас нь хамааруулж байгуулна. Ерөнхий тохиолдолд энэ хамаарлыг дараах байдлаар илэрхийлнэ.

$$\{ \mathcal{E}_t \}, t=1,2,\dots,T_n. \quad (1)$$

Энд: T_n – нийт ажиглалтын тоо буюу бодит өгөгдлийг агуулсан жилийн тоо.

Энэ илэрхийлэлд шинжилгээ хийж үзвэл бодит \mathcal{E}_t өгөгдөл ба функцийн илэрхийллээр бодож гаргасан

$\bar{\mathcal{X}}(t)$ утгын хооронд $\pm \xi(t)$ гэсэн ялгаа гарч байна.

Математик-статистикийн онолд энэ хэмжигдэхүүн нь ямар нэгэн тархалтын хуулинд захирагдаж байдаг гэж үздэг. Энэ нь тухайн өгөгдлийн санамсаргүй буюу стохастик шинж чанартай болохыг илэрхийлж байна.

Иймд дээрх өгөгдлийг дараах байдлаар илэрхийлж болно.

$$\mathcal{E}_t = \bar{\mathcal{X}}(t) \pm \xi(t), t=1,2,\dots,T_n \quad (2)$$

Энд: \mathcal{E}_t нь бодит өгөгдөл бөгөөд $\bar{\mathcal{X}}(t)$ нь t хугацаанаас хамаарсан трендийн тэгшитгэл.

Энэ трендийн тэгшитгэлийг 4-5 стандарт функцийг ашиглаж байгуулна. Тус трендийн тэгшитгэлийг түлш, эрчим хүчний хэрэглээг прогнолох дэд загвар гэж нэрлэдэг. Бодит өгөгдөл ба трендийн тэгшитгэлээр бодож олсон өгөгдлийн хоорондох зөрүү $\pm \xi(t)$ -ийг математикийн тэг хүлээлттэй компонент буюу стохастик компонент гэж нэрлэдэг.

Стандарт тэгшитгэлийг сонгохдоо: Нэгдүгээрт: Стохастик компонентийн утга бүгд эерэг утгатай, эсвэл бүгд сөрөг утгатай тэгшитгэлийг сонгохгүй байх. Хоёрдугаарт: Тооцооны эцсийн үр дүнд шинжилгээ хийж тохирох функцийг сонгох хэрэгтэй.

Түлш, эрчим хүчний нөөцийн хэрэглээний регрессийн комплекс загварыг зохиохдоо Microsoft Excel – д байгаа шугаман, логарифм, парабол, зэрэгт,

экспоненциал гэсэн стандарт функцүүдийг ашиглан гүйцэтгэх болно. [4]

Энэ аргачлал нь дараах тооцооны хэсгүүдийг агуулна.

1. Өмнөх жилүүдийн түлш, эрчим хүчний нөөцийн хэрэглээ буюу эдийн засгийн макро үзүүлэлтийн статистик өгөгдлүүдийг ашиглан анхдагч өгөгдлийн тооцооны массивыг бүрдүүлнэ.
2. Стандарт функцүүдийг ашиглаж дэд загваруудыг зохиосны үндсэн дээр прогнозын комплекс загварыг зохионо.

Түлш, эрчим хүчний нөөцийн хэрэглээг прогнолох эдийн засаг-математикийн аргачлал нь дотроо хугацааны цуваагаар шууд экстраполяци хийх арга, эдийн засгийн нэг үзүүлэлтээр түлш, эрчим хүчний хэрэглээг прогнолох арга, мөн эдийн засгийн олон үзүүлэлтээр прогнолох арга гэсэн гурван ангилалтай байдаг.

Прогнозын комплекс загвар нь дээр дурдсан стандарт функцүүдээр зохиосон регрессийн дэд загваруудын нийлбэр болно. Дэд загвар бүр нь бодит өгөгдөл ба тэгшитгэлийн утгуудаар тодорхойлогдсон үзүүлэлтээрээ ялгаатай байдаг. Ийм учир дэд загвар бүрийн оролцох хувь хэмжээг илэрхийлсэн тусгай коэффициентыг ашиглах бөгөөд үүнийг цаашид *үнэлгээний коэффициент* гэж нэрлэе. Энэ коэффициент нь дэд загвар бүрийн найдваржилтын шинж чанарыг илэрхийлсэн индикатор юм. Тус коэффициентын утгыг дэд загвар тус бүр дээр стохастик компонентын утгыг ашиглан Microsoft Excel-ийн $STDEV(a_1, a_2, \dots)$ функцийг тусламжтайгаар тодорхойлж олно. Үүнийг стохастик компонентын стандарт хазайлт гэж нэрлэнэ. Энэ функц нь “холилдсон бус” буюу $(n - 1)$ гэсэн аргачлалаар стандарт хазайлтыг тодорхойлдог болно. Стохастик компонентын стандарт хазайлтыг дараах томъёогоор бодож олно.

$$stdev = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n \bar{\mathcal{E}}_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n \bar{\mathcal{E}}_i \right)^2}{n(n-1)}}; \quad (3)$$

Үнэлгээний коэффициентын утгыг дараах илэрхийллээр тодорхойлно.

$$K_i = \frac{1/stdev_i}{\sum_{i=1}^m (1/stdev_i)}; \quad (4)$$

буюу дараах нөхцлийг хангасан байх ёстой

$$\sum_{i=1}^m K_i = 1, \quad (5)$$

Энд: K_i - нь i -дэд загварын үнэлгээний коэффициент, m - нийт стандарт функцүүдийн тоо, $stdev_i$ - нь i -дэд загварын стохастик компонентын стандарт хазайлт.

Иймд бидний авч үзэж байгаа түлш, эрчим хүчний нөөцийн хэрэглээг прогнолох регрессийн t хугацааны комплекс загвар нь (m) тооны дэд загваруудын

нийлбэрээс бүрдэнэ. Энэ прогнозын комплекс загвар нь дэд загвар тус бүрийг (K_i) гэсэн үнэлгээний коэффициентээр үржүүлж нэмсэнтэй тэнцүү болно.

$$\mathcal{E}_{ком}(t) = \sum_{i=1}^m K_i \cdot \bar{\mathcal{E}}_i(t_i); \quad (6)$$

Энд: $\mathcal{E}_{ком}(t)$ - нь t -хугацаанаас хамаарсан прогнозын комплекс загвар, $\bar{\mathcal{E}}_i(t_i)$ - нь t -хугацаанаасаа хамаарсан i -дэд загварын трендийн тэгшитгэл.

Эндээс үзэхэд түлш, эрчим хүчний хэрэглээг прогнолох $\mathcal{E}_{ком}(t)$ - прогнозын загвар нь (m) тооны дэд загваруудын нийлбэрээс бүрдсэн цогцолбор загвар болж байна. Энэ нь t -аргументаас хамаарсан ямарваа нэг трендийн тэгшитгэлээс илүү нарийвчлалтай байдгаараа давуу талтай. Прогнозын комплекс загвар ба түүнийг бүрдүүлэгч дэд загваруудын үнэлгээг өгөхдөө тус бүрийн стандарт хазайлтыг ашиглана. Прогнозын $\mathcal{E}_{ком}(t)$ зохиохдоо t хугацаанаас хамаарсан хамгийн өндөр утга бүхий детерминацийн (R^2) коэффициенттэй $\bar{\mathcal{E}}_i(t_i)$ гэсэн трендийн тэгшитгэлийг зохиосны үндсэн дээр түлш, эрчим хүчний хэрэглээг прогнолох комплекс загвар зохиогдоно [2].

4. Тооцооны үр дүн

Дээрх аргачлалыг ашиглан ТБЭХС-ийн их ачааллын (P_{max}) өсөлтийг прогнолох комплекс загварыг зохиож үзүүлье.

Комплекс загварыг зохиохдоо тооцооны анхдагч өгөгдөл болгож 2000-2017 онуудын ТБЭХС-ийн их ачааллыг авч үзлээ. Прогнозын комплекс загварыг зохиохын тулд Microsoft Excel-ийн шугаман, логарифм, парабол, зэрэгт, экспонент гэсэн 5 стандарт функцээ сонголт хийж шугаман ба парабол функцийг ашиглав.

Эдгээр функц тус бүрээр $P_{max}(t)$ гэсэн муруйг байгуулсан үр дүнг (хүснэгт 2) дээр үзүүлэв.

ТБЭХС-ийн ачааллын 2018–2025 оны прогноз

д/д	Он	Pmax, МВт	Өсөлт, %	Шугаман загвар		Парабол загвар		Комплекс загвар		
				Pmax, МВт	алдаа, %	Pmax, МВт	алдаа, %	Pmax, МВт	алдаа, %	Өсөлт, %
1	2000	506		434.17	#####	482.2	-4.71%	458.05	-9.48%	
2	2001	510	0.78%	468.01	-8.23%	499.1	-2.14%	483.46	-5.20%	
3	2002	512	0.39%	501.86	-1.98%	518.1	1.19%	509.93	-0.40%	
4	2003	539	5.01%	535.70	-0.61%	539.2	0.04%	537.45	-0.29%	
5	2004	550	2.00%	569.54	3.55%	562.5	2.27%	566.03	2.91%	
6	2005	576	4.51%	603.38	4.75%	587.9	2.06%	595.66	3.41%	
7	2006	585	1.54%	637.22	8.93%	615.3	5.19%	626.34	7.07%	
8	2007	638	8.31%	671.07	5.18%	645.0	1.09%	658.08	3.15%	
9	2008	673	5.20%	704.91	4.74%	676.7	0.55%	690.87	2.65%	
10	2009	695	3.17%	738.75	6.29%	710.5	2.23%	724.71	4.27%	
11	2010	729	4.66%	772.59	5.98%	746.5	2.40%	759.60	4.20%	
12	2011	782	6.78%	806.43	3.12%	784.6	0.33%	795.55	1.73%	
13	2012	863	9.39%	840.28	-2.63%	824.7	-4.43%	832.55	-3.53%	
14	2013	910	5.16%	874.12	-3.94%	867.1	-4.72%	870.61	-4.33%	
15	2014	969	6.08%	907.96	-6.30%	911.5	-5.94%	909.71	-6.12%	
16	2015	965	-0.41%	941.80	-2.40%	958.0	-0.72%	949.87	-1.57%	
17	2016	975	1.03%	975.64	0.07%	1006.7	3.25%	991.09	1.65%	
18	2017	1016	4.04%	1009.49	-0.64%	1057.5	4.08%	1033.35	1.71%	
19	2018			1043.33		1110.4		1076.67	4.02%	
20	2019			1077.17		1165.4		1121.05	3.96%	
21	2020			1111.01		1222.5		1166.47	3.89%	
22	2021			1144.85		1281.8		1212.95	3.83%	
23	2022			1178.70		1343.1		1260.49	3.77%	
24	2023			1212.54		1406.6		1309.07	3.71%	
25	2024			1246.38		1472.2		1358.71	3.65%	
26	2025			1280.22		1539.9		1409.40	3.60%	

Дэл загварын үзлэгээний үзүүлэлт

Регрессийн төрөл	Шугаман	Парабол	Комплекс загвар					
Сандарт хазайлт	3.98%	180.67	4.64	182.54	2.63	181.60	3.64	3.81%
Үзлэгээний коэф		0.50		0.50				1.00

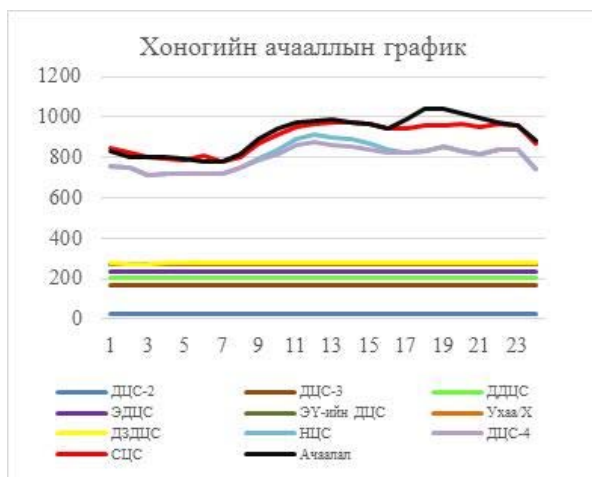
Дээрх комплекс загвар нь дараах илэрхийллээр тодорхойлогдож байгаа болно.

$$Y_{\text{үнд}}: P_{\text{max}}(t) = \{0.5 * (33.842x + 400.33) + 0.5 * (1.058x^2 + 13.728x + 467.38)\}$$

Энэ загвараар 2017 оны их ачааллыг бодоход 1033,3 МВт гарч байгаа бөгөөд бодит үзүүлэлт нь 1016 МВт байна. Энэ нь 17.3 МВт-ын зөрүүтэй буюу 1.7% алдаатай гарч байна. ТБЭХС-ийн 2000-2017 онуудын жилийн дундаж ачааллын өсөлт 3.98% байсан бол 2018 – 2025 онуудад 3.81% болж байна.

Түлш, эрчим хүчний нөөцийн бусад хэрэглээг мөн энэ аргачлалын дагуу гүйцэтгэн прогнозын үзүүлэлтийг гаргаж болно.

5. ТБЭХС-ийн 2018 оны 12 сарын 15-ны хоногийн ачааллын графикийн дүн шинжилгээ
ТБЭХС-ийн 2018 оны 12 сарын 15-ны хоногийн ачааллын графикийг авч үзье (зураг 7).



Зураг 7. Хоногийн их ачаалал дах станцуудын оролцоо.

Хоногийн ачааллын графикийн оргил үед (19 цагт) станцуудын оролцсон байдлыг авч үзэхэд ДЦС 863 МВт буюу 82%-иар, НЦС 0%, СЦС 104 МВт буюу 10%-иар, Импорт 84МВт буюу 8%-тай байна (Зураг 8).



Зураг 8. Станцуудын хоногийн их ачаалалд оролцсон бүтэц.

Харин хоногийн бага ачааллын үед (6 цагт) станцуудын оролцсон байдал нь ДЦС 716 МВт буюу 85%, НЦС 0%, СЦС 91 МВт буюу 11%, Экспорт 30МВт буюу 4%-тай байна (Зураг 9).



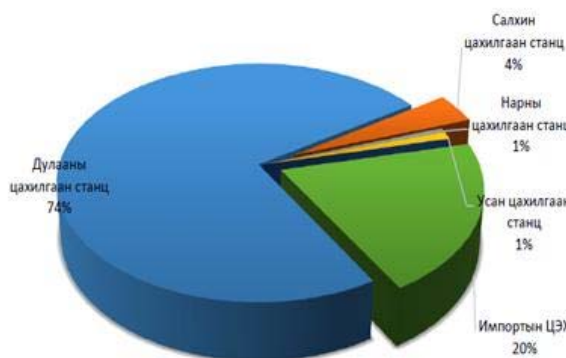
Зураг 9. Станцуудын хоногийн бага ачаалалд оролцсон бүтэц.

Эндээс авч үзэхэд хоногийн ачааллын их бага утгын зөрүү 264 МВт ба их ачааллын 25%-иар хувьсан өөрчлөгдөж байна. Энэхүү өөрчлөлтийн дийлэнх хувийг ДЦС-4 135 МВт үлдсэн хэсгийг ОХУ-ын импортын 220 кВ-ын шугамаар ачааллын нарийн өөрчлөлтийг тохируулж ТБЭХС-ийн тогтвортой найдвартай ажиллагааг ханган ажиллаж байна [6].

2018 онд нийт дүнгээр ДЦС-уудаар 73,99% буюу 6118.9 сая кВт.цаг, УЦС-аар 0,96% буюу 79.2 сая кВт.цаг, СЦС-аар 4,06% буюу 336.1 сая кВт.цаг, НЦС-

аар 0,62% буюу 50.9 сая кВт.цаг, дизель станцаар 0,04% буюу 3,1 сая кВт.цаг цахилгаан эрчим үйлдвэрлэн, нийт 7449.4 сая кВт.цаг цахилгаан эрчим болон 8463.9 мян.Гкал дулааны эрчмийг түгээжээ (Зураг 10).

Монгол улсын хэмжээнд 17 хилийн боомтоор нийт хэрэглээний 20,34% буюу 1681.7 сая кВт.цаг цахилгаан эрчим импортолсон ба 26.9 сая кВт цаг цахилгаан эрчим экспортолжээ.



Зураг 10. 2018 оны Монгол улсын цахилгаан эрчмийн хэрэглээний бүтэц.

ДҮГНЭЛТ

Цахилгаан үйлдвэрлэлт ба түгээлт нь нэгэн эгшинд зэрэг явагдаж байдгаараа онцлогтой, үүнээс шалтгаалж горим ажиллагааг хэвийн хэмжээнд хангаж ажиллах асуудал цаг ямагт хурцаар тавигддаг ба энэхүү салбарын найдвартай ажиллах асуудлыг ямагт нэн тэргүүнд хөндөж байдаг салшгүй үндэслэл юм.

Төвийн бүс нь ДЦС дээр суурилагдсан бөгөөд ДЦС-уудын хүчин чадал нь харилцан адилгүй тул томоохон станцын горим ажиллагаа доголдоход системийн тогтвортой ажиллагаанд шууд нөлөөлдөг. Иймд эх үүсвэрийн бүтцийн асуудлыг оновчтой болгох асуудал хурц хэвээр байна.

SOLAR PUMP ТЕХНОЛОГИЙГ АШИГЛАХ НЬ

А.Балжинням*, П.Болдсайхан*, Ш.Гантөмөр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Орчин үед хүн төрөлхтөн асар хурдацтайгаар хөгжил дэвшлийг буй болгон санаанд ч оромгүй зүйлийг бүтээж, тэдгээрийг өдөр тутмын ердийн хэрэглээ болгон ашиглаж цаг хугацааг хэмнэх, хөдөлмөр эрхлэлтийг хялбарчлах болон амьдрах нөхцөл байдлаа дээд зэргээр хангах зүйлсийг бүтээн хэрэглэж байна. Үүний зэрэгцээ байгаль экологийн тэнцвэртэй байдлыг хадгалах мөн байгальд ээлтэй техник технологийн ашиглах болжээ. Шинэ техник технологийг гэр ахуйн хэрэгслээс эхлээд томоохон үйлдвэр, тоног төхөөрөмж ажиллуулахад өргөнөөр хэрэглэж байна.

Түлхүүр үг. Solar pump, ACS355, нарны самбар, насос, худаг, усан сан.

1. ОРШИЛ

XXI зуун гарснаар шинэ техник технологиуд бий болохын зэрэгцээ байгаль орчны тэнцвэргүй байдал маш

Төвийн бүсийн сүүлийн 10 жилийн их ачаалал ба бага ачааллын харьцааг харвал бага ачааллын төвшин 25.8% өссөн байхад их ачааллын төвшин 60.7% өссөн байна. Цахилгаан эрчим хүчний өсөлттэй холбоотойгоор ТБЭХС-ийн оргил ачаалал жилээс жилд өсөн нэмэгдэж байгаа бөгөөд 2017 онд 1016 МВт байсан бол 2018 онд 1187 МВт хүрсэн байна. Энэ нь ачааллын графикийн жигд бусын байдал ихсэж нөгөө талдаа горим зохицуулалтанд ихээхэн хүндрэлтэй бөгөөд жилийн хугацаанд 762 МВт савлагааг зохицуулж ажиллана гэсэн үг юм.

Ачааллын өсөлтийн тооцоогоор 2025 онд оргил ачаалал 1409 МВт хүрэх тул энэ ачааллыг хаах эрчим хүчний эх үүсвэр дутагдалтай байна. Дээрх асуудал салбарын томоохон тулгамдсан асуудал болоод үүнийг шийдэх нэлээн хэдэн төсөл хөтөлбөрүүд дэвшүүлээд байгаа болно.

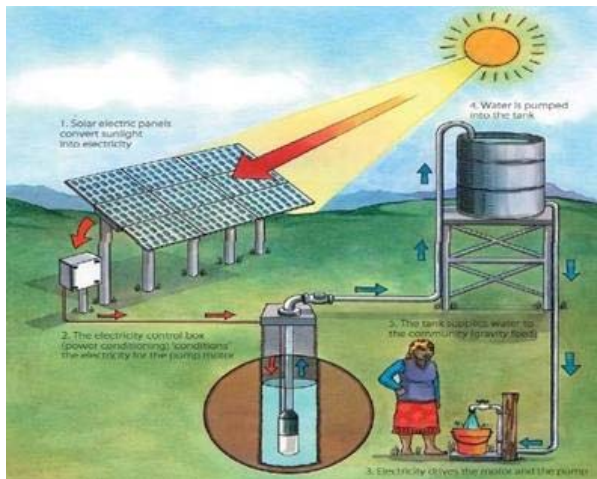
Ашигласан ном, материал

1. Содномдорж Д. Цахилгаан эрчим хүчний системийн горимын цогцолбор судлал ба математик загварчлал. УБ., Шилмэл бүтээл 2012, -827 х.
2. Содномдорж Д. Инженерийн судалгааны математик аргууд. УБ, Нэг сэдэвт бүтээл 2009, -267 х.
3. Авдай Ч. Судалгаа шинжилгээний ажил гүйцэтгэх арга зүй. УБ., 2015, -279 х.
4. Ёндонгомбо Г, Өнөрмөө Ц. Монгол улсын эрчим хүчний салбарын хөгжлийн концепц, 2018, - 66 х.
5. Гантөмөр Ш. Цахилгаан шугам сүлжээ, систем. УБ., 2017, -1100х
6. Эрчим хүчний статистикийн үзүүлэлтүүд. Эрчим хүчний зохицуулах хороо, 2011-2017, -75 х.
7. Website: Эрчим хүчний зохицуулах хороо - <http://erc.gov.mn/> 2019.01.28
8. Website: Диспетчерийн Үндэсний Төв ХХК - <http://ndc.energy.mn> 2019.01.14
9. Website: ДЦС-3 ТӨХК-<http://tes3.energy.mn/109> 2019.01.14

их хөндөгдөх болсон. Манай улсын хувьд болоод цахилгаан энерги хэрэглэдэг ямар ч газар цахилгаан энергийн үр ашигтай, хэмнэлттэй хэрэглээг бий болгохоос үүдэн цахилгаан бага зарцуулдаг технологи ашиглах нь байгаль орчны доройтлыг бууруулах зэрэг нь нэн тэргүүнд яригдах асуудлын нэг юм. Бид дээрх асуудалд үндэслэн Solar pump технологийг газар тариалан болоод фермерийн аж ахуй нэгжүүдэд ашиглан үр ашигтай байдлыг бий болгохыг зорьсон.

2. Судалгааны зорилго

“Сэргээгдэх эрчим хүчийг хэрэглээнд нэвтрүүлэх”, “Хариуцлагатай хэрэглээг дэмжих” зэрэг зорилтуудын хүрээнд бид Solar pump технологи ашиглан дээрх асуудлыг хөндөхийн зэрэгцээ эдийн засгийн болоод хөдөлмөр зарцуулалтын хувьд үр ашиг өндөртэй байдлыг бий болгох. Энэхүү ажлын хүрээнд СЭХ-ийг өөрсдийн ахуйн хэрэглээнд хэрхэн үр ашигтай ашиглаж болох талаар ойлгуулах явдал юм.



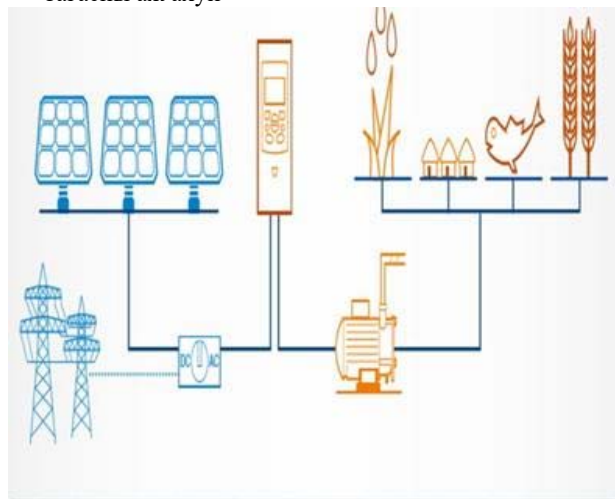
Зураг 1. Solar pump.

Давуу тал: Solar pump технологи нь дизель генератортай харьцуулахад:

- Байгаль орчинд ээлтэй
- Ашиглалтын хугацаа урт
- Бохирдол үүсгэхгүй
- Дуу чимээ гарахгүй
- 220В хосолмол ажиллагаатай

Хэрэглээ:

- Усалгаатай газар тариалан
- Олон нийтийн усан хангамж
- Хөдөө аж ахуй
- Загасны аж ахуй



Зураг 2. Solar pump хэрэглээ.

ACS-355 machinery drive

Энэхүү төхөөрөмж нь нэгэн төрлийн инвертор бөгөөд суурилуулж ашиглахад энгийн, хөдөлмөр, цаг хугацааг хэмнэсэн ухаалаг технологи юм. ACS-355 нь өөр дээрээ олон төрлийн модультай ба энэ нь хүчдэл, гүйдэл, давтамж, хурд, чадал зэргээ тохируулах бүрэн боломжтой юм.

Онцлог:

- 0.35-45 кВт / 0.5-60 Гц
- Оновчтой загвар, овор хэмжээ багатай суурилуулахад цаг хугацаа бага зарцуулна.

- Асинхрон мотор болон соронзон моторыг аль алиныг нь ажиллуулах чадвартай вектор удирдлагатай.
- Их хэмжээний гүйдэл хувиргах уян хатан холболттой.
- Шууд болон урвуу дарааллын бие даасан үйлдлийн програмтай.
- Үндсэн тохиргоондоо урьдчилан сэргийлэх макро програмтай.



Зураг 3. ACS355 харагдах байдал

3. Судалгааны арга зүй



Зураг 4. Судалгааны арга зүй.

4. Судалгааны объект

Төв аймгийн Батсүмбэр сум Партизаны сангийн аж ахуй. Худгийн гүн 80 м. Усалгааны нийт талбайн хэмжээ 0.7га, 0.2га. Насосын чадал 1.6 кВт.



Зураг 5. Судалгаа объект.

Цахилгаан ба нарны үүсгэгчийг инвертортэй холбосон байдал.



Зураг 6. Суурилагдсан байдал.

Хүснэгт 1

Дизель генератор болон Solar pump технологийн техникийн харьцуулалт:

№		Дизель генератор	Solar pump
1	Чадал	Хэвийн чадал: 2.5кВт Дээд чадал: 3.5кВт	1.3 кВт
2	Шатахууны төрөл	Бензин	-
3	Дууны хүч	78Дба	-
4	Түлшний зарцуулалт	1.1 л	-
5	Давтамж	50 Гц	50Гц
6	Нийт үнэ	1,049,990.0	6,368,000.0

Хүснэгт 2

Solar pump технологийн хөрөнгө оруулалтын зардлыг тооцож үзвэл:

№	Эд анги	Тоо	Ширхэг үнэ	Үнэ
1	Самбар	6	550,000.0	3,300,000.0
2	Инвертор	1	936,000.0	936,000.0
3	Хайрцаг	1	100,000.0	100,000.0
4	Насос	1	1,032,000.0	1,032,000.0
5	Бусад		1,000,000.0	1,000,000.0
6	Нийт үнэ			6,368,000.0

Хүснэгт 3

№	Эд анги	Тоо	Ширхэг үнэ
1	Дизель хөдөлгүүр	1	1,029,500.0
2	Насос	1	1,032,000.0
3	Бусад		800,000.0
4	Нийт		2,862,500.0

5. Тооцоо

$$P_{\text{үнэ}} = P * p * t \quad (1)$$

Энд: P = чадал (кВт)

$P_{\text{үнэ}}$ = Үнэ (төг)

t = хугацаа (цаг)

p = 1кВт.ц үнэ (төг)

Дизель генератор:

1 хоног: $P = 2.5 * 1850 * 3 = 13,875.0$ төг

1 сар: $P = 13,875 * 15 = 208,125.0$ төг

1 жилд: $P = 208,125 * 7 = 1,456,875.0$ төг

Цахилгаан 220В:

1 хоног: $P = 1.5 * 146,30 * 3 = 658.35$ төг

1 сар: $P = 658.35 * 15 = 9,875.25$ төг

1 жилд: $P = 9,875.25 * 7 = 69,126.75$ төг

Хүснэгт 4

№	Дизель генератор (1.5 кВт)	Цахилгаан 220В (1.3 кВт)	Нэгж
1 хоног	13,875.0	658.35	Төгрөг, ₮
1 сард	208,125.0	9,875.25	
1 жил	1,456,875.0	69,126.75	
5 жил	7,284,375.0	345,633.75	

Хүснэгт 4-ийн тооцооноос үзэхэд дизель генераторын ашиглалтын 5 жилийн хугацаан дахь зардал нь Solar Pump технологийн хөрөнгө оруулалтын нийт зардлыг нөхөж байна.

ДҮГНЭЛТ

Байгаль орчинд ямар нэгэн сөрөг нөлөө үзүүлэхгүйгээр цахилгаан эрчим хүчийг гарган авах боломжтой.

Цахилгаан шугам сүлжээнээс алслагдсан болон үүнтэй холбоотой газарт аль алинд нь ашиглах боломжтой

Газар тариалан, фермер, мал аж ахуй эрхлэгчид дизель генераторын оронд Solar pump технологийг ашиглах нь хөдөлмөр эрхлэлтийг хөнгөвчлөн цахилгаан эрчим хүч хэмнэх, эдийн засгийн хувьд ихээхэн үр ашигтай байдлыг бий болгох боломжтой

Монгол улсын нийт нутаг дэвсгэрт жилийн 270-300 өдөр цэлмэг бөгөөд нарны гийгүүлэх хугацаа жилд дунджаар 2250-3300 цаг байна. Жилд тусах нарны цацрагийн хэмжээ нэг ам метр талбайд 1200-1600 кВт бөгөөд эрчимшил нь өдөрт 4.3-4.7 кВт цаг/ам метрээс их байна. Үүнээс үндэслээд улирал харгалзахгүй ашиглах боломжтой Solar Pump технологи нь өндөр ашигтай болох нь харагдаж байна.

Ашигласан материал

1. Цэрэндорж З., Эрдэнэтуяа Ц. Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ ба энергийн хуримтлуур, УБ., 2016
2. Содномдорж Д. Энергийн гайхамшиг ба түүний хувирлууд, УБ., 2017
3. Авдай. Ч, Энхтуяа. Д Судалгаа шинжилгээний ажил гүйцэтгэх арга зүй УБ., 2007
4. new.abb.com/drives/low-voltageac/machinery/acs355 2019.01.26
5. <https://unitra.mn/product/4926> 2019.01.26
<https://www.legalinfo.mn/annex/details/3220?lawid=6485> 2019.01.26

ОФФИС ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ БАРИЛГЫН АЯНГА ХАМГААЛАЛТ, ГАЗАРДУУЛГАНД ШИНЭ ТЕХНОЛОГИ АШИГЛАСАН ҮР ДҮН

Л.Идэржаргал*, М.Уранцэцэг*, Ж.Нандагсамба*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Монгол улсын барилгын салбар хурдацтай хөгжиж өндөр барилга байгууламж маш ихээр баригдаж буй өнөө үед тухайн барилга байгууламжийн аянга хамгаалалт, аяндын хоёрдогч үйлчлэл, цахилгаан болон электроникийн төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон нийцлийг бүрэн хангахын тулд шинэ технологийн аянга хамгаалалтын иж бүрдлийг нэвтрүүлэх тухай энэ өгүүлэлд бичсэн болно.

Онолын хэсэг

Аяндын шууд ниргэлэг нь тухайн объект болон түүний орчин тойронд хир зэрэг аюул учруулахаас нь хамааруулан бүх объектуудыг ерөнхийд нь:

1. Ердийн объект
2. Тусгай объект гэж хоёр том хэсэгт хуваана.

Аяндын ниргэлэгийн учруулах шууд аюулд гал түймэр гарах, барилга байгууламжуудад механик гэмтэл гарч нурах, эвдрэх мөн цахилгаан болон электрон тоноглолын ажиллагаанд саатал, гэмтэл гарч радио идэвхит бодис, химийн хорт элементүүд бактер, вирусүүд алдагдах зэрэг аюултай үзэгдлүүд багтана.

Сүүлийн үеийн удирдлага, мэдээлэл хяналтуудын системүүд, мөн тэдгээрийн цахилгаан хангамжинд гарах саатлууд нь нийгэмд онцгой аюул учруулдаг, мөн эдгээр төхөөрөмжүүдийн ажлын хүчдлийн түвшин нь маш бага байх тул ийм төхөөрөмжүүдэд аянга хамгаалалтын тусгай арга хэмжээнүүдийг авах шаардлагатай болдог.

Ердийн объектууд – 60 м-ээс ихгүй өндөртэй, худалдаа, аж үйлдвэр, хөдөө аж ахуйд зориулагдсан барилга байгууламжууд мөн орон сууцны болон төр захиргааны барилгууд энэ ангилалд багтана.

Тусгай объектууд – Энд дараах барилга байгууламжууд багтана. Үүнд:

- Хүрээлэн буй орчиндоо шууд бус аюул учруулж болох объектууд.
- Аянга ниргэх үед хортой биологийн, химийн болон радио идэвхт бодисын хаягдал гаргаж хүн амьтны амнаас ахуй орчинд аюул учруулах объектууд.
- Аянга хамгаалалтын тусгай арга техникээр тоноглогдох бусад объектууд, тухайлбал: 60 м-ээс дээш өндөртэй барилга байгууламж, амралт, тоглоомын газрууд, түр хугацааны барилга байгууламж, мөн шинээр баригдаж буй объектууд г.м.
- Ердийн объектыг аяндын шууд ниргэлтээс (АШН)-ээс хамгаалах хамгаалалтын найдваржилтын түвшин.

Хүснэгт 1

Хамгаалалтын түвшин	АШН-ээс хамгаалах найдваржилт
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Тусгай объектуудын хувьд АШН-ээс хамгаалагдах хамгаалалтын зөвшөөрөгдөх хамгийн бага түвшинг 0,9-0,999 хооронд авах ба түүнийг ямар хэмжээнд авахыг улсын мэргэжлийн хяналтын байгууллагын дүгнэлт, зөвшөөрөлтэйгөөр тогтооно.

Аяндын гүйдлийн үндсэн параметрууд

Аяндын гүйдлийн үзүүлэлтүүд нь аянга ниргэх үеийн механик болон дулааны үйлчлэлийг тооцоолох, мөн түүнчлэн цахилгаан соронзон орны үйлчлэлээс хамгаалах хамгаалалтын хэрэгслэлийг нормчилоход нэн шаардлагатай хэмжигдэхүүн юм.

Аяндын гүйдлийн үйлчлэлийн ангилал

Аяндын хамгаалалтын түвшин бүрд аяндын гүйдлийн үзүүлэлтүүдийн хамгийн их зөвшөөрөгдөх утгуудыг тодорхойлох ёстой. Энэхүү нормативт өгөгдсөн өгөгдлүүд нь үүлнээс буух болон газраас тосох аяндын ниргэлэгүүдэд нэгэн адил хамаарна.

Аяндын гүйдлийн эерэг ба сөрөг туйлын аль нь байх нь тухайн газар нутгийн байрлалаас хамаарна. Тухайн газар нутагт аяндын хэмжилт судалгаа хийгдээгүй тохиолдолд нийт гүйдлийн 90 % нь сөрөг туйлтай, 10 % нь эерэг туйлтай байна гэж авч үзнэ.

Аяндын гүйдлийн механик болон дулааны үйлчлэлийг тодорхойлох үндсэн үзүүлэлтүүд нь:

- Аяндын гүйдлийн хамгийн их оргил утга, $I_{\text{аян}}$ (килоампераар)
- Ниргэлэгийн нийт цэнэг $Q_{\text{нийт}}$ (кулоноор)
- Нэгж импульсийн цэнэг $Q_{\text{имп}}$ (кулоноор)
- Хувийн энерги W/R (Килоджоул/ом) зэрэг болно

Эдгээр үзүүлэлтүүдийн хамгийн их утга нь эерэг туйлтай аяндын ниргэлэгийн үед ажиглагдана.

Индукцлагдсан хэт хүчдэлээс үүдэлтэй гэмтэл нь аяндын гүйдлийн нүүрний хэсгийн өсөлтийн хурдаас ихээхэн хамаарна. Энэхүү өсөлтийн хурдыг аяндын гүйдлийн бас нэг үзүүлэлт болгон цаашид аяндын гүйдлийн эгцрэл гэж нэрлэх болно. Аяндын гүйдлийн хамгийн их оргил утгын 30%-ийн болон 90%-ийн түвшинд гүйдлийн эгцрэлийг тодорхойлно. Эгцрэлийн хамгийн их утга нь сөрөг туйлтай ниргэлэгийн хоёрдогч импульсэд ажиглагдана.

Аяндын гүйдлийн үзүүлэлтүүдийн тооцооны утгууд

Хамгаалалтын найдваржилтын түвшинд харгалзах аяндын гүйдлийн үзүүлэлтүүдийн тооцооны утгуудыг үзүүлэв.

Аянгын гүйдлийн үзүүлэлтүүдийн тооцооны утгууд

Аянгын гүйдлийн үзүүлэлтүүд	Хамгаалалтын найдваржилтын түвшин		
	I	II	III, IV
Гүйдлийн оргил утга $I_{аянг,кА}$	200	150	100
$Q_{нийг,ниргэлэгийн}$ нийт цэнэг, Кл	300	225	150
$Q_{имп,нэгж}$ импульс дэхь цэнэг, Кл	100	75	50
W/Rхувийн энерги, кДж/Ом	10000	5600	2500
Дундаж эгцрэл, кА/мкс	200	150	100

Аянгын хоёрдогч үйлчлэлээс хамгаалах Ерөнхий хэсэг

Олон Улсын Цахилгаан Техникийн Хорооны 61312 стандартаар аянгын цахилгаан ба электрон системийн хоёрдогч үйлчлэлээс хамгаалах үндсэн зарчмыг 4 байрлалд хуваана. Энэ систем нь үйлдвэрлэлийн маш олон салбаруудад ашиглагдаж байгаа бөгөөд нийлмэл, үнэ өртөг өндөртэй тоног төхөөрөмж хэрэглэдэг. Тэдгээр нь аянгын үйлчлэлийг мэдрэх чадвар өндөртэй учраас аянгын аюултай үйлчлэлээс хамгаалах зорилгоор тусгайлан ашигладаг.

Аянгын үйлчлэлээс хамгаалах бүсүүд

Цахилгаан ба электрон системүүд байрласан орон зай нь өөр өөр зэрэглэлтэй бүсүүдэд хуваагдсан байх ёстой. Бүсүүд нь өөрийн хил хязгаар орчиндоо цахилгаан соронзон хэмжигдэхүүнийхээ гол өөрчлөлтөөр тодорхойлогдоно. Ер нь бүсийн зэрэглэлийн их болох тусам бүсийн орон зай доторх цахилгаан соронзон орны үзүүлэлт, гүйдэл болон хүчдэлийн утга бага байх болно.

0 бүс – байрласан бүх объект нь аянгын шууд цохилтонд өртөж болох бүс. Иймд тэдгээрээр аянгын бүрэн гүйдэл урсаж болно. Энэ хэсэгт цахилгаан соронзон орон хамгийн их утга авна.

0_E бүс – объектууд нь аянгын шууд цохилтонд өртөхгүй ч, цахилгаан соронзон орон мөн л хамгийн их утгатай сулраагүй хэвээр байх болно.

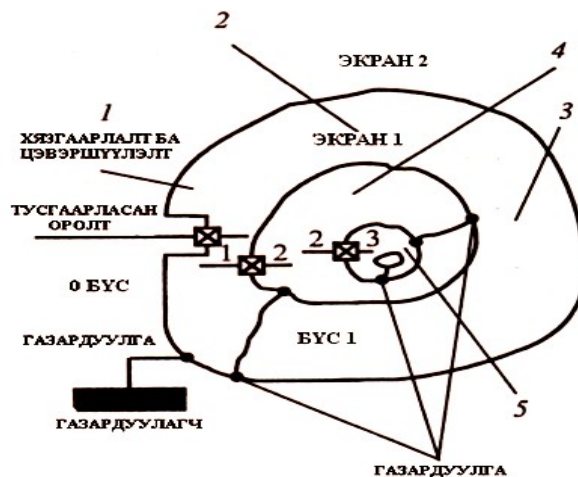
1 бүс - объектууд нь аянгын шууд цохилтонд өртөхгүй ба бүсэд хамрагдах дамжуулагч элементүүдийн гүйдэл нь 0_E бүсийнхтэй харьцуулахад бага байна. Энэ бүсийн цахилгаан соронзон орон нь экранчлах аргаар суларч болно.

Бусад бүсүүдийг цаашид гүйдлийг багасгах, эсвэл цахилгаан соронзон орныг сулруулах шаардлагатай бол тогтоож өгнө. Эдгээр бүсүүдийн параметрт тавигдах шаардлага нь объектын янз бүрийн бүсүүдийн хамгаалалтанд тавигдах шаардлагаар тодорхойлогдоно.

Хамгаалагдаж буй орон зайг аянга хамгаалалтын бүсүүдэд хуваах ерөнхий зарчмыг Зураг 1-д үзүүлэв.

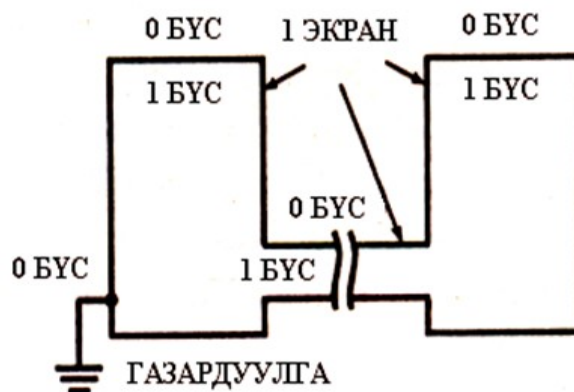
Бүсүүдийн хил хязгаарууд дээр түүнийг нэвтлэгч бүх металл элемент болон харилцааг экранчлах, нэгтгэх арга хэмжээнүүд хийгдсэн байна..

Орон зайн хувьд хоёр хуваагдсан 1 бүс нь экранчилсан холболтын тусламжтайгаар ерөнхий бүс үүсгэж болно (зураг 2).



Зураг 1. Аянгын үйлчлэлээс хамгаалах бүсүүд:

- 1- 0 бүс (гадаад хүрээлэл)
- 2- 1 бүс (дотоод цахилгаан соронзон байрлал)
- 3- 2 бүс
- 4- 2 бүс (шкаф доторх байрлал)
- 5- 3 бүс



Зураг 2. Хоёр бүсийн холболт

Шинэ технологийн аянга хамгаалалт газардуулах байгууламжийг Соёмбот оффис үйлчилгээний барилгын газардуулга аянга хамгаалалтын тооцоо, нэг маягийн зураг төслийг дараах байдлаар үзүүлэв.

Ground Calculation Of SOYOMBOT Building in Mongolia

Data of ground grid			
Data of ground grid	Earth bar	Thickness of bare cooper : BC 70 [mm] Total Length of Ground Conductors: 364.13 [m]	Number of Rods: Rods(φ 250 x 1,000 mm) 40 [EA]
Data of ground grid	Earth bar Surface Material	Resistivity 3,000 [Ω · m], Depth 0.1[m]	
Data of ground grid	Ground resistance	Upper Layer Soil : 1,000 [Ω · m] Lower Layer Soil : 1,000 [Ω · m] Depth : 0 [m]	* estimated layer resistivity
Data of ground grid	Grid current	Adjusted Electrical Current Flowing in Electrode 800 [A]	
Rod Data	Request Ground Resistance		The result of simulation
	Resistance	10 [Ω]	9.0563 [Ω]
	GPR	7,245.1 [V]	

Зураг 3. Соёмбот оффис үйлчилгээний барилгын газардуулгын тооцооны e тар програм ашиглан нэгтгэсэн үр дүн

◆ The result of simulation ◆

1. The result of simulation

```

===== < GROUNDING (SYSTEM INFORMATION SUMMARY) > =====
Run ID.....: SOYOMBOT Building in Mongolia
System of Units.....: Metric
Earth Potential Calculations.....: Single Electrode Case
Mutual Resistance Calculations.....: NO
Main Ground Resistance and GPR Calculations.....: Representative Point Method
Type of Electrodes Considered.....: Main Electrode ONLY
Soil Type Selected.....: Uniform or Two-Layer Horizontal
SPLITS/FCDIST Scaling Factor.....: 1.0000

EARTH PARAMETERS FOR HORIZONTALLY-LAYERED SOIL

TOP LAYER RESISTIVITY = 1,000 ohm-meters
BOTTOM LAYER RESISTIVITY = 1,000 ohm-meters
REFLECTION COEFFICIENT = 0.0000 per unit
TOP LAYER HEIGHT = 0.0000 METERS

CONFIGURATION OF MAIN ELECTRODE

Original Electrical Current Flowing In Electrode...: 8,000 amperes
Current Scaling Factor (SPLITS/FCDIST/specified)...: 0.100
Adjusted Electrical Current Flowing In Electrode...: 800 amperes
Number of Conductors in Electrode.....: 62
Resistance of Electrode System.....: 9.0563 ohms

SUBDIVISION

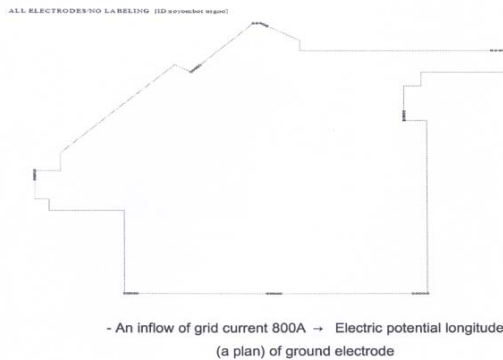
Grand Total of Conductors After Subdivision...: 153
Total Current Flowing In Main Electrode.....: 800 amperes
Total Buried Length of Main Electrode.....: 364.13 meters

EARTH POTENTIAL COMPUTATIONS

Main Electrode Potential Rise (GPR).....: 7,245.1 volts
(based on two representative points)
    
```

Зураг 4. Соёмбот оффис үйлчилгээний барилгын газардуулгын тооцооны симмуляцийн тооцооны үр дүн

3. Design structure(2D)



Зураг 5. Соёмбот оффис үйлчилгээний барилгын 2D газардуулах байгууламжийн зураг

ЧАДЛЫН ИТГЭЛЦҮҮРИЙГ ДЭЭШЛҮҮЛЖ, ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧИЙГ ХЭМНЭХ БОЛОМЖ

А.Амар*, М.Урангоо*, Ж.Нандагсамба*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Цахилгаан хангамжийн системд ашиглагдаж байгаа цахилгаан хэрэглэгчүүдэд чадлын итгэлцүүрийг зөв тодорхойлсноор цахилгаан шугам сүлжээний хувьд ч хэрэглэгчдийн хувьд ч ямар ямар ашигтай үр дагаврууд бий болох талаар энэхүү илтгэлд авч үзсэн болно.

Түлхүүр үг. чадлын итгэлцүүр, цахилгаан эрчим хүч, алдагдал.

ДҮГНЭЛТ

Орчин үеийн өндөр барилга байгууламжуудын хувьд аянга хамгаалалтын шинэ технологиудыг зайлшгүй ашиглах шаардлагатай болж байна.

Энэхүү өгүүлэлд Соёмбот оффис үйлчилгээний барилгын газардуулах байгууламжид нүүрстөрөгчийн электродын системийг ашиглаж, газардуулах байгууламжийн тооцоог гүйцэтгэсэн болно. Мөн түүнчлэн газардуулах байгууламжийн нэг маягийн зураг төслийг 2D болон 3D хувилбараар боловсруулж, аянга буух үед газардлагын потенциалын тархалтын зүй тогтолыг 3D хувилбараар байгуулж, цахилгаан соронзон нийцлийн хэвийн хэмжээг тодорхойлж, цахилгаан болон электрон төхөөрөмжүүдийн хэвийн найдвартай ажиллагааг бүрэн хангасан болно.

Мөн барилга байгууламжийг аянгын шууд ниргэлгээс хамгаалах тусгай зориулалтын аянга хүлээн авагч, иж бүрдлүүдийг Монгол орны нөхцөлд туршиж, тооцоо-хэмжилт-туршилтыг хийж байна.

Ашигласан материал:

1. Ж.Намдагсамба “Барилга байгууламжийн аянга хамгаалалтын зураг төсөл зохиох заавар” 2008 он.
2. OMNI PLS UIJAE ELECTRICAL RESEARCH INSTITUTE “CARBON LOW RESISTANCE GROUNDING MODULES”.
3. IEEE papers of OMNI Bipolar Conventional Air Terminal 2013.
4. The “House Soyombot” housing and office building /Grounding & lighting construction/ 2014.

ОРШИЛ

Олон улсын цахилгаан техникийн хорооны эрдэмтдийн судалгаагаар цахилгаан шугам сүлжээний хэрэглэгчдийн чадлын итгэлцүүрийг дээшлүүлснээр хуурмаг чадлын хэрэгцээ багасна, бүрэн чадлын хэрэгцээ багасч улмаар трансформаторын хүчин чадал, цахилгаан шугам сүлжээний ачаалал багасан, шугамын алдагдал буурна, хуваарилах байгууламжийн

хүчин чадал бага, кабель шугам, шинийн хөндлөн огтлол багасч, бүрэн чадлын хэрэгцээ буурдагийг тодорхойлсон байна.

Хуурмаг чадлын онолын үндэслэл

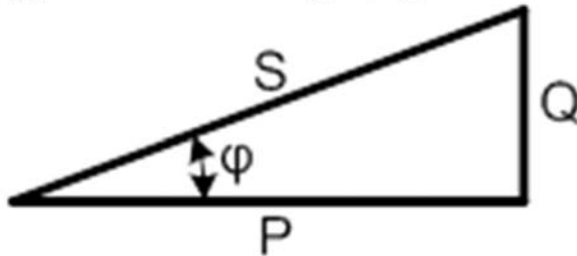
Цахилгаан хангамжийн болон эрчим хүчний системийн үйл ажиллагаа чадлын өөрчлөлтөөр тодорхойлогддог. Хуурмаг чадал нь эрчим хүчийг өөр энергид хувиргахгүй, түүнчлэн түүнийг үйлдвэрлэхэд өөр төрлийн эрчим хүч шаардахгүй, тэгээд ч ажил хийдэггүй. Харин бодит чадал нь ажил хийж, түүнийг механик, дулааны болон химийн энергид хувиргадаг билээ.

Хувьсах гүйдлийн хэлхээн дэх чадал, гүйдэл, хүчдлийн утгын үржвэрийг тэдний фазаар давхцах үеийн үржвэрээр тодорхойлогдоно.

$$S = UI \quad P = S \cos \varphi \quad Q = UI \sin \varphi$$

Хуурмаг чадал гэдэг нь хувьсах гүйдлийн эх үүсгэврээс дөрөвний нэг үед нь хуурмаг эсэргүүцэл бүхий гадаад хэлхээнд өгөгдөж, дараагийн дөрөвний нэг үед нь эргүүлэн авах зарчим бүхий “солилцооны” чадал юм. Гадаад хэлхээнд нэгэнт хэрэглэгдээгүй энергийн хувьд тэр нь гадаад хэлхээ буюу эх үүсгэврийн хооронд шилжин хэлбэлзэх ба өөрөөр хэлбэл, түр зуурт хуримтлагдах багтаамж /үйлдвэрлэгдэх/-ийн ба нөлөөмж /хэрэглэгдэх/-ийн эрчим хүч болох бөгөөд дараа нь өөр эх үүсгэвэрт өгөгдөж болох юм.

Нөгөөтэйгүүр цахилгаан техникийн ихэнх хэрэгслэл /хөдөлгүүр, трансформатор, кондиционер, статик хувиргуур, туузан дамжлага, люминесцентийн ламп г.м/ нь бодит чадал хэрэглэхийн зэрэгцээ нөлөөмжийн эсэргүүцэл бүхий ороомогтой байдаг тул хуурмаг чадлыг зайлшгүй хэрэглэдэг байна. Хуурмаг чадлын ойлголтыг зургаар дүрсэлбэл:



Зураг 1.

$$\cos \varphi = \frac{\text{бодит чадал}}{\text{бүрэн чадал}} = \frac{kW}{kVA} = \frac{kW}{\text{бодит чадал} + \text{хуурмаг чадал}} = \frac{kW}{kW + kVAr}$$

Шар айрагны жишээн дээр хөөс их байх тусам /өндөр kVar/-тай харин чадлын итгэлцүүр $\cos \varphi$ 1-тэй тэнцүү байна.

Онгоцны жишээгээр авч үзвэл, тухайн онгоц зорьсон газраа хүрэхийн тулд эхлээд хөөрөх, замд тохиолдож болох хадан хясаа, өндөр уул зэрэг саадыг тойрон өөрийн агаарын замыг туулахад хуурмаг чадлын хэрэгцээ шаардлага гарч байна.

Иймд нэг талаас хэрэглэгчийн цахилгааны төлбөр тооцоонд хэмнэлт гаргах, нөгөөтэйгүүр цахилгаан түгээх сүлжээний хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх үүднээс чадлын итгэлцүүрийг хэрхэн сайжруулах вэ? гэсэн асуулт тавигдаж байна.

Хуурмаг чадлын компенсаци/тэгшитгэх/-Олон улсын практикт

Ихэнх улс орнуудын томоохон үйлдвэр, байгууллагын $\cos \varphi$ 0.95-аас доош үед хуурмаг энергийн 1 kVar тутамд нэмэлт төлбөр тооцдог эсвэл чадлын итгэлцүүрийн харгалзах утганд төлбөр тооцох гэсэн хоёр төрлийн зохицуулалт хэрэглэдэг байна. Үүнийг хүснэгт 1-ээр үзүүлбэл:

Хүснэгт 1

Улсууд	$\cos \varphi$ зорилготой түвшин	Хуурмаг чадлын нэг kVar-т ногдох тариф, эсвэл $\cos \varphi$ -гээс хамаарсан нэмэлт төлбөрүүд
Чех	1/0,95	$\cos \varphi$ 0,5-аас доош бол үндсэн тарифыг 2 дахин өсгөж тооцдог
Турк		Батлагдсан 1 кВт.т ногдох үнэ тарифын 50 %-иар тооцдог
Герман	0,95/0,9	Цахилгаан түгээх компаниас хамаарна
Австри	0,95	0,018-0,025 евро/kVar
Канада	0,95/0,9	Муж бүрийн дүрэм журамтай
Испани	0,95	0,9-0,95 бол 0,0001 евро, 0,85-0,9 бол 0,012 евро, 0,8-0,85 бол 0,0253 евро, 0,8-аас доош 0,038 евро
Ирланд		\$ 1,5/МВар.ц
Англи	0,95/0,85	\$ 2,4/МВар.ц
Франц	0,92	0,2/Улсын мөнгөн тэмдэгтээр/
АНУ	0,95/0,9	Торгууль муж бүрээр ялгаатай. 2011 оноос эхлэн Нью-Йорк мужийн томоохон хэрэглэгчид хуурмаг чадлын торгууль төлж эхэлсэн.
Эстони	0,95	Латви, Литви улсад мөн адил
Румын	0,95	tgg 0,3-1 бол 0,6, tgg1-2бол 1,tgg2-3бол 2
Аргентин		\$ 0,15/МВар.ц
Тайланд	0,85 түнхээс дээш	\$ 0,35/МВар.ц
Хятад	0,90	Хот бүсчлэлийн тарифын бодлоготой
Австрали	0,93/0,9	Хуурмаг чадлын тариф \$10/kVA
Монгол	0,86 түнхээс дээш	$\cos \varphi$ -ээс хамаарч сарын хэрэгцээнд 20 % хүртэл нэмэлт төлбөр тооцно

Дээрх хүснэгтээс харахад ихэнх улс оронд $\cos \varphi$ -г 0.9-д хүргэх зорилт тавьдаг байна. Чадлын итгэлцүүр дээшлэх тусам хуурмаг чадлын төлбөр буурах болно. $\cos \varphi$ дээшилснээр тухайн үйлдвэр, компанийн цахилгааны зардал нэмэгдэхийн сацуу цахилгаан түгээх сүлжээний болон трансформаторын хүчний чадлын ашиглалт сайжирдаг.

Гадаад улс орнуудад тухайн улсын зохицуулах газраас хуурмаг чадлын төлбөр тооцоотой холбоотой дүрэм, журмыг баталж мөрдүүлдэг. Тухайлбал: Чех улсад $\cos \varphi$ 0.95 буюу түүнээс дээш тохиолдолд ямар нэгэн төлбөр урамшуулал тооцдоггүй, харин $\cos \varphi$ = 0.94-0.95 хүртэл багасахад 1 кВт.ц цахилгааны тарифыг 2 дахин хүртэл нэмэгдүүлсэн төлбөрийг тооцдог байна.

Чехийн зохицуулах газраас баталсан чадлын итгэлцүүр $\cos \varphi$ -ээс хамаарч аж ахуйн нэгж байгууллагад нэмэлт төлбөр тооцох хувь хэмжээг хүснэгт 2-оор үзүүлэв.

Хүснэгт 2

$\cos \varphi$	Нэмэлт төлбөр %	Нэмэлт төлбөр %	$\cos \varphi$
0,95-1	-	33,63	0,72
0,94	1,12	35,58	0,71
0,93	2,26	37,59	0,70
0,92	3,43	39,66	0,69
0,91	4,63	41,80	0,68
0,90	5,85	43,99	0,67
0,89	7,10	46,25	0,66
0,88	8,37	48,58	0,65
0,87	9,68	50,99	0,64
0,86	11,02	53,47	0,63
0,85	12,38	56,03	0,62
0,84	13,79	58,67	0,61
0,83	15,22	61,40	0,60
0,82	16,69	64,23	0,59
0,81	18,19	67,15	0,58
0,80	19,74	70,18	0,57
0,79	21,32	73,31	0,56
0,78	22,94	76,56	0,55
0,77	24,61	79,92	0,54
0,76	26,32	83,42	0,53
0,75	28,07	87,05	0,52
0,74	29,87	90,82	0,51
0,73	31,72	94,70	0,50
0,50-аас доош бол 100 %			

Хуурмаг чадлын компенсаци-Монголд
Манай улс 1980-аад оноос хойш томоохон хүчин чадалтай үйлдвэрийн чадлын итгэлцүүрээс хамааруулж цахилгаан эрчим хүчний үнийг cosφ 0.9-с дээш бол урамшуулах, cosφ 0.9-с доош бол торгууль ногдуулах зэргээр хуурмаг чадлын төлбөр тооцож байсан.

2001 онд батлагдсан “Цахилгаан эрчим хүч хэрэглэх дүрэм”-ийн хэрэглэгчийн хуурмаг чадлын зохицуулалтын талаар 46 дугаар заалтыг үндэслэн Эрчим хүчний зохицуулах газраас “Хэрэглэгчийн чадлын итгэлцүүрээс хамаарч төлбөр тооцох журам”-ыг боловсруулан УБЦТС ХК-ийн хэмжээнд 15 дахь жилдээ мөрдөж байна.

Хуурмаг чадлын хэрэглээ бүхий аж ахуйн нэгжүүдэд чадлын итгэлцүүр cosφ-ээс хамааруулж цахилгааны сарын төлбөрийг өсгөж тооцохдоо доор дурьдсан хувь хэмжээг баримталдаг байна.

Хүснэгт 3

Тухайн сарын cosφ	Нэмэлт төлбөр, %
0,86-1,0	Торгууль төлөхгүй
0,8-0,85	5 %
0,71-0,79	10 %
0,66-0,7	15 %
0,6-0,65	16 %
0,51-0,59	18 %
0,5 ба түүнээс доош	20 %

Тус компани 2010 онд хэрэглэгчдийн итгэлцүүрээс хамаарч ААНБ-ын 472 хэрэглэгчид 6760 мян.кВтц буюу хэрэглэгч бүрт ногдох cosφ-гийн хэмжээнээс хамаарч 588 сая төгрөгийн нэмэлт орлого олжээ.

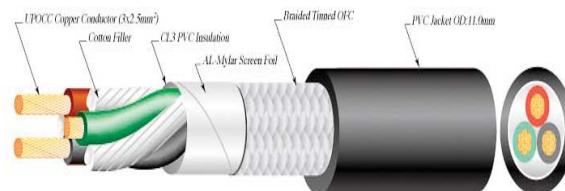
Чадлын итгэлцүүрийг дээшлүүлэх арга замууд:

- Хуурмаг чадлын хэмжээг бууруулах, чадлын итгэлцүүрийг сайжруулах үүднээс өөрийн цахилгаан системд тохирсон конденсаторын батарей шинээр суурилуулах
- Цахилгаан хөдөлгүүр, трансформаторуудыг шаардлагагүй үед зогсоох, таслах
- Цахилгаан хөдөлгүүр, бусад эргэх төхөөрөмжүүдийг зөвхөн шаардлагатай үед ажиллуулах
- Тоног төхөөрөмжийн үр ашигтай ажиллагааг хянах төхөөрөмж суурилуулах
- Цахилгаан хөдөлгүүрүүд, трансформаторууд болон бусад цахилгаан тоног төхөөрөмжийн насжилт дууссан тохиолдолд эрчим хүчний хэмжнэлттэй шинэ загвараар солих, шинэчлэх
- Хэрэв боломжтой бол индукцийн шинж чанартай хэрэглэгчийг оргил ачаалалынүед зогсоох
- Цахилгаан тоноглолыг хэт ачаалалтай эсвэл харьцангуй бага ачаалалд ажилуулахаас зайлсхийх

Чадлын итгэлцүүр cos φ сүлжээнд ямар нөлөө үзүүлдэг вэ?

Чадлын итгэлцүүрийг дээшлүүлснээр техникийн давуу талууд бий болдог. Үүнийг төрөл бүрийн хөндлөн огтлол бүхий кабель шугамаар жишээ авч үзүүлье.

Чадал, кВт	Хөнгөн цагаан жиптэй, S мм²	Чадлын итгэлцүүр 1-0,5 хүртэл багасахад кабелийн алдагдал хэрхэн өөрчлөгдөж буйг /Вт/аар илэрхийлбэл:					
		1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
3	2,5	26	32	41	53	87,5	106
6	4	66,5	82	104	135,5	186	266
10	6	142,8	155	196	256	352	504
15	10	169	200	250	237	467	648
20	16	180	217	288	369	500	720
25	16	288	352	441	583	793	1155
30	25	263	325	442	549	895	1076
40	25	468	583	750	983	1326	1903
50	35	540	660	845	1092	1681	2163
70	35	719	891	1139	1459	2005	2876
100	95	728	899	1137	1483	2032	2910
150	120	1351	1664	2111	2747	3774	5406
200	120	2402	2970	3754	4896	6708	9611
250	150	3080	3798	4810	6366	8610	11681
300	250	3326	4112	5198	6780	11128	133307



Зураг 2.

35 мм² хөндлөн огтлолтой кабелиар тэжээгдэж буй 70 кВт хүчин чадалтай хэрэглэгчийн чадлын итгэлцүүр 0.7-1.0 болж сайжирснаар:

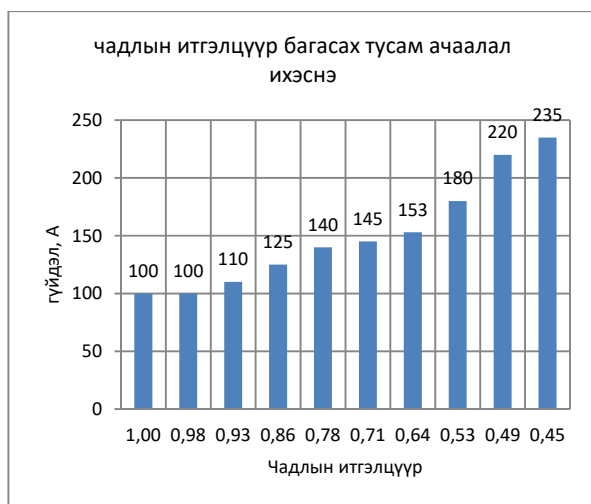
- Шугам сүлжээний алдагдал бараг 50 % буурсан
- Тухайн сүлжээгээр нэмж 50 % -ийн ачаалал авах боломж бий болсон

Хүснэгт 5

Сосф буурах тусам кабелийн хөндлөн огтлол нэмэгдэнэ	1	1,25	1,67	2,5
Cos φ	1	0,8	0,6	0,4

Хүснэгт 6

1,0	0,98	0,93	0,86	0,78	0,71	0,64	0,53	0,49	0,45
100	100	110	125	140	145	153	180	220	235



Зураг 3.

- Чадлын итгэлцүүр 0.5 болоход ачаалал 2 дахин ихэсч байна.
- Доорхи хүснэгтээс чадлын итгэлцүүр 1-0.7 хүртэл буурахад трансформаторын боломжит чадал хэрхэн буурч байгааг харж болохоор байна.

Хүснэгт 7

cosφ	Трансформаторын хэвийн чадал, кВА											
	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
1	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
0.98	98	157	245	309	392	490	617	784	980	1225	1568	1960
0.96	96	154	240	302	384	480	605	768	960	1200	1536	1920
0.94	94	150	235	296	376	470	592	752	940	1175	1504	1880
0.92	92	147	230	290	368	460	580	736	920	1150	1472	1840
0.9	90	144	225	284	360	450	567	720	900	1125	1440	1800
0.88	88	141	220	277	352	440	554	704	880	1100	1408	1760
0.86	86	138	215	271	344	430	541	688	860	1075	1376	1720
0.84	84	134	210	265	336	420	529	672	840	1050	1344	1680
0.82	82	131	205	258	328	410	517	656	820	1025	1312	1640
0.8	80	128	200	252	320	400	504	640	800	1000	1280	1600
0.78	78	125	195	246	312	390	491	624	780	975	1248	1560
0.76	76	122	190	239	304	380	479	608	760	950	1216	1520
0.74	74	118	185	233	296	370	466	592	740	925	1184	1480
0.72	72	115	180	227	288	360	454	576	720	900	1152	1440
0.7	70	112	175	220	280	350	441	560	700	875	1120	1400

Компенсаци хийх төхөөрөмжийг хэрхэн оновчтой сонгох вэ?

Тухайн хэрэглэгчийн хүчин чадалд зохицсон компенсацлах төхөөрөмж сонгох нь техник эдийн засгийн өндөр ач холбогдолтой. Иймд тоноглолын өгөгдөл, бодит хэмжилтийн үр дүнгээс хамаарч хэдий хэмжээний хуурмаг үүсгэвэр сонгохыг доорхи тооцооллын хүснэгтийг ашиглан тайлбарлаж үзүүлье.

Хүснэгт 8.

компенсаци хийхийн өмнө	1 кВт бодит чадалд ногдох конденсаторын ба									
	0.75	0.59	0.48	0.46	0.43	0.4	0.36	0.33	0.29	
tanφ	cosφ	0.8	0.86	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
2.29	0.4	1.56	1.69	1.81	1.83	1.86	1.9	1.92	1.96	2
2.22	0.41	1.47	1.63	1.74	1.77	1.8	1.83	1.84	1.9	1.94
2.16	0.42	1.41	1.56	1.68	1.71	1.74	1.77	1.8	1.84	1.87
2.1	0.43	1.36	1.5	1.62	1.65	1.68	1.71	1.74	1.78	1.82
2.04	0.44	1.29	1.44	1.56	1.59	1.61	1.65	1.68	1.71	1.75
1.98	0.45	1.23	1.38	1.5	1.53	1.56	1.59	1.63	1.66	1.7
1.93	0.46	1.18	1.33	1.45	1.47	1.5	1.53	1.57	1.6	1.64
1.88	0.47	1.13	1.28	1.4	1.43	1.45	1.49	1.52	1.53	1.59
1.83	0.48	1.08	1.23	1.34	1.37	1.4	1.43	1.46	1.5	1.53
1.78	0.49	1.03	1.18	1.3	1.33	1.36	1.39	1.42	1.45	1.49
1.73	0.5	0.98	1.23	1.25	1.28	1.3	1.34	1.37	1.4	1.44
1.69	0.51	0.94	1.09	1.2	1.23	1.26	1.29	1.32	1.36	1.4
1.64	0.52	0.89	1.04	1.16	1.19	1.22	1.25	1.28	1.32	1.35
1.6	0.53	0.85	1	1.12	1.14	1.17	1.21	1.24	1.27	1.31
1.56	0.54	0.81	0.96	1.08	1.1	1.13	1.16	1.2	1.23	1.27
1.52	0.55	0.77	0.92	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.23
1.48	0.56	0.73	0.88	1	1.02	1.05	1.09	1.12	1.15	1.12
1.44	0.57	0.69	0.84	0.96	0.99	1.01	1.05	1.08	1.11	1.12
1.4	0.58	0.67	0.81	0.92	0.95	0.98	1.01	1.04	1.08	1.11
1.37	0.59	0.62	0.77	0.88	0.91	0.94	0.97	1.01	1.04	1.08
1.33	0.6	0.58	0.73	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1.01	1.04
1.3	0.61	0.55	0.7	0.82	0.84	0.87	0.9	0.94	0.97	1.01
1.27	0.62	0.52	0.67	0.78	0.81	0.84	0.87	0.9	0.94	0.97
1.23	0.63	0.48	0.63	0.75	0.78	0.8	0.84	0.87	0.9	0.94
1.2	0.64	0.45	0.6	0.72	0.74	0.77	0.81	0.84	0.87	0.91
1.17	0.65	0.42	0.57	0.69	0.71	0.74	0.77	0.81	0.84	0.88
1.14	0.66	0.39	0.54	0.65	0.68	0.71	0.74	0.78	0.81	0.85
1.11	0.67	0.36	0.51	0.62	0.65	0.68	0.71	0.75	0.78	0.82
1.08	0.68	0.33	0.48	0.6	0.62	0.65	0.68	0.72	0.75	0.79
1.05	0.69	0.3	0.45	0.57	0.59	0.62	0.65	0.69	0.72	0.76
1.02	0.7	0.27	0.42	0.54	0.56	0.59	0.63	0.66	0.69	0.73
0.99	0.71	0.24	0.39	0.51	0.54	0.56	0.6	0.63	0.66	0.7
0.96	0.72	0.21	0.36	0.48	0.51	0.53	0.57	0.6	0.63	0.67
0.94	0.73	0.19	0.34	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.61	0.65
0.91	0.74	0.16	0.31	0.43	0.45	0.48	0.51	0.55	0.58	0.62
0.88	0.75	0.13	0.28	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.59

Компенсацлах төхөөрөмж сонгох арга

Тухайлбал компенсаци хийхийн өмнөх чадлын итгэлцүүр 0.8 гэж тооцон түүнийг 0.93 хүртэл нэмэгдүүлснээр хуурмаг энергийн төлбөрөөс зайлсхийхийн зэрэгцээ алдагдал бууруулах, хүчдлийн уналтыг багасгана гэж тооцвол дээрхи хүснэгтээс 1 кВт бодит ачаалалд 0.355 кВар шаардлагатай олж болно.

Жишээлбэл 666 кВт хүчин чадалтай чадлын итгэлцүүр нь 0.75 хэрэглэгчийн чадлын итгэлцүүрийг 0.93 болгож нэмэгдүүлнэ гэж тооцвол: эндээс бодит чадалд P=666*0.75=500 кВт болно. Дээрх хүснэгтээс чадлын итгэлцүүр 0.75 компенсаци хийхийн өмнө ба 0.93 компенсаци хийсний дараа эгнээ болон мөрний огтлолдол дээр 1 кВт бодит ачаалалд 0.487 кВар шаардлагатай олно. Тэгвэл бидэнд шаардлагатай 500 кВт-ын ачаалалд 500*0.487=244 кВар багтаамжтай конденсаторын батарей хэрэгтэйг тооцооло.

Тухайлбал: чадлын итгэлцүүр 1-0.7 хүртэл буурахад ачаалал 143 % өсч, алдагдал 204 % ихэсч байна.

Ойн үйлдвэр, ахмадын хотхон гэсэн 2 байгууллагад чадлын итгэлцүүрийг сайжруулах зорилгоор конденсаторын батарей суурилуулснаар гарсан үр дүн:

Хүснэгт 9

Хэрэглэгч "А" Ойн үйлдвэр		Хэрэглэгч "Б" Ахмадын хотхон	
Трансформаторын тоо	3	Трансформаторын тоо	1
Конденсаторын баттерейны сонголт	1750 кВар	Конденсаторын баттерейны сонголт	140 кВар
Конденсаторын батарейн өртөг	\$ 160000	Конденсаторын батарейн өртөг	\$ 130000
Жилд цахилгаан эрчим хүчний хэмнэлт	\$ 192000	Жилд цахилгаан эрчим хүчний хэмнэлт	\$ 9600
Хөрөнгө оруулалтаа нөхөх хугацаа	10 сар	Хөрөнгө оруулалтаа нөхөх хугацаа	16 сар

Чадлын итгэлцүүрийг сайжруулах шаардлага

- Шугамын алдагдал багасна. Дамжуулагчийн ачаалал 10 % багасахад шугамын алдагдал 20 % буурдаг байна.
- Хүчдлийн уналэт багасна
- Боломжит хүчин чадал нэмэгдэнэ. Практикт чадлын итгэлцүүрийг сайжруулах нь трансформаторын хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх зардлаас бага байдаг.

Чадлын итгэлцүүрийг дээшлүүлснээс гарах ач холбогдол

- Эрчим хүчний хүртээмж нэмэгдэхийн зэрэгцээ хүчин чадлын дутагдлыг арилгах
- Сүлжээний алдагдлыг бууруулах, ингэснээр хүлэмжийн хийн хэмжээг бууруулах
- Хэрэглэгчийн хуурмаг чадлын төлбөрийг багасгаснаар цахилгаан эрчим хүчний сарын төлбөр тооцоог хэмнэх
- Хөрөнгө оруулалтаа богино хугацаанд нөхөх

ДҮГНЭЛТ

- ✓ Томоохон үйлдвэрийн хэрэглэгчид өөрийн хүчин чадалд тохирсон компенсацлах төхөөрөмж суурилуулснаар техник, эдийн засгийн тооцоондоо хэмнэлт бий болгодог. Чадлын итгэлцүүрээ 0.86 буюу түүнээс дээш хувьд хүргэж сайжруулснаар хуурмаг энергийн төлбөрөөс чөлөөлөгдөхөөс гадна сарын төлбөрт 30 хүртэл хувийн хэмнэлт гаргах боломжтой юм.
- ✓ Цахилгаан үйлдвэрлэх, дамжуулах, хуваарилах процессийн өртөг шингэсэн зайлшгүй хэрэглэх шаардлагатай хуурмаг чадлыг эрчим хүчний тооцоонд авснаар зөвхөн борлуулалтын орлогыг

нэмэгдүүлд зогсохгүй, цахилгаан хангамжийн системийн үр ашигтай, хэмнэлттэй ажиллагаанд чухал нөлөөтэй.

- ✓ Цаашид УБЦТС ХК-аас бусад компаниуд хуурмаг энергийн төлбөр тооцох асуудалд анхаарал хандуулах шаардлагатай. Мөн түүнчлэн хэрэглэгчийн хүчин чадалд нийцсэн хуурмаг чадлыг компенсацилах төхөөрөмж санал болгож, тодорхой нөхцлөөр нийлүүлэх, угсрах зэрэг цогц цогц арга хэмжээ авч хэрэгжүүлэх нь зүйтэй.
- ✓ Үйлдвэр байгууллагын хэрэглэгч хүчин чадалдаа зохицсон конденсаторын төхөөрөмж суурилуулснаар хөрөнгө оруулалтын зардлаа маш богино хугацаанд 5-18 сарын дотор нөхдөг байна.

Ашигласан материал

1. “Хэрэглэгчийн чадлын итгэлцүүрээс хамаарч төлбөр тооцох журам”.
2. ЭХЗГ-ын зохицуулагчдын зөвлөлийн 2010 оны 109 дүгээр тогтоол.

3. Док.Ч.Зундуйсүрэн “реактив цахилгаан эрчмийг худалдан борлуулах асуудалд” Эрчим хүч инженеринг 2007 /50/.
4. Improve your power factor, reduce your reactive-power costs.
5. Power factor correction www.eco-en-ergy.com.
6. Schneider electric-electrical installation guide 2010.
7. A preliminary analysis of the economics of using distributed energy as a source of reactive power supply-Overseas reactive power compensation practices.
8. Markets for reactive power and reliability: a white paper.
9. How to calculate your savings and payback period-Con edison, U.S.A.
10. Ж.Нандагсамба. “Цахилгаан тоног төхөөрөмжийн аюулгүй ажиллагаа” УБ. 2015 он. хх.56-65.

БАЯНХОНГОР АЙМГИЙН ЦАХИЛГААНХАНГАМЖИЙГ САЙЖРУУЛАХ, АЛДАГДЛЫГ БУУРУУЛАХ СУДАЛГАА

Б.Гүндэгмаа*, Ш.Гантөмөр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Баянхонгор аймгийн 110/35/6 кВ-ын дэд станцаас тэжээгдэх 6кВ-ийн цахилгаан дамжуулах шугам сүлжээний чадал эрчмийн алдагдал, түүний бүтцийг одоогийн түвшинд тодорхойлох, эрчмийн алдагдлын бууруулах аргыг ашиглан боловсруулалт хийх нь энэхүү өгүүллийн гол зорилго юм. Баянхонгор аймгийн 110/35/6 кВ-ийн дэд станцаас тэжээгдэх 6 кВ-ийн нийт 12 фидерийн үндсэн үзүүлэлт, чадал эрчмийн алдагдлыг 2018 оны түвшинд үнэн тодорхойлж хүчдэлийн түвшинг нэмэх аргыг ашиглан эрчим хүчний хэмнэлтийн горимыг гарган авч боловсруулсан юм. Ачааллын хэмжээг 2018 оны 12 сарын 21-ний өвлийн их ачааллын хэмжилтийн утгаар авсан.

Түлхүүр үг. Баянхонгор аймаг, чадал эрчмийн алдагдал, 10 кВ-ийн шугам, дэд станц.

I. ОРШИЛ

Үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүчийг дамжуулах, хуваарилах явцад түүний тодорхой хэсэг нь алдагддаг байна. Цахилгаан шугам сүлжээний алдагдлыг бууруулсанаар эрчим хүчний үр ашиг нэмэгдэнэ. Иймээс судалгаа шинжилгээний үндсэн дээр алдагдлын түвшинг элементүүд дээр тодорхойлж техникийн болон зохион байгуулалттай арга хэмжээг авдаг. Цахилгаан шугам сүлжээг барьж байгуулахдаа тоног төхөөрөмжүүдийн хүчин чадал, марк типийг төслийн үеийн хүчин чадалд тохируулан сонгодог [1]. Гэвч ашиглалтын явцад төслийн үеийн хүчин чадлаас зөрөх явдал гардаг. Үүний улмаас цахилгаан станцын тоног төхөөрөмж хэвийн горимоор ажиллаж чадахгүй байх асуудал тулгардаг ба үүнээс үүдэн цахилгаан шугам сүлжээнд алдагдал гардаг [2]. Цахилгаан шугам сүлжээг бүрдүүлж байгаа бүх л элементүүдэд эрчмийн алдагдлыг бууруулах, хэмнэлтийн бодлого

боловсруулах бололцоо байдаг ба энэхүү ажлыг гүйцэтгэх үндэслэл юм.

II. Тооцооны ажлын арга

Энэхүү судалгааны ажлыг горимын тооцооны уламжлалт арга болох чадлын балансын арга, эрчмийн алдагдлыг тодорхойлох "τ-гийн арга"-аар болон POWER FACTORY программаар гүйцэтгэсэн. Мөн Microsoft EXCEL, GOOGLE EARTH, зэрэг программыг нэмэлтээр ашигласан. 12 фидер тус бүр дээр горимын тооцоог хийж чадал эрчмийн алдагдлыг тодорхойлсон ба чадал эрчмийн алдагдлыг бууруулах зорилгоор дараах аргыг боловсруулан тооцоог гүйцэтгэсэн. Чадал эрчмийн алдагдлыг бууруулах зорилгоор тооцооны үр дүнд шугамын алдагдал ихтэй байсан фидерүүдийн 6 кВ-ийн хүчдэлтэй шугам сүлжээг 10кВ-ийн хүчдэлд шилжүүлэв. Үүний тулд 110/35/6 кВ-ийн дэд станцын 35кВ-ийн гаргалгаанаас Баянхонгор аймгийн төвийг тойруулан 35кВ-ийн нийт 6,55 км урттай агаарын шугам шинээр татаж 35/10 кВ-ийн шинэ дэд станц байгуулаж түүний 10кВ-ийн гаргалгаанаас кабель болон агаарын шугамаар фидерүүдийг төгсгөлийн трансформаторт холбон тэжээх ингэсээр 2 талын тэжээлтэй болохоос гадна чадал эрчмийн алдагдал харьцангуй бууруулсан.

III. Хүчдэлийн түвшинг 10кВ-ын түвшинд шилжүүлэх

Хүчдэлийн түвшинг шилжүүлэхийн тулд хуучин 6кВ-ийн хүчдэлтэй байх үед 6 кВ-ийн гаргалгаанс фидерүүдийн эхний трансформаторт холбож байгаа шугамын ерөнхий трассыг зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1. 1.6 кВ-ийн хүчдэлтэй байх үеийн шугамын трасс

Хүснэгт 1
Баянхонгор аймгийн 6 кВ-ийн түгээх сүлжээний эрчмийн алдагдлын тооцооны үр дүн

кВ-ын фидер	Wтол эВт.цаг	dWхх эВт.цаг	dWхх эВт.цаг	dWорс эВт.цаг	dНийт эВт.цаг	dWin %	dWхх %	dWор %	dНийт %
Хөх толгой	7980073,5	243065,519	75511,2	60421,83	378998,55	64,13	19,92	15,94	4,74
Умард	6513448	76057,2	61232,4	32730	17009,88	44,73	36,01	19,25	2,61
Баян-овоо	565508	45728,643	52822,8	1280,38	99831,827	45,8	52,91	1,28	17,65
Төв	4120969	41238,44	63247,2	14740,47	119246,12	34,59	53,09	12,36	2,89
Больниц	10879836,8	29420,369	89089,2	86622	471932,56	62,76	18,87	18,35	4,33
Эрдэнэцогт	848378,16	20217,382	19885,23	3283,23	43386,021	46,59	45,833	7,5	5,11
Полгон	149416,776	7860,15	41434	10256,858	59551	13,19	69,577	17,223	4,13
эх	7715387	402677	52910,4	53012,8	508600	79,17	10,4	10,42	6,59
Өлзийт	900078,1	255949	344802	3490,24	64041,36	40,51	54,03	5,44	7,11
Шаг агаар	456852,6	10685,3	60006	1857,34	72549,13	14,72	82,71	2,5	15,88
Нисэх	421687,4	305,19	50983,2	453,18	51741,58	0,5898	98,2	0,87	12,26
Цэргийн агаар	3135374	62645,06	4905,6	133436,88	200987,54	31,16	2,44	66,39	6,41
Нийт	44977043,34	1462684,453	916629,23	401585,208	2788883,891	52,6	32,96	14,44	6,1829

Баянхонгор аймгийн 6 кВ-ийн түгээх сүлжээний хувьд нийт эрчмийн алдагдал 6,18% байна. Эндээс шугамын алдагдал 40%-иас их гарсан фидерүүдийн болох Хөх толгой, Больниц, Умард, ЭЭХ, Эрдэнэцогт, Өлзийт фидерүүдийн хүчдэлийг 10кВ-ийн түвшинд шилжүүлэн дахин тооцно. Үүний тулд 10кВ-ийн хүчдэлийн түвшинд шилжүүлэхийн тулд шинэ шугамын ерөнхий трассыг гаргана.



Зураг 2. Шинэ станцаар 10кВ-ийн хүчдэлийн түвшинд холбосон үеийн шугамын трасс

6кВ-ийн хүчдэлтэй байх үед шугамын алдагдал их гарсан фидерийн төгсгөлийн трансформатораас 35/10 кВ-ийн дэд станц хүртэлх 10кВ-ийн шугамын уртыг хүснэгтэнд харуулав.

Хүснэгт 2

Шинэ шугамын урт

Фидерүүдийн нэр	35/10кВ-ын шинэ дэд станц хүртэлх зай (км)
Больниц	6,02
Хөх толгой	1,75
Эрдэнэцогт	23,62
Өлзийт	19,63
Умард	2,01
Эцэг эхийн хороо	1,09

Хүснэгт 3

Баянхонгор аймгийн 6 кВ-ийн түгээх сүлжээний шугамын алдагдал өндөр фидерүүдийн эрчмийн алдагдлын тооцооны үр дүн

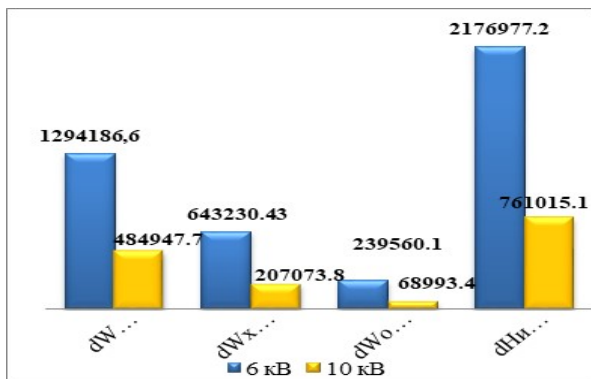
кВ-ын фидер	Wтол эВт.цаг	dWхх эВт.цаг	dWхх эВт.цаг	dWорс эВт.цаг	dНийт эВт.цаг	dWin %	dWхх %	dWор %	dНийт %
хөх толгой	7980073,5	243065,519	75511,2	60421,83	378998,55	64,13	19,92	15,94	4,74
умард	6513448	76057,2	61232,4	32730	17009,88	44,73	36,01	19,25	2,61
больниц	10879836,8	29420,369	89089,2	86622	471932,56	62,76	18,87	18,35	4,33
эрдэнэцогт	848378,16	20217,382	19885,23	3283,23	43386,021	46,59	45,833	7,5	5,11
эх	7715387	402677	52910,4	53012,8	508600	79,17	10,4	10,42	6,59
өлзийт	900078,1	255949	344802	3490,24	64041,36	40,51	54,03	5,44	7,11
нийт	34837221,56	1294086,7	643230,43	239600,1	2176977,2	59,4488	29,547	11,0043	6,24898

Хүснэгт 4

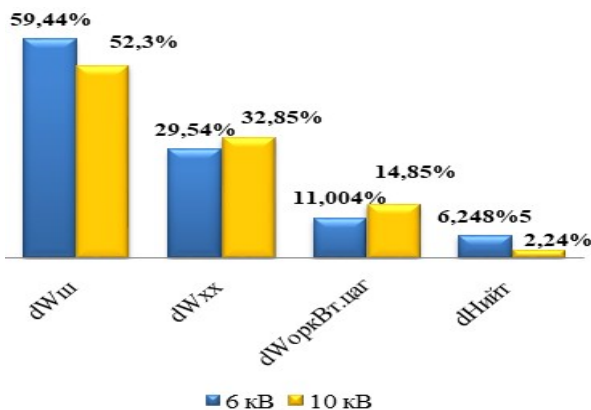
Баянхонгор аймгийн 6 кВ-ийн түгээх сүлжээний шугамын алдагдал өндөр фидерүүдийг 10кВ-ийн түвшинд шилжүүлсэн үеийн эрчмийн алдагдлын тооцооны үр дүн

10кВ-ын фидер	Wтол эВт.цаг	dWхх эВт.цаг	dWхх эВт.цаг	dWорс эВт.цаг	dНийт эВт.цаг	dWin %	dWхх %	dWор %	dНийт %
хөх толгой	8062168	18228,93	75511,2	66500,63	160240,721	11,37	47,12	41,5	1,98
умард	6514874	61291,37	61247,2	31433,11	155971	36,29	40,55	20,15	2,39
больниц	11316864	211201,6999	89089,2	133256,2566	433547,1564	48,7	30,73	20,54	4,016
эрдэнэцогт	844862,13	1520,23	19885,2	3072,73	24478,16	6,21	81,23	12,5	2,89
эх	7683022	103418,82	52910,4	79398,27	232727,49	44,43	22,73	32,82	3,02
өлзийт	898789,1	12563,06	34602	3178,71	50343,78	24,85	68,73	6,3	5,6
нийт	27260411,23	389495,1799	259734	230339,0766	897063,5864	43,474	28,954	27,906	3,29073

Хөх толгой, Больниц, Умард, ЭЭХ, Эрдэнэцогт, Өлзийт фидерүүдийн хүчдэлийг 10 кВ-ийн хүчдэлд шилжүүлэн тооцоог төгсгөлийн станцаас эхлэн хийсэн ба эрчмийн алдагдал 6.248 %-иас 3.29 % болсон.



Зураг 3. 6кВ болон 10кВ-ийн хүчдэлтэй байх үеийн эрчмийн алдагдлын бүтцийн харьцуулалт



Зураг 4. 6кВ болон 10кВ-ийн хүчдэлтэй байх үеийн эрчмийн алдагдлын бүтцийн хувийн харьцуулалт

35/10 кВ-ийн станцын эрчмийн алдагдлыг тооцон 6 фидерийн эрчмийн алдагдлыг дахин тооцсон ба 10кВ-ийн хүчдэлийн түвшинд шилжүүлснээр эрчмийн алдагдлын нийт хувь 6.248 % -иас 2.24 % болтол буурч байна.

Хүснэгт 5

10 кВ-ийн түгээх сүлжээний эрчмийн алдагдлын бүтэц

Шугамын нийлбэр алдагдал	369534,1	кВт*цаг
тр-ын ороомог дээрх алдагдал	157791,9	кВт*цаг
тр-ын ган дээрх алдагдал	39795,42	кВт*цаг
Нийт чадлын алдагдал	567121,4	кВт*цаг
Алдагдлын хувь	2,200104	%



Зураг 5. 10 кВ-ийн түгээх сүлжээний эрчмийн алдагдлын бүтцийн хувь

IV. Эдийн засгийн тооцоо

Хүчдэлийн түвшинг 10кВ-руу шилжүүлэхийн тулд шинээр 35/10 кВ-ийн дэд төхөөрөмж болон шинэ шугамын эдийн засгийн тооцоог гүйцэтгэв.

Хүснэгт 6

10 кВ-ийн түгээх сүлжээний шугамын хөрөнгө оруулалтын тооцоо

Дэд станцын нэр	Дамжуулагч	Төрөл	Марк	нэгж үнэ мян төгрөг/км	Урт км	Хөрөнгө оруулалт мян төгрөг
35/10 станц	АС-95	төмөр бетон	ПБ35-2	41855,4	6,35	274152,87
Хөх толгой	АС-70	төмөр бетон	П10-1Б	6532	1,75	11431
Эрдэнэцогт	АС-70	төмөр бетон	П10-1Б	6532	23,62	154285,84
Өлзийт	АС-70	төмөр бетон	П10-1Б	6532	19,63	128223,16
Больниц	АС-70	төмөр бетон	П10-1Б	6532	6,02	39322,64
Умард	АС-70	төмөр бетон	П10-1Б	6532	2,01	13129,32
Эцэг эхийн хороо	АС-70	төмөр бетон	П10-1Б	6532	1,09	7119,88
Нийт						627664,71

Хүснэгт 7

10 кВ-ийн түгээх сүлжээний тоноглолын хөрөнгө оруулалтын тооцоо

Тоног төхөөрөмж	үнэ мян.төг	тоо	Хөрөнгө оруулалт мян.төгрөг
ТМТН63	16833,47	2	33666,94
35 кВ-ын таслуур	33000	2	66000
35/10 кВ-ын хаалттай байгууламж	44465,9	1	44465,9
10кВ-ын таслуур	7000	6	42000
тогтмол зардал	42588	1	42588
Нийт			228720,84

Эдийн засгийн тооцооны нэгдсэн үр дүн дараах хүснэгтэнд харуулав.

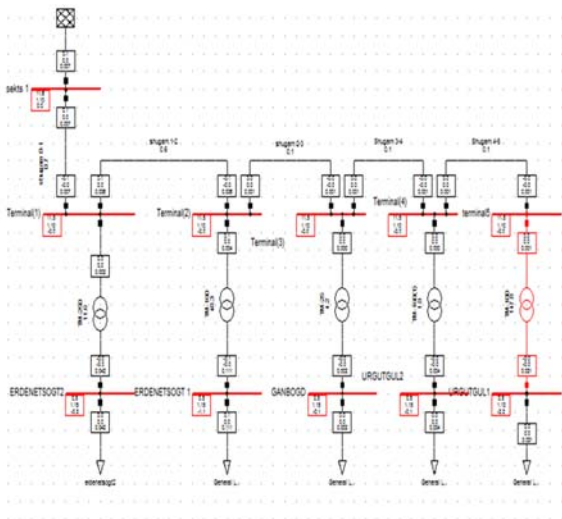
Хүснэгт 8

Эдийн засгийн тооцооны үр дүн

Шугам сүлжээний зардал	627664710	төгрөг
Тоног төхөөрөмж зардал	228720840	төгрөг
Эрчмийн алдагдлаас үүсэх зардал	53824055,1	төгрөг
Нийт зардал	910209605	төгрөг
Нийт ашиг	76794576,8	төгрөг
Эргэн төлөх хугацаа	11,8525245	жил

V. Powerfactory програмыг ашиглан тооцоо хийх

Баянхонгор аймгийн шугам сүлжээний тооцоог эрчмийн алдагдлыг тооцох "τ-гийн арга"-аар тооцолсон. Энэхүү үр дүнгээ баталгаажуулах зорилгоор Powerfactory программаар дахин тооцоог гүйцэтгэсэн. Эрдэнэцогт фидерийн горимын тооцоог гүйцэтгэсэн үр дүн.



Зураг 6. Эрдэнэцогт фидерийн горимын тооцооны үр дүн

Эрдэнэцогт фидерийн 6 кВ-ийн хүчдэлийн түвшинтэй байх үеийн эрчмийн алдагдлыг 10 кВ-ийн хүчдэлтэй байх үеийн эрчмийн алдагдалтай харьцуулан хүснэгтээр харуулав.

Хүснэгт 9

Эрдэнэцогт фидерийн 6 кВ-ийн байх үеийн эрчмийн алдагдлын үр дүн

Шугамын нийлбэр алдагдал	20218	кВт*цаг
тр-ын ороомог дээрх алдагдал	3283,2	кВт*цаг
тр-ын ган дээрх алдагдал	19885	кВт*цаг
Нийт чадлын алдагдал	43386	кВт*цаг
Нийт алдагдлын хувь	5,114	%

Хүснэгт 10.

Эрдэнэцогт фидерийн 10кВ-ийн хүчдэлтэй үеийн эрчмийн алдагдлын үр дүн

Шугамын нийлбэр алдагдал	1497,1	кВт*цаг
тр-ын ороомог дээрх алдагдал	3076,466	кВт*цаг
тр-ын ган дээрх алдагдал	3898,2	кВт*цаг
Нийт чадлын алдагдал	8471,83	кВт*цаг
Нийт алдагдлын хувь	1,004	%

Дээрх хүснэгтээс харахад хүчдэлийн түвшинг нэмснээс Эрдэнэцогт фидерийн хувьд эрчмийн алдагдал 5.114 %-иас 1.004 % болголоо буурч байна.

ДҮГНЭЛТ

Баянхонгор аймгийн төвийг цахилгаан эрчим хүчээр хангаж байгаа нийт 6кВ-ийн хүчдэлтэй 12 фидерийг сонгон одоогийн үзүүлэлтээр нь уламжлалт арга, powerfactor программээр горимын тооцоо хийж чадал эрчмийн алдагдлыг тодорхойлсон толгойгоор дамжуулсан нийт эрчим хүч 44977043кВт*цаг үүний 2780883 кВт*цаг (6.18 %) нь алдагдаж байна. Шугамын алдагдал өндөр гарсан фидерүүдийн эрчмийн алдагдлыг бусад фидерээс салган тооцвол 6кВ-ийн хүчдэлтэй байхад нийт 2176977.2кВт*цаг буюу (6.248 %) алдагдаж байна. Энэ алдагдлын 59.44% буюу 1294186.67кВт*цаг эрчим хүч нь шугамын алдагдал байна. Иймээс шугамын алдагдал өндөр гарсан фидерүүдийг сонгон 10 кВ-ийн хүчдэлтэй шугам сүлжээ болгохын тулд 35/10 кВ-ийн шинэ дэд станцыг ашигласан. Дэд станцын толгойгоор нийт 33827760кВт*цаг эрчим хүч дамжсан ба үүний 484947.8кВт*цаг (63.72 %) нь шугам сүлжээнд, 68993.48 кВт*цаг (9.06 %) нь трансформаторын ган дээр, 207073.8кВт*цаг (27.21 %) нь трансформаторын ороомог дээр тус тус алдагдаж нийт эрчим хүчний 761015.1 кВт*цаг (2.2 %) байна. Тооцооны үр дүнгээс дүгнэхэд хүчдэлийн түвшинг 10 кВ болгосноор эрчмийн алдагдал 6.248 %-иас 2.2 % болтол буурах боломжтойгоос гадна найдвартай ажиллагаа дээшилж шугам сүлжээ хоёр талын тэжээлтэй болох юм. Шугамын алдагдал 40 %-иас их гарсан 6 фидерийн эрчмийн алдагдлыг тооцход 2176977.2 кВт*цаг эрчим хүч алдагдаж байгаа бөгөөд 1кВт*цаг эрчим хүчийг 60 төгрөгөөр тооцвол 1 жилд 130 сая 618 мянга 632 төгрөг болж байна. Харин хүчдэлийг нэмэгдүүлснээр нийт алдагдал 1415962.1 кВт*цаг-аар болон буурсан ба 761015.1 кВт*цаг болсон. Хэмнэсэн эрчим хүчийг төгрөгөөр тооцвол 84 сая 957 мянга 726 төгрөг болж байна. Энэхүү шинэчлэлийг хийхийн тулд шаардагдах хөрөнгө оруулалтын тооцоог хийсэн ба эдийн засгийн тооцоо судалгааны үр дүн хөрөнгө оруулалтын зардлыг 12 жилийн хугацаанд эргэн төлөх боломжтой.

Ашигласан ном зохиол:

1. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам”-УБ: Соёмбо принтинг 2011 он 600х.
2. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем”-УБ: Соёмбо принтинг 2014 он 1100х.
3. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан станц дэд станц”-УБ: Соёмбо принтинг 2011 он 600х.
4. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан систем, цахилгаан шугам сүлжээ”-УБ: Соёмбо принтинг 2003он 350х.
5. Ш.Гантөмөр, Ч.Зундуйсүрэн “Эрчим хүчний системийн горимын оновчлол”-УБ: ШУТИС 2001он.
6. Д.Содномдорж “Эрчим хүчний хэмнэлт”-УБ: ШУТИС, өнгөт хэвлэл, 2003 он 340х.
7. Д.Содномдорж “Цахилгаан шугам сүлжээний чадлын алдагдлыг тодорхойлох арга, загварууд”-УБ: ТИС-ийн хэвлэл 1999.

1 ФАЗЫН ГҮЙДЭЛ ҮҮСГЭГЧ ТРАНСФОРМАТОРЫН СУДАЛГАА

О.Өлзийхутаг*, Г.Мөнхчимэг*, Б.Лхагва*, М.Батбаяр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Цахилгаан техникийн тоног төхөөрөмжийн ажиллагааг шалгах багаж хэрэгслийн нэг нь гүйдлийн үүсгэгч юм. Гүйдлийн трансформаторын зарчим дээр тулгуурлан гүйдэл гаргадаг багажийг бид реле хамгаалалт автоматикийг шалгах, цахилгаан тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагаа, тусгаарлагчийн даац болон хамгаалах автоматуудыг стандарт гүйдлийн утгандаа байгаа эсэх, цахилгаан гагнуурын аппарат хийх зэрэгт өргөн ашигладаг. Цахилгаан тоног төхөөрөмжийг гүйдлээр нь шалган турших зориулалттай 1 фазын гүйдэл үүсгэгч трансформаторыг тодорхой тооцоо болон загварын үндсэн дээр тулгуурлан зохион бүтээсэн.

Түлхүүр үг. Трансформатор, гүйдэл, хэмжих багаж, туршилт.

I.ОРШИЛ

1 фазын гүйдлийн үүсгүүрийг тодорхой тооцоо, өгөгдөл, загварын үндсэн дээр зохион бүтээхийг зорилго. Гүйдэл үүсгүүрийг хийснээр цахилгаан тоног төхөөрөмжийг шалгаж, турших багаж, гагнуурын аппарат зэргийг хийж болно. Уг багажаа хийхийн тулд Matlab, Circuit wizards програмийг ашиглаж симуляци хийн туршиж үзэн, гар доорх материалаар гүйдэл үүсгүүрийг хийж гүйцэтгэсэн.

II.СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

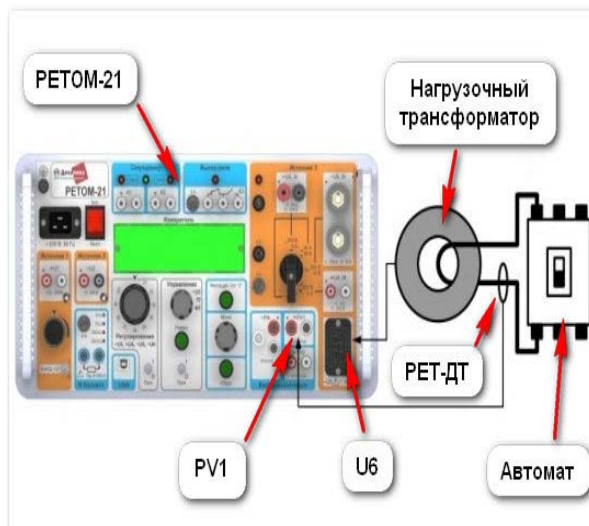
Гүйдлийн үүсгэгч байгаа багажийг Монгол улсад Цахилгаан эрчим хүчний салбарт хамгийн өргөн хэрэглэдэг. Ялангуяа реле хамгаалалт, автоматикийн тоног төхөөрөмжийн туршилт тохируулганд өргөн хэрэглэдэг. Гүйдэл үүсгэгч ашиглан хийсэн багаж тоног төхөөрөмжийг бид амьдрал ахуйдаа өргөн хэрэглэдэг. Үүнд:

1. Реле хамгаалалтын тоног төхөөрөмжийн туршилт тохируулга. Оросын холбооны улсад үйлдвэрлэгдсэн “У5053” маркийн багаж (зураг 1). Энэ багаж нь энгийн реле хамгаалалт, автоматикийн тоног төхөөрөмжүүдийн тохиргоо хийхэд гүйдлийн болон хүчдэлийн үүсгүүрээр гүйдэл болон хүчдэлийн дурын утгыг гаргаж хэрэглэдэг иж бүрэн багаж юм.



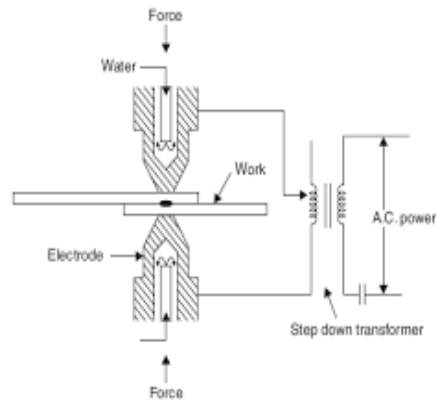
Зураг 1. У5053 маркийн багаж

2. Цахилгаан тоног төхөөрөмжийн хэвийн ажиллагааг шалгах. Цахилгаан тоног төхөөрөмж болон автомат таслах төхөөрөмжийн туршилтын зарчмыг харуулав (зураг 2). Уг РЕТОМ-21 багаж нь өөрөөсөө гүйдэл үүсгэж тухайн автоматийг ажиллах хэвийн гүйдэлдээ ажиллаж байгаа эсэхийг шалгаж болно.



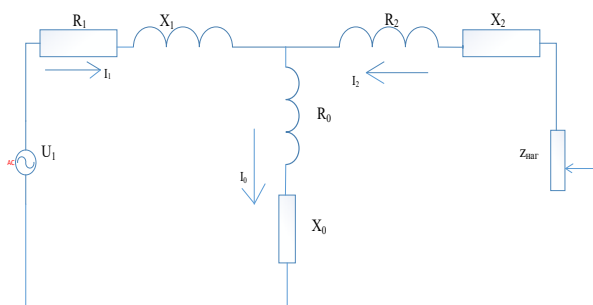
Зураг 2. РЕТОМ-21 туршилтын төхөөрөмж

3. Бага оврын металл хийц гагнах аппарат. Гүйдлийн үүсгүүр болон богино залгааны процесс дээр дулаан ялгаруулах зарчим дээр үндэслэгдсэн гагнуурын аппаратуудыг өргөнөөр хэрэглэдэг. Үндсэн зарчмын схемийг зурагт харуулав (зураг 3).



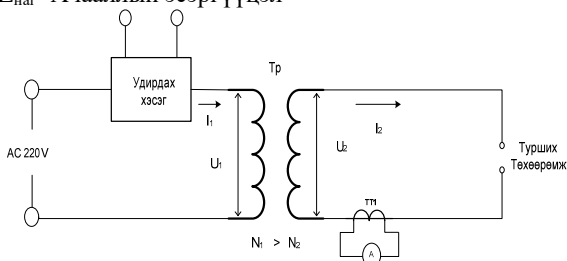
Зураг 3. Цэгэн гагнуурын схем

III. ТООЦООНЫ ХЭСЭГ:



Зураг 4. 1 Фазын трансформаторт тооцоо хийх орлуулгын цахилгаан схем

U_1 = Тэжээл үүсгэгчээс хэлхээнд өгч буй хүчдэл
 R_1 = Нэгдүгээр ороомгийн идэвхтэй эсэргүүцэл
 X_1 = Нэгдүгээр ороомгийн хуурмаг эсэргүүцэл
 R_2 = Хоёрдугаар ороомгийн идэвхтэй эсэргүүцэл
 X_2 = Хоёрдугаар ороомгийн хуурмаг эсэргүүцэл
 R_0 = Зүрхэвчний соронзчилгооны эсэргүүцэл
 X_0 = Зүрхэвчний хуурмаг эсэргүүцэл
 $Z_{наг}$ = Ачааллын эсэргүүцэл



Зураг 5. 1 Фазын гүйдэл үүсгэгч трансформаторын зарчмын схем

Удирдах хэсэг: Тиристорийн удирдлагын блок, ЛАТР-автотрансформато; Тр: Нэг фазын хоёр ороомогтой трансформатор;
 ТТ1: Гүйдлийн трансформатор;
 Турших төхөөрөмж: реле хамгаалалтын багаж; автомат; гал хамгаалагчууд; бүх төрлийн цахилгаан тоног төхөөрөмж;

Бидний ерөнхий хийж буй зүйл нь гүйдэл үүсгэгч юм. Энэ нь трансформаторын хоёрдугаар ороомгийг цувж гарган, шинээр ороодсын тоог нь өөрчилж, хөндлөн огтлолын талбай ихэсгэн, богино залгааны гүйдлээр тоноглол удирдах зарчим дээр үндэслэсэн.

Нэг фазын трансформаторын трансформацилах коэффициентийн хамаарал

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (1)$$

Трансформаторын хоёрдугаар ороомгийн дамжуулагчийн хөндлөн огтлолын хамаарал

$$R = \rho * \frac{l}{S} \quad (2)$$

ρ – дамжуулагч материалын хувийн эсэргүүцэл
 l – Дамжуулагчийн урт
 S – Дамжуулагчийн хөндлөн огтлолын талбай

Дээрх зарчмын схем дээр тулгуурлан 250 кВА чадалтай 1 фазын хүчдэлийн трансформаторыг ашиглаж гүйдэл үүсгэгч хийж гүйцэтгэсэн. Гүйдлийн үүсгэгчийг хийхдээ 220 В-ийн хувьсах хүчдэлээр тэжээгдэж ажиллах 0-100 А-ийн гүйдэл гарган ажиллах тооцоог хийсэн болно.

1-р ороомгийн ороодсын тоо нь туршилтаар $N_1=862$ байхад 2-р ороомгийн хүчдэлийг $U_2=1.2$ В гаргахын тулд (1) томъёог ашиглаад ороодсын тоог $N_2=5$ тооцож, ороомгийн дамжуулагчийг зэс утсаар 4мм^2 хөндлөн огтлолтойгоор сонгон авч (2) томъёогоор тооцоход $I_2 \approx 60\text{А}$ гарсан.



Зураг 6. Гүйдэл үүсгүүрийн дамжуулагчийн сонголт

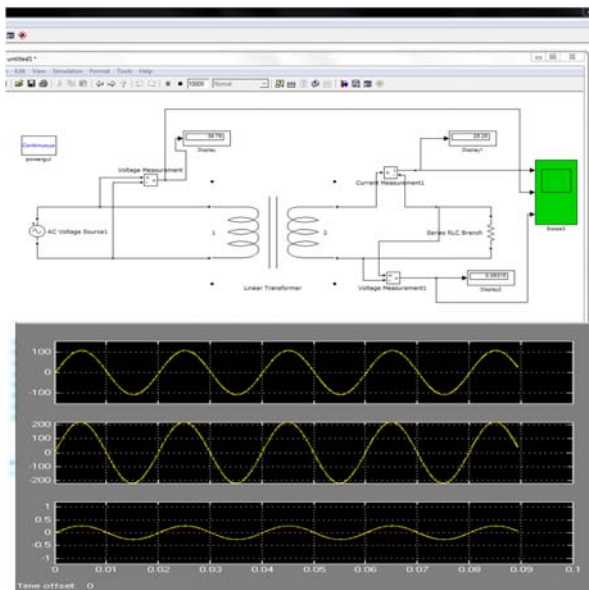
Хүснэгт 1

Дамжуулагч утасны шинж чанарууд

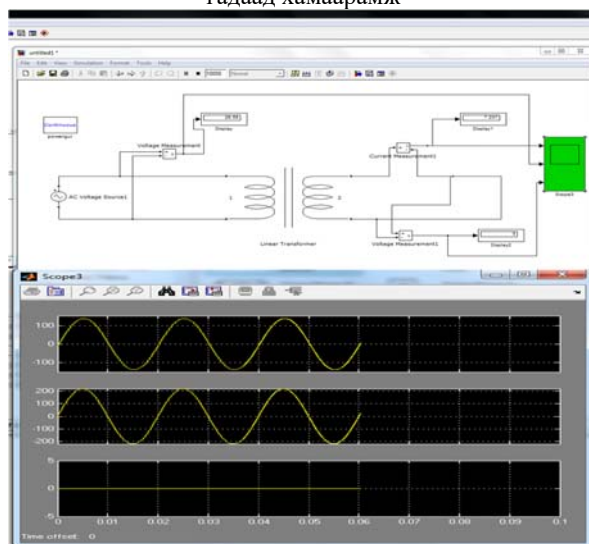
№	Дамжуулагчийн төрөл	2-р ороомгийн ороодсын тоо	Гүйдэл [А]
1	Зэс (1 жилтэй)	3	45
2	Зэс (Олон жилтэй)	8	70
3	Хөнгөн цагаан	5	50
4	Хөнгөн цагаан	3	35

Хүснэгт 2

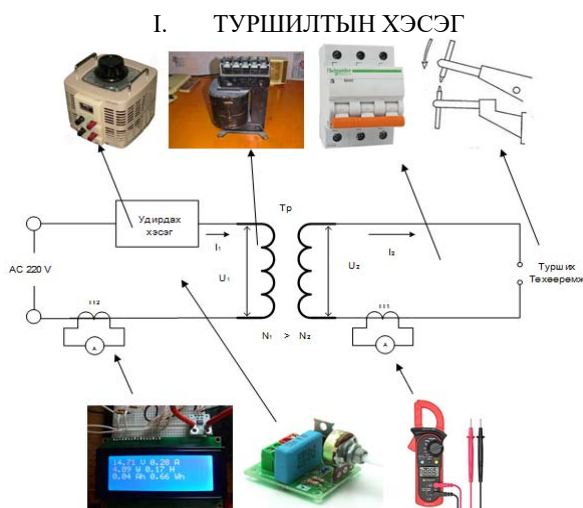
Хүчдэл [В]	Хөндлөн огтлолын талбай [мм ²]	Автомат [50А]	Гагнуурын алхны үзүүр [Ган]
0,7	4	Буугаагүй	101°C-г улайссан
2,00	4	50А буусан	245°C-г улайссан
0,86	2	Буугаагүй	105°C-г улайссан
0,65	2	Буугаагүй	52°C-г улайссан



Зураг 7. Богино залгааны үеийн трансформаторын гадаад хамаарамж



Зураг 8. Хоосон явалтын үеийн трансформаторын гадаад хамаарамж



Зураг 9. Туршилтын ерөнхий бүдүүвч

Энэ туршилтаар зураг 9-д үзүүлсэн багаж тоног төхөөрөмжүүдийг ашиглан гүйдэл үүсгүүр хийсэн. ОСО-0.25-У3 маркийн трансформатор ашиглаж гүйдэл үүсгүүрийг хийсэн. Уг трансформаторын хоёрдугаар ороомгийг цуван авч шинээр гаргах гүйдэлдээ зориулан 4мм² хөндлөн огтлолтой, 2м урттай утсаар 8 ороож, нэгдүгээр ороомгийг хэвээр үлдээж гүйдэл үүсгүүрийн трансформаторыг бэлтгэсэн.

Дээрх бэлтгэсэн үүсгүүрээ хэмжүүрийн багаж хэрэгсэл болон электрон удирдлагаар удирдаж, туршиж гадаад хамаарамжуудыг авч богино залгааны гүйдэл болон хэвийн гүйдлийг хэмжиж авсан. Ингэснээр автомат таслуур, гагнуурын алх зэргийг туршиж үзсэн. Туршилтын үр дүнг видео бичлэгээр харуулав.

Энэхүү багажыг хийхийн тулд дараах гарын доорх материалуудын эдийн засгийн тооцоог гаргав.

Хүснэгт 2.

1 фазын гүйдэл үүсгэгч трансформаторын эдийн засгийн тооцоо

№	Материалын нэр	Тоо	Нэг бүрийн үнэ	Нийт үнэ
1	Трансформатор	1	28000₮	28000₮
2	Зэс дамжуулагч	2м	1м=1100₮	2200₮
3	Удирдлагын блок			
	Триак	1	1200₮	1200₮
	Диак	1	110₮	110₮
	Резистор	1	27₮	27₮
	Конденсатор	1	5000₮	5000₮
4	ЛЕД гэрэл	1	500₮	500₮
5	Хайрцаг	1	500₮	500₮
6	Нийт үнэ			37537₮



Зураг 10. 1 фазын гүйдэл үүсгэгч трансформаторын бодит зураг

V. ДҮГНЭЛТ

1 фазын гүйдэл үүсгэгч трансформаторыг Matlab болон Circuit wizards програмуудыг ашиглан тооцоо, туршилтыг хийж гарын доорх материалаар тооцооны өгөгдлөөр туршилтаа хийсэн. Гүйдлийн үүсгэгч хийж туршсанаар дараах үр дүнд хүрсэн.

1. Цахилгаан тоног төхөөрөмжийн хэвийн ажиллагааг шалгах, турших, үнэлэх боломжийг бүрдүүлсэн.
2. Бага оврын гагнуурын аппарат хийх боломжийг бүрдүүлсэн.

Бид дээрх гүйдэл үүсгүүрийг судлахад гадаадын орны хэмжүүр, туршилтын багажууд нь үнэ өртгийн

хувьд өндөр байдаг. Иймээс хямд зардлаар энгийн нам хүчдлийн тоног төхөөрөмжүүдийг турших 1 фазын гүйдэл үүсгэгч трансформаторыг гарын доорх материалаар хийх тухай судалсан. Ингэхэд энгийн хэрэглээний 220В хүчдэл 1.13А гүйдэл гаргадаг бол бид трансформатораар хүчдэлийн түвшинг нь бууруулж 1.2А хүртэл бууруулж 60А гүйдлийг гаргаж авсан.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Б.Бат-Отгон Электроникийн үндэс.
2. Н.Дашням, Д.Энхтүвшин Цахилгаан машин 2012 он Улаанбаатар хот.
3. <http://seedorffacme.com/support/faq/>.
4. <http://www.avdweb.nl/tech-tips/spot-welder.html>.

ЭДЦС-ЫН 0.4 кВ-ИЙН ХӨДӨЛГҮҮРИЙН ГЭМТЛИЙН СУДАЛГАА, ГЭМТЛИЙГ БУУРУУЛАХ БОЛОМЖ

Н.Түмэнцэнгэл*, М.Баттулга*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Манай орны цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээний 92 %-ийг дулааны цахилгаан станцууд хангаж байна. Дулааны цахилгаан станцууд нь өөрийн үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүчний 15-17 %-ийг дотоод хэрэгцээндээ хэрэглэдэг. Иймд дулааны цахилгаан станцын цахилгаан хөдөлгүүрийн хэвийн ажиллагаанаас үйлдвэрлэлийн хэвийн горим ихээхэн хамаарч байдаг учир цахилгаан хөдөлгүүрийн гэмтэл, түүний шалтгаан, гэмтлийг бууруулах арга замыг судлах нь ажлын гол зорилго болно.

Судалгааны ажлын хүрээнд ЭДЦС-ын цахилгаан хөдөлгүүрүүд тэр дундаа 0.4 кВ-ийн хөдөлгүүрийг сонгон авч, тэдгээрт үүсэж буй гэмтлүүдийг тодорхойлсон ба хамгийн их үүсэж буй гэмтэл нь удирдлагын хэлхээний гэмтэл байгаа тул одоо ашиглагдаж байгаа удирдлага хамгаалалтыг сайжруулах тэр дундаа Микроконтроллер ашиглан хялбар бөгөөд үр дүнтэй шийдлийг үзүүлэв.

Түлхүүр үг: цахилгаан хөдөлгүүр, удирдлага, хамгаалалт, гэмтэл.

ОРШИЛ

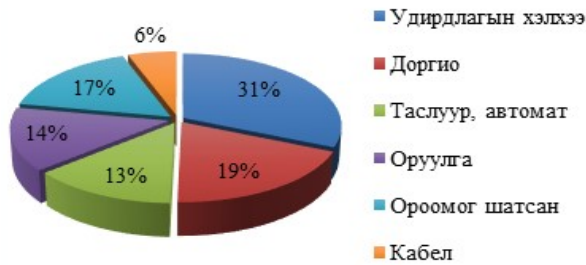
Цахилгаан хөдөлгүүрийг эрчим хүчний үйлдвэрлэл, хүнд болон хөнгөн үйлдвэрлэлд тэжээлийн усны насос, хөргөлт, агааржуулалт, зөөх, тээвэрлэх дамжлагуудад өргөн ашиглаж байна. Иймд тухайн үйлдвэрлэлийн процесс нь хөдөлгүүрийн ажиллагаатай шууд холбоотой тул найдвартай ажиллагааг өндөр түвшинд шаарддаг. Гэвч тухайн тоноглол дээр төрөл бүрийн гэмтэл гарч үйлдвэрлэлийн процессын тасралтгүй ажиллагааг алдагдуулахад хүрдэг. Хөдөлгүүр дээр гардаг нийтлэг гэмтлүүд нь хэт ачаалал, бүрэн бус фазын горим, хүчдэл бууралт, богино залгаа, удирдлагын гэмтэл байна. Ашиглагдаж байгаа цахилгаан хөдөлгүүрүүдийн удирдлага, хамгаалалтыг ихэвчлэн соронзон залгуур, дулааны реле болон хүчдэл бууралтын реле, түргэн үйлчилгээтэй цахилгаан

соронзон автоматаар гүйцэтгэж байна. Эдгээр хамгаалалтууд нь хэт ачааллыг, фаз хоорондын богино залгааг, хүчдэл бууралтыг мэдрэх боловч бага чадлын хөдөлгүүрт дифференциал автоматыг тавьдаггүй учир статорын их биений газардлага, бүрэн бус фазын горимыг мэдэрдэггүй, гацаатай үед асаалтын хориг хийгдэхгүй, нэмэлт хамгаалалт оруулахад үндсэн монтажийг өөрчлөх шаардлагатай, тухайн үеийн параметрийг санаж үлдэх боломжгүй, алсаас удирдах боломжгүй зэрэг сул талуудтай. Харин микропроцессорын хамгаалалт нь дээрх хамгаалалт, удирдлагуудыг цогцоор нь шийдсэн боловч эдийн засгийн хувьд өндөр өртөгтэй, хөдөлгүүр бүрд суурилуулах хүндрэлтэй юм. Эдгээр дутагдлыг Микроконтроллер ашигласнаар нөхөх боломжтой ба хамгийн гол нь хөдөлгүүрийн ашиглалтын хугацааг уртасгах, эдийн засгийн хувьд өндөр үр ашигтай бөгөөд цаашид найдвартай ажиллах боломж бүрдэж байна.

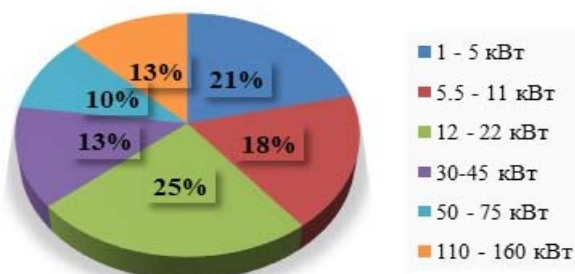
Судалгааны хэсэг

Эрдэнэтийн Дулааны Цахилгаан Станц ТӨХК-н нийтдээ 0.4 кВ-ийн 200 ш хөдөлгүүр, 6 кВ-ийн 45 ш хөдөлгүүр байдаг бөгөөд хөдөлгүүрийн гэмтлийн судалгаанд нийт 245 ш цахилгаан хөдөлгүүрийг хамруулан авч үзсэн. 2014-2018 онд хийсэн хөдөлгүүрийн судалгааны хүрээнд нийт 233 гэмтэл гарсан бөгөөд эндээс 142 гэмтлийг үндсэн гэмтэл, 91 гэмтлийг туслах гэмтэл хэмээн хуваасан болно. 2014-2018 онд гарсан цахилгаан хөдөлгүүрийн үндсэн гэмтэлд судалгаа хийж үзэхэд 0,4 кВ-ийн хөдөлгүүрийн гэмтлийн тоо 127 удаа, 6 кВ-ийн хөдөлгүүрт 15 удаа гэмтэл гарсан байна. Үүнээс нийт гэмтлийн 30 %-ийг удирдлагын хэлхээ, 22 %-ийг доргионы гэмтэл, 15 %-ийг статорын ороомог шатсан гэмтэл, 15 %-ийг таслуур болон автоматны гэмтэл, 13 %-ийг оруулганы гэмтэл, 5 %-ийг кабелийн гэмтэл тус тус эзэлж байна. Мөн туслах гэмтлийн төрөлд амперметр гэмтсэн, удирдлагын гэрэл шатсан, оруулганы таг хагарсан, хөдөлгүүрийн сэнсний хүрз

хугарсан, газардуулгын гагнаас салсан, тосон таслуурын тосны гоожилт зэрэг гэмтлүүд хамрагдсан болно. 2014-2018 оны хоорондох цахилгаан хөдөлгүүрийн судалгааг гэмтлийн төрлөөс хамааруулан ангилж судлав. Үүнд доргионы гэмтэл, ороомог шатсан гэмтэл, удирдлагын хэлхээний гэмтэл, оруулганы гэмтэл, автомат таслуурны гэмтэл, кабелийн гэмтэл зэргээр ангилан авч судлав.



Зураг 1. 0.4 кВ-ийн цахилгаан хөдөлгүүрийн гэмтлийн төрөл



Зураг 2. Гэмтэл гарсан 0.4 кВ-ийн цахилгаан хөдөлгүүрийн чадал

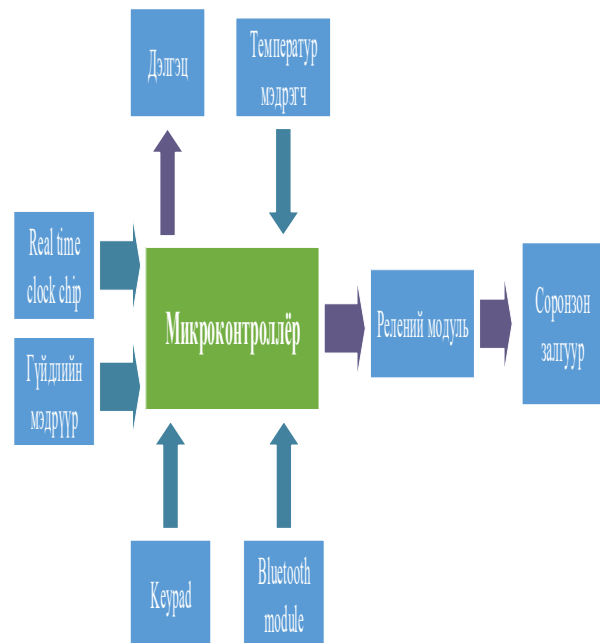
Зураг 1-ээс харахад судалгаанд хамрагдсан 0.4 кВ-ийн хөдөлгүүрийн гэмтлийн ихэнх хувийг удирдлагын хэлхээний гэмтэл (31 %) эзэлж байна.

Удирдлага, хамгаалалтын боловсруулалт

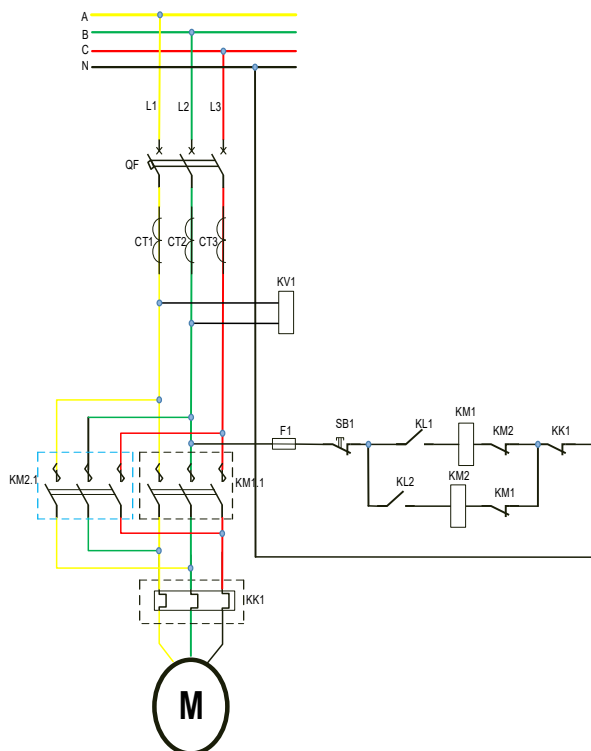
Компьютерийн үндсэн төхөөрөмжүүдийг нэг хагас дамжуулагч кристалл дээр багтаан суурилуулж нэг микросхем болгон үйлдвэрлэн гаргасан чипийг Микроконтроллер (МК) гэдэг. МК үйлдвэрлэлээр дэлхийд тэргүүлэгч томоохон үйлдвэрүүдэд Atmel, Intel, Microchip, Analog devices, Cypress semiconductor corporation зэрэг багтаж байна [6]. Cypress semiconductor corporation-ны PSOC 4 CY8CKIT-049-42 гэсэн 32 битийн МК нь Psoс Creator програм хангамжаар програмчлагддаг бөгөөд овор хэмжээ багатай, програмчлахад хялбар, бусад МК илүү олон тооны төхөөрөмжүүдийг зэрэг удирдаж програмчлах боломж бүхий оролт гаралтын портуудтай зэрэг давуу талуудтай. Бидний хийх гэж буй төхөөрөмжийн хувьд 4 битийн 16 хөлтэй LCD дэлгэц, завсрын релений модуль, Keypad, гүйдэл, хүчдэлийн сенсор, Realtime clock chip зэрэг олон тооны төхөөрөмжүүдийг удирдахад PSOC 4 Микроконтроллер нь хамгийн тохиромжтой хувилбар юм. Энэ төхөөрөмж нь дараах энд ангиудаас бүрдэнэ.

- LCD дэлгэц-32 ш тэмдэгт хэвлэж болох бөгөөд гүйдэл, хугацааны тавил, тохируулга хийх, гэмтэл, тасралтын шалтгааныг мэдээллэх зорилгоор ашиглана.
- Real time clock chip DS1302 бодит цаг хугацааг тоолдог төхөөрөмж бөгөөд хугацааны релений үүргийг гүйцэтгэнэ.

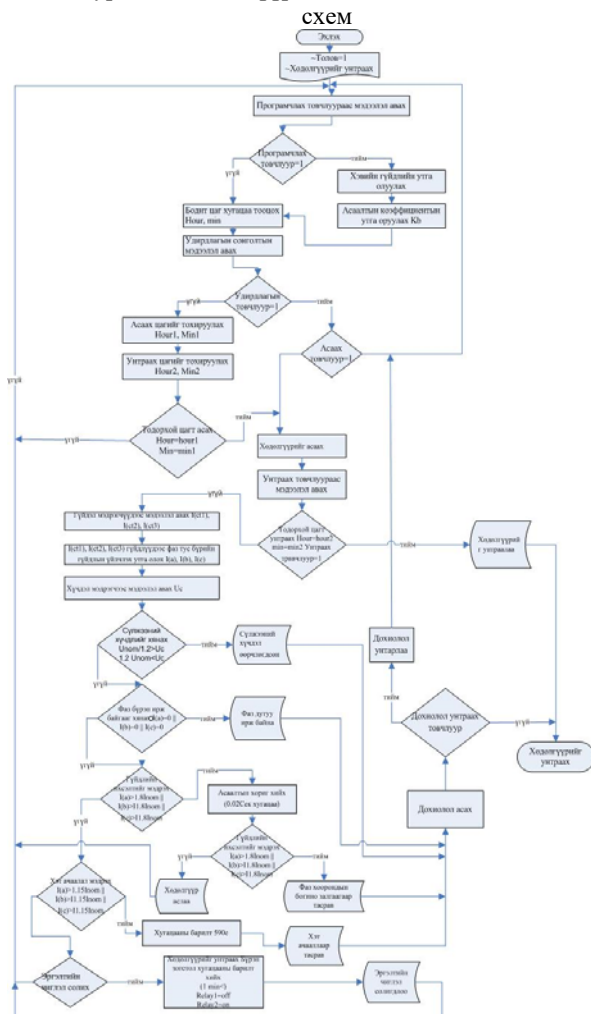
- Гүйдлийн мэдрүүр (Current sensor)-Allegro Micro systems компанийн ACS712, ACS755 загварын 20A, 30A, 50A, 100A, 130A, 150A, 200A тус тус гүйдлийн хязгаартай гүйдлийн мэдрэгчийг 3 фазын сүлжээний фаз тус бүр дээр суурилуулж, хэлхээний гүйдлийг хувиргаж хэмжинэ.
- Релений модуль-оптрон (opto isolator), биполяр транзистораар тусгаарласан, 5В-ийн тэжээлээр удирдагдах реле бөгөөд МК-оос ирсэн сигналыг өсгөж, 220В-ийн хэлхээтэй завсрын релений контактаар дамжин холбогдож, соронзон залгуурын ороомгийн хэлхээнд тэжээл өгч хөдөлгүүрийг удирдана.
- Bluetooth module HC-06 нь алс зайнаас төхөөрөмжийг удирдах боломж олгоно.
- Keypad-Хугацааны тавил тохируулга, гүйдлийн хамгаалалтын тавил тохируулах зэрэгт ашиглагдана.
- Температур мэдрэгч-PT100 төрлийн RTD (resistance temperature detector) эсэргүүцэл нь температураас хамаарч шугаман хуулиар өсдөг элементийг ашиглан орчны температурыг хэмжинэ.
- PSOC 4 CY8CKIT-049-42 МК нь Embedded систем хөгжүүлэгчидэд зориулсан Cypress компанийн шинэ үеийн чип дээр суурилсан програмчлагдах систем (programmable system-on-chip) юм. Түүнд өндөр чадамж бүхий ARM Cortex-M0 CPU, програмчлагдах оролт, гаралт портууд, програмчлагдах тоон, аналог логик төхөөрөмжүүд багтдаг. Уг микроконтроллерыг ашиглан та гэр ахуйн төхөөрөмжүүдээ хялбар удирдах боломжийг олгож байна. PsoC 4 туршилтын хавтан нь өөр дээрээ USB-цуваа төхөөрөмжийг хамт агуулдаг ба түүнийг ашиглан микроконтроллерыг програмчлах, МК болон компьютерын хооронд цуваа интерфэйс үүсгэх боломжтой [7].



Зураг 1. Хөдөлгүүрийн МК-ын удирдлага, хамгаалалтын бүтцийн схем [13]



Зураг 2. Хөдөлгүүрийн цахилгаан холболтын



Зураг 3. Хөдөлгүүрийн МК удирдлага, хамгаалалтын алгоритм [13]

Цахилгаан хөдөлгүүрийн фаз хоорондын богино залгааны үед хугацааны барилтгүйгээр таслах ёстой бөгөөд уламжлалт РХ-ын хувьд 0,4 кВ-ийн хөдөлгүүрт түргэн үйлчилгээтэй цахилгаан соронзон автоматыг ашигладаг. Хөнгөн асаалттай хөдөлгүүрийн асаалтын хугацаа нь 0,02-2 сек, хүнд асаалттай хөдөлгүүрийн асаалтын хугацаа 5-10 сек байдаг. Хөдөлгүүрийн асаалтын үед хэвийн гүйдлээс 5-7 дахин их гүйдэл гүйдэг [1]. Уламжлалт РХ-ын хувьд гүйдлийн огцом ихсэлтийн үед хамгаалалтын ажиллах гүйдлийг хөдөлгүүрийн асаалтын гүйдлээс их байхаар тохируулж авдаг [2]. Харин бидний МК-ын төхөөрөмжийн хувьд фаз хоорондын богино залгааны гүйдлийг мэдрэхдээ асаалтын гүйдлээс ялгаж мэдрэхийн тулд асаалтын үед буюу хөдөлгүүрийг асаах товчлуур дарсан эсвэл автомат горим дээрх удирдлагын нөхцөл биелсэн үед 0-1.5 сек хугацааны барилттайгаар асаалтын гүйдлийг хэмжихгүйгээр өнгөрөөж, түүнээс хойших үеийн гүйдлийн утгыг хэмжих ба хөдөлгүүрийн гүйдэл хэвийн гүйдлээс 1.25-1.5 дахин ихэссэн үед хамгаалалт ажиллаж, хугацааны барилтгүйгээр таслалт хийнэ. Хөдөлгүүрийн хэвийн гүйдлийг ямар чадалтай хөдөлгүүр хэрэглэснээс хамаарч МК-оос тохируулж болно.

Хэт ачаалал нь цахилгаан хөдөлгүүрт элбэг тохиолдох хэвийн биш горим юм. Хэт ачаалал нь дараах шалтгаануудаар үүсдэг. Үүнд:

- Цахилгаан хөдөлгүүрийн асаалтын процесс удаан хугацаанд үргэлжилбэл
- Хөдөлгүүрийн механизмд хэт ачаалал үүсэх
- Цахилгаан хөдөлгүүрийн механик гэмтэл үүсэх
- Нэг фаз тасарвал

Уламжлалт РХ нь цахилгаан хөдөлгүүрийн хэт ачааллын хамгаалалтаар дулааны релег ашигладаг. Дулааны реле нь халаах элемент дээр ялгарч байгаа $Q_p = (I_d/k_T)^2 \cdot r \cdot t$ дулааны хэмжээг мэдэрч ажиллана. Олон улсын стандартаар хөдөлгүүрийн бусад тодорхойломжоос үл хамааран ачааллын гүйдэл 105-125 %-иар өөрчлөгдөхөд хэт ачааллын хамгаалалт ажиллах ёстой. Америкийн үйлдвэрүүдэд хэт ачааллын хамгаалалт нь Class 20 стандарттай, Европын орнуудад Class 10 гэсэн стандарттай байдаг. Class 20 ангиллын хамгаалалт нь 125%-ийн хэт ачааллыг 590 сек-д тасална [2]. МК-ын төхөөрөмжийн хувьд хөдөлгүүрийн хэвийн гүйдэл 15-20%-иар ихсэхэд хэт ачаалал гэж үзэж, хугацааны барилт нь стандарт бүрээр өөр, өөр байгаа учраас түүний тавилын утгыг 2-590 сек хүртэл байхаар тохируулах боломжтойгоор програмчилна. Харин нэг фаз тасарсан үед МК-ын төхөөрөмж нь аль нэг фазын гүйдэл 0-тэй тэнцүү буюу түүнтэй ойролцоо болсон тохиолдолд ажиллах нөхцөлөөр тохируулна.

Сүлжээний хүчдэл ихсэж, буурахад цахилгаан хөдөлгүүрийн хэвийн ажиллагаа алдагддаг ба түүний эргэх момент M_d нь түүний гаргалган дээрх хүчдэлийн квадраттай шууд хамааралтай. $M_d = k \cdot U^2$ Иймд хүчдэл огцом буурахад цахилгаан хөдөлгүүрийн эргэх момент нь түүний голд холбосон механизмын эсэргүүцлийн моментоос бага болж хөдөлгүүрийг зогсооход хүргэдэг [2]. Хүчдэлийн өөрчлөлтийг мэдрэхийн тулд МК-ын төхөөрөмжийн оролтод LEM брэндийн LV-25P хүчдэлийг хувиргагчаар дамжуулан мэдээлэл авч

сүлжээний хүчдэл $\Delta U = 0.15U_{хэв}$ буюу 15 %-иар өөрчлөгдөхөд хамгаалалт ажиллана [4].

Нэг фазын газардлага нь аюул багатай гэмтэл бөгөөд бага чадлын хөдөлгүүрт газардлагын хамгаалалт тавьдаггүй. Ихэнх тохиолдолд газардлагын хамгаалалтаар дифференциал цахилгаан соронзон автоматыг ашигладаг. МК-ын төхөөрөмжийн хувьд фазуудын гүйдлийн тэгш бус горимыг мэдрэх замаар их, бага чадлын бүх төрлийн хөдөлгүүрийн газардлагын гэмтлийг мэдэрдэгээрээ давуу талтай.

МК төхөөрөмж ашигласан хөдөлгүүрийн хамгаалалт удирдлагын давуу тал:

- Хөдөлгүүрийн бүх төрлийн гэмтлийг мэдрэх боломжтой
- Алс зайнаас удирдах
- Олон төрлөөр програмчлах
- Овор хэмжээ багатай
- Хөгжүүлэлт хийх
- Энергийн зарцуулалт бага
- Нам хүчдэлээр удирдагддаг
- PLC, инвэртэртэй холбогдох
- Үнэ, өртөг хямд гэх мэт

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажил нь 0.4 кВ-ийн цахилгаан хөдөлгүүрт зориулсан боловч өндөр чадлын хөдөлгүүрийн хамгаалалт, удирдлагыг хийх бүрэн боломжтой юм. Судалгаанаас харахад 2014-2018 онд гарсан цахилгаан хөдөлгүүрийн үндсэн гэмтэлд судалгаа хийж үзэхэд 0.4 кВ-ийн хөдөлгүүрийн гэмтлийн тоо 127 удаа, 6 кВ-ийн хөдөлгүүрт 15 удаа гэмтэл гарснаас нийт гэмтлийн 30 %-ийг удирдлагын хэлхээ эзлэж байна. Үүнээс үзэхэд цахилгаан

хөдөлгүүрийн хамгаалалт удирдлагыг өөрчилж, эдийн засгийн үр ашигтай хамгаалалт ашиглах хэрэгтэйг харуулж байна.

Судалгааны ажлын үр дүн нь бага чадлын цахилгаан хөдөлгүүрийг микроконтроллер ашиглан хамгаалалтыг гүйцэтгэх нь эдийн засгийн хувьд уламжлалт хамгаалалтаас хямд, тухайн хөдөлгүүрт зориулж хамгаалалт, удирдлагыг уян хатнаар тохируулах бүрэн боломжтой гэдгийг илтгэж байна.

Ашигласан материал

1. Д.Өлзий-Орших “Цахилгаан машин, бичил машин”-УБ 2016 он.
2. Ж.Эрдэнэгерэл “Цахилгаан хөдөлгүүрийн реле хамгаалалт, автоматик”-УБ. 2012 он.
3. Ц.Ууганбаатар “Цахилгаан хөдөлгүүрийн ашиглалтын үзүүлэлтийг дээшлүүлэх судалгаа”-УБ 2013 он.
4. Stephen L.Herman “Industrial Motor Control ”/7th - edition/-2014, 2010 Delmar, Cengage Learning in USA.
5. ГОСТ2.747-75 стандарт.
6. <https://www.slideshare.net/ssuser698d1e/ss-73644846>.
7. <http://aicontrol.mn/>.
8. <https://elec.mn/>.
9. <https://electronic.chip.mn>.
10. <http://company.barilga.mn/org/5627>.
11. <http://www.amperhouse.mn/home.shtml>.
12. <http://news.barilga.mn/t/56712>.
13. М.Баттулга нар “0.4 кВ-ын хөдөлгүүрийн удирдлага, хамгаалалтын микроконтроллерын төхөөрөмж ашиглан гүйцэтгэх” Эрчим хүч-хөгжил дэвшил сэдэвт ОЭШБХ-ийн эмхэтгэл, УБ 2018 он

ТӨМӨР ЗАМЫН ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНИЙ ГАЗАРДЛАГЫН ГҮЙДЛИЙН ТООЦОО

О.Төгсжаргал*, Ж.Занданхорол*, Ж.Нандагсамба*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Энэхүү илтгэлд төмөр замын түгээх сүлжээний кабель агаарын шугам, дэд станцуудын газардлагын гүйдлийг тооцож, тооцоог хэмжилт туршилтаар баталгаажуулах, газардуулагдсан саармаг цэгийн горимыг турших, техник зохион байгуулалтын арга хэмжээ авах тухай өгүүлсэн болно.

Түлхүүр үг. газардлагын гүйдэл, саармаг цэг, өндөр Омын эсэргүүцэл, Бага Омын эсэргүүцэл.

ОРШИЛ

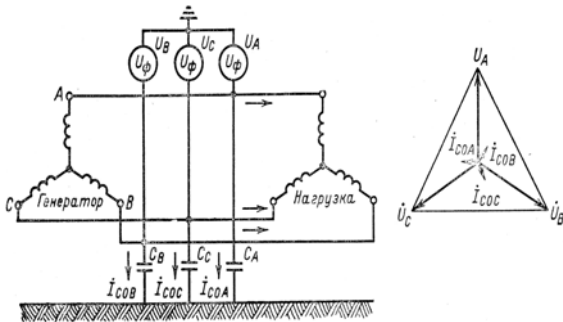
6, 10, 35 кВ-ийн хуваарилах шугам сүлжээ нь янз бүрийн холимог саармаг цэгийн горимоор ажиллаж байна. Харин ашиглалтын явцад цаас тосон тусгаарлагатай кабелийг полиэтилен тусгаарлагатай кабелиар солих, агаар болон кабель шугамын урт хэвийн хэмжээнээс хэтэрч, ашиглалтын нөхцөлд хэвийн ажиллах боломжгүй нөхцөл байдал үүсч байна. Ийм учраас газардлагын гүйдлийг нарийн тооцоолж, газардлагын гүйдэл ихтэй дэд станц, фидер, гаргалагуудад, саармаг цэгийн оновчтой горимыг

сонгож, цахилгаан шугам сүлжээний хэвийн найдвартай ажиллагааг хангах нь чухал юм.

Цахилгаан шугам сүлжээний саармаг цэгийн горим

Саармаг цэгийн ажлын горим нь газардах гүйдлээр тодорхойлогдоно. Нэг фазын газардлагын үеийн гүйдэл 500 А-аас их бол тийм шугам сүлжээг газардлагын их гүйдэлтэй шугам сүлжээ харин 500 А-аас бага бол газардлагын бага гүйдэлтэй шугам сүлжээ гэдэг.

Тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй 3 фазын шугам сүлжээ



Зураг 1.1. Тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй хэлхээний хэвийн горим

Энэ шугам сүлжээ хэвийн горимын үед газартай харьцангуй фазын хүчдэлүүд нь тэгш хэмтэй мөн хэмжээгээр тэнцүү $\dot{U}_A = \dot{U}_B = \dot{U}_C$ фазын хүчдлээр тодорхойлогдож мөн газартай харьцангуй багтаамжийн шинж чанартай гүйдлүүд нь тэгш хэмтэй мөн хэмжээгээрээ тэнцүү фазын гүйдлээр тодорхойлогдоно.

$$I_{C_0} = U_{\phi} \cdot \omega * C \text{ A/км}$$

Энд: U_{ϕ} - фазын хүчдэл, В; ω - өнцөг давтамж, сек⁻¹; C_0 - газартай харьцангуй хувийн багтаамж, мкФ/км; Гурван фазын газартай харьцангуй багтаамжийн гүйдлүүдийн геометр нийлбэр тэгтэй тэнцүү.

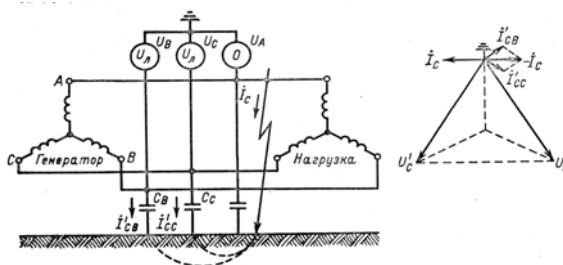
$$\dot{I}_{C_0A} + \dot{I}_{C_0B} + \dot{I}_{C_0C} = 0$$

Их чадлын сүүлийн үеийн тоноглолтой реле хамгаалалт автоматикийн төхөөрөмжүүд маш түргэн ажиллагаатай учир нэг фазын багтаамжийн гүйдэл хэдхэн ампер учир генераторын ачаалалд нөлөө үзүүлэхгүй.

Нэг фазын металл газардлага үүссэн тохиолдолд фазуудын тархаж байгаа багтаамжаар гүйдэл гүйдэг ба үүнийг багтаажийн гүйдлээр авч үзнэ. Нэг фазын газардлагын үед фаз хоорондын багтаамжийг тооцохгүй. Учир нь нэг фазын газардлагын үед эдгээр фаз хоорондын багтаамжийн нөлөөлөл маш бага болно.

Хэрвээ шугам сүлжээний ямар нэг металл цэгт газардлага үүсэхэд гэмтээгүй эрүүл фазын газартай харьцангуй хүчдэл нь $\sqrt{3}$ дахин өсч хэмжээгээр фаз хоорондын буюу шугамын хүчдэлтэй тэнцүү болж ирнэ. Зураг 1.2-ын жишээнд А фаз газардсан байгаа гэмтээгүй В ба С фазуудын газартай харьцангуй хүчдэл нь:

$$\dot{U}'_B = \dot{U}_{BA}, \dot{U}'_C = \dot{U}_{CA}$$



Зураг 1.2. Тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй хэлхээний А фазын металл газардлагын горим

Гэмтээгүй фазуудын газартай харьцангуй гүйдлүүд хүчдэл $\sqrt{3}$ дахин өсч байгаагаар адил $\sqrt{3}$ дахин өснө. Гэмтсэн А фазын багтаамжаар илэрхийлэгдэх газардлагын гүйдэл нь тэг болно. Газардаж байгаа

цэгийн хувьд гүйдлийн утгыг бичвэл гэмтээгүй фазуудын геометр нийлбэр вектор хэмжигдэхүүн болно.

$$\dot{i}_c = (\dot{i}'_{cB} + \dot{i}'_{cC})$$

Гэмтээгүй фазуудын багтаамжийн гүйдэл нь хэвийн горимын үеийн багтаамжийн гүйдлээс 3 дахин өснө.

$$I_c = 3U_{\phi} \omega C_0$$

Эндээс багтаамжийн шинж чанартай газардлагын гүйдэл нь:

А. Тухайн шугам сүлжээний хүчдэл, В;

Б. Тухайн шугам сүлжээний давтамж, сек⁻¹;

В. Газартай харьцангуй хувийн багтаамжаас хамаарч байна.

Эндээс багтаамжийн гүйдлийг туршилтын томъёогоор мөн тодорхойлж болно.

Цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын хувьд

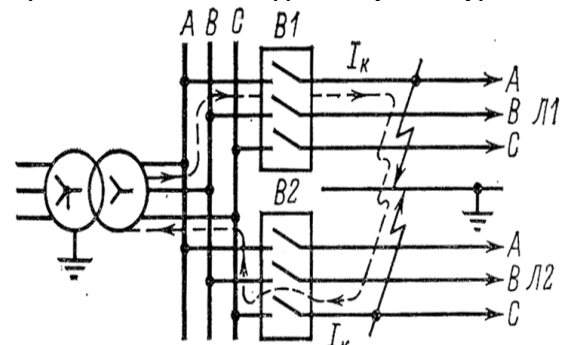
$$I_c = \frac{U_{III} L}{350}$$

Цахилгаан дамжуулах кабель шугамын хувьд

$$I_c = \frac{U_{III} L}{10}$$

Металл газардлагын үед гэмтсэн фазын газартай харьцангуй хүчдэл нь 0-с их фазын хүчдлээс бага байна. Гэмтээгүй фазуудын газартай харьцангуй хүчдэл фазын хүчдлээс их шугамын хүчдлээс бага байна. Эдгээрээс харахад газардаж байгаа цэгийн гүйдэл багасна. Тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй шугам сүлжээний нэг фазын металл газардлагын үед шугамын хүчдлийн вектор болох адил талт гурвалжин гажихгүй. Ийм учраас фаз хоорондын хүчдлээр тэжээгддэг хэрэглэгч эрчим хүчээр тасрахгүй юм. Нэг фазын металл газардлагын үед гэмтээгүй фазуудын хүчдэл шугамын хүчдэл хүртэл өсдөг учир энэ шугам сүлжээний тусгаарлах хийцийг шугамын хүчдэлээр тооцоолсон байдаг. Ийм учраас тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй горимыг 35 кВ шугам сүлжээнд ашиглах ба цахилгаан тоног төхөөрөмжийн тусгаарлах хийцийн үнэ нь шийдвэрлэх үүрэг гүйцэтгэж чадахгүй. Ийм шугам сүлжээнд ОХУ-ын эрдэмтэдийн хийсэн судалгаанаас үзэхэд 65 %-ийг нэг фазын гэмтэл эзэлдэг байна. Харин энэ шугам сүлжээний тусгаарлах хийцийн нэмэлт шаардлага нь хэрэглэгчдийг чанартай найдвартай эрчим хүчээр хангах бололцоог олгоно.

Битүү хэлхээний шугам сүлжээний нэг фазын тусгаарлагын гэмтэл нь нэг фазын тусгаарлах хийцийг гэмтээх магадлал ихэснэ. Үүний улмаас фаз хоорондын богино залгаа үүсгэх аюултай. /зураг 1.3./

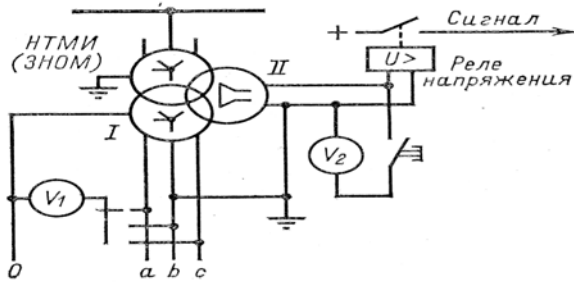


Зураг 1.3. Тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй хэлхээний 2 фазын богино залгаа

Газардаж байгаа 2 цэг нь эхний тоноглолтойгоо цахилгаан холбоотой хэлхээний нөгөө хэсэгт гарч

ирнэ. Эндээс үзэхэд богино залгаа нь шугам сүлжээний нилээд хэд хэдэн хэсгийг хамарч хэлхээг таслахад хүргэнэ. Жишээ нь: 2 шугам АС хоёулаа тасрах магадлал ихтэй. Ийм учраас тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй шугам сүлжээний хувьд нэг фазын газардлага гарахад дохиоллын төхөөрөмжийг тавьсан байх шаардлагатай.

Дохиоллын төхөөрөмжүүд хэлхээнд залгагдахдаа хэмжүүрийн трансформаторуудаар дамжиж эсвэл нэг фазын групп трансформаторуудаар дамжин холбогдоно.



Зураг 1.4. Газардсан фазыг илрүүлэх дохиоллын хэлхээ

Зураг 1.4-аас харахад хэмжүүрийн трансформаторын хоёрдогч ороомгийг 2 схемээр холбоно. Одон холболт бүх фазуудын хүчдэлийг хэмжинэ. Задгай гурвалжин схем нь бүх фазуудын хүчдэлийн геометр нийлбэрийг хянах зориулалттай. Хэвийн ажиллагааны үед 2-р ороомгийн залгуур дээр хүчдэл тэг байна. Учир нь энэ шугам сүлжээний бүх 3-н фазын хүчдлүүдийн геометр нийлбэр тэгтэй тэнцүү байна. Харин анхдагч хүчдэлийн хэлхээнд металл богино залгаа болвол 2-р ороомгийн 2-р схемийн залгуур дээр хүчдэл гарч тэр нь гэмтээгүй 2 фазын хүчдэлийн геометр нийлбэртэй тэнцүү байна. 2-р ороомгийн ороодсын тоог сонгохдоо түүний гаргалага дээрх хүчдэл ойролцоогоор 100 В байхаар ороодсын тоог сонгож авдаг. Гарч байгаа газардлага ямар нэг шилжилтийн эсэргүүцлээр газардаж байвал 2-р ороомгийн хүчдэл эсэргүүцлээс хамаарч 0-100В 2-р ороомгогт холбогдсон хүчдлийн реле РН тодорхой тавилын хэмжээнд анхдагч хэлхээний тусгаарлах хийцийн гэмтлийг мэдэрч дохиоллын төхөөрөмжийг ажиллуулна. Тонголлол дээр ажиллаж байгаа хүн нь хоёрдугаар ороомог дээр гарах ялгавар хүчдлийн хэмжээг V_2 вольтметрээр хянана. Өөрөөр хэлбэл анхдагч хэлхээнд нэг фазын газардлага гарсан үед V_2 вольтметр хүчдэл заана. Харин яг аль фаз гэмтсэн бэ гэдгийг V_1 вольтметр заана. Гэмтсэн фазын хүчдэл эрс буурч гэмтээгүй фазуудын хүчдэл шугамын хүчдэл хүртэл өссөн байна. Дохиолол өгсөн буюу газардлагын туслах хамгаалалт ажилласны дараа маш түргэн хугацаанд газардлага гарсан цэгийг тогтоож гэмтлийг арилгана. Газардсан фазыг илрүүлж гэмтлийг арилгах зөвшөөрөгдөх хугацааг ЦБД-д 2 цагаас хэтрэхгүй байхаар заана. Хамгийн аюултай нь нэг фазын газардлага нумаар дамжин нэг фазын болон 2 фазын богино залгаа үүсгэж тоног төхөөрөмжийг гэмтээх аюултай байдаг. Нэг фазын газардлага тоноглол дээр гарах хамгийн аюултай. Асч унтарсан тогтворгүй шинж чанартай нуман газардлага нь ЦБД-д заасан газардлагын гүйдлийн зөвшөөрөгдөх утгаас хэтэрсэн үед гүйдлээр биш нумаар газардаж эрүүл 2 фазуудад $3.5U_{\phi}$ $U_{нум}$ хэт хүчдэл үүсгэдэг аюултай. Энэ хэт

хүчдэл цаашид бүх хэлхээнд тархаж тусгаарлах хийцийг нэвт цохилтонд оруулж эсвэл тоноглолуудын муудсан тусгаарлах хийцтэй хэсэгт богино залгаа болгох аюултай.

Хүснэгт 1.

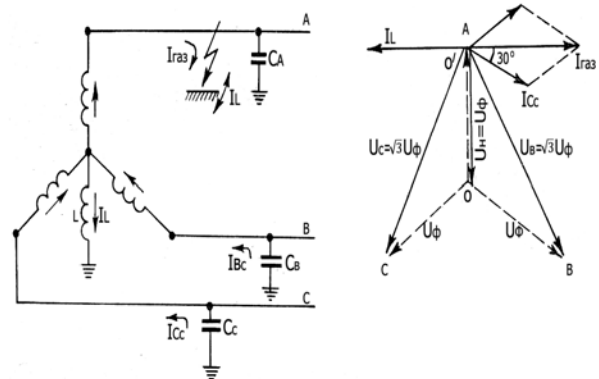
Газардлагын багтаамжийн гүйдлийн зөвшөөрөгдөх утга

Хэвийн хүчдэл, кВ	3-6	10	15-20	35
I_c , А	30	20	15	10

Төмөр бетон тулгууртай агаарын шугамын хувьд 3-20 кВ хүчдэлд $I_c \leq 10$ А, харин блокоор ажиллаж байгаа схемтэй генератор-трансформаторын хувьд $I_c \leq 5$ А байна. Энэ саармаг цэгийн горимыг 1 кВ хүртэлх хүчдэлтэй шугам сүлжээнд хэрэглэнэ. Энэ хүчдэлийн үед тухайн сүлжээний үндсэн онцлогууд хадгалагдаж чадна. Үүнээс гадна эдгээр шугам сүлжээнд аюулгүйн техникийн өндөр түвшинд байх шаардлагатай. (Иймээс энэ тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй сүлжээг зөөврийн багажинд өргөн хэрэглэнэ). Тусгаарлах хийц нэвт цохигдсоны улмаас аюулгүй байх байдлыг хангахын тулд тухайн тоноглолын өндөр ба нам талд хайламтгай гал хамгаалагчуудыг зайлшгүй тавьж өгнө.

Нум унтраах ороомгоор газардуулагдсан саармаг цэгийн горим

Трансформаторын саармаг цэг дээр L гэсэн индукцлэлийн ороомгийг залгасан үед А фазад газардлага гарахад саармаг цэгийн газартай харьцангуй хүчдэл нь $U_H = U_{\phi}$ болох ба саармаг цэгийн энэ хүчдлийн нөлөөллөөр L гэсэн ороомгоор $I_L = U_{\phi} / \omega * L$ гэсэн гүйдэл гүйнэ. Энэ гүйдэл нь индукцийн шинж чанартай тул хүчдлээсээ 90° -аар хоцорсон байна. Зураг 1.5 б-д үзүүлснээр газардлагын гүйдэл $I_{гас} = I_{Bc} + I_{Cc}$ индукцийн гүйдэл I_L хоёр нь эсрэг чиглэлтэй, хоорондоо 180° -ийн өнцөгтэй вектор байх тул бие биенээ харилцан саармагжуулна.



а) б)

Зураг 1.5. Гурван фазын шугам сүлжээнд нум унтраах ороомгыг залгах бүдүүвч (а), газардлага гарсан үеийн гүйдэл, хүчдлийн вектор дүрслэлүүд (б)

Хэмжилт, туршилтын товч аргачлал, тоног төхөөрөмжүүд

Хэмжилт, туршилтыг явуулахын тулд 6,10 кВ-ийн шугам сүлжээнд нэг фазын зохиомол газардлагыг үүсгэх шаардлагатай болсон. Зохиомол газардлагыг дотор нь металл газардлага ба зохиомол-тогтворгүй нуман газардлага гэж хоёр хуваана. Хэмжилтийг дээрх 2 тохиолдолд аль алинд нь хийхээр төлөвлөсөн боловч багаж төхөөрөмжийн бүрдүүлэлтээс болоод нуман газардлага хийх ажил хойшлогдож зөвхөн зохиомол металл газардлага хийж хэмжилт туршилтыг явууллаа.

Гүйдлийн хэмжилт

Газардлагын гүйдэл болон реакторын гүйдлүүдийг хэмжихийн тулд 50-100 А-ийн гүйдлийн трансформаторууд ТТ₁, ТТ₂-ийг ашиглана. Гүйдлийн трансформаторын хэмжилтийн алдааг багасгаж тоон осциллографыг хэт хүчдэл болон хэт гүйдлээс хамгаалахын тулд гүйдлийн трансформаторын 2-р ороомог дээр R_ш=0.396 Ом-ын шунтын идэвхитэй эсэргүүцлийг залгана. Энэ идэвхитэй эсэргүүцэл дээр унах хүчдэлийн уналтыг осциллографар хэмжих ба ТТ-ийн 1-р ороомгоор гүйсэн гүйдлийн хэмжээг дараах илэрйллээр тооцоолно.

$$I = \frac{U_{\text{осц}} \cdot K_{\text{ТТ}}}{R_{\text{ш}}}$$

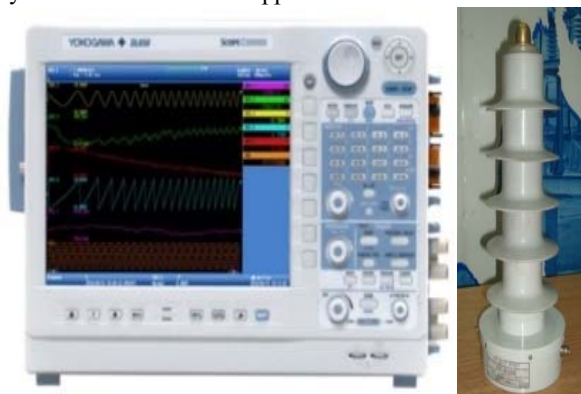
Үүнд: I-Гүйдлийн трансформаторын 1-р ороомгоор гүйсэн гүйдэл, А; K_{ТТ}-Гүйдлийн трансформаторын трансформаци коэффициент; U_{осц}-Осциллографын оролт дээрхи хүчдэл буюу шунтын идэвхитэй эсэргүүцэл дээрхи хүчдэлийн уналт, В; R_ш-шунтийн эсэргүүцэл, R_ш=0.396 Ом.

Хүчдэлийн хэмжилт.

Газардлагын үед фазууд болон саармаг цэг дээрхи хүчдэлүүдийг ердийн цахилгаан соронзон хүчдэлийн трансформатор ашиглан хэмжих боловч хүчдэлийн трансформаторын трансформаци коэффициент нь хүчдэлийн сигналын давтамжаас хамаарч эрс өөрчлөгддөг дутагдалтай. Ялангуяа 2000 Гц давтамжаас дээшхи сигналиудыг хэмжихэд ихээхэн алдаа гардаг онцлогтой. Гэтэл нэг фазын газардлагын үед үүсэх хүчдэл, хэт хүчдэлүүдийн гармоник агууламж нь 50 Гц-ээс 500 кГц, түүгээрч зогсохгүй 1МГц хүртэл өндөр байх боломжтой нь судалгаагаар тодорхойлогдсон байдаг тул хүчдэлийн трансформаторыг энэ төрлийн хэмжилт, туршилтанд хэрэглэх нь хэмжилтийн алдаа зөвшөөрөгдөх хэмжээнээсээ ихсэж, буруу ташаа дүгнэлтэнд хүргэх аюултай болдог. Иймд нам ба өндөр давтамжийн аль ч үед тогтвортой тогтмол тооны хүчдэлийн хуваах коэффициенттай байлгахын тулд багтаамжийн хүчдэл хуваагуурыг /ДН/ энэ төрлийн туршилт, хэмжилтэнд ашиглах нь тохиромжтой байдаг. УБ хотын шугам сүлжээнд явуулсан энэхүү судалгаанд ОХУ-ын “Болид” компанид үйлдвэрлэгдсэн ДН-10кВ маркийн багтаамжийн хүчдэл хуваагуурыг ашиглан хүчдэлийн утгууд, тэдгээрийн гармоникүүдыг хэмжсэн болно.

Хүчдэл, гүйдлийн сигналыг автоматаар бичиж, хэмжих төхөөрөмж

Хүчдэл хуваагуур болон гүйдлийн трансформаторуудаас кабелийн холболтоор орж ирэн сигналуудыг санах байгууламж бүхий тоон системийн осциллографар хэмжинэ. Япон улсын “Yokogawa Electric Corporation” компанийн DL-850 Scope Corder маркийн олон сувагт тоон осциллографыг хэмжилт, туршилтандаа ашигласан. Хэмжилтийн үед осциллографын 5-7 сувгийг нэгэн зэргээр 20 сек хүртэл хугацааны процессыг бичихээр тохируула хийсэн ба дискретизацийн давтамж нь 500 кГц, нэг сувгийн санах ойн эзлэхүүн нь 25 Мб байсан.



Зураг 1.6. DL-850 осциллограф ба 6-35 кВ-ийн багтаамжийн хүчдэл хуваагуур

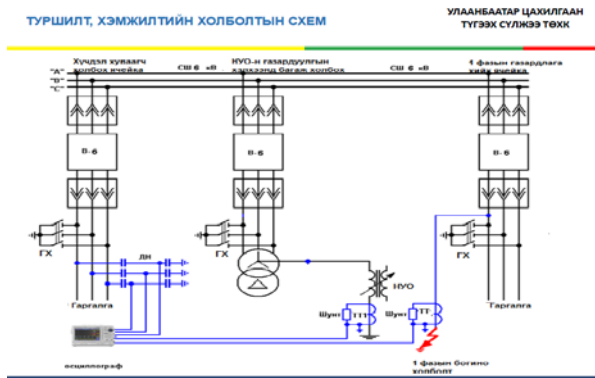
НФГ-ын гүйдлийн хэмжилт, судалгааны ажлын байрны ерөнхий байдлыг Зураг 1.7-д харуулав.



Зураг 1.7. 6-35 кВ-Ын шугам сүлжээний НФГ-ын туршилт хэмжилтийг явуулах ажлын байрны ерөнхий байдал

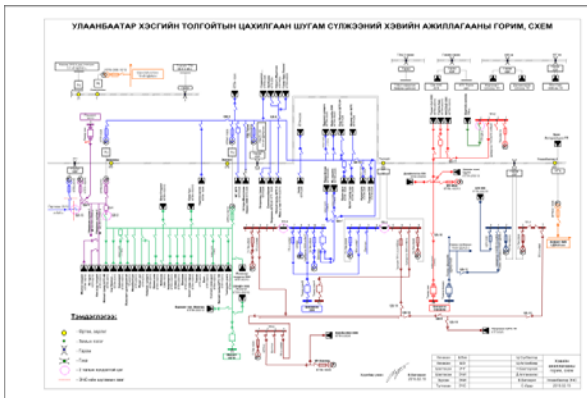
Туршилт, хэмжилтийг явуулахад ашигласан цахилгаан холболтын схем

НФГ-ын процессийн хэмжилт туршилтыг явуулсан дэд станцын цахилгаан холболтын бүдүүвчийг Зураг 1.8-д үзүүлэв. Туршилтыг явуулахад өндөр хүчдэлийн таслуурууд бүхий гурван ячейкийг ашиглана. Таслуур бүхий 1 ячейкад ДН гэсэн багтаамжийн хүчдэл хуваагуурыг залгана.



Зураг 1.8. НФГ-ын процессын туршилт, хэмжилт явуулсан холболтын схем (ГХ- Газардуулгын хутга)

Сонгогдсон ячейкад нэг фазын зохиолмол металл газардлагыг үүсгэж холболтыг хийх ба богино холболтыг ТТ2 гэсэн гүйдлийн трансформатораар дамжуулж гүйцэтгэнэ. Нум унтраах ороомгийг залгасан үеийн туршилтыг явуулахдаа В-2 таслуур бүхий саармаг цэг үүсгэх трансформаторыг ашиглан НҮО-г залгана. НҮО-ийг газардуулганд холбохдоо ТТ1 гэсэн гүйдлийн трансформаторыг ашиглана. ТТ2 гүйдлийн трансформатораар НФГ гарсан цэгээр гүйх гүйдлийг, ТТ1 гүйдлийн трансформатораар НҮО залгагдсан үеийн НҮО реактороор гүйх индукцийн гүйдлийг тус тус хэмжинэ. Туршилт бүрийг 2 удаа явуулсан ба тухайн үеийн туршилтын үр дүнг нэгтгэн дүгнэлт өгсөн.



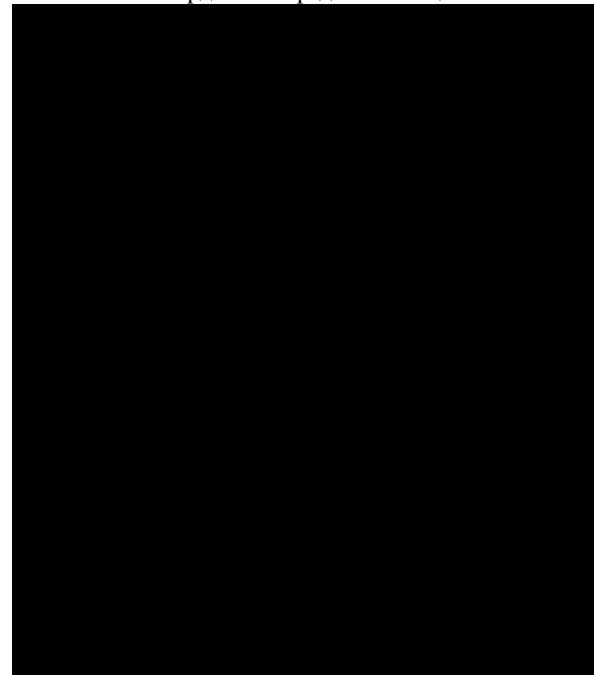
Зураг 1.9. Төмөр замын түгээх сүлжээний горим төлөвлөлтийн схем



Зураг 1.10. Давааны 6 кВ-ийн түгээх сүлжээний трасс

Хүснэгт 1

Газардлагын гүйдлийн тооцоо



Хүснэгт 2

Газардлагын гүйдлийн тооцооны нэгтгэл

Цэвэрлэлч №17-Давааны 6кВ ЦДШ I _с =Ш1.73°2'3.14°50'Со I _с =3°Ш1.73°2'3.14°50'Со I					
Шугамын жасэг	Урт, м	Марк	кабелийн үүдийн багтаамж мФ/км	кабелийн горинц үеийн багтаамжийн гүйдэл, А	Газардлагын гүйдэл, А
Цэвэрлэлч №17-Давааны 6кВ ЦДШ	32.381			2.0020	6.0059

ДҮГНЭЛТ

Төмөр замын түгээх сүлжээний хувьд газардлагын гүйдлийг тооцож үзэхэд кабель болон агаарын шугамын урт ихэссэн, ийм учраас яаралтай газардлагын гүйдлийг бууруулах техник болон зохион байгуулалтын арга хэмжээ авахад газардуулагдсан саармаг цэгийн горимыг зөв сонгох шаардлагатай байна.

Энэхүү тооцоогоор тухайн газардлагын гүйдэл ихтэй станцуудад дотоод хэт хүчдэлийн хэмжээг matlab программ хангамжаар симмуляци хийж үзэхэд үзэхэд 3,2-3,7 U_ф болж байгаа нь хүчдэлийн хэмжүүрийн трансформатор гэмтэх, 6, 10 кВ-ийн хуваарилах байгууламжид хэт хүчдэл үүсч ашиглалтаас гарах, кабель шугамын үзүүр гэмтэх,

хуваарилах байгууламжинд удаан хугацаанд нум үүсч, тоноглолын хэвийн ажиллагаанд нөлөөлж байна.

Ийм учраас газардлагын гүйдлийг бууруулахад өндөр болон бага Омын эсэргүүцлээр газардуулагдсан саармаг цэгийн горимыг тооцоо судалгаа хийн турших шаардлагатай байна.

6, 10 КВ-ИЙН ХҮЧНИЙ ТРАНСФОРМАТОРЫН АШИГЛАЛТЫН ТҮВШИН ТОГТООХ

У.Лхагвасүрэн*, Ж.Нандагсамба*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Энэ илтгэлд Баянхонгор эрчим хүч цахилгаан түгээх сүлжээнд ашиглагдаж байгаа 6, 10 кВ-ийн хүчний трансформаторын тангес дельтаг хэмжих, тусгаарлах хийцийн хуучралтын түвшин насжилт тогтоож, ашиглагдаж буй хүчний трансформаторуудын гэмтлийг бууруулах зөвлөмж боловсруулсан болно.

Түлхүүр үг. тангес дельта, хүчний трансформатор, тусгаарлага.

ОРШИЛ

Өндөр хүчдлийн трансформаторын тусгаарлах хийцийн хөндийрүүлгийн алдагдлын өнцөг тангес дельтаг ОХУ-ын эрдэмтэн Ц.Шерин, Герман улсын эрдэмтэн М.Акует нар онол болон практикийг судлаж, тусгаарлах хийцийн хуучралтын түвшин насжилт тогтоох аргачлалууд боловсруулсан байдаг. Баянхонгор цахилгаан түгээх сүлжээнд ажиллаж байгаа 6,10 кВ-ийн хүчний трансформаторын тангес дельтаг хэмжиж, тусгаарлах хийцийн хуучралт болон насжилт тогтоосон болно.

Сүүлийн жилүүдэд тухайн түгээх сүлжээнд ашиглагдаж байгаа 6, 10 кВ-ийн өндөр хүчдлийн трансформаторын гэмтлийн тоо эрс ихэссэнтэй холбогдуулан гэмтлийн шалтгааныг тодруулах гэмтлийг бууруулах зорилгоор тангес дельтаг хэмжиж, тусгаарлах хийцийн үл эвдлэх аргыг ашиглаж, өндөр хүчдлийн трансформаторыг гэмтэхээс өмнө засвар үйлчилгээнд оруулж, цахилгаан эрчим хүчний тасралтгүй найдвартай ажиллагааг хангах ач холбогдолтой юм.

Өндөр хүчдлийн трансформаторын тусгаарлах хийцийн хөндийрүүлгийн алдагдлын өнцөг $tg\delta$, түүний бүтэц, хамаарлууд

Тусгаарлах хийцэд хүчтэй цахилгаан орон үйлчилсэний улмаас түүний дотор талд янз бүрийн туйлшрал явагдаж, тусгаарлах хийц дотроос халах үзэгдэл нь хөндийрүүлгийн алдагдлын өнцөг тангес дельтагийн физик утга юм. Цахилгаан техникийн онол талаас нь авч үзвэл гүйдэл болон хүчдлийн хоорондох δ өнцгийг 90 градусаар гүйцээхэд шаардагдаж байгаа өнцөг юм [1].

Тусгаарлах хийцийн доторхи хөндийрүүлгийн алдагдлыг үндсэн 4 төрөлд хувааж үзнэ. Үүнд:

- Нэвт дамжууламжийн алдагдал
- Туйлшралын алдагдал
- Нэгэн төрлийн биш бүтэцийн алдагдал

Ашигласан материал

1. З.Цэрэндорж. “Өндөр хүчдлийн техник-4” Мөнхийн үсэг хэвлэл. УБ. 2014. с.хх.259-268.
2. Ж.Нандагсамба. “Цахилгаан тоног төхөөрөмжийн аюулгүй ажиллагаа” УБ. 2015 он. хх.56-65.

• Ионжилтийн алдагдал
Хөндийрүүлгийн алдагдлын томъёо бүх тохиолдолд хүчинтэй байна.

$$P_{\text{хал}} = U^2 * \omega * C * tg\delta_0$$

Германы судлаач М.Акуетийн дүгнэлтээр өндөр хүчдлийн генератор, хөдөлгүүрийн тусгаарлах хийцийн төлөв байдлыг түүний $tg\delta$ -ийн утгаас нь хамааруулж 4 түвшинд хувааж үнэлэх санаачилгыг гаргасан байна [1]. Үүнд:

1. Хэвийн сайн төлөв байдалтай тусгаарлага
2. Аажим хуучралттай тусгаарлага
3. Хүчтэй эвдрэл үүсч байгаа тусгаарлага
4. Гэмтлийн өмнөх аюултай төлөв байдалтай тусгаарлага.

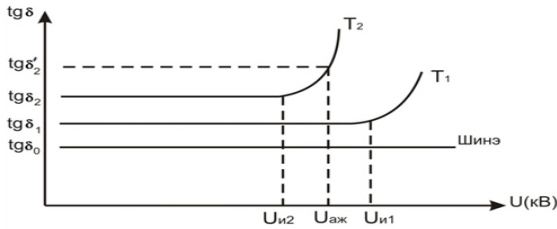
Хүснэгт 1

Эдгээр төлөв байдалд өндөр хүчдлийн трансформатор харгалзах $tg\delta$ -ийн утгууд, ионжилт(Ч.Р)-ын түвшингийн хэмжээг хүснэгт

Үзүүлэлтүүд түүний дээд хязгаар		Тусгаарлагын төлөв байдлын үнэлгээ	Шинжээчийн дүгнэлт
$tg\delta$ %	Ионжилт(Ч.Р)-ын түвшин q нКл		
0.5-4 %	100-1200	Хэвийн сайн	Ашиглаж болно
4-10%	1200-12000	Аажим хуучралттай	Байнгын хяналтанд байлгах
10.0-15%	12000-120000	Хүчтэй эвдрэл үүсч байгаа	Ашиглалтаас яаралтай гаргах
15 %	120000-аас дээш	Нэвт цохилтын өмнөх аюултай төлөв	Ашиглалтаас яаралтай гаргах

Тусгаарлах хийцийн ионжилтийн муруйг байгуулж, хуучралтын түвшинг оношлох

Өмнөх хэсэгт дурдсанчлан $tg\delta$ -ийн утгыг тодорхой нэг хүчдлийн түвшинд (ашиглалтын практикт ихэвчлэн 10 кВ хүртэл) хэмжиж үнэлэлт өгөхийн зэрэгцээ хүчдлийг тодорхой хязгаарт (0.5-1.5) $U_{\text{хэв}}$ хэмжээнд өөрчлөн $tg\delta$ -г хэмжиж, $tg\delta=f(U)$ гэсэн хамаарлыг байгуулж оношлогоо хийх аргыг бас өргөн хэрэглэнэ.



Зураг 1. Ашиглалтын хугацаанаас ионжилтийн муруйн хамаарах байдал (T_1 ; T_2 -Ашиглалтын хугацаа, жилээр ($T_1 < T_2$), $tg\delta_0$ -Шинэ тусгаарлагийн алдагдлын өнцгийн тангенсийн утга)

Зурагт зааснаар тусгаарлах хийцийг шинээр ашиглалтанд оруулах үед $tg\delta$ -ийн утга нь бага $tg\delta_0$ хэмжээтэй байх ба энэ нь хүчдлээс бараг хамаарахгүй тогтмол байна [1].

Ашиглалтанд ороод T_1 жил өнгөрсний дараа тусгаарлага дотор бага зэрэг нүх сүв үүсч, ионжих хүчдэл нь $U_{и1}$ болсны зэрэгцээ, тусгаарлага хуучралтанд орж $tg\delta$ -ийн анхны утга нь нэмэгдэж $tg\delta_1 > tg\delta_0$ болсон байна. Гэхдээ энэ $U_{и1}$ хүчдлийн түвшин нь ажлын хүчдлийн $U_{аж}$ гэсэн хэмжээнээс дээгүүр байгаа тул ажлын хүчдлийн үед ионжилт үүсэхгүй.

Тусгаарлах хийц олон жил T_2 жил ($T_2 > T_1$) ашиглагдаж, хүчтэй хуучралт явагдсанаас $tg\delta$ -ийн утга нь ихэсч $tg\delta_2$ болсны зэрэгцээ ($tg\delta_2 > tg\delta_1 > tg\delta_0$), ионжих хүчдэл нь $U_{и2}$ хэмжээтэй болж буурсан нь ажлын хүчдлийн түвшингээс доогуур болж аюултай нөхцөл үүссэн байна. Ингэснээр ажлын хүчдлийн үед гэхэд л $tg\delta_2'$ ($tg\delta_2' > tg\delta_2$) гэсэн хэмжээний ихээхэн алдагдал үүсч, тусгаарлагад хэт халалт болж, хийцэд гэмтэх аюул нүүрлэж байна.

Зарим тусгаарлах хийцүүдэд ионжилтийн $tg\delta = f(U)$ муруйн эхний хэсгийн хүчдлээс хамаарах өсөлтийн хурдаар тусгаарлагийн хуучралтын түвшинг оношлох аргыг бас хэрэглэнэ [1].

Баянхонгор эрчим хүч цахилгаан түгээх сүлжээний хүчний трансформатортын хэмжилтийн үр дүнг дараах Хүснэгт 1-15-үүдэд дэлгэн үзүүлэв.

Хүснэгт 1-15.

АТП-45	2018.04.28	250 кВА	6/0.4 кВ	1985 ОН	33	жил
Хөх толгой фидер, дэлгүүр						
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр						
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8
tgδ	16.981	17.19275	17.4135	17.846	18.062	18.258
Cx, пФ	4.325	4.3195	4.314	4.303	4.30775	4.3125
өсөлтийн хурд	0.21625	0.21625	0.4325	0.206	0.206	0.412
tgδ0 %				0.0639		
Тнас				-16.06		
Δtgδ _{-1кВ}				0.3001		
дүгнэлт: Яаралтай их засвар оруулах шаардлагатай						
КТП-78	2018.04.28	250 кВА <td>6/0.4 кВ <td>1979 ОН</td> <td>39</td> <td>жил</td> </td>	6/0.4 кВ <td>1979 ОН</td> <td>39</td> <td>жил</td>	1979 ОН	39	жил
Болниц фидер, Тэмүүжин						
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр						
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8
tgδ	9.329	9.44325	9.5575	9.786	9.9285	10.071
Cx, пФ	4.1	4.0965	4.093	4.086	4.09375	4.1015
өсөлтийн хурд	0.11425	0.11425	0.2285	0.1425	0.285	0.285
tgδ0 %				0.0336		
Тнас				-13.58		
Δtgδ _{-1кВ}				0.1874		
дүгнэлт: Яаралтай их засвар оруулах шаардлагатай						
АТП-3	2018.04.28	250 кВА <td>6/0.4 кВ <td>1990 ОН</td> <td>28</td> <td>жил</td> </td>	6/0.4 кВ <td>1990 ОН</td> <td>28</td> <td>жил</td>	1990 ОН	28	жил
ЭХХ фидер, 6-р хороо						
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр						
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8
tgδ	8.272	8.3395	8.407	8.542	8.65775	8.7735
Cx, пФ	3.838	3.83575	3.8335	3.829	3.83575	3.8425
өсөлтийн хурд	0.0675	0.0675	0.135	0.11575	0.11575	0.2315
tgδ0 %				0.0247		
Тнас				-10.92		
Δtgδ _{-1кВ}				0.1378		
дүгнэлт: Яаралтай их засвар оруулах шаардлагатай						

ХТП-31	2018.04.28	орос тр-р	180 кВА	6/0.4 кВ	1990 ОН	28	жил
БОЛЬНИЦ ТЕАТР							
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр							
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8	9
tgδ	0.927	0.9275	0.958	1.019	1.0475	1.0725	1.178
Cx, пФ	4.484	4.48175	4.4795	4.475	4.4835	4.492	4.509
өсөлтийн хурд	0.0305	0.0305	0.061	0.02675	0.02675	0.0535	0.0535
tgδ0 %				0.0072			
Тнас				16.84			
Δtgδ _{-1кВ}				0.0404			
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн шинэ трансформатор							
КТП-66	2018.04.28	орос тр-р	250 кВА	6/0.4 кВ	1981 ОН	37	жил
Болниц фидер, Хонгор хотхон							
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр							
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8	9
tgδ	5.92	5.93425	5.9485	5.977	5.97025	5.9635	5.95
Cx, пФ	4.222	4.222	4.222	4.222	4.223	4.224	4.226
өсөлтийн хурд	0.01425	0.01425	0.0285	-0.00675	-0.00675	-0.0135	-0.0135
tgδ0 %				0.0004			
Тнас				24.18			
Δtgδ _{-1кВ}				0.0024			
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн трансформатор							
ХТП-16	2018.04.28	орос тр-р	400 кВА	6/0.4 кВ	1973 ОН	45	жил
Хөх толгой фидер, 4-р сургууль							
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр							
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8	9
tgδ	8.851	9.05575	9.2605	9.67	10.04525	10.4165	11.163
Cx, пФ	8.185	8.20925	8.2335	8.282	8.31125	8.3405	8.399
өсөлтийн хурд	0.20475	0.20475	0.4095	0.37325	0.37325	0.7465	0.7465
tgδ0 %				0.0784			
Тнас				-10.44			
Δtgδ _{-1кВ}				0.4369			
дүгнэлт: Яаралтай их засвар оруулах шаардлагатай							
ХТП-36	2018.04.28	орос тр-р	100 кВА	6/0.4 кВ	1972 ОН	46	жил
Болниц фидер, ОУБЭЗДС							
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр							
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8	9
tgδ	2.938	2.95575	2.9735	3.009	3.01	3.011	3.013
Cx, пФ	3.525	3.522	3.519	3.513	3.51625	3.5195	3.526
өсөлтийн хурд	0.01775	0.01775	0.0355	0.001	0.001	0.002	0.002
tgδ0 %				0.0020			
Тнас				7.00			
Δtgδ _{-1кВ}				0.0110			
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн сайн трансформатор							
АТП-19	2018.04.28	250 кВА <td>6/0.4 кВ <td>1982 ОН</td> <td>36</td> <td>жил</td> </td>	6/0.4 кВ <td>1982 ОН</td> <td>36</td> <td>жил</td>	1982 ОН	36	жил	
Төв, 2-10 жил							
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр							
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8	9
tgδ	2.083	2.12575	2.1685	2.254	2.2945	2.335	2.497
Cx, пФ	3.18	3.1775	3.175	3.171	3.17475	3.1725	3.174
өсөлтийн хурд	0.04275	0.04275	0.0855	0.0405	0.0405	0.081	0.081
tgδ0 %				0.0105			
Тнас				16.11			
Δtgδ _{-1кВ}				0.0591			
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн сайн трансформатор							
Дотоод хэрэгцээний тр-р	2018.04.28	хятад	63 кВА	6/0.4 кВ	2004 ОН	14	жил
Хөх толгой фидер, дэлгүүр							
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр							
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8	9
tgδ	0.301	0.2455	0.19	0.079	0.0775	0.0765	0.074
Cx, пФ	97.179	81.0235	64.868	33.597	32.5975	32.598	32.599
өсөлтийн хурд	-0.0555	-0.0555	-0.111	-0.00125	-0.00125	-0.0025	-0.0025
tgδ0 %				-0.0059			
Тнас				37.73			
Δtgδ _{-1кВ}				-0.0328			
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн сайн трансформатор							
Төв фидер, Цагдаа	2018.04.28	орос тр-р	400 кВА	6/0.4 кВ	1971 ОН	47	жил
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр							
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8	9
tgδ	12.312	12.32825	12.3435	12.374	12.383	12.393	12.428
Cx, пФ	5.045	5.04625	5.0475	5.05	5.051	5.052	5.054
өсөлтийн хурд	0.01525	0.01525	0.0305	0.009	0.009	0.018	0.018
tgδ0 %				0.0029			
Тнас				-20.69			
Δtgδ _{-1кВ}				0.0164			
дүгнэлт: Яаралтай их засвар оруулах шаардлагатай							
АТП-49	2018.04.28	250 кВА <td>6/0.4 кВ <td>1982 ОН</td> <td>36</td> <td>жил</td> </td>	6/0.4 кВ <td>1982 ОН</td> <td>36</td> <td>жил</td>	1982 ОН	36	жил	
Хөх толгой фидер, өрнөх							
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр							
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8	9
tgδ	0.434	0.45675	0.4795	0.525	0.568	0.611	0.697
Cx, пФ	4.006	3.99925	3.9925	3.979	3.9725	3.966	3.993
өсөлтийн хурд	0.02275	0.02275	0.0455	0.043	0.043	0.086	0.086
tgδ0 %				0.0089			
Тнас				10.17			
Δtgδ _{-1кВ}				0.0499			
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн сайн трансформатор							
КТП-80	2018.04.28	орос тр-р	400 кВА	6/0.4 кВ	1977 ОН	41	жил
Хөх толгой фидер, 6-р цэцэрлэг							
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр							
U түр, кВ	3	4	5	6	7	8	9
tgδ	2.862	2.86925	2.8765	2.891	2.89975	2.8885	2.886
Cx, пФ	5.404	5.40525	5.4065	5.409	5.41075	5.4125	5.4195
өсөлтийн хурд	0.00725	0.00725	0.0145	-0.00125	-0.00125	-0.0025	-0.0025
tgδ0 %				0.0006			
Тнас				26.30			
Δtgδ _{-1кВ}				0.0031			
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн сайн трансформатор							

АТП-5	2018.04.28				250 кВА	6/0.4 кВ	1970 ОН		
хөх толгой фидер, цэдэнбал									
2011 байгуулагдсан буюу шинэчилсэн									
хүснэгт-14									
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр									
У тур, кВ	3	4	5	6	7	8	9	10	
tgδ	1.513	1.51675	1.5205	1.526	1.5335	1.539	1.55	1.561	
Сх, пФ	3.507	3.5085	3.506	3.505	3.507	3.509	3.513	3.517	
өсөлтийн хура	0.00375	0.00375	0.0075	0.0055	0.0055	0.011	0.011	0.011	
tgδ0 %	0.0012								
Тнас	12.19								
Δtgδ...цв	0.0069								
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн сайн трансформатор									
АТП-6	2018.04.28				250 кВА	6/0.4 кВ	1987 ОН		
хөх толгой фидер, МАГВАНСҮРЭН									
2011 байгуулагдсан буюу шинэчилсэн									
хүснэгт-15									
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр									
У тур, кВ	3	4	5	6	7	8	9	10	
tgδ	1.756	1.7805	1.805	1.854	1.8495	1.845	1.836	1.827	
Сх, пФ	4.018	4.015	4.012	4.006	4.01275	4.0195	4.033	4.0465	
өсөлтийн хура	0.0245	0.0245	0.049	-0.0045	-0.0045	-0.009	-0.009	-0.009	
tgδ0 %	0.0018								
Тнас	13.46								
Δtgδ...цв	0.0101								
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн сайн трансформатор									
АТП-49	2018.04.28				250 кВА	6/0.4 кВ	1982 ОН		
хөх толгой фидер, өрнөх									
2009 байгуулагдсан буюу шинэчилсэн									
хүснэгт-13									
АХ- трансформаторын ашиглалтын хугацаа жилээр									
У тур, кВ	3	4	5	6	7	8	9	10	
tgδ	0.434	0.45675	0.4795	0.525	0.568	0.611	0.697	0.783	
Сх, пФ	4.006	3.99925	3.9925	3.979	3.9825	3.986	3.993	4	
өсөлтийн хура	0.02275	0.02275	0.0455	0.043	0.043	0.086	0.086	0.086	
tgδ0 %	0.0089								
Тнас	10.17								
Δtgδ...цв	0.0499								
дүгнэлт: тусгаарлага хэвийн сайн трансформатор									

ДҮГНЭЛТ

Ашиглалтанд байгаа 6, 10 кВ-ийн хүчний трансформаторуудын тусгаарлагын хуучралтын түвшинг хөндийрүүлгийн алдагдлын өнцөг tgδ-гийн хэмжилтийн утгуудаар байгуулсан график, үзүүлэлтүүдийг нэгтгэн үзэж, ашиглалтын үед мөрдөгдөх олон улсын (Оросын холбооны Улсын) норм, стандартуудын дагуу дараах 4 ангилалд хуваан дүгнэлт өгсөн болно. Үүнд:

I. Тусгаарлага хуучралтгүй, хэвийн ажиллагаатай трансформаторууд: tgδ ≤ 0.6-1.5 % /хтп-31, дотоод хэрэгцээний тр 63 кВА, АТП-49, АТП-5, АТП-8, АТП-11, АТП-68, АТП-55, АТП-61 /.

II. Тусгаарлага нь аажим хуучралттай, хэвийн ашиглах боломжтой трансформаторууд: tgδ ≤ 1.6 ÷ 2.0% / АТП-6, ХТП-2 /.

III. Тусгаарлага эрчимтэй хуучралтанд орж байгаа байнгын хяналтан доор ашиглах шаардлагатай трансформаторууд: tgδ = 2.1 ÷ 7.0% /КТП-66, ХТП-36,

КТП-58, АТП-19, КТП-80, АТП-40, ХТП-17, ХТП-15, АТП-12, ХТП-18, ХТП-2, АТП-46, ХТП-13/.

IV. Тусгаарлаганд хүчтэй гэмтэл үүсч байгаа, яаралтай ашиглалтаас гаргаж, засварт оруулах шаардлагатай трансформаторууд: tgδ > 7 % / АТП-45, КТП-78, АТП-3, ХТП-16, КТП-74, КТП-79, ХТП-17/.

Хүчний трансформаторын гэмтлийг бууруулахын тулд цаашид авч хэрэгжүүлэх техник, зохион байгуулалтын арга хэмжээний зөвлөмж.

1. Хэмжилт хийгдсэний дараах трансформаторуудыг яаралтай сольж засвар үйлчилгээнд 2017 онд багтааж оруулах. Үүнд:

- КТП-66, ХТП-36, КТП-58, АТП-19, КТП-80, АТП-40, ХТП-17, ХТП-15, АТП-12, ХТП-18, ХТП-2, АТП-46, ХТП-13
- АТП-45, КТП-78, АТП-3, ХТП-16, КТП-74, КТП-79, ХТП-17

2. Хүчний трансформаторын тусгаарлагын түвшин, тэдгээрийн tgδ-г хэмжих автомат хэмжүүрийг иж бүрдлээр нь сайн ашиглах. Энд БНХАУ-д үйлдвэрлэгддэг YDJS-III маркийн иж бүрдэл, Тоон хэмжүүрүүд манай нөхцөлд илүү тохиромжтой болохыг зөвлөж байна.

3. Цаашид хэмжилтийн үргэлжлүүлэн хүчний трансформаторын тусгаарлагын тангес дельтагийн утгуудаар трансформаторын завсар үйлчилгээний төлөвлөгөөг гаргаж байх. Мөн түүнчлэн хүчний трансформаторын гэмтэхээс өмнө завсар үйлчилгээнд оруулж байх

4. Энэхүү хэмжүүрийн багажийг бусад өндөр хүчдлийн тоноглолуудад ашиглах нь тоноглолын тусгаарлагыг гэмтээхгүйгээр оношлох бүрэн боломжтой юм.

Ашигласан материал

1. З.Цэрэндорж. “Өндөр хүчдлийн техник-4” Мөнхийн үсэг хэвлэл. УБ.: 2014. с.хх.259-268.
2. Ж.Нандагсамба. “Цахилгаан тоног төхөөрөмжийн аюулгүй ажиллагаа” УБ.: 2015 он. хх.56-65.

ӨВӨРХАНГАЙ САЛБАРЫН 6-15 КВ-ИЙН ХУВААРИЛАХ ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ЭРЧМИЙН АЛДАГДЛЫН МАТЕМАТИК СТАТИСТИК ЗАГВАР

Ц.Давааням*, Б.Пагма*, П.Эрхэмтөр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Өвөрхангай салбарын 6-15 кВ-ийн шугам сүлжээний эрчмийн алдагдлын судалгааг гүйцэтгэж сүлжээний эрчмийн алдагдалд нөлөөлөх схемийн болон горимын интеграл үзүүлэлтүүдийг сонгон авч тэдгээрийн харилцан хамаарлыг корреляцын шинжлэлээр судалсан юм. Эдгээр интеграл үзүүлэлтүүдээс хамаарсан эрчмийн алдагдлын регрессийн шугаман ба шугаман биш загваруудыг байгуулж тэдгээрийн илэрхийлэх чадварыг Фишер (F)-ийн болон олон хэмжээст корреляцын коэффициентийн шинжүүрээр шалгаж хамгийн сайн үнэмшилтэй загваруудыг сонгон авч шугам сүлжээний ашиглалтын практикт хэрэглэх загварыг боловсруулсан болно.

Түлхүүр үг. Цахилгаан шугам сүлжээ, эрчмийн алдагдал, үл хамаарах хувьсах, анхдагч өгөгдөл, регресс, шинжүүр, загвар.

ОРШИЛ

Хуваарилах цахилгаан шугам сүлжээний эрчмийн алдагдал нь түүний техникийн төлөв байдлыг тодорхойлдог үндсэн үзүүлэлтүүдийн нэг юм. Цахилгаан шугам сүлжээ (ЦШС)-ний эрчмийн алдагдлыг ашиглалтын болон хөгжлийн хэтийн төлвийн үед тодорхой хугацааны туршид байнга тодорхойлж байх шаардлагатай байдаг. Ялангуяа ашиглалтын нөхцөлд эрчмийн алдагдлыг сар, улирал болон жилээр төлөвлөж үнэлгээ өгч байхын тулд цөөн тооны анхдагч мэдээлэл дээр тулгуурласан хялбар аргаар алдагдлын түвшинг үнэлэх хэрэгтэй юм. Энэ аргын мөн чанар нь хангалттай төлөөлөх чадвар бүхий цөөн тооны анхдагч мэдээллийн тусламжтайгаар регрессийн загварыг байгуулж үүний үндсэн дээр шугам сүлжээний эрчмийн алдагдлыг тодорхойлж, улмаар нийт шугам сүлжээний хувьд энэхүү загварыг хэрэглэх боломжийг олгодог. Энэ тохиолдолд (ЦШС)-ний схемийн болон горимын тодорхойломжийг илэрхийлж чадах базмал үзүүлэлтүүдийн олонлогийг анхдагч параметрууд болгон авч үздэг. Шугам сүлжээний дээрх базмал параметруудийн олонлог (X)-оос хамаарах эрчмийн алдагдлын ерөнхий хамаарлыг дараах олон хэмжээст регрессийн хэлбэрт бичиж болно [1].

$$\Delta W = \varphi(X) \quad (1)$$

Энэ базмал параметруудийн олонлог (X)-ийг эрчмийн алдагдлын мөн чанарыг тодорхойлох физик утгаас хамааруулан сонгож авна.

1. Регрессийн загварын анхдагч өгөгдлүүдийн сонголт

Регрессийн шинжлэлийн эхний үе шат бол эх олонлогоос анхны өгөгдлүүдийн үл хамаарах параметруудийн түүвэр олонлогыг сонгон авч тэдгээрийн харилцан үл хамаарах нөхцлийг шалгадаг. Харилцан хамаарлын гол үзүүлэлт нь хамгийн их хос корреляцын коэффициент болно.

$$\max |r_{ij}| \quad (2)$$

Хос корреляцын коэффициент хичнээн л бага байна, төдий чинээ харилцан бага хамааралтай байна. Хуваарилах шугам сүлжээний эрчмийн алдагдалд нөлөөлөх базмал параметруудад дараах параметруудийг сонгон авсан:

X_1 – фидерийн толгойн хэсгээр тодорхой хугацаанд дамжуулсан эрчим хүч (W_T), мянган кВт.ц;

X_2 – фидерийн толгойн хэсгийн урт (l_T), км;

X_3 – фидерийн шугамын салааны нийлбэр урт (l_S), км;

X_4 – шугамын салааны тоо (M);

X_5 – трансформаторын тоо (N);

X_6 – трансформаторуудын нийлбэр суурилагдсан чадал (S_{HS}), кВА;

X_7 – трансформаторын хоосон явалтын нийлбэр алдагдал ($\Delta P_{ХЯС}$), кВт;

X_8 – трансформаторын богино залгааны нийлбэр алдагдал ($\Delta P_{БЗС}$), кВт;

X_9 – фидерийн толгойн хэсгийн гүйдлийн нягт (δ_T), А/мм².

Эдгээр анхдагч параметруудийн судалгааны үр дүнг Өвөрхангай салбарын нийт 21 фидерийн хувьд гаргаж хүснэгт 1-д харуулав.

Одоо бид эдгээр анхдагч өгөгдлүүдийн харилцан хамаарлын шинжилгээг явуулах зорилгоор корреляцын шинжлэлийн аргаар бүрэн корреляцын матрицыг байгуулж хүснэгт 2-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1

Регрессийн загварын анхдагч өгөгдлүүд

№	6-15 кВ-ын фидерийн нэр	δ_T , А/мм ²	l_T , км	l_S , км	M	N	S_{HS} , кВА	$\Delta P_{ХЯС}$, кВт	$\Delta P_{БЗС}$, кВт	W_T , мян.кВт.ц	$\Delta W\%$
1	1,2-р хороо	1,50	0,87	5,88	18	10	2320	4,98	36,84	4844,44	2,54
2	БАШ	1,85	1,34	11	31	17	3538	7,78	56,54	9195,31	4,38
3	ЗАШ	1,35	1,29	4,92	14	11	3170	6,60	44,37	5684,11	3

4	Нефть	0,52	0,96	9,21	23	14	3036	6,68	49,02	2985,16	3,55
5	Нисэх	0,73	0,23	15,1	25	14	2761	6,22	44,64	3303,46	3,49
6	Бөхийн өргөө	0,31	1,69	1,99	2	2	500	0,84	6,37	1245,91	1,32
7	Тарагт яч8 /төв/	0,11	0,23	0,23	1	1	100	0,27	2,07	529,95	1,91
8	Тарагт яч7 /хайрхан дулаан /	0,14	5,8	67,2	8	6	983	2,12	16,61	1335,78	2,95
9	Уянга яч4 /төв /	0,25	0,22	1,34	2	2	880	1,66	12,2	699,4	2,96
10	Уянга яч6 /төв /	0,13	0,84	1,12	2	2	260	0,71	5,17	384,81	2,56
11	Уянга яч7 /Бадрал, жаргал/	0,03	19,5	49,7	2	2	223	0,64	4,37	19,04	7,26
12	Төгрөг яч/төв/	0,23	0,25	0,92	2	2	350	0,83	6,17	858,94	1,66
13	Төгрөг яч4/Гучин ус/	0,16	46,92	48,2	3	3	360	0,98	7,24	800,13	5,3
14	Баянгол яч5 /Сант/	0,11	46,1	48,4	3	3	600	1,39	10,27	582,02	5,38
15	Баянгол яч4/төв/	0,57	0,21	0,58	2	2	260	0,71	5,17	2223,28	2,48
16	Баянгол яч6/төв/	0,13	0,85	1,8	3	3	360	0,68	5,2	586,19	1,64
17	Баянлиг яч4/төв/	0,14	42,9	43,9	3	3	360	0,68	5,2	525,91	3,74
18	ББУ яч6/төв/	0,09	0,18	0,80	3	2	260	0,48	3,7	750,25	1,2
19	ББУ яч5 /Баян хонгорын Богд, Жинст	0,10	58	89,3	7	5	510	1,01	7,73	986,62	3,09
20	ББУ яч2/Өв Богд	0,09	100	114	5	3	510	0,88	6,75	891,2	3,86
21	Сайхан овоо дэд станц /мандал-овоо	0,09	24	109	6	4	580	1,04	8,1	659,97	3,43

Хүснэгт 2

Анхдагч параметруудийн корреляцын матриц

	δ_T , А/мм ²	I_T , км	I_S , км	M	N	S_{HE} , кВА	$\Delta P_{ХЯЭ}$, кВт	$\Delta P_{БЭЭ}$, кВт	W_T , мян.кВт.ц	$\Delta W\%$
δ_T , А/мм ²	1,0000									
I_T , км	-0,2555	1,0000								
I_S , км	-0,3664	0,2722	1,0000							
M	0,7917	-0,2628	-0,1306	1,0000						
N	0,7958	-0,2713	-0,1357	0,9893	1,0000					
S_{HE} , кВА	0,8486	-0,1927	-0,2382	0,9425	0,9685	1,0000				
$\Delta P_{ХЯЭ}$, кВт	0,8459	-0,2175	-0,2516	0,9511	0,9747	0,9979	1,0000			
$\Delta P_{БЭЭ}$, кВт	0,8414	-0,2160	-0,2426	0,9604	0,9798	0,9961	0,9989	1,0000		
W_T , мян.кВт.ц	0,9697	-0,2697	-0,281	0,8552	0,8603	0,8835	0,8824	0,8798	1,0000	

$\Delta W\%$	-0,0063	0,1970	0,4458	0,1362	0,1473	0,1021	0,1261	0,1249	0,0363	1,0000
--------------	---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Корреляцын матрицаас үзэхэд $M, N, S_{H\Sigma}, \Delta P_{ХЯ\Sigma}, \Delta P_{БЗ\Sigma}, W_T, \delta_T$ параметрууд өөр хоорондоо хүчтэй хамааралтай $r = 0.84-0.99$, харин l_T, l_Σ параметрууд $M, N, S_{H\Sigma}, \Delta P_{ХЯ\Sigma}, \Delta P_{БЗ\Sigma}, W_T, \delta_T$ параметруудтэй сул хамааралтай байна.

2. Эрчмийн алдагдлын регрессийн загварууд

Эхлээд бид Өвөрхангай салбарын 6-15 кВ-ийн хуваарилах шугам сүлжээний эрчмийн алдагдлын шугаман регрессийн загварыг [2] бүтээлд авч үзсэн алгоритмаар байгуулъя. Энд бид янз бүрийн шугаман загваруудыг авч үзэж нийт 19 загварыг байгуулж үр дүнг хүснэгт 3-д үзүүлэв. Хуваарилах шугам сүлжээний эрчмийн алдагдалд нөлөөлөхүйц бидний сонгон авсан үл хамаарах параметруудийн нилээд

хэсэг нь физик мөн чанарын хувьд шугаман биш хамааралтай байна. Иймд эдгээр параметруудээс хамаарах эрчмийн алдагдлын шугаман биш загварыг байгуулснаар тухайн загварын нарийвчлалыг дээшлүүлэх боломж олгодог.

Шугаман биш регрессийн загварыг ерөнхий хэлбэрт бичвэл [3] :

$$Y = \varphi(X_1, X_2, \dots, X_m; \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k) + \varepsilon, \quad (3)$$

Үүнд $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$ – үнэлэх гэж буй үл мэдэгдэх коэффициентүүдийн вектор.

Шугаман биш функц (3) янз бүрийн хэлбэртэй байх ба хамгийн түгээмэл хэрэглэгддэг шугаман биш хэлбэр нь хоёрдугаар эрэмбийн загвар юм.

Хүснэгт 3

Эрчмийн алдагдлын регрессийн шугаман загварууд ба тэдгээрийн илэрхийлэх чадварын үзүүлэлтүүд

№	Олон хэмжээст шугаман регрессийн загварууд	Фишерийн шинжүүр, F		Олон хэмжээст корреляцын коэффициент, R
		F_T	$F_{хүс}, \alpha=0.05;$	
1	$\Delta W\% = 2.067 + 0.4769\delta_T + 0.0083L_T + 0.0319L_\Sigma - 0.1204M - 0.1976N - 0.0154S_{H\Sigma} + 9.278\Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.1815\Delta P_{БЗ\Sigma} + 7.3075W_T$	2.94	2.89	0.840
2	$\Delta W\% = 3.2679 - 0.0074 * S_{H\Sigma} + 5.1362\Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.2101\Delta P_{БЗ\Sigma} - 0.0001W_T$	0.85	3,01	0.419
3	$\Delta W\% = 2.4226 + 0.0021L_T + 0.0223L_\Sigma + 0.0508M - 0.2479N + 1.6274 * \Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.1622\Delta P_{БЗ\Sigma}$	0.96	2.85	0.540
4	$\Delta W\% = 2.3466 + 0.0013L_T + 0.0221L_\Sigma - 0.0107M - 0.0249N + 0.0929 * \Delta P_{БЗ\Sigma} - 0.0001W_T$	0.94	2.85	0.536
5	$\Delta W\% = 2.445 - 0.2781\delta_T + 0.0227L_\Sigma - 0.2188N + 1.2639\Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.083 * \Delta P_{БЗ\Sigma} - 0.00005W_T$	0.97	2.85	0.542
6	$\Delta W\% = 2.1363 + 0.0081L_T + 0.0391L_\Sigma - 0.108M - 0.2598N - 0.0154S_{H\Sigma} + 9.2704\Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.1747\Delta P_{БЗ\Sigma} + 0.0001W_T$	3.58	2.85	0.839
7	$\Delta W\% = 2.2191 + 0.0032L_T + 0.0204L_\Sigma - 0.0254M + 1.3677\Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.1575\Delta P_{БЗ\Sigma}$	1.12	2.90	0.536
8	$\Delta W\% = 2.7941 - 0.1741M + 0.4657N - 0.0078 * S_{H\Sigma} + 4.366\Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.1441\Delta P_{БЗ\Sigma}$	0.65	2.90	0.424
9	$\Delta W\% = 2.1363 + 0.0081L_T - 0.0319L_\Sigma - 0.108\Delta M - 0.2598N - 0.0154 * S_{H\Sigma} + 9.2704\Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.1747\Delta P_{БЗ\Sigma} + 0.0001W_T$	3.58	2.85	0.839
10	$\Delta W\% = 2.254 + 0.0075L_T + 0.0315L_\Sigma - 0.0631M - 0.3334N - 0.0149S_{H\Sigma} + 9.4688\Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.2217\Delta P_{БЗ\Sigma}$	4.33	2.83	0.836
11	$\Delta W\% = 1.9225 + 0.166L_T - 0.251M + 0.882N - 0.0119S_{H\Sigma} + 7.5505\Delta P_{ХЯ\Sigma} - 0.3911\Delta P_{БЗ\Sigma} + 3.92W_T$	1.28	2,83	0.639

12	$\Delta W_{\%} = 2.5711 + 0.0367L_{\Xi} - 0.0304M - 0.6446N - 0.014S_{HE} + 8.4339\Delta P_{XYE} - 0.071\Delta P_{BZE} + 4.68W_T$	3.63	2.83	0.813
----	---	------	------	-------

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_{12}x_1x_2 + \dots + a_{11}x_1^2 + \dots + a_{mm}x_m^2 \quad (4)$$

Энэ загвар дотор талдаа шугаман биш хэлбэртэй тул түүний шугаман биш x_i, x_j, x_i^2 элементүүдийг өөр төрлийн z_{ij}, z_{ii} хувьсахуудаар солих замаар хялбар орлуулж болно.

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m + a_{12}z_{12} + a_{13}z_{13} + \dots + a_{11}z_{11} + a_{22}z_{22} + \dots + a_{mm}z_{mm} \quad (5)$$

үүнд: $z_{ij} = x_i x_j$; $z_{ii} = x_i^2$ - үл хамаарах хувьсахууд.

Тооцооны чухал үе шат бол анхны үл хамаарах параметруудийн X матрицыг үл хамаарах Z хувьсахуудаар өргөтгөх асуудал байдаг. Өөрөөр хэлбэл анхны X матрицын мөрийн тоо хэвээр байх ба баганын тоо $\frac{m(m+1)}{2}$ - ээр нэмэгдэж нийтдээ

$\frac{m(m+3)}{2}$ тооны баганатай өргөтгөсөн матриц болно.

Шугаман загварууд:

- $\Delta W_{\%} = 2.067 + 0.4769\delta_T + 0.0083L_T + 0.0319L_{\delta} - 0.1204M - 0.1976N - 0.0154S_{H\delta} + 9.278\Delta P_{XYE} - 0.1815\Delta P_{BZE} + 7.3075W_T$
- $\Delta W_{\%} = 2.1363 + 0.0081L_T + 0.0391L_{\Xi} - 0.108M - 0.2598N - 0.0154S_{HE} + 9.2704\Delta P_{XYE} - 0.1747\Delta P_{BZE} + 0.0001W_T$
- $\Delta W_{\%} = 2.1363 + 0.0081L_T - 0.0319L_{\Sigma} - 0.108\Delta M - 0.2598N - 0.0154S_{HE} + 9.2704\Delta P_{XYE} - 0.1747\Delta P_{BZE} + 0.0001W_T$
- $\Delta W_{\%} = 2.254 + 0.0075L_T + 0.0315L_{\Sigma} - 0.0631M - 0.3334N - 0.0149S_{HE} + 9.4688\Delta P_{XYE} - 0.2217\Delta P_{BZE}$
- $\Delta W_{\%} = 2.5711 + 0.0367L_{\Xi} - 0.0304M - 0.6446N - 0.014S_{HE} + 8.4339\Delta P_{XYE} - 0.071\Delta P_{BZE} + 4.68W_T$

Хүснэгт 4

Эрчмийн алдагдлын регрессийн шугаман биш загварууд ба тэдгээрийн илэрхийлэх чадварын үзүүлэлтүүд

№	Олон хэмжээст шугаман бус регрессийн загварууд	Фишерийн шинжүүр, F		Олон хэмжээст корреляцын коэффициент, R
		F_T	$F_{хус, \alpha=0.05}$	
1	$\Delta W_{\%} = 1.9805 - 0.1115L_T + 0.2374L_{\Xi} - 0.209N + 5.73L_T L_{\Xi} + 0.0148L_T * N + 0.0004L_T^2 - 0.001L_{\Xi}^2 + 0.0274N^2$	12.56	2.89	0.954
2	$\Delta W_{\%} = 3.4225 + 0.0778M + 46.369\Delta P_{XYE} - 6.3442\Delta P_{BZE} + 0.2158M\Delta P_{XYE} + 0.077M * \Delta P_{BZE} - 19.6548\Delta P_{XYE} * \Delta P_{BZE} + 0.0657M^2 + 65.3111\Delta P_{XYE}^2 + 1.479\Delta P_{BZE}^2$	0.41	2.89	0.501
3	$\Delta W_{\%} = 1.7453 - 0.0771L_T + 0.1907L_{\Xi} - 0.0303M + 2.86L_T * L_{\Xi} + 0.0053 * L_T * M - 0.0141L_{\Xi} * M + 0.0003L_T^2 - 0.0007L_{\Xi}^2 + 0.0069M^2$	9.36	2.89	0.940

4	$\Delta W_{\%} = 4.2153 - 21.6369\delta_T + 0.0059S_{H\Xi} - 0.0001W_T - 0.005\delta_T * S_{H\Xi} +$ $+ 0.0501\delta_T - 3.6S_{H\Xi} * W_T - 80.4122\delta_T^2 + 2.61S_{H\Xi}^2 - 5.2W_T^2$	1.05	2.89	0.679
5	$\Delta W_{\%} = 1.8122 + 0.131L_S - 0.1932M + 0.0011S_{H\Xi} - 0.0077L_{\Xi} * M -$ $- 1.5L_{\Xi} * S_{H\Xi} - 6.5M * S_{H\Xi} - 0.0005L_{\Xi}^2 + 0.0136M^2 + 7.58S_{H\Xi}^2$	6.69	2.89	0.919
6	$\Delta W_{\%} = 1.7525 - 1.0179L_T + 0.4632L_{\Xi} - 0.444492M + 0.5498N +$ $+ 0.0051L_M L_{\Xi} - 0.2393L_T * M + 0.3999L_T * N +$ $+ 0.0174L_{\Xi} M - 0.075L_{\Xi} N + 0.1358M * N + 0.0032L_T^2 -$ $- 0.0018L_{\Xi}^2 - 0.028M^2 - 0.1106^2$	10.81	3.96	0.980
7	$\Delta W_{\%} = 2.1578 + 0.0042L_T + 0.1015L_{\Sigma} + 34.6762\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} - 4.7215\Delta P_{B3\Sigma} +$ $+ 0.0006L_T L_{\Sigma} + 2.0216L_T \Delta P_{X\Upsilon\Sigma} - 0.2745L_T \Delta P_{B3\Sigma} - 0.6701L_{\Sigma} \Delta P_{X\Upsilon\Sigma} +$ $+ 0.0881L_{\Sigma} \Delta P_{B3\Sigma} + 8.3428\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} \Delta P_{B3\Sigma} - 0.00004L_T^2 - 0.0007L_{\Sigma}^2 -$ $- 32.051\Delta P_{X\Upsilon\Sigma}^2 - 0.5409\Delta P_{B3\Sigma}^2$	30.66	3.96	0.993
8	$\Delta W_{\%} = -1.0559 - 0.6158M + 6.8196N + 35.3473\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} - 6.5062\Delta P_{B3\Sigma} -$ $- 0.9543MN - 9.6591M\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} + 0.3184M\Delta P_{B3\Sigma} + 63.1928N\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} -$ $- 7,3072N\Delta P_{B3\Sigma} - 66.1453\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} \Delta P_{B3\Sigma} + 1.3004M^2 - 1.4433N^2 +$ $+ 177.0775\Delta P_{X\Upsilon\Sigma}^2 + 5.770\Delta P_{B3\Sigma}^2$	1.54	3.96	0.784
9	$\Delta W_{\%} = 2.9457 + 6.7834\delta_T + 0.1372L_{\Sigma} - 0.0395M - 0.0036W_T -$ $- 0.2626\delta_T L_{\Sigma} + 0.197\delta_T M - 0.0101\delta_T W_T - 0.0093L_{\Sigma} M + 0.00004L_{\Sigma} W_T -$ $- 0.00005M W_T + 19.9634\delta_T^2 - 0.0006L_{\Sigma}^2 + 0.0555M^2 + 0.000002W_T^2$	6.78	3.96	0.969
10	$\Delta W_{\%} = 2.6327 + 0.0624L_{\Sigma} - 0.0086S_{H\Xi} + 41.5583\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} -$ $- 5.3114\Delta P_{B3\Sigma} + 0.0001L_{\Sigma} S_{H\Xi} + 0.316L_{\Sigma} \Delta P_{X\Upsilon\Sigma} -$ $- 0.0465L_{\Sigma} \Delta P_{B3\Sigma} - 0.0889S_{H\Xi} \Delta P_{X\Upsilon\Sigma} + 0.0004S_{H\Xi} \Delta P_{B3\Sigma} +$ $+ 1.9667\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} \Delta P_{B3\Sigma} - 0.0008L_{\Sigma}^2 + 0.0001S_{H\Xi}^2 +$ $+ 7.995\Delta P_{X\Upsilon\Sigma}^2 - 0.0772\Delta P_{B3\Sigma}^2$	12.72	3.96	0.983

Шугаман биш загварууд:

- $\Delta W_{\%} = 1.9805 - 0.1115 L_T + 0.2374 L_{\Xi} - 0.209 N + 5.73 L_T L_{\Xi} + 0.0148 L_T * N + 0.0004 L_T^2 -$
 $- 0.001 L_{\Xi}^2 + 0.0274 N^2$
- $\Delta W_{\%} = 1.7453 - 0.0771L_T + 0.1907L_{\Xi} - 0.0303M + 2.86L_T * L_{\Xi} + 0.0053 * L_T * M -$
 $- 0.0141L_{\Xi} * M + 0.0003L_T^2 - 0.0007L_{\Xi}^2 + 0.0069M^2$
- $\Delta W_{\%} = 1.8122 + 0.131L_S - 0.1932M + 0.0011S_{H\Xi} - 0.0077L_{\Xi} * M - 1.5L_{\Xi} * S_{H\Xi} - 6.5M * S_{H\Xi} -$
 $- 0.0005L_{\Xi}^2 + 0.0136M^2 + 7.58S_{H\Xi}^2$
- $\Delta W_{\%} = 1.7525 - 1.0179L_T + 0.4632L_{\Xi} - 0.444492M + 0.5498N + 0.0051L_M * L_{\Xi} - 0.2393L_T * M +$
 $+ 0.3999L_T * N + 0.0174L_{\Xi} M - 0.075L_{\Xi} * N + 0.1358M * N + 0.0032L_T^2 - 0.0018L_{\Xi}^2 - 0.028M^2 - 0.1106^2$
- $\Delta W_{\%} = 2.9457 + 6.7834\delta_T + 0.1372L_{\Sigma} - 0.0395M - 0.0036W_T - 0.2626\delta_T L_{\Sigma} + 0.197\delta_T M - 0.0101\delta_T W_T -$
 $- 0.0093L_{\Sigma} M + 0.00004L_{\Sigma} W_T - 0.00005M W_T + 19.9634\delta_T^2 - 0.0006L_{\Sigma}^2 + 0.0555M^2 + 0.000002W_T^2$
- $\Delta W_{\%} = 2.6327 + 0.0624L_{\Sigma} - 0.0086S_{H\Xi} + 41.5583\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} - 5.3114 * \Delta P_{B3\Sigma} + 0.0001L_{\Sigma} S_{H\Xi} +$
 $+ 0.316L_{\Sigma} \Delta P_{X\Upsilon\Sigma} - 0.0465L_{\Sigma} \Delta P_{B3\Sigma} - 0.0889S_{H\Xi} \Delta P_{X\Upsilon\Sigma} + 0.0004S_{H\Xi} \Delta P_{B3\Sigma} +$
 $+ 1.9667\Delta P_{X\Upsilon\Sigma} \Delta P_{B3\Sigma} - 0.0008L_{\Sigma}^2 + 0.0001S_{H\Xi}^2 + 7.995\Delta P_{X\Upsilon\Sigma}^2 - 0.0772\Delta P_{B3\Sigma}^2$

ДҮГНЭЛТ

1. Өвөрхангай салбарын 6-15 кВ-ийн хуваарилах шугам сүлжээний эрчмийн алдагдлын 12 шугаман загвар, 10 шугаман биш загварыг байгуулж,

тэдгээрийг Фишер (F)-ийн болон олон хэмжээт корреляцын коэффициентийн шинжүүрүүдээр шалгаж хамгийн их үнэмшилтэй 5 шугаман, 7 шугаман биш загварыг сонгон авч дээрх шугам сүлжээний ашиглалтын үед эрчмийн алдагдлын түвшинд үнэлгээ өгөх боломжтой болно.

2. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд тус салбарын 6-15 кВ-ийн шугам сүлжээний эрчмийн алдагдалд хамгийн их нөлөөлөх интеграл (базмал) параметрууд бол L_T , I_Σ , $S_{H\Sigma}$, $\Delta P_{ХЯ\Sigma}$, $\Delta P_{БЗ\Sigma}$, W_T байна. Эдгээр параметруудийг бид фидерийн схем, түүний өгөгдлүүдээс хялбар олж эрчмийн алдагдлын түвшин ($\Delta W\%$)-г үнэлж алдагдал ихтэй фидерүүдийг ялган авч нарийвчилсан хэмжилтийн үндсэн дээр тогтсон горимын тооцоогоор эрчмийн алдагдлын тооцоог гүйцэтгэж улмаар эрчмийн

алдагдал ихтэй элементүүдийг илрүүлэх замаар алдагдлыг бууруулах арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай.

Ашигласан ном, зохиол

1. Д.Содномдорж. Разработка комплексных методов расчета и мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях Монголии. Доктoрс. диссертация. Новосибирск : изд. НГТУ, 1995. -250с.
2. Д.Содномдорж. Цахилгаан системийн эрчмийн алдагдлыг тодорхойлох арга, загварууд ба түүнийг багасгах арга замууд. Улаанбаатар, 1999,
3. Multiple linear regression analysis using microsoft EXCEL by Michael L. Orlov.
4. Chemistry Department, Oregon State University (1996)

ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНД ХЭТ ДАМЖУУЛАГЧ ТРАНСФОРМАТОР АШИГЛАХ СУДАЛГАА

Б.Ононхүү* Ш.Гантөмөр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Цахилгаан эрчим хүчийг алдагдалгүй дамжуулах боломжгүй бөгөөд хэрэглэгчид хүрэх хүртэл ямар нэгэн замаар эрчим хүч алдагдсаар байдаг. Үйлдвэрлэгдэж буй цахилгаан эрчим хүчийг хамгийн бага алдагдалтайгаар хэрэглэгч хүртэл дамжуулах нь улс орон бүрийн зайлшгүй шаардлагатай хэрэгцээ болсон бөгөөд тулгамдсан асуудал хэвээр байсаар байна. Эрчмийн алдагдлыг хэт дамжуулагч трансформатораар дамжуулан хангалттай хэмжээнд бууруулахад судалгааны зорилго оршино.

Түлхүүр үг. Хэт дамжуулагч трансформатор, Хойд-өндөр 2, фидер, бодит чадал, критик утга.

ОРШИЛ

Бид өдөр тутмын амьдралдаа цаг мөч бүхэнд эрчим хүчнээс хараат байдалтай амьдарч байгаа билээ. Техник технологи, мэдээлэл холбоо гэх мэтчилэн салбар бүрийн үсрэнгүй хөгжлийн цаана эрчим хүчний тасралтгүй, найдвартай ажиллагаа оршиж байдаг. Тийм учраас эрчим хүчний тухай асуудал нь улс орон бүрт нэн чухал асуудал болж эрчим хүчийг найдвартай, чанартай, тасралтгүй хэрэглэгчид хүргэх нь улс орон болон хүн ардын өдөр тутмын амьдрал, хөгжил дэвшилд асар хүчтэй нөлөө үзүүлсээр байдаг. Тиймээс улс орон бүрийн хөгжил, цаашдын ирээдүй нь эрчим хүчний салбараас шууд хамаардаг гэж ойлгож болох юм. Манай улсын хувьд дотооддоо эрчим хүчний ихэнхи хувийг үйлдвэрлэдэг хэдий ч, эрчим хүчний баланслах чадвар муу, эрс тэс уур амьсгалтай, дамжуулах явцад тодорхой хэмжээг алддаг гэх мэтчилэн асуудлууд байсаар байна.

Судалгааны ажлын зорилго

Хойд-өндөр 2 фидерээр дамжуулан түгээх сүлжээний ерөнхий байдлыг тодорхойлж, чадал эрчмийн алдагдлыг тооцон, алдагдлыг бууруулах аргыг

уламжлалт болон шинэ технологи ашиглан боловсруулж ашигтай хувилбарыг сонгох

Онолын хэсэг

Хэт дамжуулагч. Цахилгаан гүйдлийг эсэргүүцэлгүй дамжуулах боломж хэт дамжуулагчийг нээснээр үүссэн юм. Хэт дамжуулагчийг бүрэн судалж дуусаагүй бөгөөд одоо гэсэн судлагдаагүй олон зүйл байсаар байна. Температурыг бууруулж Кельвиний тэг градуст ойртуулахад тодорхой нэг температурын утганд материалын хувийн эсэргүүцэл нь гэнэт тэг ($\rho=0$) болж, хязгааргүй өндөр дамжууламж үүсдэг бодисуудыг хэт дамжуулагчид гэж нэрлэдэг. Хэт дамжуулагчийн энэ үзэгдлийг анх 1911 онд Нидерландын физикч Х.Камерлинг-Оннес нээж, хэвийн даралтын үед $T_c=4.2$ °К температурт мөнгөн усны хувийн эсэргүүцэл гэнэт тэг болж байгааг илрүүлсэн байна. Гэвч тухайн үедээ зөвхөн нам температурын хэт дамжуулагчийг нээн илрүүлээд байсан бөгөөд 1986 онд өндөр температурын хэт дамжуулагчид шилжих температурыг (хэт дамжуулагч төлөвт шилжиж байгаа критик утга) 138 °К хүргэснээр эрчим хүчний салбарт өргөнөөр хэрэглэх болсон.

Хүснэгт 1

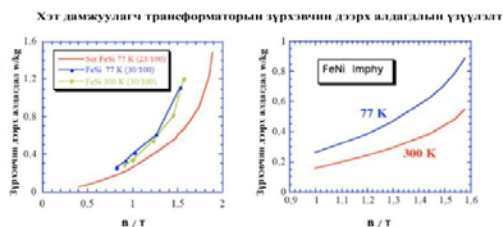
Нам ба өндөр температурын хэт дамжуулагчуудын критик температурын түвшин

Нам температурын хэт дамжуулагч нэгдлүүд	T_{cp} , °K	Өндөр температурын хэт дамжуулагч материалууд	T_{cp} , °K
Nb-47% Ti	9	La1.85 Ba0.15 Cu04	35
NbN	15	YBa2Cu307	92
Nb3Sn	18	Bi2Sr2CaCu2O8+x	85
NB3Ge	23	Bi2 Sr2 Ca2 Cu3 O10+x	108
MgB2	39	Ta2 Ba2 Ca2 Cu3 O8+x	125
		Hg Ba2 Ca2 Cu3 O8+x	150(138)

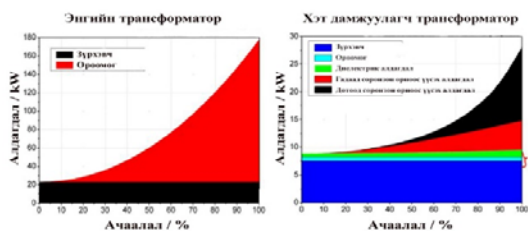
Хэт дамжуулагч трансформатор. Хэт дамжуулагчийг трансформаторт ашигласнаар хувьсах алдаглыг 90 % хүртэл бууруулж хэт ачааллагдах чадвар өндөр болдог

Хэт дамжуулагч материалаар Нобелийн шагнал хүртсэн эрдэмтэд

Он	Нэр	Нээлт
1913	Heike Kamerlingh Onnes	Хэт дамжуулагчийг нээсэн
1962	Lev Davidovich Landau	Хэт шингэний онол
1972	John Bardeen Leon Neil Cooper John robert schrieffer	Хэт дамжууламжийн микро түвшний онол
1973	Brain David Josephson	Жозефсоны үзэгдэл (Онол)
1973	Ivar Giaever	Жозефсоны үзэгдэл (гуршилт)
1978	Pyotr Leonidovich	Хэт шингэний нээлт
1987	J. Georg Bednorz K.Alexander Muller	Өндөр хэт дамжуулагчийн нээлт
2003	Alexei A.Abrikosow	2-р төрлийн хэт дамжуулагчийн нээлт
2003	Vitaly L.Ginzburg	Гинзбург ба Ландуагийн онол
2003	Antiny Legget	Шингэний онол



Зураг 1. Зүрхэвчин дээрх алдагдлын харьцуулалт



Зураг 2. Трансформаторын ачааллагдах чадварын харьцуулалт



Зураг 3. Трансформаторын алдагдлын харьцуулалт

Хэт дамжуулагч трансформаторын давуу талууд:

- Цахилгаан шугам сүлжээний одоо ашиглагдаж байгаа үдсэн тоноглолууд болон реле хамгаалалт, автоматикийн төхөөрөмжүүдтэй хослон ажиллах боломжтой
- Уламжлалт трансформаторуудтай харьцуулахад эрчмийн алдагдлыг хэвийн гүйдлийн үед 80-90 % бууруулдаг
- Тусгаарлагч тосыг шингэн азотоор сольсноор экологийн болон галын аюулгүй байдлыг улам дээшлүүлж, жин хэмжээг багасгаж, тээвэрлэлтийн ажлыг хөнгөвчлөхийн зэрэгцээ угсрах ажлыг илүү хөнгөвчилнө.
- Гүйдэл хязгаарлах үүргийг давхар гүйцэтгэдэг.

630 КВА-ийн трансформатор

Дэлхий дээр хамгийн анхны хэт дамжуулагч трансформатор

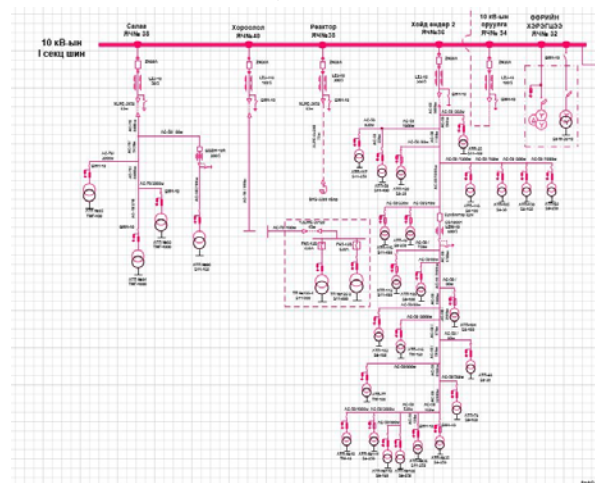


Зураг 4. Анхны хэт дамжуулагч трансформатор

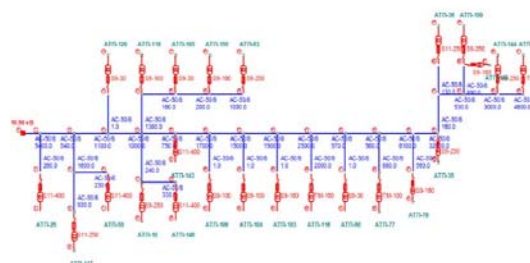
Анхдагч өгөгдлүүд

Анхдагч өгөгдөл болгон ТП тус бүрийн трансформаторуудын параметр, мөн 2018.12.30-нд нэгдсэн байдлаар хэмжсэн өвлийн их ачааллын хэмжилт, тухайн жилийн ачааллын график өгөгдсөн болно. Иймд тооцооны үр дүн нь өнөөгийн Хойд-өндөр 2 фидерийн ашигтай ажиллгааг ил тод харуулах үндэс болох юм.

Тооцооны схем

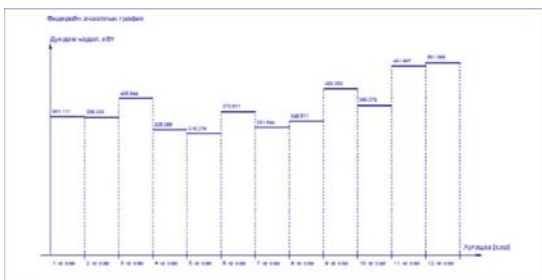


Зураг 5. Хойд-өндөр 2 фидерийн бүтцийн схем



Зураг 6. Хойд-өндөр 2 фидерийн Loss 10.0 программ дээрх бүтцийн схем

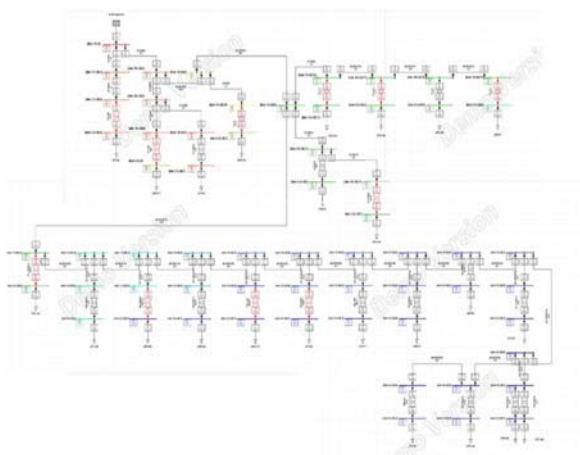
Хойд-өндөр 2 фидер нь Сүхбаатар дэд станцын хамгийн олон хэрэглэгчтэй, хамгийн хол зайд сунагч тогтсон алдагдал өндөртэй фидер юм. Уг фидерийн чадал, эрчмийн алдагдлыг бууруулах арга хэмжээг үе шаттайгаар авснаар Сүхбаатар дэд станцын үр ашиг мэдэгдэхүйц дээшлэх юм.



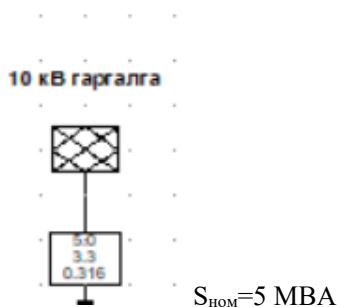
Зураг 6.1 Хойд-өндөр 2 фидерийн жилийн ачааллын график

Эрчмийн алдагдлын тооцоо. Чадал эрчмийн алдагдлын тооцоог эквивалент загварчлалын аргаар эрчмийн алдагдлыг тооцоолох зориулалттай Loss 10.0 программ болон эрчим хүчний систем, түүний удирдлагын оновчлол, төлөвлөлтийн үндсэн зорилгод хүрэх удирдлагын анализ хийхэд зориулагдсан дэвшилтэт нийлмэл, интерактив программ хангамж болох Digsilent PowerFactory 15 програмуудыг хослуулан ашиглав.

Power factory 15 программын тооцооны үр дүн



Зураг 7.1 Power factor программ дээр эрчмийн алдагдлыг тооцсон тооцоо



Зураг 7.2 Power factor программаар тооцоолсон суурилагдсан хүчин чадал

Power factor программын тооцоо нь 11 трансформатор хэвийн ажиллаж, 13 трансформатор хэт ачааллаж байгааг харуулж байна. Мөн фидерийн төгсгөл хэсгийн ТП-нүүд хэтэрхий хол сунагч байрласан зэрэг нь чадал эрчмийн алдагдал үүсгэх нөхцлийг бүрдүүлж байгаа юм.

Loss 10.0 программын тооцооны үр дүн

Бодит:		Хуурмаг:		Алдагдлын бүтэц:		ТТ-ийн тогтоол хүндэл, кВ:	
Эрчим хүч, кВт.цаг:	3340000.000	1422834.042	Шугам:	Тр-ын хоо/яв:	Тр-ын ороо:	0.92	
Алдагдал, кВт.цаг:	227651.764	448660.614	133770.123	89046.266	4835.375	Шугамын урт, км: 75.305	
Алдагдал, %-иар:	6.816	31.547	58.761	39.115	2.124	Суурилагдсан чадал, кВА: 4665	
Түгээх ЭХ, кВт.цаг:	3112348.236	973973.428	Ажилласан хугацаа, цаг: 8760		Тр-ын шинжлэл, кВ: 10.190		

Зураг 3.1 Хойд-өндөр 2 фидерийг Loss 10.0 программ дээр чадал, эрчмийн алдагдлыг тооцсон үр дүн

Loss 10.0 программын тооцооны үр дүн нь буюу бодит чадлын алдагдал 6.8% байгаа нь зайлшгүй эрчмийн алдагдлыг бууруулах бататгаж байна. Эрчмийн алдагдлыг бууруулах хамгийн оновчтой шийдлийг тодорхойлохын тулд 5 төрлийн трансформатор сонгон Хойд-Өндөр 2 фидер дээр эрчмийн алдагдлыг тооцоход:

- ТМ маркийн Орос трансформатортай үеийн эрчмийн алдагдал:

Бодит:		Хуурмаг:		Алдагдлын бүтэц:		ТТ-ийн тогтоол хүндэл, кВ:	
Эрчим хүч, кВт.цаг:	3319000.000	1413888.079	Шугам:	Тр-ын хоо/яв:	Тр-ын ороо:	0.92	
Алдагдал, кВт.цаг:	235025.846	607940.508	133457.130	97208.819	4359.897	Шугамын урт, км: 75.305	
Алдагдал, %-иар:	7.081	42.998	56.784	41.361	1.855	Суурилагдсан чадал, кВА: 4665	
Түгээх ЭХ, кВт.цаг:	3083974.154	805947.571	Ажилласан хугацаа, цаг: 8760		Тр-ын шинжлэл, кВ: 10.190		

Зураг 3.2 ТМ маркийн орос трансформатортай үеийн чадал эрчмийн алдагдлын тооцоог Loss 10.0 программ дээр тооцоолсон үр дүн

- S-9 маркийн Хятад трансформатортай үеийн эрчмийн алдагдал:

Бодит:		Хуурмаг:		Алдагдлын бүтэц:		ТТ-ийн тогтоол хүндэл, кВ:	
Эрчим хүч, кВт.цаг:	3319000.000	1413888.079	Шугам:	Тр-ын хоо/яв:	Тр-ын ороо:	0.92	
Алдагдал, кВт.цаг:	272553.378	1067886.125	133547.146	134031.703	4374.529	Шугамын урт, км: 75.305	
Алдагдал, %-иар:	8.212	75.528	48.999	49.176	1.825	Суурилагдсан чадал, кВА: 4665	
Түгээх ЭХ, кВт.цаг:	3046446.622	346001.954	Ажилласан хугацаа, цаг: 8760		Тр-ын шинжлэл, кВ: 10.190		

Зураг 3.3 S9 маркийн хятад трансформатортай үеийн чадал эрчмийн алдагдлын тооцоог Loss 10.0 программ дээр тооцоолсон үр дүн

- S-11 маркийн Хятад трансформатортай үеийн эрчмийн алдагдал:

Бодит:		Хуурмаг:		Алдагдлын бүтэц:		ТТ-ийн тогтоол хүндэл, кВ:	
Эрчим хүч, кВт.цаг:	3319000.000	1607465.351	Шугам:	Тр-ын хоо/яв:	Тр-ын ороо:	0.92	
Алдагдал, кВт.цаг:	213717.642	199530.300	139454.472	68629.011	5634.159	Шугамын урт, км: 75.305	
Алдагдал, %-иар:	6.439	12.413	65.252	32.112	2.636	Суурилагдсан чадал, кВА: 4665	
Түгээх ЭХ, кВт.цаг:	3105282.358	1407935.050	Ажилласан хугацаа, цаг: 8760		Тр-ын шинжлэл, кВ: 10.190		

Зураг 3.3 S11 маркийн хятад трансформатортай үеийн чадал эрчмийн алдагдлын тооцоог Loss 10.0 программ дээр тооцоолсон үр дүн

SH-11 маркийн Хятад аморф трансформатортай үеийн эрчмийн алдагдал:

Бодит:		Хуурмаг:		Алдагдлын бүтэц:		ТТ-ийн тогтоол хүндэл, кВ:	
Эрчим хүч, кВт.цаг:	3319000.000	1607465.351	Шугам:	Тр-ын хоо/яв:	Тр-ын ороо:	0.92	
Алдагдал, кВт.цаг:	160354.469	519119.446	130730.624	25335.995	4287.849	Шугамын урт, км: 75.305	
Алдагдал, %-иар:	4.831	32.294	81.526	15.800	2.674	Суурилагдсан чадал, кВА: 4665	
Түгээх ЭХ, кВт.цаг:	3158645.531	1098345.904	Ажилласан хугацаа, цаг: 8760		Тр-ын шинжлэл, кВ: 10.190		

Зураг 3.4 SH11 маркийн хятад аморф зүрхэвчин трансформатортай үеийн чадал эрчмийн алдагдлын тооцоог Loss 10.0 программ дээр тооцоолсон үр дүн

- Хэт дамжуулагчин ороомогтой трансформатортай үеийн эрчмийн алдагдал:

	Бодит:	Хуурмаг:	Алдагдлын бүтэц:	Тр-ын хойр:	Тр-ын ороо:
Эрчим хүч, кВтцаг:	3319000.000	1607179.136	Шугам:	8032.746	189.1
Алдагдал, кВтцаг:	45501.000	233041.024	32412.182	17.654	0.115
Алдагдал, %-иар:	1.37	14.5	71.234	17.654	0.115
Түгээх ЭХ, кВтцаг:	3273499.00	1374138.112	Амжилсан хугацаа, цаг:		8760

Зураг 3.5 Хэт дамжуулагч трансформатортай үеийн чадал эрчмийн алдагдлын тооцоог Loss 10.0 программ дээр тооцоолсон үр дүн



Зураг 4. Эрчмийн алдагдлын үзүүлэлт

Зардлын тооцоо

Трансформаторын хөрөнгө оруулалтын тооцоо. Эрчмийн алдагдлын тооцооноос үзвэл хамгийн алдагдал багатай трансформаторууд нь хэт дамжуулагчийн трансформатор болон аморф зүрхэвтэй трансформаторууд байна. Эдгээр трансформаторуудын хөрөнгө оруулалтын тооцоог хийж, ашигтай хувилбарыг сонгоно. Аморф зүрхэвтэй трансформатор нь энгийн трансформатораас 1.5 дахин илүү үнэтэй байдаг.

Хүснэгт 3.1

Аморф трансформаторуудын хөрөнгө оруулалтын тооцооны үр дүн

Дэс дугаар	Шинээр солих трансформатор	Үнэ, сая төг	Тоо	Өртөг, сая төг
1	SH11-30	2.028	4	8.112
2	SH11-100	2.433	4	9.734
3	SH11-160	2.636	5	13.177
4	SH11-250	2.839	7	19.874
5	SH11-500	3.042	3	9.126
НИЙТ				60.024

Хүснэгт 3.2

Хэт дамжуулагч трансформаторуудын хөрөнгө оруулалтын тооцооны үр дүн

Дэс дугаар	Шинээр солих трансформатор	Нэг бүрийн үнэ, сая төг	Тоо	Үнэ, сая төг
1	ABB-30	26	3	78
2	ABB-100	29	3	87
3	ABB-160	31	4	124
4	ABB-250	33	5	165
5	ABB-630	36	2	72
6	ABB-100	38	4	152
НИЙТ				678

Хуучин трансформаторын худалдааны тооцоо. Трансформаторыг тодорхой хугацааны турш ашиглаж элэгдэлд оруулсан гэж үзэж үнийн дүнгийн 50%-иар худалдаална.

Хүснэгт 3.3

Хуучин агаарын шугамын худалдааны тооцоо

Дэс дугаар	Худалдах солих трансформатор	Нэг бүрийн үнэ, сая төг	Тоо	Үнэ, сая төг
1	S9-30	0.7435	3	2.2305
2	S9-100	1.2465	3	3.7395
3	S9-160	0.8785	4	3.514
4	S9-250	0.946	5	4.73
5	S11-250	0.946	2	1.892
6	S11-400	1.014	4	4.056
7	TM-25	0.676	1	0.676
8	TM-100	1.2465	1	1.2465
9	TM-160	0.8785	1	0.8785
НИЙТ				22.963

Аморф трансформаторын нийт хөрөнгө оруулалт :

$$K_{\Sigma} = K_{\text{тр}} - K_{\text{тр.хууч}} = 60.024 - 22.963 = 37.061 \text{ сая. төг}$$

Хэт дамжуулагч трансформаторын нийт хөрөнгө оруулалт :

$$K_{\Sigma} = K_{\text{тр}} - K_{\text{тр.хууч}} = 678 - 22.963 = 655.04 \text{ сая. төг}$$

ДҮГНЭЛТ

- Манай улсын хувьд шугам болон трансформаторын зүрхэвчин дээрх алдагдлыг бууруулж чаддаг байсан бол хэт дамжуулагч трансформаторуудыг ашигласнаар трансформаторын ороомог дээрх алдагдлыг 0.1 % хүртэл бууруулах боломж нээгдэж байна.
- Хойд-өндөр 2 фидерийн эрчмийн алдагдлын үзүүлэлт болох 6.8 %-ийг хэт дамжуулагч трансформатораар солин эрчмийн алдагдлыг 1.37 % хүртэл бууруулах боломжтой.
- Power Factory 15 программ нь түгээх сүлжээний алдагдлыг задлан, алдагдалтай хэсгийг нарийвчлан тодорхой харуулснаар, эрчмийн алдагдлын тооцоог хялбарчилж байна. Loss 10.0 программ нь эрчмийн алдагдлыг бууруулахын тулд олон төрлийн шугам, трансформатордууны тооцоог хийн үр дүнг шинжилж оновчтой хувилбарыг сонгоход хамгийн тохиромжтой программ хангамж болж байна.
- Хэт дамжуулагч трансформатор нь өнөө үед хамгийн бага алдагдалтайгаар эрчим хүчийг түгээх боломжийг бүрдүүлж өгч байгаа бөгөөд, үр ашиг нь манай түгээх сүлжээнд ч мөн харагдаж байна.
- Хөрөнгө оруулалт ихээр шаардагдах учраас шинээр баригдаж байгаа шугам сүлжээнд ашиглавал илүү тохиромжтой.
- Хэт дамжуулагч материал нь цахилгаан тоног төхөөрөмжийн хамгийн сүүлийн үеийн шийдэл учраас, Монголын эрчим хүчний системийн үр ашгийг дээшлүүлэхийн тулд илүү их судалгаа хийж, эрчим хүчний системд хэт дамжуулагч тоног төхөөрөмжүүдийг нэвтрүүлэх нь зүйтэй.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Z. Jelinek et al., "Test Results of a 14 kVA Superconducting Transformer With Bi2223/Ag Windings," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 13, no. 2, June 2003.
2. S. W. Schwenterly et al., "Performance of a 1-MVA HTS Demonstration Transformer," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 9, no. 2, June 1999.
3. P. S. Bodger, W. G. Enright and V. Ho, "A low voltage, mains frequency, partial core, high temperature, superconducting transformer," in Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC'05), Brisbane, Australia, Sep. 2005, CD.
4. I. Chew, A. Laphorn, P. Bodger and W. Enright, "Superconducting transformer failure: Testing and investigation," in Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC'09), Adelaide, Australia, Sep. 2009, pp. 1-5.
5. I. Chew, "Superconducting Transformer Design and Construction," master's thesis submitted for examination, Electrical and Computer Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 2010.

6. Гантөмөр Ш. Цахилгаан шугам сүлжээ, систем. УБ.: Соёмбо принтинг, 2017, -1100 х.
7. Гантөмөр Ш. Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам. УБ.: Соёмбо принтинг, 2014, -600 х.
8. Нацагдорж Ц, Бат-эрдэнэ Б, Цолмон М. “ Power Factory 15” эрчим хүчний тооцооллын программын гарын авлага. УБ.: ШУТИС Хэвлэлийн газар, 2018, -85 х.
9. Содномдорж Д. Цахилгаан шугам сүлжээний чадал эрчмийн алдагдлыг тодорхойлох арга, загварууд. УБ.: ТИС-ийн хэвлэл, 1999.
10. Содномдорж Д. Эрчим хүчний хэмнэлт УБ.: ШУТИС, Өнгөт хэвлэл, 2003, -340 х.
11. Зундуйсүрэн Ч. Эрчим хүчний төлөвлөлтийг сайжруулах асуудал. ШУТИС, УБ, 1984.
12. Батхуяг С., Алтанцэцэг Д. Дипломын ажлын эдийн засгийн тооцоо хийх гарын авлага УБ, 2008.

ӨМНӨГОВЬ АЙМГИЙН ГУРВАНТЭС СУМЫН 6, 10 КВ-ИЙН ЦДАШ-ЫН ГОРИМЫН ТООЦОО

Н. Мөнхбат*, Н.Жигжидсүрэн *

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Өмнөговь аймгийн Гурвантэс сум нь 35/6 кВ-ийн Гашуун сухайт дэд станцаас нийт 56 км 6 кВ-ийн ЦДАШ-аар дамжуулан, мөн 6/10 кВ-ийн хүчдэлийн түвшинтэй өсгөх трансформатораар өсгөж сумын хэрэглэгчдийг цахилгаан эрчим хүчээр хангадаг.

Энд хэрэглэгч дээр ирж буй хүчдэл нь хүчдэлийн хазайлтын зөвшөөрөгдөх хэмжээ буюу -5 % [1] хэмжээнээс ч доогуур байгаа нь чанарын шаардага хангахгүй байгаа бөгөөд хэрэглэгчдийн горим ажиллагаанд муугаар нөлөөлж байна.

Горимын тооцоо болон хэрэгжих боломжтой зарим хувилбаруудыг авч тооцоо хийж үр дүнгүүдийг харьцуулан харуулсан болно.

Түлхүүр үг: хүчдэлийн уналт, чадлын алдагдал.

Удиртгал

Цахилгаан системийн хугацааны агшин бүрт харгалзах төлөв байдлыг цахилгаан системийн горим гэж нэрлэдэг. Энэхүү төлөв байдлыг тодорхойлон заагч өөр өөрийн шинж чанартай параметруудийг горимын параметрууд гэнэ. Эдгээр пара-метрийг олоход чиглэгдсэн тооцоог горимын тооцоо гэнэ [2]. Тогтсон горимын тооцоог гүйцэтгэх аргыг ерөнхий тохиолдолд уламжлалт арга, хийсвэр арга гэсэн хоёр үндсэн бүлэгт хуваан авч үздэг [3]. Уламжлалт арга гэдэг нь салбарласан бүтэцтэй сүлжээнд тооцоо хийх чадлын балансын арга, хүчдлийн балансын арга, эквивалент хувиргалтын аргуудын тусламжтайгаар салбарласан, тойрог, хоёр талын үүсгэгчтэй зэрэг хялбар бүтэцтэй, цөөн элементээс тогтсон цахилгаан системийн хувьд тооцоо гүйцэтгэдэг аргуудыг хэлнэ. Харин хийсвэр буюу орчин үеийн арга гэдэг нь дурын бүтэцтэй, дурын тооны элемент агуулсан цахилгаан системийн хувьд төрөл бүрийн математик аргуудыг (граф онол, матрицан онол, шугаман ба шугаман бус тэгшитгэлийн системийг бодох аргууд) ашиглан тухайн цахилгаан системийн тогтсон горимын математик загварыг байгуулж түүнийг бодох замаар параметрийг тодорхойлдог арга юм.

1. Тооцооны арга

1.1 Уламжлалт арга

Уламжлалт аргаар тооцоо хийхийн тулд чадлын балансын тооцоо, хүчдлийн балансын тооцоо гэсэн дарааллаар итерацийг хийж гүйцэтгэх шаардлагатай байдаг. Тооцоог гүйцэтгэхдээ дор дурдсан дарааллаар хийж гүйцэтгэдэг.

Чадлын балансын тооцоог дараах аргачлалын дагуу хийнэ.

1. Чадлын балансын тооцоог шугам сүлжээний хамгийн төгсгөлийн зангилаануудаас эхлэн толгойн зангилаа хүртэл хийнэ. Шугамын төгсгөлөөр P'_2, Q'_2, U_2 гэсэн дамжих чадал, төгсгөлийн хүчдлийг тодорхойлно. Нэгдүгээр итерацийн үед U_2 хүчдлийн утга тодорхойгүй тул $U_{ном}$ гэсэн хэвийн хүчдэлтэй тэнцүүгээр авна. Төгсгөлийн зангилааны хувьд P'_2, Q'_2 нь ачааллын чадалтай тэнцүү боловч завсрын дамжуулах дэд станцын хувьд тухайн дэд станцын чадал болон дэд станцаас гэжээгдэх шугамын толгойн нийлбэр чадлаар авна.

2. Шугамын дагуу хэсгийн төгсгөлөөр дамжих $P_2 + jQ_2$ чадлыг “в” цэгийн хувьд Крихгофын хууль болон чадлын балансыг ашиглан олно.

3. Шугаманд гарах чадлын алдагдлыг бодит болон хуурмаг чадлын квадратуудын нийлбэрийг бодит болон хуурмаг эсэргүүцлээр үржүүлэн шугамын хүчдэлийн квадратад хуваасантай тэнцүү.

4. Шугамын дагуу хэсгийн эхлэлээр дамжих $P_1 + jQ_1$ чадлыг тодорхойлно.

5. Шугамын эхлэлээр дамжих $P'_1 + jQ'_1$ чадал Дээрх 5 дарааллаар хийснээр нэгдүгээр итерацийн чадлын балансын тооцоо дуусна. Үүний дараа нэгдүгээр итерацийн хүчдлийн балансын тооцоог шугам сүлжээний толгойн зангилаанаас эхлэн төгсгөлийн зангилаа руу гүйцэтгэнэ.

Хүчдлийн балансын тооцоог дараах аргачлалын дагуу хийнэ.

1. Цахилгаан шугам сүлжээний толгойн зангилааны хүчдэл буюу баланслагч зангилааны хүчдлийн U_T утгыг тодорхойлно.

Баланслагч зангилааны хүчдлийн утга нь ихэвчлэн $\dot{U}_T = U_{Ta}$ гэсэн хүчдлийн бодит байгуулагчаас тогтдог.

Бидний авч үзэж байгаа сүлжээний хувьд $\dot{U}_T = U_1$ тэнцүү байна.

2. Хүчдлийн бодит хуурмаг уналтын утгыг тодорхойлно. Хүчдлийн уналтын утгыг тодорхойлохдоо шугамын дагуу хэсгийн эхлэлээр дамжих чадлыг ашигладаг. Шугамын эхлэлээр дамжих чадлыг ашиглан тооцоонд алдаа гаргах тохиолдол их байдгийг анхаарах хэрэгтэй.

3. Шугамын унах хүчдлийн уналтыг тодорхойлсны дараа нэгдүгээр итерацийн шугамын төгсгөлийн $\dot{U}_2^{[1]}$ хүчдлийг олно. Хүчдлийн балансын тооцооны $U_2^{[1]}$ хүчдэл нь дараагийн шугамын толгойн хүчдэл болох ба салаа тус бүрд 1ээс 3 хүртэлх дарааллаар тооцоог хийж бүх зангилааны хүчдэлийг олно. Дээр хийгдсэн бүх тооцоо нь зөвхөн нэгдүгээр итерацийн тооцоо дуусч байгаа бөгөөд дараагийн итерацийн тооцоог хийхдээ хүчдлийн балансын тооцоогоор олсон хүчдэлийг ашиглан тооцно.

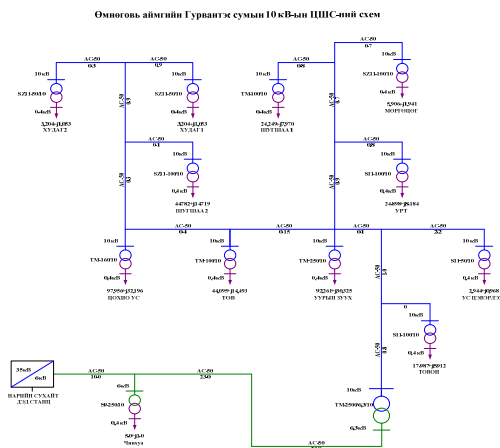
1.2 Хийсвэр арга

Хийсвэр буюу орчин үеийн арга гэдэг нь дурын бүтэцтэй, дурын тооны элемент агуулсан цахилгаан системийн хувьд төрөл бүрийн математик аргуудыг (граф онол, матрицан онол, шугаман ба шугаман бус тэгшитгэлийн системийг бодох аргууд) ашиглан тухайн цахилгаан системийн тогтсон горимын математик загварыг байгуулж түүнийг бодох замаар горимын горимын параметрийг тодорхойлдог арга юм [4].

Тооцооны хэсэг

Тооцоог Гурвантэс суман дахь 11 бууруулах трансформаторыг (ТП) оролцуулан хийлээ. Доорхи схем дээр байгаа ачаалалын утгыг 2016 оны 3 сард хэмжсэн болно. Энэ нь 3 жилийн өмнөх бодит ачааллыг харуулсан бөгөөд одоо энэ ачаалал нь өссөн ба хэрэглэгч дээр очиж буй хүчдэлийн хэмжээ ч мөн адил буурсан болно.

2.1. Гурван тэс сумын 6/10/0.4 кВ-ийн түгээх сүлжээ. Одоо ашиглагдаж байгаа хувилбар.



Зураг 2.1. Өмнөговь аймгийн Гурвантэс сумын 6-10 кВ-ийн ЦШС-ний схем.

6 кВ-оос 10 кВ-д шилжүүлэх дэд станцаас хамгийн ойр байгаа болон алслагдсан станцуудын 0.4 кВ-ийн хүчдэлтэй талд гүйдэл, хүчдэл, давтамжийн хэмжилтүүдийг хийж дараах үр дүнг гаргалаа.

2.1.1 6-10 кВ-ын дэд станцуудын ачааллын тооцоо

Ачааллын тооцооны дүн

Фидер	Хүчдэл	Ачаалал	
	Уд [В]	P [кВт]	S [кВА]
Худаг 2	340	2.94	3.01
Худаг 1	340	2.94	3.01
Шугшаа 2	334.3	44.78	47.14
Цохио ус	352	97.96	103.11
Төв	325	44.1	46.42
Мөргөцөг	341	5.91	6.22
Шугшаа 1	350	24.25	25.53
Урт	345	24.9	26.21
Уурын зуух	340	92.26	97.12
Ус цэвэрлэх	340	2.94	3.1
Товон	335	17.99	18.93
6.3/10 кВ дэд станц		371.638	393.85

Дээрх өгөгдлүүдийг ашиглах чадлын балансын тооцоо болон хүчдлийн балансын тооцоог гүйцэтгэж Толгой талын трансформатор буюу 6/10 кВ-ийн өсгөх дэд станцын нийт ачааллыг тооцож тооцооны утгуудыг дор харуулав.д

1.Чадлын балансын тооцоо

2.Хүчдэлийн балансын тооцоо

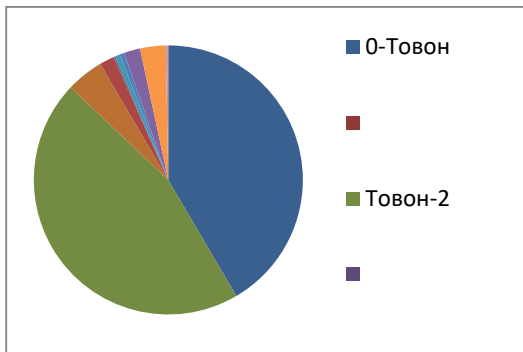
Энд 6/10 кВ-ийн дэд станцийг баланслагч буюу 0 дугаартай зангилаагаар авсан ба толгойн хүчдэлийг 8750 В буюу 8.75 кВ-оор авлаа. Учир нь хүснэгт 2.2-д байгаа хэмжилгээс дэд станцуудын 0,4 кВ талын хүчдэлийн утг 340-352В, мөн трансформаторуудын хүчдэл тохируулгын тавил “0” байгаа тул трансформацилах коэффициентыг $10000/400=25$ гэж үзэн хамгийн ойр байрлах “Товон” дэд станцын хүчдэлтэй харьцуулж гаргасан болно.

Чадал, хүчдэлийн балансын тооцоо

Хүснэгт 2.2.

Алдагдлын тооцооны дүн

Шугам	P [кВт]	Q [кВар]	ΔP	ΔQ
0-Товон	371.64	130.40	1.18	0.44
Товон-2	370.35	129.92	1.29	0.48
	370.35	129.92		
Ус цэвэр	3.08	0.98	0.00	0.00
Уурынзуух	367.14	128.90	0.13	0.05
Уурынзуух	367.14	128.90		
5	76.85	26.44	0.05	0.02
	76.85	26.44		
5-Урт	25.26	8.55	0.01	0.00
5-7	51.58	17.88	0.02	0.01
	51.58	17.88		
7.Шугшаа1	45.49	15.90	0.02	0.01
7.Мөргөцөг	6.07	1.97	0.00	0.00
Уурын зуух-Төв	196.63	69.86		
Уурын зуух-Төв	196.58	69.84	0.06	0.02
Төв	196.58	69.84		
Төв-Цохио ус	151.51	54.03	0.09	0.03
Цохио ус	151.51	54.03		
Цохио ус -12	51.65	17.86	0.01	0.00
	51.65	17.86		
Шугшаа 2	45.49	15.90	0.00	0.00
12-14	6.16	1.96	0.00	0.00
	6.16	1.96		
14-Худаг1	3.08	0.98	0.00	0.00
14-Худаг2	3.08	0.98	0.00	0.00



Зураг 2.2. Ачааллын дүн.

Чадлын болон хүчдэлийн балансын тооцоогоор 6 кВ-оос 10 кВ-р шилжүүлэх дэд станцын ачаалал болон хүчдэлийн түвшинг гарган авлаа. Тооцоогоор Дэд станцын ачаалал $S=371,638+j130,401$ кВА, дэд станцын 10 кВ талын хүчдэл 8.677 кВ байгаа дээр түшиглэн 6/10кВ-ийн дэд станцын трансформатор дээрх чадал хүчдэлийн тооцоог гүйцэтгэхэд:

Хүснэгт 2.3

ТМ-2500/10/6.3кВ трансформаторын эсэргүүцэл ба ачаалал

Марк	Эсэргүүцэл		Ачаалал		
	R	X	P	Q	S
ТМ-2500 10/6.3	0.38	2.6	371.6	130.4	393.9

ТМ-2500/10/6,3 трансформаторын 6 кВ талын хүчдэлийг тодорхойлбол:

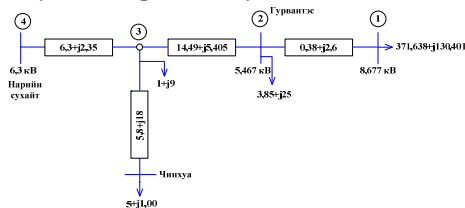
$$U_1 = U_2 \cdot k_T = 8.677 \cdot \frac{6.3}{10} = 5.467 \text{ кВ}$$

Харин гашуун сухайт станц талаас 8км зайд байрлах Чинхуа оффесын дэд станцын нам талд хэмжилт хийж үзэхэд 405 В байсан ба үүгээр өндөр талын хүчдэлийг трансформацилах коэффициентийн тусламжтай бодоход

$$U_1 = U_2 \cdot k_T = 0.4 \cdot \frac{6.3}{0.4} = 6.3 \text{ кВ}$$
 гарч байв. Энэ нь

хүчдэлийн уналтанд хамгийн их нөлөөлж байгаа хэсэг бол Чинхуа-аас өсгөх трансформатор хүртлэх шугам гэдгийг илтгэж байна

Нарийн сухайтаас Гурвантэс дэд станц хүртэлх шугамын хүчдэлийн уналтын тооцоо



Зураг 2.3. Нарийн сухайтаас Гурвантэс дэд станц хүртэлх 6 кВ-ийн ЦШС-ний орлуулгын схем

$$\Delta S_{12} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} (R_T + jX_T) = \frac{371.638^2 + 130.400^2}{8.677^2}$$

$$(0.38 + j2.60) = 0.775 + j0.537 \text{ кВА}$$

$$S_{12}^{2x} = S_1 + \Delta S_{12} = 371.638 + j130.400 + 0.775 + j0.537 = 372.415 + j135.757 \text{ кВА}$$

$$S_{23}^{Tesc} = S_{12}^{2x} + \Delta S_{12}^{TT} = 372.415 + j135.757$$

$$+ 3.85 + j25 = 376.265 + j160.757 \text{ кВА}$$

дээрх зарчмаар тооцоог хийхэд

$$U'_2 = U_2 \cdot k_T = \frac{4.364 \cdot 10}{6.3} = 6.928 \text{ кВ}$$

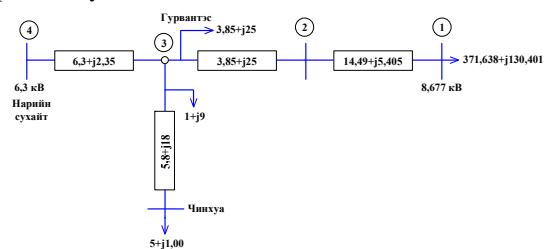
$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12}^{2x} \cdot R_{12} + Q_{12}^{2x} \cdot X_{12}}{U_3} =$$

$$= \frac{372.415 \cdot 0.38 + 135.757 \cdot 2.6}{6.928} = 0.071 \text{ кВ}$$

$$U_1 = U_2 + \Delta U_{12} = 6.928 - 0.071 = 6.856 \text{ кВА}$$

өсгөх трансформаторын 10кВ-ын хүчдэлтэй талд унах хүчдэл ингэж гарч байгаа нь мөн л шаардлага хангахгүй байна.

Чинхуа дэд станцын хажууд байрлуулсан 10кВ-ын трансформатораас Гурвантэс хүртэлх шугамын хүчдлийн уналт



Зураг 2.4 Гурвантэс дэд станцыг Чинхуа дэд станцын хажууд байрлуулсан 10 кВ-ын ЦШС-ний орлуулгын схем

$$U_1 = U_2 + \Delta U_{12} = 9.131 - 0.721 = 8.410 \text{ кВ}$$

Дээр бодсон аргачлалаар бодоход хүчдэл нь өмнөх тооцооноос их байгаа боловч мөн л стандарт шаардлага хангахгүй байна.

3. Хүчдэл тохируулга

Хүчдэл нь стандарт хазайлтаас хэдийгээр бага байгаа боловч 10/0.4 кВ-ийн бууруулах трансформаторын хүчдэл тохируулах ПБВ тоноглолын байрлалаар тохируулах бүрэн боломжтой байдаг. Гэвч нам хүчдэлийн трансформаторт бидний ашиглаж болох буюу 8.4 кВ-ын хүчдэлийг 10 кВ болгох тавил байдаггүй. Тавилын тооцоог хүснэгт 3.1-д харуулав

Хүснэгт 3.1

ТМ-100/10 маркийн трансформаторын ПБВ±2х2.5%

No	±n	U _{сал} , [кВ]	U _{нам} , [кВ]	k ^[тох]
1	2	10.5	0.4	26.25
2	1	9.75	0.4	24.375
3	0	10	0.4	25
4	-1	9.75	0.4	24.375
5	-2	9.5	0.4	23.75

Энд: n-тавилын байрлал.

6.36 кВ гарч байгаа учир “–6” байрлалыг сонгох шаардлага гарч байна. Гэвч 10/0,4 кВ-ийн трансформаторт ийм тавил байхгүй юм.

ДҮГНЭЛТ

1. Гурвантэс сумын цахилгаан хангамжийн хүндрэлтэй байдлаас гарахын тулд трансформаторуудын анфапын тавилыг өөрчлөх замаар шаардлагатай утгаруу ойртуулж болох боловч Стандартын шаардлага хангасан хүчдэлийг гаргаж авах боломжгүй.
2. Гурвантэс сумын цахилгаан ачаалал цаашид нэмэгдэх тохиолдолд цахилгаан хангамжийн чанар улам муудах болно.
3. 6/10 кВ-ын Гурвантэс дэд станцын одоо байгаа байрлалыг сольсноор хүчдэлийн түвшинг зохих хэмжээгээр өсгөх боломжтой харагдаж байгаа хэдий ч мөн хүчдэлийн стандартын шаардлагыг хангахгүй байна. /Стандарт шаардалага: хүчдэлийн хазайлт $\delta U = \pm 5\%$ /

4. Цахилгаан хангамжийн хүндрэлтэй байдлаас гарахын тулд 35/6 кВ-ын Нарийн сухайт дэд станцын 35 кВ-ын талаас шинээр гаргалга нэмж, 35 кВ-ын ЦДАШ шинээр барьж тэжээх шаардлагатай.
5. Мөн Гурвантэс суманд 35/10 кВ-ын дэд станц барьж тус станцаас сумын төвийн 10 кВ-ын дэд станцуудыг тэжээх.
6. Шинээр байгуулагдах 35/6 кВ-ын дэд станцын чадлыг 1000 кВА байх нь техникийн хувьд тохиромжтой.

Ашигласан материал

1. Д. Содномдорж. Цахилгаан системийн горим Улаанбаатар. 1999, 291х.
2. Ш. Гантөмөр. Цахилгаан шугам сүлжээ, систем. Улаанбаатар 2015
3. Д. Содномдорж, Цахилгаан эрчим хүчний хэмнэлт. Улаанбаатар, 2000
4. Ч. Зундуйсүрэн, Ш. Гантөмөр. Цахилгаан системийн горимын оновчлол. Улаанбаатар. 2003, 210х.

2-р хэсэг.
МАГИСТР ОЮУТНУУДЫН
ИЛТГЭЛҮҮД

ЧОЙРЫН 6 КВ ХУВААРИЛАХ ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ТЕХНИКИЙН АЛДАГДЛЫГ БУУРУУЛСНААР ГАРАХ ҮР АШИГ

Э.Жаргалтуяа*, Ш.Гантөмөр**

*БЗӨБЦТС ТӨХК-ийн Говьсүмбэр ЦТС салбар

**Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. БЗӨБЦТС ТӨХК-ийн Говьсүмбэр салбарын Сүмбэр сум нь нийт 2177- айл өрх, 180 аж ахуй нэгж байгууллагатай цахилгаан эрчим хүчийг зохицуулалттайгаар хангах гэрээ байгуулан 6/0.4 кВ-ийн бууруулах дэд станц 12 ком, 6 кВ ЦДАШ-н урт-4,9 км, 0.4 кВ ЦДАШ-20,74 км, 0.4 кВ ЦДКШ-н тоног төхөөрөмжийн ашиглалт, засвар үйлчилгээ байнгын бэлэн байдлыг ханган ажиллаж байна. Сүмбэр сум нь жилд дунджаар 6,04 сая орчим кВт/ц цахилгаан эрчим хүч буюу 655,3 сая төгрөгийн цахилгаан эрчим хүчний борлуулалт хийдэг. Говьсүмбэр салбарын Сүмбэр сумын 6 кВ-ийн хуваарилах шугам сүлжээний хоёр фидерийг сонгон авч 2018 оны өвлийн их ачааллын хэмжилт болон 2018 оны түгээсэн цахилгаан эрчим дүнгээр эрчим хүчний алдагдлын хэмжээ түвшинг тодорхойлж дүн шинжилгээ хийлээ. Эрчмийн алдагдлын судалгааг их ачаалал болон эквивалент загварчлалын аргыг ашиглан тодорхойлж тооцооны үр дүнг харьцуулсан ба тооцооны үр дүнгээс шугам сүлжээний алдагдал ихтэй элементүүдийг илрүүлэн түүнийг багасгах техникийн арга хэмжээг төлөвлөн хэрэгжүүлэхэд гарах үр дүнг тодорхойлсон болно.

Түлхүүр үг. Алдагдал, цахилгаан шугам сүлжээ, тасралтын судалгаа.

ОРШИЛ

Цахилгаан шугам сүлжээний эрчмийн алдагдлын тооцоог хийж гүйцэтгэх зорилго нь цахилгаан эрчим хүчийг хэрэглэгчдэд хүргэхэд цахилгаан шугам сүлжээг эрчим хүчний чанар стандартыг хангасан эдийн засгийн үр ашигтайгаар ,техникийн алдагдал хамгийн бага байхаар хамгийн үр ашигтай горимоор ажиллуулах шаардлага тавигддаг. Энэхүү шаардлагыг биелүүлэхийн тулд техникийн алдагдлыг үнэн зөвөөр тодорхойлж алдагдлын хэмжээг бууруулах арга хэмжээг боловсруулах, техник эдийн засгийн үр

ашгийг тооцож гаргахын тулд эрчмийн алдагдлын тооцоог хийж гүйцэтгэдэг.

Шугам сүлжээний техникийн алдагдлыг зөвхөн тооцооны аргаар л тодорхойлдог. 6,10 кВ-ын сүлжээний хувьд салбарлалт маш ихтэй, нэг фидерт олон дэд станц холбогдсон байдаг. Иймээс элемент бүрийн хэмжилтийг тогтмол хэмжиж авах боломжгүй тул эрчмийн алдагдлын тооцоонд математик статистик ба магадлалын онолын төрөл бүрийн арга, эсвэл эквивалент загварт тулгуурласан эрчмийн алдагдлын тооцооны аргуудыг ашигладаг. Эдгээр алдагдлыг тооцоолох аргачлалууд нь анхдагч мэдээллийг бүрдүүлэх боломжтой практикт хэрэглэхэд боломжтой аргачлал юм.

Салбарын цахилгаан техникийн үзүүлэлтийн судалгаа

Тооцооны өгөгдөл:

Сонгон авсан Сүмбэр фидер нь ААБ-3*70+1*50мм² маркийн хөндлөн огтлолтой 0.41км кабель шугам, АС-50 маркийн дамжуулагч утас бүхий 4.9 км ЦДАШ, 6/0.4кВ 400кВА трансформатор бүхий ТП-2ш, 6/0.4кВ 400кВА трансформатор бүхий КТПН-3ш , 6/0.4кВ 250кВА трансформатор бүхий КТПН-2ш, 6/0.4кВ 160кВА трансформатор бүхий АТП-1ш тус тус холбогдсон. Тооцоог хийхдээ 2018 оны өвлийн их ачааллын хэмжилтийн утга болон Сүмбэр фидерийн хувиарлах сүлжээнүүдийн толгойн хэсгээр дамжуулсан цахилгаан эрчмийг сар бүрээр авч жилийн ачааллын графикийг байгуулан их ачааллын хугацаа (Т_{и6}), их алдагдлын хугацаа болон ачааллын графикийн хэлбэрийн коэффициент (K_ф²)-ийг тодорхойлно. Сүмбэр фидерийн 2018 оны их ачааллын хэмжилтийн утгыг хүснэгт 1-д, 2018 оны сар бүр хувиарлах сүлжээнүүдийн толгойн тоолуураар дамжсан цахилгаан эрчмийн утгыг хүснэгт 2-т үзүүлсэн

Хүснэгт 1

БЗӨБЦТС ТӨХК-ийн Говьсүмбэр салбарын Сүмбэр фидерийн 2018 оны их ачааллын хэмжилтийн дүн

Д/д	Дэд станцын нэр	Фидерийн нэр	ХС	U /В/						I /А/			
				U _{ab}	U _{bc}	U _{ac}	U _{ao}	U _{bo}	U _{co}	А	В	С	О
1	220/110/35/6 кВ Чойр	Янд №11 сүмбэр гаргалгаа	ТП-19	408	407	409	235	236	234.0	110.3	84.5	85.3	18.70
				396	396	399	234	230	226.0	170.8	147.5	193.6	41.80
				396	395	393	231	232	223.0	185.5	132.4	177.3	57.00
				403	403	406	229	237	233.0	181.6	123.6	110.4	58.60
2			ТП-20	417	420	418	232	239	243.0	130.0	86.1	116.8	46.80
				392	398	404	239	229	244.0	271.0	253.0	190.2	100.50
				401	403	405	237	231	238.0	226.0	221.0	185.6	65.30

3	КТПН-22	412	418	413	222	236	247.0	194.2	187.4	154.4	66.10
		441	442	441	255	250	261.0	25.0	61.5	27.7	3.59
		428	432	424	253	244	253.0	80.7	55.2	23.1	2.40
		426	427	423	250	243	247.0	76.3	118.9	51.4	12.60
4	КТПН-24	437	442	441	253	252	257.0	64.4	70.3	35.2	11.20
		427	429	425	251	235	238.0	21.0	75.6	22.6	0.30
		413	411	411	248	238	232.0	54.4	102.1	83.4	72.80
5	КТПН-23	409	405	408	243	235	230.0	82.1	128.7	124.4	15.03
		426	422	426	254	238	244.0	49.9	110.2	62.5	14.40
		404	407	403	231	213	221.0	63.1	43.2	68.7	0.10
6	КТПН-25	388	390	390	220	227	225.0	81.0	47.9	64.3	0.02
		383	387	385	220	223	224.0	115.2	118.0	111.2	0.03
		402	404	405	230	233	235.0	54.4	50.8	48.3	0.09
		422	426	425	244	248	237.0	30.0	12.0	25.0	6.70
7	КТПН-21	402	414	408	236	243	233.0	45.0	40.0	49.0	8.60
		406	409	405	232	242	229.0	49.2	40.1	55.3	10.23
		419	423	420	244	250	239.0	30.4	21.5	35.1	6.80
		427	427	429	241	246	247.0	47.7	39.4	21.7	28.20
		413	414	420	230	245	243.0	143.6	68.1	55.2	57.90
		410	413	412	232	243	241.0	143.2	132.4	72.5	73.80
		423	423	426	238	244	249.0	98.0	91.9	36.5	61.60

Хүснэгт 2

Сар	T, цаг	W, кВт·цаг	P, кВт
1	744	404601	543.8
2	672	330149.7	491.3
3	744	350074.4	470.5
4	720	322026.8	447.3
5	744	279675	375.9
6	720	361952	502.7
Сар	T, цаг	W, кВт·цаг	P, кВт
7	744	271803.8	365.32
8	744	272409.2	366.14
9	720	322611.1	448.07
10	744	381616.5	512.92
11	720	441544.3	613.25
12	744	515092.2	692.3

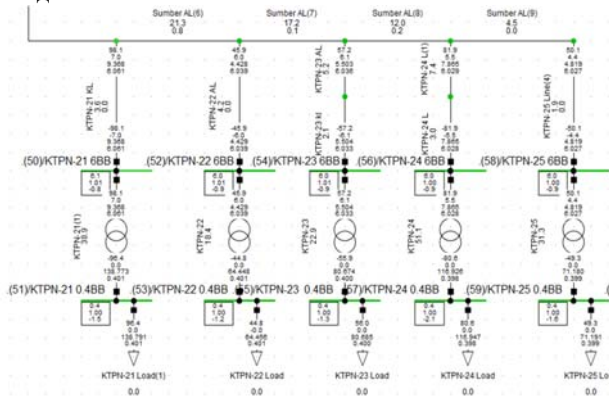
станц бүр дээр cos хэмжээн утга байхгүй тул 6 кВ гаргалгааны дундаж утга болох 0.87 -оор авч тооцлоо.

Хүснэгт 3

Дэд станцуудын ачаалал

№	Нэр	Чадал	Cosφ	S, кВА	P, кВт	Q, кВар
1	ТП-19	400	0.87	92.522	88.45	23.09
2	ТП-20	400	0.87	101.18	95.46	33.48
3	КТПН-22	400	0.87	86.73	79.86	24.41
4	КТПН-23	250	0.87	54.22	51.76	42.46
5	КТПН-24	400	0.87	98.72	89.74	37.44
6	КТПН-25	250	0.87	64.66	59.61	17.23

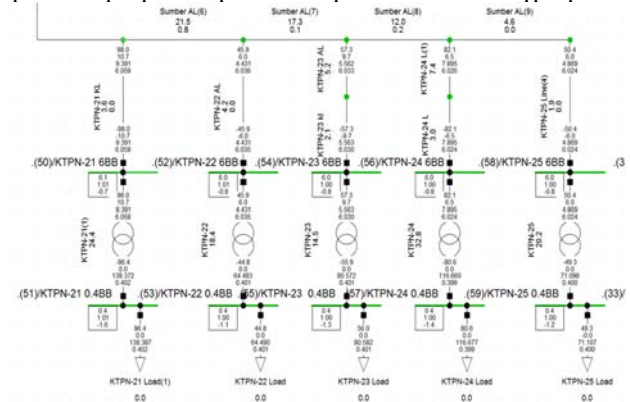
БЗӨБЦС ТӨХК-ийн Говьсүмбэр салбарын Сүмбэр фидерийн хуваарилах сүлжээнүүдийг “power raster” программд оруулж алдагдал тодорхойлсон байдал:



Зураг 1.

Дэд станц бүрийн бүрэн, бодит болон хуурмаг чадлыг тооцоолж хүснэгт 3-д үзүүлээ. 6/0.4 кВ дэд

Сүмбэр фидерийн хуваарилах сүлжээнүүдийн дутуу ачаалагдсан трансформаторуудыг сольж “power raster” программаар бодож гаргасан тооцооны үр дүн.



Зураг 2

Сонгон авсан фидерийн эрчмийн алдагдлыг их ачааллын хэмжилт болон эквивалент загварын аргаар тооцоолж гаргавал дараах үр дүн гарч байна.

Хүснэгт 4

Эрчмийн алдагдал тодорхойлсон үр дүн

Тооцоолсон аргачлал	Эрчмийн алдагдал мян.кВт.цаг				Эрчмийн алдагдал, хувь			
	$\Delta W_{ш}$	$\Delta W_{т.о}$	ΔW_{xx}	ΔW	$\Delta W_{ш}$	$\Delta W_{т.о}$	ΔW_{xx}	ΔW
Эквивалент загварчлалын арга	8102.14	6440.00	62001.44	67779.15	18.42	23.12	89.65	5.139
Их ачааллын хэмжилтээр	9890.14	11065.77	62540.16	67559.44	16.09	31.19	81.79	5.231

Тооцооны үр дүнгээс харахад эрчмийн алдагдлын хэмжээ нь ойролцоогоор 5.13 гарч байна. Фидерийн эрчмийн алдагдлын ихэнхи хувь болох ΔW_{xx} 89.65% нь трансформаторын хоосон явалтын алдагдал болох трансформаторын ган дээрхи алдагдал эзлэж байна. Иймд трансформаторын хоосон явалтын алдагдлыг бууруулах техник зохион байгуулалтын арга хэмжээг авах шаардлагатай байна. Мөн их ачааллын хэмжилтийн үр дүнгээс уг фидерийн дутуу ачаалагдсан трансформаторуудыг ачаалалд нь тохируулж сонгох шаардлагатай нь харагдаж байна.

Эрчмийн алдагдлыг бууруулах арга хэмжээний тооцооллын үр дүн

Манай салбарын хувьд хэрэглэгч цөөнтэй томоохон үйлдвэр, үйлчилгээ байхгүй бөгөөд ачааллын нягтрал багатай тул трансформатор дутуу ачаалах нь элбэг байдаг. Эрчмийн алдагдлыг бууруулах техникийн арга хэмжээний хувьд өртөг багатай үр дүнтэй аргыг нэг бол дутуу болон хэт ачаалагдсан трансформаторыг солих, хэт ачаалагдсан шугамыг солих арга хэмжээ юм.

Трансформаторыг солихдоо ачааллын коэффициентийн дээд, доод хягаарын утгыг ашигладаг. Трансформаторын ачааллын дээд, доод хязгаарын утгыг ойролцоогоор 0.3 ба 1.3 гэж сонгох ба шинээр солих, трансформаторын чадлыг сонгохдоо солигдож буй трансформаторын оронд тавьсны дараа өвлийн их ачааллын коэффициент 0.7-0.8 байхаар сонгодог:

Эрчмийн алдагдлыг бууруулахаар хүчдлийн түвшинг 10 кВ-д шилжүүлэх болон дутуу ачаалагдсан трансформаторуудыг солих зэрэг арга хэмжээг төлөвлөн тооцоолсон болно. Эдгээр аргууд нь шууд авч хэрэгжүүлэх боломжгүй хөрөнгө их шаардах тул уг фидерийн одоогийн байгаа трансформаторуудыг хооронд нь шилжүүлж, солих замаар алдагдал хэрхэн буурч байгааг тооцоолсон болно. Сонгосон фидерийн одоогийн байгаа трансформатор болон солих трансформаторын ачаалалтын коэффициентийг тодорхойлон үзүүлээ.

Хүснэгт 5

Дутуу ачаалагдсан трансформаторуудыг солих төлөвлөлт

№	Дэд станцын нэр	Трансформаторын ачаалал	Хуучин байгаа трансформатор		Шинээр тавих трансформатор		Хооронд нь солих трансформатор	
			Номинал ачаалал $S_{ном}$ кВА	Ачааллын коэф Кач	Номинал ачаалал $S_{ном}$ кВА	Ачааллын коэф Кач	Номинал ачаалал $S_{ном}$ кВА	Ачааллын коэф Кач
1	ТП-19	29.5	400	0.17	250	0.42	160	0.28
2	ТП-20	41.2	400	0.41	250	0.34	250	0.34
3	КТПН-22	14.2	400	0.09	250	0.36	160	0.28
4	КТПН-23	19.9	250	0.25	160	0.28	250	0.25
5	КТПН-24	30.9	400	0.31	250	0.39	400	0.31
6	КТПН-25	13.3	250	0.19	100	0.23	250	0.19

Хүснэгт 6

Дутуу ачаалагдсан трансформаторуудыг сольсон болон хүчдлийн түвшинг 10 кВ-д шилжүүлсэн үеийн эрчмийн алдагдлыг тооцоолсон үр дүн

№	Алдагдал бууруулах арга хэмжээ	Тооцоолсон аргачлал	Эрчмийн алдагдал / кВт.цаг/				Эрчмийн алдагдал, хувиар			
			$\Delta W_{ш}$	$\Delta W_{т.о}$	ΔW_{xx}	ΔW	$\Delta W_{ш}$	$\Delta W_{т.о}$	ΔW_{xx}	ΔW
1	6кВ хүчдэлтэй одоогийн байгаа схемээр	Эквивалент загварчлалын арга	8102.14	6440.00	62001.4	67779.2	18.42	23.12	89.65	5.139
		Их ачааллын хэмжилтээр	9890.14	11065.77	62540.2	67559.4	16.09	31.19	81.79	5.231
	Хүчдэлийн түвшинг 10 кВ болгосон тооцоо	Эквивалент загварчлалын арга	5252.78	6233.5	59001.2	62124.5	12.45	32.03	83.44	5.05
		Их ачааллын хэмжилтээр	7200.12	10058.45	5987.79	626344.5	12.14	29.65	89.12	5.02
3	Трансформаторуудыг ачаалалд нь тохируулж сонгоход 6кВ	Эквивалент загварчлалын арга	7901.02	58705.12	56624.5	61233.5	18.89	42.5	79.45	4.58
		Их ачааллын хэмжилтээр	7986.22	6870.5	53266.8	57656.1	19.64	37.12	80.56	4.36
4	Трансформаторуудыг хооронд нь сольж тавихад	Эквивалент загварчлалын арга	8165.19	51665.12	56624.5	63113.5	18.25	41.4	74.18	4.86
		Их ачааллын хэмжилтээр	8286.22	6565.5	51288.3	55134.1	18.24	39.12	79.26	4.34

ДҮГНЭЛТ

1. Говьсүмбэр аймгийн төвийн 6 кВ сүлжээний 0,11 км кабель шугам, 3,55 км цахилгаан дамжуулах агаарын шугам 6/0.4 кВ бш дэд станц бүхий нэг фидерийн эрчмийн алдагдлыг 2 аргачлалаар тодорхойлсон бөгөөд нийт эрчмийн алдагдал нь ΔW 4.36% байна.

2. Уг фидерийн хувьд хэт ачаалагдсан шугам трансформаторын байхгүй байгаа ба бүх трансформатор нь дутуу ачаалагдаж нийт эрчмийн алдагдлын 60 гаруй хувийг хоосон явалтын алдагдал эзэлж байна.

3. Эрчмийн алдагдлыг бууруулах арга хэмжээний үр дүнд алдагдал нь 0.32-0.68хувиар буурч байгаа ба зардал бага гарах трансформаторуудыг хооронд нь сольж тавьснаар эрчмийн алдагдал 0.28 хувь буюу 8102.14кВт.цаг-аар буурч байна

4. 6,10 кВ-ын шугам сүлжээний эрчмийн алдагдлыг үнэн зөв тодорхойлон алдагдал ихтэй элементүүдийг илрүүлж, алдагдлыг бууруулах техник зохион байгуулалтын арга хэмжээг төлөвлөн ажилласнаар эдийн засгийн үр ашиг тодорхой хэмжээгээр гарах юм

Ашигласан материал

1. Ш.Гантөмөр. “Цахилгаан систем, Цахилгаан шугам сүлжээ”. УБ Мөнхийн үсэг, 2003.-350х.
2. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем”. УБ Соёмбо принтинг, 2014.-1100х.
3. Д.Содномдорж. “Цахилгаан эрчим хүчний хэмнэлт”. УБ Соёмбо принтинг, 2002.-385х.
4. Говьсүмбэр цахилгаан түгээх сүлжээ салбарын 2018 оны өвлийн их ачааллын хэмжилтийн дүн, 2018 оны тоолуурын заалтны журнал.

ЖУУЛЧНЫ БААЗЫН ДУЛААН ХАНГАМЖИД НАРНЫ ЭРЧИМ ХҮЧ АШИГЛАХ СУДАЛГАА

Б.Бат-Амгалан*, О.Бавуудорж*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Шинжлэх ухаан, техник, эрчимтэй хөгжлийн явцад манай гаригийн байгалийн баялагийн хэрэглээ байнга өсч байгаагаас нөөц нь улам бүр шавхагдаж түүнийг ашиглах явцад байгаль орчинд үзүүлэх хортой нөлөө нь хүн төрөлхтөнд аюул занал учруулж байгааг эрдэмтэд нотолсоор байна. Энэ асуудал нь түлш, эрчим хүчний салбарт илүү хурцаар илэрч байна.

Техник технологи хурдтай хөгжиж, бүтээн байгуулалтын өнөө үед дэлхий нийгээрээ “Сэргээгдэх эрчим хүч”-ийг түлхүү хэрэглэхийг зорилго болгон хэрэгжүүлж байна.

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд нарны эрчим хүчийг ашиглан монголын нөхцөлд нарны вакуум коллектор ашиглан барилгын дулаацуулга болон хэрэглээний халуун усыг бэлтгэх явдал юм.

Түлхүүр үг. Энерги, температур, дулаан, , НЦС, коллектор.

Судалгааны арга зүй. Энэхүү судалгаанд математик статистик, хэмжилт туршилт, анализ синтез, харьцуулалтын, таамнал буюу гипотез гэх мэт аргуудыг хэрэглэсэн.

Практик ач холбогдол. Энэхүү судалгааны ажлаар “Жуулчны баазын дулаан хангамжид нарны эрчим хүч ашиглах” нөөц боломжийн талаар судалж байна. Нарны эрчим хүчийг хэрэглээнд түлхүү ашигласан тохиолдолд байгальд ямар нэг сөрөг нөлөөгүй, мөн эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй.

Хүлээгдэж буй үр дүн. Судалгааны ажлаас “Жуулчны бааз” эрчим хүчнийхээ тодорхой хэсгийг СЭХ-ээр хангах, эдийн засгийн хувьд хэдий хэр ашигтай ажиллах боломжтойг хүлээж байна.

I. ОРШИЛ

Хүн төрөлхтөнд олон төрлийн хэрэглээ байдгийн нэг нь зайлшгүй цахилгаан, дулааны хэрэглээ юм. Улс орон хөгжихийн хэрээр цахилгаан, дулааны хэрэглээ улам ихсэж буй орчин үед “Сэргээгдэх эрчим хүч”-ийг ашиглах нь байгаль экологи болоод хүний эрүүл мэндэд, цаашлаад эдийн засгийн хувьд үр ашигтай. Дэлхийн улс орон бүр хүн амынхаа ая тухтай байдлыг хангах зорилгоор эрчим хүчнийхээ системийн ихэнх хэсгийг дулааны цахилгаан станц ашиглан бүрдүүлж байна [1]. Манай орны хувьд ч мөн адил дулааны цахилгаан станцаар эрчим хүчнийхээ хэрэглээг хангаж байгаа хэдий ч ихэнх хүн амаа хямд найдвартай, эрчим хүчээр тасралтгүй хангаж чадахгүй байна [2].

Үүний гол шалтгаан нь нэгдүгээрт манай орны хүн ам тархай бутархай суурьшсан нүүдлийн мал аж ахуй эрхэлдэг хоёрдугаарт эрчим хүчнийхээ хэрэглээг дотоодоо бүрэн хангаж чадахгүй Орос, Хятад улсаас импортлож эрчим хүчнийхээ системд дэмжлэг үзүүлж хэрэглэгчдээ эрчим хүчээр хангаж байна. Манай улсын хувьд дулааныхаа хэрэглээг төвлөрсөн дулаан хангамжийн системээс болон усан халаалтаар, айл өрх нь нам даралтын зуух, цахилгаан халаагуураар орон байраа дулаацуулж байна [3]. Үүний сул тал нь эдийн засгийн хувьд үнэ өртөгтэй, хүний үйл ажиллагаа тасралтгүй шаардах бөгөөд хүний эрүүл мэнд, байгал орчинд сөрөг нөлөөтэй ба хэрэгцээнийхээ халуун усаар бүрэн хангагддаггүй. Хэрэгцээний халуун ус нь хүний өдөр тутмын хэрэглээ юм. Манай улсын хүн амын ихэнх нь хэрэгцээнийхээ халуун усыг өөрсдөө нүүрс шатааж болон цахилгаан бойлоор халааж хэрэглэж байна [4].

Энэхүү байдлыг харгалзан үзээд “Жуулчны баазын” халаалт, хэрэглээний халуун усыг нарны коллектор ашиглан халааж амрагчдын ая тухтай байдлыг хангах зорилготой төсөл юм [5].

$$Q_{\text{х.алд}}^{\text{нийт}} = Q_{\text{алд}}^{\text{цонх}} + Q_{\text{алд}}^{\text{хана}} + Q_{\text{алд}}^{\text{шал}} + Q_{\text{алд}}^{\text{хучилт}} + Q_{\text{алд}}^{\text{хаалга}} = 4,55 + 14,2 + 3,62 + 11,1 + 1,81 = 35,28 \text{ кВт}$$

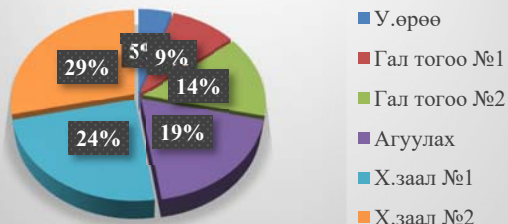
Барилгын зай завсраар алдагдах инфильтрацийн дулааны алдагдал:

$$Q_{\text{инф.алд}} = C_{\rho} * \rho * n * (t_d - t_r) = 0,33 \cdot n \cdot V_0 \cdot (t_d - t_r) = 0,33 \cdot 0,3 \cdot 1422,064 \cdot (20 - (-39)) = 8370,72 \text{ Вт} \approx 8,4 \text{ кВт}$$

Барилгын хаших хийцийн нийт дулааны алдагдал:

$$Q_{\text{бар}} = Q_{\text{х.алд}} + Q_{\text{инф.алд}} = 35,4 + 8,4 = 43,8 \text{ кВт. ц}$$

Өрөөний дулаан алдагдал зүг чиглэл тооцсон кВт



Дулаан алдагдал кВт

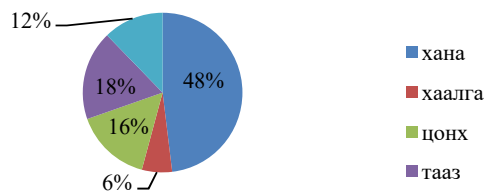


График 4. Барилгын дулааны алдагдлыг харуулсан диаграмм

Хэрэгцээний халуун усны тооцоо

Уг амралтын газрын хэрэгцээний халуун усны тооцоог хийхдээ амрагчдын тооноос үл хамааран хоногт халуун усны газар нь 9 цаг ажиллана гэж үзээд тооцоог хийв. Уг халуун усны газар нь эрэгтэй эмэгтэй 2 дүштэй бөгөөд нэгэн зэрэг ачаалан хоногт 24 хүн үйлчлүүлнэ гэж тооцов.

Хүснэгт 2

Хэрэгцээний халуун усны цагийн дундаж ачаалал

Сар	N	n	a	t _{ха.ус}	t _{ху.ус}	dt	нягт	Сус	Q _{ху} /кДж/	Q _{ху} /ГДж/
1	31	24	60	60	8	52	1	4,187	9719199,36	9,72
2	28	24	60	60	8	52	1	4,187	8778631,68	8,77
3	31	24	60	60	8	52	1	4,187	9719199,36	9,72
4	30	24	60	60	8	52	1	4,187	9405676,8	9,41
5	31	24	60	60	8	52	1	4,187	9719199,36	9,72
6	30	24	60	60	8	52	1	4,187	9405676,8	9,41
7	31	24	60	60	8	52	1	4,187	9719199,36	9,72
8	31	24	60	60	8	52	1	4,187	9719199,36	9,72
9	30	24	60	60	8	52	1	4,187	9405676,8	9,41
10	31	24	60	60	8	52	1	4,187	9719199,36	9,72
11	30	24	60	60	8	52	1	4,187	9405676,8	9,41
12	31	24	60	60	8	52	1	4,187	9719199,36	9,72
жил	365	288	60	60	8	52	1	4,187	1373228813	1373,23

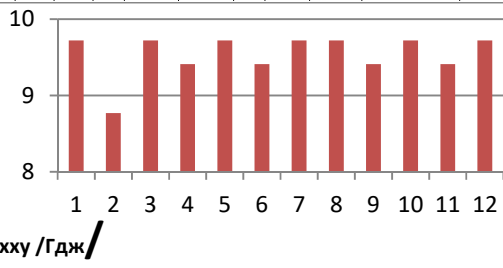


График 5. Хэрэгцээний халуун усны ачаалалын сараас хамаарсан график

Хэвтээ хавтгайд ирэх сарын дундаж нийлбэр цацараг барилгын болон хэрэгцээний халуун усны ачаалал

Сар, ?д?р	хэвтээ гадаргууд туссан нарны нийлбэр цацраг Q _{бар} Вт/м ²	гадна агаарын сарын дундаж температур таг °С	Барилгын дулааны ачаалал Q _{бар} кВт	хэрэгцээний халуун усны ачаалал Q _{ху} кВт	дулааны нийлбэр ачаалал Q _д кВт	дулааны нийлбэр ачаалал Q _д кВт	
1	31	1622	-25,9	24976,7	2699,99	27676,69	27,67
2	28	2602	-22,2	22474,23	2438,70	24912,94	24,91
3	31	3980	-10,9	15943,27	2699,99	18643,27	18,64
4	30	4933	0,4	9412,471011	2312,99702	12025,36803	12,02
5	31	5886	8,5	4731,09	2699,99	7431,08	7,43
6	30	5725	14,8	0	2612,89	2612,89	2,61
7	31	5175	17	0	2699,99	2699,99	2,69
8	31	4927	14,3	0	2699,99	2699,99	2,69
9	30	4141	-7,4	5472,06	2612,89	8085,56	8,08
10	31	2927	-1,7	10626,18	2699,99	13326,17	13,32
11	30	1813	-14,4	17966,11	2612,89	20579,01	20,58
12	31	1313	-23,2	23052,01	2699,99	25752,001	25,75
Нийт							166,44

Жуулчны баазын дулааны ачаалал

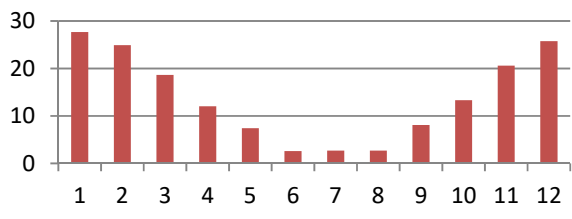
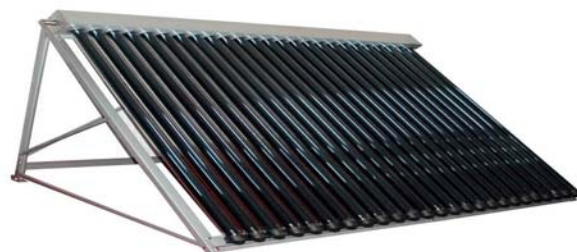


График 6. Жуулчны баазын дулааны ачаалал /сараар/

Нарны коллекторын сонголт, тооцоо



Зураг 2. Нарны вакуум коллектор

Хүснэгт 3.

Нарны вакуум коллекторын техникийн үзүүлэлт

Марк	C01-20
Хоолойн тоо	30
Нийт талбай (м ²)	4.54

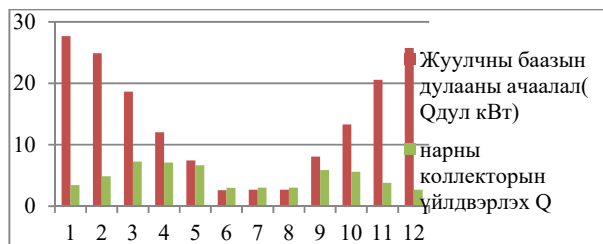
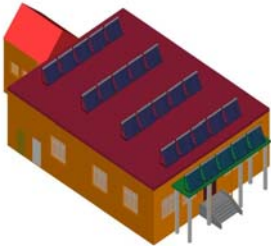
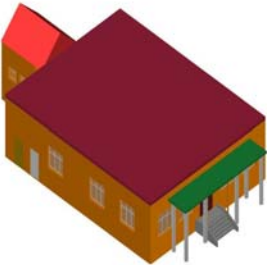


График 7. жуулчны баазын дулааны ачаалал, нарны вакуум коллекторын үйлдвэрлэх дулааны хэмжээ

Нарны вакуум коллекторыг цуваагаар 5 ширхэгийг холбож 5 эгнээ байрлуулна. Уг коллекторыг байрлуулах газар тохиромжгүй бөгөөд сүүдэрлэлт их бөгөөд сүүдэрлэлтгүй газар барилгаас хол байсан учраас уг барилгын дээврийн хэлбэрийг өөрчилж хавтгай дээвэртэй болгон урд талд нь нэмэлт суурь хийн коллекторыг байрлуулна.



Зураг 3. Барилгын дээврийн харагдах байдал



Зураг 4. Барилгын урд талд суурь хийж коллектор суурилуулах байдал

IV. Эдийн засаг, экологийн үнэлгээ

Нарны коллектор суурилуулахтай холбоотой гарах зардлууд:

Цалингийн зардал - 2000000

Угсралт суурилуулалт - 15000000

Эдгээр тооцооноос анхны хөрөнгө оруулалтаа тодорхойбол 53410379 болж байна.

Үдсэн хөрөнгийг олбол:

$$K_{\text{үндсэн}} = 53410379 \cdot 0.8 = 42728303,2$$

Элэгдлийн хувийг олбол:

$$\text{ЭХШ} = \frac{42728303,2}{10} = 4272830,32$$

Эргэн төлөгдөх хугацааг олохдоо:

$$\text{ЭТХ} = \frac{I_0}{CF_i} = \frac{53,41}{3,8 + 4,3}$$

= 6,6 жилд анхны хөрөнгө оруулалтаа нөхнө.

Экологийн үнэлгээ:

Ердийн зуухаар галлаж байх үеийн түлшний хэрэглээ:

Нүүрсний уурхайн байрлал: Төв аймаг

Уурхайн нэр: Налайх

Илчлэг(Дулаан гаргах доод чадвар): 14.65МДж/кг

Дэгдэмхий бодис: 42.5%

Нүүрстөрөгч: 63.3%

Хүчилтөрөгч: 27.3%

Устөрөгч: 5.42%

Халаалтын улиралд (9 - 5 сар) дулааны хэрэглээг тодорхойлохдоо барилгын хувийн дулааны үзүүлэлтүүдийг ашиглаж тодорхойлно:

$$\beta = 0,54 + \frac{22}{t_d - t_r} = 0,54 + \frac{22}{(20 - (-39))} = 0,913$$

$$q_{x.t} = \frac{Q_{\text{нийт}}}{V_r \cdot (t_d - t_r) \cdot \beta} = \frac{43800}{1433,064 \cdot (20 - (-39)) \cdot 0,913} = 0,567$$

Хоногт шаардагдах дулааны хэмжээ:

$$\begin{aligned} Q_{\text{хоног}} &= 24 \cdot Q_{\text{нийт}} = 24 \cdot q_{x.t} \cdot U_r \cdot (t_d - t_r) \\ &= 24 \cdot 0,567 \cdot 1433,064 \\ &\cdot (20 - (-39)) = 1150566,96 \text{Вт} \\ &\approx 4142,041 \text{МДж} \end{aligned}$$

Түлшний хэмжээ:

$$V_{\text{хоног}} = \frac{Q_{\text{хоног}}}{Q_H^p \cdot \eta_{\text{зуух}}} = \frac{4142,041}{14,4 \cdot 0,7} = 410,916$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{сар}} &= 720 \cdot Q_{\text{нийт}} = 720 \cdot q_{x.t} \cdot U_r \cdot (t_d - (-t_r)) \\ &= 720 \cdot 0,567 \cdot 1433,064 \\ &\cdot (20 - (-39)) = 124261,121 \text{МДж} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{сар}} &= \frac{Q_{\text{сар}}}{Q_H^p \cdot \eta_{\text{зуух}}} = \frac{124261,121}{14,4 \cdot 0,7} = 12317,5 \text{кг} \\ &\approx 12,33 \text{тн} \end{aligned}$$

Халаалтын улиралд:

$$\begin{aligned} Q_{\text{халаалт}} &= n_o \cdot Q_{\text{нийт}} = n_o \cdot q_{x.t} \cdot V_r \cdot (t_d - t_r) \\ &= 5760 \cdot 43800 = 252288 \text{кВт} \\ &\approx 908236,8 \text{МДж} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{халаалт}} &= \frac{Q_{\text{халаалт}}}{Q_H^p \cdot \eta_{\text{зуух}}} = \frac{908236,8}{14,4 \cdot 0,7} = 90102,85 \text{кг} \\ &\approx 90,1 \text{тн} \end{aligned}$$

Халаалтын улиралд буюу дулаацуулгад уг барилга нь 90,1тн нүүрсийг хэрэглэнэ. 1тн нүүрс 80000 төгрөг гэж үзвэл 7208000 төгрөгний нүүрс хэрэглэнэ гэсэн үг. Түлшний шаталтаас үүсэх хүлэмжийн хийн ялгарлын хэмжээ 1ГДж дулаан гаргаж авахад онолын хувьд шаардагдах түлшний зарцуулалт:

$$b = \frac{10^6}{Q_H^p} = \frac{10^6}{14,65 \cdot 10^3} = 68,25 \text{кг/ГДж}$$

Q_H^p – Түлшний дулаан гарах доод чадвар [кДж/кг]

1ГДж дулаан гаргах түлшинд агуулагдах нүүрстөрөгчийн массын хэмжээ:

$$m_c = b \cdot C^p = 68,25 \cdot 0,63 = 43 \frac{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{ГДж}}$$

C_p – 1кг нүүрсэнд агуулагдах C-ийн хэмжээ.

1 кг түлшний шаталтаас үүсэх CO₂-ийн хэмжээ:

$$\begin{aligned} e_{\text{co}} &= Q_H^p \cdot m_c \cdot C_e \cdot \frac{44}{12} = 14,65 \cdot 10^{-3} \cdot 43 \cdot 0,99 \cdot \frac{44}{12} \\ &= 2,28 \text{кг} \end{aligned}$$

1 кг түлш шаталтаас үүсэх CO₂-ийн хэмжээ 2.28 кг бол 90,1 тн нүүрсийн шаталтаас үүсэх CO₂-ийн хэмжээ 254,082 тн болж байна. Европын холбооны улсаас 1 тн

нүүрсхүчлийн хийн хэмжээнээс 8-10 евро авдагийг тооцож үзвэл 3819360,624 төгрөгийн орлого олно.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү супалгааны ажлаар “Жуулчны баазын” дулаан хангамжид нарны эрчим хүч ашиглах судалгаа хийлээ. Уг жуулчны бааз нь Төв аймгийн Эрдэнэ сумын нутагт байрладаг ба Улаанбаатар хотоос 50 км зайтай байрладаг.

Тооцоог хийхдээ математик статистикийн арга ашиглан барилгын дулаан алдагдлыг хэрэгцээний халуун устай нь хамт тооцсон. Тооцооны үндсэн дээр коллекторын талбайг сонгосон. Коллекторыг суурилуулах газрыг сонгоход газар нь сүүдэрлэлт ихтэй байсан тул сүүдэрлэлтгүй газар сонгосон. Сүүдэрлэлтгүй газар нь барилгаас зайтай байсан тул дулааны алдагдал их байна гэж үзээд байшингийн дээврийн хэлбэрийг өөрчөлнө гэж тооцсон.

Уг барилгын дээвэр дээр коллектор хоорондын сүүдэрлэлтийг тооцоход хоорондоо 6,5 метр зайтайгаар 5 ширхэгийг цуваа холбосон 4 эгнээ коллектор багтаж байсан бөгөөд барилгын урд талд нь тусгай суурь хийн 1 эгнээ 5 ширхэг коллекторыг суурилуулахаар болсон. Уг 2,62м² ашигтай талбайтай 25 ширхэг нарны вакуум коллектороор тус жуулчны баазын дулааны 33,85 хувийг хангаж байна.

Дараа нь нарны халаалтын системийн туслах тоног төхөөрөмжийн тооцоог хийн сонголтыг хийсэн. Үүний дараагаар эдийн засгийн тооцоо болон хүлэмжийн хийн тооцоог хийсэн. Уг жуулчны бааз нь нүүрсээр эрчим хүчнийхээ хэрэглээг хангавал 254,082 тн нүүрсхүчлийн хийг агаар мандалд цацаж байна. Уг

төсөл нь 10 жилийн ашиглалтын хугацаатай гэж үзвэл, анхны хөрөнгө оруулалт нь 53,41 сая бөгөөд 6,6 жилийн дараа анхны хөрөнгө оруулалтаа нөхөөд үлдсэн 4,4 жилд цэвэр ашиг олно.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Д.Цэрэндулам “Нарны эрчим хүчний ашиглалт” УБ 2012.
2. С.Батмөнх “Монголын нөхцөлд нарны энергийг дулаанд хувиргах технологийн онол, практикийн үндэс” 2014.
3. Ө. Мөнхбаатар. “ Нарны эрчим хүчний нөөц ба судалгаа” УБ 2012.
4. Д.Алтанцэцэг, Ш.Даваахүү, Б.Цэцэгмаа, Ч.Улам-Оргил, Ё.Мөнхтунгалаг, Ц.Энхтуул “Дипломын төслийн эдийн засгийн тооцоо хийх аргачлал” УБ.
5. Эрчим хүчний яамны мэдээ, УБ хот 2013.
6. “Сэргээгдэх эрчим хүчний лабораторийг нарны эрчим хүчээр халаах төхөөрөмж зохион бүтээж туршсан дүн” Г.Одонсүрэн УБ 2015 он.
7. “Байгаль орчин, эрчим хүч, технологи” Б.Намхайням, Н.Цолмон УБ 2014 он.
8. “Сэх-р ажиллах бага оврын хөргүүр” Ч.Мангалжав, Х.Энхжаргал УБ 2207 он.
9. Хөдөө орон нутагт сэргээгдэх эрчим хүчийг ашиглах олон улсын семинар. “салхин ус өргүүрийн хийцийг зохион бүтээх, боловсруулах”. Илтгэл. 1994. Улаанбаатар.
10. Сэргээгдэх эрчим хүчний хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бага хурал. “СУ-3Б /Начин/ салхин ус өргүүрийн сэнсний аэродинамикийн тооцоо” 1998, Улаанбаатар хот.

МОНГОЛ ОРНЫ ЦАГ АГААРЫН НӨХЦӨЛД ӨНДӨР ХҮЧДЭЛИЙН ШУГАМ, ДЭД СТАНЦУУДЫН АЯНГА ХАМГААЛАЛТЫН ТООЦООНЫ ҮЗҮҮЛЭЛТИЙГ СОНГОХ ОНЦЛОГ

Н.Золбоо*, Т.Чүлтэмжамц*, Ц. Эрдэнэтуяа*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Агаарын асар хол зайнд (1км хүртэл) явагдах хийн ниргэлэгийн хэлбэрийг шугаман аянга гэж ойлгох ба энэ үед үүл-газар хооронд үүсэх аянгын суваг, түүгээр гүйх гүйдэл, гүйдлийн хувирах хууль, өсөлтийн хурд нь тухайн газар нутгийн географийн байршил, цаг агаарын онцлог нөхцлөөс ихээхэн хамаарна. Аянгын ниргэлэгийн үед үүсэх хэт хүчдэл, аянгийн сувагаар гүйх гүйдэл нь олон сая вольт, хэдэн мянган ампераар хэмжигдэх тул өндөр хүчдлийн шугам дэд станцуудын тоноглолыг аянгын хэт хүчдэл болон хэт гүйдлээс хамгаалах аянга хамгаалалтын зохистой систем шаардлагатай болдог.

Аянга хамгаалалтын арга хэмжээг хэрхэн яаж тооцоолж гүйцэтгэх нь тухайн газар орны аянгын үзүүлэлтүүдээс ихээхэн хамаарах тул Монгол орны нутаг дэвсгэр дээр буух аянгын үзүүлэлтүүдийн судалгаа, тэдгээрийн магадлалын тоон утгуудын харьцааг нарийвчлан судлах зайлшгүй шаардлагатай болдог. Манай орны нөхцөлд аянгын төлөв байдлын судалгаа нь Монгол орны хот, аймаг, сум суурин газруудад байрлах 50 гаруй тооны цаг уурын ажиглалтын станц, харуулууд өөр өөрсдийн ажиглалт

мэдрэмжээрээ тэмдэглэж тухайн нутаг аянгын төлөв байдал ажиглагдаж эхэлсэн болон мөн дууссан цаг минутыг өдөр өдрөөр нь тэмдэглэж үлдээх зарчмаар ажиглалт хийгдэж ирсэн ба энэ материалуудыг үндэслэн ус, цаг уурын хүрээлэнгээс Монгол орны нутаг дэвсгэр дээрх аянгын идвэхжилийн картыг жилд харгалзах аянгатай цагийн тоогоор нь бүсчлэн гаргасан байдаг нь аянга хамгаалалтын тооцооны зөвхөн нэг үзүүлэлт болох юм. Гэтэл аянга хамгаалалтын нарийвчлалсан тооцоонд үүнээс илүү цахилгааны олон тооны үзүүлэлтүүд шаардлагатай болдгийг аянга хамгаалалтын олон улсын норм, дүрэмд заасан байна.

Монгол оронд хийгдсэн цаг агаарын ажиглалтын материалууд, олон улсын аянга хамгаалалтын хорооны судлаачид, эрдэмтэдийн үнэлэлт, дүгнэлтүүд мөн Монгол орны ус, цаг уурын онцлог, далайн түвшний өндөрлөг байдлуудыг тусган манай орны нөхцөлд барилга байгууламж болон өндөр хүчдлийн шугам, дэд станцуудын аянга хамгаалалтын тооцооны үндсэн үзүүлэлтүүдийг хэрхэн сонгох талаар энэхүү өгүүлэлд тайлбарлан үзүүлэв.

Түлхүүр үг. Шугаман аянга, аянгын суваг, аянгын гүйдэл, гүйдлийн эгцрэл, тэдгээрийн магадлал, жилд харгалзах аянгатай өдөр ба цагийн тоо, аянгын идвэхжилийн бүсчлэл, нэгж талбайд буух аянгын нэргэлгийн тоо, аянга хамгаалалт, аянгын хэт хүчдэл, импульсийн (аянгын) цахилгаан даац.

Аянгын ниргэлэг үүсэх зарчим, түүний үндсэн үзүүлэлтүүд

Аянгын үүл үүсэх шалтгааныг дулааны гаралтай, халуун, хүйтэн агаарын сөрөг урсгалын гаралтай гэсэн хоёр хэсэгт хуваана.

Дулааны гаралтай аянгын үүл үүсэх зарчим нь өглөө нар мандахад газрын гадаргуу халж, усны молекулууд ууршиж, халуун агаарын урсгал дээшээ хөөрнө.

Газрын гадаргуугаас дээш ойролцоогоор 2 км өндөрт агаарын температур хасах утгатай болох тул усны уурын молекулууд конденсацад орж, усны жижиг дусал, мананцаруудыг бий болгоно. Үүссэн усны дусал, мананцарууд нь цэнэглэгдэж аянгын үүлийг үүсгэнэ. Дулааны гаралтай аянга нь зуны улиралд ихэвчлэн үдээс хойш үүсч, бий болдог онцлогтой.

Харин сөрөг урсгалын гаралтай аянгын үүл үүсэх нь газар нутгийн онцлог байрлалаас болж халуун ба хүйтэн агаарын сөрөг урсгалуудын уулзвар дээр хүнд жинтэй хүйтэн агаар нь газрын гадаргуу руу шахагдаж, хөнгөн жинтэй халуун агаар нь дээшээ хөөрч агаар мандалд хуйлрал үүсгэх зарчим дээр үндэслэгдэнэ.

Дээшээ хуйларч, хөөгдсөн халуун агаарын усны молекулууд дээшээ хөөрч, хасах температурын мужид очмогц конденсацад орж усны дусал, мананцарууд болон хувирч борооны үүлийг үүсгэнэ. Үүлэн доторх усны дуслууд цахилгаан цэнэгээр цэнэглэгдсэний улмаас аянга буух нөхцөл бүрдэнэ. Агаарын сөрөг урсгалтай холбоотой аянгын үүл нь 100-150 км/цаг хүртэл хурдтайгаар нүүх ба нэлээд их хэмжээний талбай, газар нутгийг хамран, хоногийн туршид жигд магадлалтайгаар үүсдэг онцлогтой.

Үүлэн доторх жижиг мананцарууд нь дулаан агаарын урсгалын улмаас эхний үед дээшээ хөөрөх ба зарим жижиг дуслууд хоорондоо нийлж томорсоны улмаас үүлний доод хэсэгт томоохон дуслууд нь хуримтлагдаж улмаар бороо орох нөхцөл бүрдэнэ.

Цаг уурын станцуудын ажиглалтаас үзвэл Монгол орны нутаг дэвсгэрт дулааны гаралтай аянга давамгайлж, ихэвчлэн үдээс хойш 13-14 цагийн үеэс эхлэн аянга буух нь элбэг тохиолддог байна.

Үүл цэнэглэгдсэний улмаас цахилгаан статик индукцийн хуулиар үүлэн доорх газрын гадаргуу дээр эерэг цэнэгийн хуримтлал бий болж агаарт цахилгалт болох нөхцөл бүрдэнэ.

Ингэж үүл цахилгаанжсаны улмаас үүл-газар хооронд хэдэн арван сая вольтийн хүчдэл үүсч, аянгын ниргэлэг болж, шугаман аянга бууна.

Аянгын сувгийн урт нь хэдэн зуун метрээс хэд хэдэн километр хүртэл урт байх ба аянгын гүйдэл нь гол сувгаас гадна тал бүрт салбарласан олон тооны салаа мөчрүүдтэй байна.

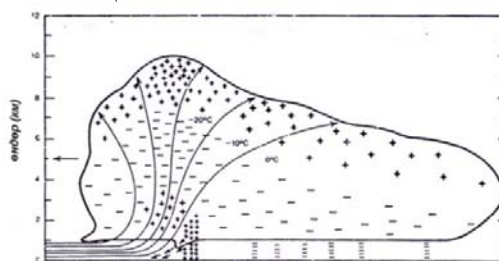
Нэг үүлэн дотор хэд хэдэн цэнэгийн төвүүд байдаг тул эхний **гол ниргэлэг** явагдсаны дараа үүлэн доторх

түүний ойролцоох цэнэгийн төвүүдээс **дагавар ниргэлэгүүд** мөн явагддаг байна.

Аянгын үүл доторхи агаарын урсгал ба цэнэгүүдийн тархалт, температурын өөрчлөлтүүдийн загварыг Зураг 1-д үзүүлэв.

Үүлний доод хэсэгт ихэвчлэн сөрөг цэнэгтэй мананцарууд байрлах тул үүл-газар хооронд буух аянгын ихэнх хэсэг (80-90%) нь сөрөг тэмдэгтэй байна.

Үүлний доторх агаарын урсгал цахилгаан тусгаарлах шинж чанартай тул нэг үүлний дотор эерэг, сөрөг цэнэгүүдтэй хэд хэдэн цэнэгийн төвүүд зэрэгцэн орших бололцоотой.



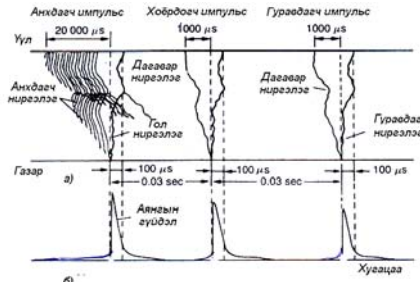
Зураг 1. Аянгын үүл доторх цэнэгүүдийн тархалт

Үүлний дээд хэсэгт байрласан эерэг цэнэгүүд нь доод хэсэгт байрлах сөрөг цэнэгүүдийн төвийн цахилгаан орны хүчлэгийг дэмжиж, түүнийг ихэсгэн ниргэлэг явагдахад таатай нөхцөлийг бүрдүүлнэ.

Аянгын ниргэлэг нь маш хол зайд явагдаж байгаа хийн цахилгалт учраас шат, шатаар урагшлан хөдлөх **залуур** (лидер)-ын хэсэгтэйгээр ниргэлэг явагддаг онцлогтой. Аянга ниргэхийн өмнө хамгийн их цэнэгийн нягтралтай, цахилгаан орны хүчлэг ихтэй цэнэгийн төвөөс газар руу чиглэсэн **аянгын суваг** үүснэ. Энэхүү аянгын суваг нь анхдагч цахилгалтынхаа үед **нэргэлэгийн залуур** ба **тууз** гэсэн хоёр хэсэгтэй байна. Залуур нь сувгийн эхэнд байрлаж дундажаар 50 м орчим урттай байх ба түүний араас ниргэлэгийн тууз дагалдан явна.

Ниргэлэгийн залуур дотор ионжилт маш хүчтэй явагдах бөгөөд нэгж эзлэхүүнд харгалзах чөлөөт цэнэгүүдийн нягт нь 10^{18} ион/см³ байна. Харин ниргэлэгийн туузан доторх цэнэгүүдийн нягт нь түүнээс мэдэгдэхүйц бага 10^{12} ион/см³ байдаг.

Анхдагч ниргэлэгийн үед цахилгалтын залуур нь 30-80 мксек-ийн зайтайгаар шат шатаар урагшлан харваж, $5 \cdot 10^9$ см/сек-ийн хурдтайгаар хөдөлнө. Түүний араас цахилгалтын тууз дагалдан уртсаж, цэнэгийг залуур руу дамжуулна.



Зураг 2. Шугаман аянгын хугацааны үе шатууд а. Ниргэлэгийн суваг, үе шат, гэрэлтэлт; б. Аянгын гүйдлийн зураглалууд

Залуурын хөдөлгөөний чиглэл нь аянга хаашаа буухыг шийдвэрлэж, сувгийг залах үүргийг гүйцэтгэж байгаа тул түүнийг аянгын залуур гэж нэрлэдэг.

Анхдагч ниргэлэг болсоны дараа түүний үүсгэсэн ионжсон сувгаар үүлний доторх ойролцоох цэнэгүүдийн төвөөс дахин ниргэлэг явагдах ба энэ ниргэлэгийг дагавар ниргэлэг гэж нэрлэнэ. Дагавар ниргэлэгийн үед залуурын хэсэг гэж байдаггүй онцлогтой.

Зураг 2-т үүл-газар хооронд аянгын ниргэлэг явагдах үе шатуудын зураглал, мөн тухайн үе шатны үед гүйх аянгын гүйдлийн осциллограммуудыг харьцуулан үзүүлэв. Үүлэн дотор аль нэг цэнэгийн төв орчимд цахилгаан орны хүчлэг 25-30 кВ/см хэмжээнд хүрэхэд тэр цэгт ионжилт болж, газар руу чиглэсэн цахилгалтын суваг үүсч эхэлнэ. Үүлнээс газар руу чиглэсэн ниргэлэгийн хэд хэдэн туузууд мөчир, салаа гарган үүсдэг ба эдгээрээс цахилгаан орны хүчлэг хамгийн ихтэй нэг суваг нь газартай холбогдож анхны нэвт дамжуулах сувгийг үүсгэнэ.

Ниргэлэгийн залуур-туузлалт нь газарт нилээд ойртмогц залуурын үзүүр дээр гэнэт хүчтэй ионжилт явагдаж, гол ниргэлэгийн суваг эхлэн үүснэ.

Гэнэт хүчтэй ионжсон ниргэлэгийн гол суваг нь үүлнийхээ цэнэгийн төв рүү өндөр хурдтайгаар буцаж харвана. Ийм маягаар ниргэлэгийн гол суваг үүсэх хурд нь гэрлийн хурдын тэн хагас орчимтой тэнцүү байна. Энэ үед хурц гэрэл гарч, аянгын ниргэлэгийн хүчтэй дуу чимээ эргэн тойронд тархана.

АЯНГЫН ГҮЙДЛИЙН ҮНДСЭН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД, ТЭДГЭЭРИЙН МАГАДЛАЛ

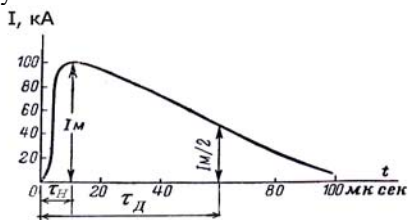
Судалгаанаас үзвэл газрын гадаргууд аянга ниргэх үед үүл-газар хооронд 100 сая вольт орчим хүчдэл бий болж, агаарын 500-10000 метр хол зайнд цахилгалт явагдах бөгөөд аянгын бүх ниргэлэгийн дөнгөж 10 орчим хувь нь үүл-газар хооронд үүсдэг байна.

Аянга ниргэх үед маш богино хугацаанд, дундажаар $20 \cdot 10^7$ Ватт-сек буюу 55 кВт-цаг орчим хэмжээний энерги ялгарч, аянгын гол сувгийн температур 15000-20000°C хүртэл хална.

Өндөр, нам хүчдлийн цахилгаан тоноглол, барилга байгууламжуудад үүсэх аянгын хэт хүчдэл, аюул ослын тооцоонд аянгын гүйдлийн хэмжээ, түүний хувиран өөрчлөгдөх хурд гэсэн хоёр үзүүлэлтийг голчлон хэрэглэнэ.

Зураг 2-д заасанчлан аянгын гүйдлийн осциллограмм үл хэлбэлзэх шинж чанартай байх ба гүйдэл нь эхлээд огцом өсч байснаа тодорхой хэмжээний I_M -гэсэн оргил утганд хүрээд цаашид алгуурхан буусан хэлбэртэй байна.

Аянгын гүйдлийн үндсэн үзүүлэлтүүдийг тайлбарлахын тулд Зураг 3-д аянгын гүйдлийн нэг удаагийн осциллограммыг үзүүлж, түүний гол үзүүлэлтүүдийг хэрхэн тодорхойлдог болохыг харуулав.



Зураг 3. 100 кА-ийн далайц утгатай аянгын гүйдлийн долгионы хэлбэр дүрс, үндсэн үзүүлэлтүүд. τ_H - нүүрний урт (мксек), τ_D - долгионы урт (мксек)

Аянгын гүйдлийн үндсэн үзүүлэлтүүдийг жагсаавал:

- Гүйдлийн туйл. Бүх аянгын 75% орчим нь сөрөг туйлтай байна.

- Гүйдлийн хамгийн их оргил утга: I_M (кА). Хэлбэлзэх хязгаар $I_M=0.5 \div 250$ кА.

- Гүйдлийн долгионы нүүрний урт: τ_H (мксек). Хэлбэлзэх хязгаар $\tau_H=5 \div 10$ мксек.

- Гүйдлийн долгионы урт: τ_D (мксек). Хэлбэлзэх хязгаар $\tau_D=10 \div 100$ мксек.

Зурагт зааснаар долгионы урт гэдэгт аянгын гүйдэл тэг утгатай байх үеээс $I_M/2$ гэсэн оргил утгынхаа хагас хэмжээнд хүртэл буурах агшин хүртэлх хугацааг хамааруулж үзнэ.

- Аянгын гүйдлийн өсөх хурд $-dI/dt$ (кА/мксек)

Энэ нь гүйдэл хэр зэрэг хурдтайгаар огцом эгц өсч, оргил утгадаа хүрч байгааг харуулах учир энэ хэмжигдэхүүнийг цаашид аянгын гүйдлийн эгцрэл гэж нэрлэн дараах илэрхийллээр тодорхойлно:

$a=I_M/\tau_H$ - Аянгын гүйдлийн эгцрэл (кА/мкс).

Хэлбэлзэх хязгаар: $a=0,5 \div 50$ кА/мкс.

- Нэг ниргэлэгийн үед бий болох импульсийн тоо. Хэлбэлзэх хязгаар: $2 \div 20$ удаа.

- Ниргэлэгийн нийт үргэлжлэх хугацаа: $t=0.2 \div 0.6$ секунд.

Зарим үед $t=1.55$ сек хүртэл удаан хугацаагаар үргэлжлэх тохиолдол ч ажиглагдана.

- Дагалдах ниргэлэг хоорондын хугацаа: $t_{HX}=7 \div 150$ мкс.

- Ниргэлэгийн нийт цэнэгийн хэмжээ: $Q=1.3 \div 140$ Кл.

Аянгын үзэгдэл нь үүл үүсэх, цахилгаанжихаасаа эхлээд аянга ниргэж дуусах хүртлээ олон тооны хүчин зүйлээс хамаарсан санамсаргүй үзэгдэл учраас аянгын гүйдлийн үзүүлэлтүүд нь тодорхой хязгаарын дотор мөн санамсаргүйгээр хэлбэлзэнэ. Иймд аянгын гүйдлийн үзүүлэлтүүдийг түүний магадлалаар тодорхойлох нь тооцоонд ашиглахад илүү тохиромжтой болдог.

Дээрх олон үзүүлэлтүүдээс практик тооцоонд хамгийн өргөн хэрэглэгддэг нь гүйдлийн оргил утга I_M (кА), гүйдлийн эгцрэл a (кА/мкс) хоёр юм.

Аянгын ниргэлэгийн бүх үзүүлэлтүүд, түүний дотор аянгын гүйдлийн хэмжээ, гүйдлийн эгцрэлийн утга нь тухайн газар орны газар зүйн байрлал, цаг агаарын нөхцөл, далайн түвшнээс дээш өргөгдсөн байдал зэрэг олон хүчин зүйлээс хамаарч санамсаргүйгээр хэлбэлздэг онцлогтой. Иймд тэдгээрийн тоон үзүүлэлтүүд нь чухам ямар хэмжээтэй байхыг зөвхөн түүний магадлалын утгаар нь тооцоолох бололцоотой юм.

Зураг 4-т аянгын гүйдлийн утга тодорхой нэг I (кА) гэсэн утгатай тэнцүү буюу их байх магадлалыг янз бүрийн судлаачид, норм, заавруудад тэмдэглэгдсэн байдлаар харьцуулан харуулав.

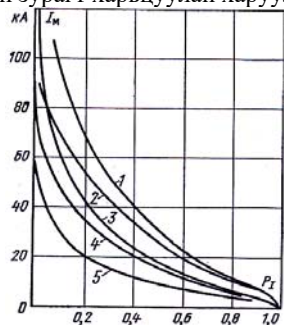
Судалгаанаас үзвэл аянгын гүйдлийн утга $I_M=300$ кА-аас дээш байх магадлал нь практикийн хувьд $P \approx 0$ гэж үзэж болох юм.

Магадлалын утгууд нь газар нутгийн байрлал, далайн түвшнээс дээш хэр өндөрт өргөгдсөн зэргээс хүчтэй хамаарна.

Аянгын гүйдлийн магадлал P нь тухайн газар орны далайн түвшнээс дээшхи өндөрлөг H_0 (м)-өөс хамаарч

хэрхэн өөрчлөгдөхийг харуулсан судалгааны материалыг зураг 5-д харуулав.

Үүнтэй адилаар аянгын гүйдлийн эгцрэл а (кА/мксек)-ийн утга тодорхой нэг заасан утгатай тэнцүү буюу түүнээс их байх магадлал P_a -ийн графикийг зураг 6-д үзүүлж, энэхүү магадлал нь далайн түвшнээс дээшхи өндөрлөгөөс хэрхэн хамаардгийг мөн зурагт харьцуулан харуулав.



Зураг 4. Аянгын гүйдлийн магадлалын график.

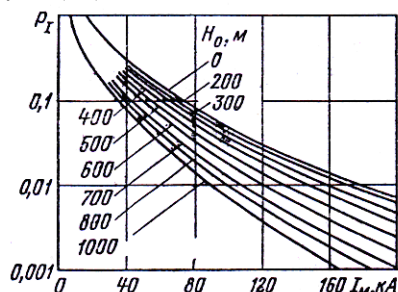
P_I - Аянгын гүйдлийн хэмжээ тухайн утгатай тэнцүү буюу их байх магадлал, 1- Польшийн эрдэмтдийн судалгаагаар, 2- Америкийн эрдэмтдийн судалгаагаар,

3- ОХУ-д мөрдөгдөж байгаа нормоор, 4- АНУ-д мөрдөгдөж байгаа заавраар (AIEE), 5- Америкийн сансарын хүрээлэнгийн судалгаагаар;

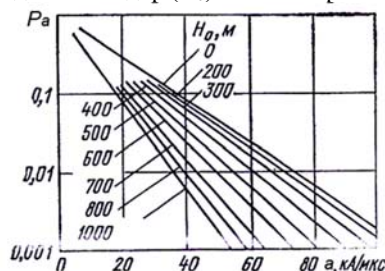
ОХУ-д мөрддөг аянга хамгаалалтын зааварт зааснаар аянгын гүйдлийн магадлал P_I -г дараах экспоненциаль илэрхийллээр тодорхойлно.

$$P_I = e^{-I_m/26} = 10^{-I_m/60} \quad (1)$$

энд: P_I - Аянгын гүйдэл тухайн I_m гэсэн утгатай тэнцүү буюу түүнээс их байх магадлал, I_m - Аянгын гүйдлийн тооцооны утга (кА).



Зураг 5. Аянгын гүйдлийн магадлалын хэмжээ далайн түвшнээс дээшхи өндөр (H_0)-өөс хамаарах байдал



Зураг 6. Аянгын гүйдлийн эгцрэлийн магадлалын утга далайн түвшнээс дээшхи өндөр (H_0)-өөс хамаарах байдал

Газар нутаг далайн түвшнээс 700 м-ээс дээш өндөрт өргөгдсөн тохиолдолд аянгын гүйдлийн магадлал хоёр дахин багасдаг тул Монгол орны ихэнх

нутаг дэвсгэрт дараах илэрхийллээр аянгын гүйдлийн магадлалыг тодорхойлж болно.

$$P_I = e^{-I_m/13} = 10^{-I_m/30} \quad (2)$$

Аянгын гүйдлийн тооцооны утгыг инженерийн ихэнх тооцоонд $I_m=100$ кА гэж авах бөгөөд аянгын гүйдэл үүнээс их байх магадлал нь $P_{100 \text{ кА}}=0,021$ болно.

Мөн ОХУ-д мөрдөгдөж байгаа зааварын дагуу аянгын гүйдлийн эгцрэлийн магадлалыг дараах илэрхийллээр тодорхойлно.

$$P_a = e^{-I_m/15,7} = 10^{-I_m/36} \quad (3)$$

энд: P_a - Аянгын гүйдлийн эгцрэл а (кА/мксек) утгатай тэнцүү ба түүнээс их байх магадлал, а - Аянгын гүйдлийн эгцрэлийн тооцооны утга (кА/мксек).

Газар нутаг далайн түвшнээс 700 м-ээс дээш байрласан байх тохиолдолд гүйдлийн эгцрэлийн магадлалыг ердийн газар нутгийнхаас мөн 2 дахин багасгаж доорх илэрхийллээр тооцоолно.

$$P_a = e^{-I_m/7,85} = 10^{-I_m/18} \quad (4)$$

Энэ нь Монгол орны нөхцөлд илүү тохирох илэрхийлэл болох юм.

Эрдэмтэдийн судалгаанаас үзвэл аянгын гүйдлийн хэмжээ I_m , түүний эгцрэл а хоёр нь хоорондоо маш сул холбоотой учраас тэдгээрийн хооронд корреляцийн холбоо байхгүй гэж тооцоолно.

Энэ үед аянгын гүйдэл I_m утгатай, гүйдлийн эгцрэл а утгатай тус бүр тэнцүү буюу тэдгээрээс их байх нийт магадлалыг монгол орны нөхцөлд дараах илэрхийллээр тооцоолох боломжтой болно.

$$P_{I,a} = 10^{-I_m/30} + 10^{-a/18} \quad (5)$$

ГАЗАР НУТГИЙН АЯНГЫН ИДЭВХЖИЛИЙН БҮСЧЛЭЛИЙГ ТОГТООЖ АЯНГЫН НИРГЭЛЭГИЙН ТООГ ТОДОРХОЙЛОХ

Газар нутгийн байрлал, цаг агаарын нөхцөл байдал, салхины урсгалын онцлог зэргээс хамааран нутаг дэвсгэр бүрийн аянгын идэвхжил харилцан адилгүй байдаг. Ойролцоо зэргэлдээ аймаг, сумдад гэхэд л зарим газар нь аянга харьцангуй их буудгийг бид мэднэ.

Ийм газар нутгуудад аянгын судалгааг явуулж, аянгын идэвхжил өндөртэй газруудыг бүсчлэн тогтоох нь аянга хамгаалалтын практикт чухал ач холбогдолтой юм.

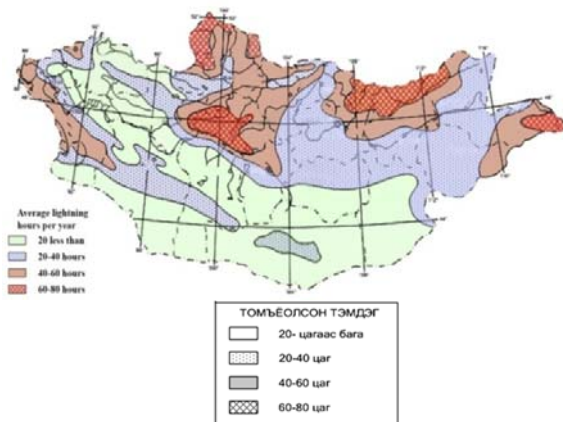
Аянгын идэвхжилийг дараах үзүүлэлтүүдээр илэрхийлж болно. Үүнд:

- Жилд харгалзах аянгатай өдрийн тоо ($n_{a.o}$)
- Жилд харгалзах аянгатай цагийн тоо ($n_{a.u}$)
- Газрын гадаргуугийн нэгж талбай (1 км^2)-д жилд буух аянгын ниргэлэгийн тоо ($n_{a.n}$)

Монгол орны газар нутаг дээр байрлах цаг уурын станцуудын олон жилийн ажиглалтаар тухайн нутаг дэвсгэр дээрх жилд аянгатай байсан өдрийн тоо, аянгын төлөв байдал үргэлжилсэн цагийн тоог гаргасан судалгаа байх ба үүнийг үндэслэн Монгол орны нутаг дэвсгэр дээрх аянгын идэвхжилийн бүсчлэлийг тогтоосон зураглалыг ус цаг уурын хүрээлэнгээс гаргасныг зураг 7-д илүү тодруулан харуулав..

Жилд аянгатай байх өдрийн тооноос жилд аянгатай байх цагийн тоо нь илүү бодитой үзүүлэлт болох учраас аянгын идэвхжиллийн бүсчлэлийг жилд аянгатай байх цагийн тоогоор тогтоох нь зүйтэй.

Манай орны ихэнх нутаг дэвсгэрт аянгатай нэг өдөрт аянгын төлөв байдал үргэлжлэх нийт нийлбэр хугацаа дундажаар 1,5-2,0 цаг орчим байдаг нь олон жилийн ажиглалт судалгаанаас харагддаг.



Зураг 7. Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн аянгын идэвхжиллийн бүсчилэл (жилд аянгатай байх цагийн тоогоор)

ОХУ-ын зарим нутаг дэвсгэр жилд аянгатай байх цагийн тоо нь 100 цагаас өндөр идэвхжилтийн бүсүүд байх ба дэлхийн зарим улс орнуудад үүнээс ч өндөр идэвхжилтэй газар нутгууд байдаг байна. Тухайлбал жилд аянгатай байх өдрийн тоогоор гэхэд л Вьетнамд 100, Бразилд 130, Африкийн дунд хэсэг болон өмнөт Мексикт 150, Ява аралд дундажаар 200 өдөр хүртэл өндөр идэвхжилттэй байдаг жишээтэй.

Зураг 7-д үзүүлснээр Монгол Улсын нутаг дэвсгэрийг аянгын идэвхжилээр дөрвөн бүсэд хуваана:

1. Аянгын идэвхжил султай бүсүүд. Энэ бүсүүдэд жилд аянгатай байх цагийн тоо нь 20 цагаас бага байх ба энд ихэвчлэн говийн бүсүүд багтана.
2. Дунд зэргийн идэвхжилтэй бүсүүд. Энэ бүсүүдэд жилд аянгатай байх цагийн тоо нь 20-40 цаг байна. Энд төв хэсгийн ихэнх бүсүүд, Сүхбаатар, Дорнот аймгийн нутгууд үндсэндээ хамрагдах ба мөн Говь-Алтай, Баянхонгор, Завхан, Увс, Ховдын зарим нутгууд энэ хэсэгт бас багтана.
3. Аянгын идэвхжил ихтэй бүсүүд. Энэ бүсүүдэд жилд байх аянгатай цагийн тоо нь 40-60 цаг байна. Архангай, Хөвсгөл, Булган, Төв, Хэнтий, Дорнот, Баян-Өлгий аймгуудын зурагт заасан нутгууд энэ бүст багтана.
4. Аянгын идэвхжил нэн ихтэй бүсүүд. Энэ бүс нутгуудад жилд харгалзах аянгатай цагийн тоо нь 60-80 цаг байна. Монгол орны аянгын идэвхжилт хамгийн ихтэй энэ бүсэд Архангай, Хөвсгөл, Хэнтий, Дорнот аймгуудын зурагт заасан зарим нутаг дэвсгэрүүд багтаж байна. Энэ бүсүүдийн хувьд аянга хамгаалалтын асуудлыг онцгойлон чухалчилж үзэх хэрэгтэй болно.

Аянга хамгаалалтын тооцоонд гол үзүүлэлт болдог газрын гадаргуугийн нэгж талбай (1 км²)-д буух аянгын ниргэлэгийн судалгаа нь Монгол улсад хараахан хийгдээгүй боловч гадаад орнууд, хөрш зэргэлдээ орнуудад хийгдсэн судалгааны

материалуудаас энэ үзүүлэлтийн утгуудыг адилтган авч болох юм.

ОХУ-д хийгдсэн судалгаанаас үзвэл жилд 100 цаг аянгатай байх үед нэг километр хавтгай дөрвөлжин нутаг дэвсгэрт жилд дундажаар 6,7 удаа аянга буух тооцоо гарсан байдаг.

Иймд ОХУ-д мөрдөгдөж байгаа аянга хамгаалалтын зааварт нэг цагийн аянгатай үед нэгж талбайд 0.067 удаа аянга буухаар бодож тооцоог хийдэг.

Польшийн эрдэмтэн З.Флисовскийн судалгаагаар газрын гадаргуугийн нэгж талбайд жилд буух аянгын ниргэлэгийн тоо $n_{a,n}$ нь аянгатай байх өдрийнхээ тоо ($n_{a,\theta}$)-той дараах математик холбоотой болохыг тогтоосон байна.

$$n_{a,n} = C \cdot n_{a,\theta}^b$$

Энэ илэрхийлэлд өргөн C ба b тогтмол коэффициентуудын тоон утгуудыг зарим улс орнуудад бичвэл:

$$\text{АНУ-ийн нутаг дэвсгэрт: } C=0,036; b=1,3$$

$$\text{ОХУ-ын нутаг дэвсгэрт: } C=0,15; b=1,0$$

$$\text{Өмнөт Африкт: } C=0,15; b=0,88$$

тус тус байх жишээтэй.

Зарим судлаачдын үзэж байгаагаар C коэффициент нь тухайн газар нутгийн газар зүйн өргөрөг (δ)-өөс дараах байдлаар хамаардагийг бодож гаргасан байна:

$$C = (0,1 + 0,35 \cdot \sin \delta) \cdot (0,5 \pm 0,2)$$

Энд: δ -газар зүйн өргөрөгийн хэмжээ, (градусаар).

Монгол орон газар зүйн өргөрөгийн $\delta=42^\circ$ (урд хязгаар)-аас $\delta=52^\circ$ (хойт хязгаар)-ийн хооронд орших тул:

$$\delta=42^\circ \text{ үед } C=0,156$$

$$\delta=52^\circ \text{ үед } C=0,176$$

Дундаж өргөрөг $\delta=47^\circ$ үед $C=0,167$ тус тус гарна.

Эдгээрийг дундажлан тогтмол коэффициент $b \approx 0,89$ гэж авбал Монгол орны нөхцөлд ашиглаж болох дараах илэрхийллүүд гарна:

$$n_{a,n} = 0,167 \cdot n_{a,\theta}^{0,89} \quad (6)$$

$$n_{a,n} = 0,116 \cdot n_{a,\theta}^0 \quad (7)$$

энд: $n_{a,n}$ - Монгол орны нөхцөлд газрын гадаргуугийн нэгж талбай (1 км²)-д жилд буух аянгын ниргэлэгийн тоо, $n_{a,\theta}$ - тухайн дэвсгэр нутаг дээрхи жилийн аянгатай өдрийн тоо, $n_{a,n}$ - Тухайн дэвсгэр нутаг дээрхи жилд аянгатай байх цагийн тоо.

Газрын гадаргуугийн нэгж талбайд жилд буух аянгын ниргэлэгийн энэхүү тооны тусламжтайгаар тодорхой барилга байгууламж, объектуудад жилд хэдэн удаа аянга буухыг дараах маягаар тооцоолно.

Олон улсын практикт эхлээд 100 цаг аянгатай байх газар нутагт цахилгаан дамжуулах шугам бол 100 км урттай байхад тооцоог хийх ба дараа нь жинхэнэ бодит утгуудад нь шилжүүлэх болно.

а) Жилд 100 цаг аянгатай байх нутаг дэвсгэр дээр байрлаж байгаа А гэсэн урттай, В гэсэн өргөнтэй, h гэсэн өндөртэй объект (жишээлбэл: цахилгааны дэд станц)-д жилд буух аянгын тоо:

$$N^{\circ}_{\text{Аянга}} = n^{\circ}_{a,n} \cdot (A+7h) \cdot (B+7h) \cdot 10^{-6} \quad (8)$$

энд: $N^{\circ}_{\text{Аянга}}$ - тухайн объектод жилд буух аянгын тоо, А;В;h- объектын урт, өргөн, өндөр, (м); $n^{\circ}_{a,n}$ - дээр заасан 100 цаг аянгатай байх газар нутагт харгалзах нэгж талбайд буух аянгын ниргэлэгийн тоо,

Хэрэв объект нь $n_{a,u}$ -тооны аянгатай цаг бүхий газар нутагт байрлаж байвал түүнд жилд буух аянгын тоог дараах маягаар тооцоолно:

$$N_{\text{Аянга}} = N^{\circ}_{\text{Аянга}} \cdot n_{a,u} / 100 \quad (9)$$

б) Мөн жилд 100 цаг аянгатай байх газар нутгаар дайран өнгөрч байгаа 100 км урттай агаарын цахилгаан дамжуулах шугаманд жилд буух аянгын тоо:

$$N^{\circ}_{\text{Аянга}} = n^{\circ}_{a,n} \cdot 100 \cdot 6 \cdot h_{\text{оунд}} \cdot 10^{-3} \approx 4 h_{\text{оунд}} \quad (10)$$

энд: $h_{\text{оунд}}$ - хамгийн дээд утасны дундаж өндөр, (м). Үүнийг $h_{\text{оунд}} = h_{\text{ут,тул}} - 2/3 \cdot f_{\text{унж}}$ гэж тодорхойлно. $h_{\text{ут,тул}}$ - утасны тулгуур дээр бэхлэгдсэн өндөр(м), $f_{\text{унж}}$ - утасны унжилтын хэмжээ (м), $n^{\circ}_{a,n}$ - 100 цаг аянгатай байх газар нутагт харгалзах нэгж талбайд буух аянгын ниргэлэгийн тоо.

Хэрэв дурын $n_{a,u}$ гэсэн жилд аянгатай байх цаг бүхий газар нутгаар, тодорхой $L_{ш}$ (км) урт бүхий агаарын шугам дайран өнгөрч байгаа бол тухайн шугаманд жилд буух аянгын бодит тоо нь

$$N_{\text{Аянга}} = N^{\circ}_{\text{Аянга}} \cdot L_{ш} / 100 \cdot n_{a,u} / 100 \quad (11)$$

байх болно.

ДҮГНЭЛТ

1. Монгол улсын нутаг дэвсгэр дээрхи аянга хамгаалалтын тооцоонд аянгын бүсчлэлийн зураг 7-д үзүүлсэн картыг ашиглах.

2. Аянгын хэт хүчдэл болон аянга хамгаалалтын найдваржилтын тооцоонд Монгол улсын цаг уур, далайн түвшиний өндөрлөгийг нь харгалзан үзэж

аянгын үзүүлэлтүүдийн магадлалын илэрхийллүүдийг томъёо (2), (4), (5)-д зааснаар авч тооцож байх нь зүйтэй юм.

3. Тодорхой хэмжээс, өндөртэй барилга байгууламж болон агаарын цахилгаан дамжуулах шугаманд жилд буух аянгын тоо хэмжээг (8), (9), (10), (11) илэрхийллүүдийг ашиглан тооцоолох хэрэгтэй.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. БНМАУ-ын уур амьсгалын лавлах I, II боть. Редактор Р. Мижиддорж УБ. 1984 он.
2. З. Цэрэндорж, Ц. Эрдэнэтөгс “Аянга хамгаалалт, газардуулга” сурах бичиг. Улаанбаатар 2018 он.
3. Z. Flisowski Analiza zagrozenia piorunowego obiektow budowlanych Prace naukowe, Elektryka. z. 63 Warszawa. 1980.
4. А.А. Ализаде и др. Исследование крутизны и амплитуды тока прямых ударов молнии на линиях электропередачи. Электричество №7. 1968.
5. Руководящие указания по защите от атмосферных перенапряжения линии электропередачи 3 ÷ 750 кВ. Москва 2000 г.
6. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций, Москва 2004 г.
7. Standard IEEE Std 998-1996.
8. JAPAN Standard. JISA 4201

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТОДА НЬЮТОНА-РАФСОНА ДЛЯ РАСЧЁТА УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Г.Мөнхтуул*, Ш.Гантөмөр*

*Монгольский Государственный Университет Науки и Технологии, Энергетический Институт

Абстракт. Основное назначение энергосистемы состоит в том, чтобы поставлять активную и реактивную электроэнергию потребителю по всей сети надежным и экономичным способом на постоянной основе и при уровне напряжения и частоте, которые находятся в пределах указанного предела.

Проблема установившегося режима большой и сложной ЭЭС с математической точки зрения сводится к решению систем нелинейных алгебраических уравнений высокого порядка и представляет серьезный интерес также в современной прикладной математике.

Ключевые слова. Метод Ньютона-Рафсона, установившейся режим.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В качестве математической модели установившегося режима электрической сети можно использовать системы нелинейных комплексных уравнений узловых напряжений (УУН), число которых равно числу узлов сети n .

Система УУН записывается на основе первого закона Кирхгофа, путем приравнивания нулю суммы токов (или мощностей), входящих в узел. В комплексной форме эти уравнения имеют вид:

$$\dot{U}_i \dot{Y}_{ii} - \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} \dot{Y}_{ij} \dot{U}_j = \dot{I}_i, \quad i = 1 \dots n, \quad (1.1)$$

где n - число узлов электрической сети, кроме баланссирующего. Для определенности, здесь и в дальнейшем будем считать, что баланссирующий узел - последний по нумерации; \dot{Y}_{ij} - при $i \neq j$ - комплексная проводимость связи, инцидентной узлам i и j .

В вещественной форме эти уравнения имеют вид

$$\begin{cases} W_a^i = g_{ii} U_{ai} + b_{ii} U_{ri} - \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} (g_{ij} U_{aj} + b_{ij} U_{rj}) - I_{ai} = 0 \\ W_r^i = -b_{ii} U_{ai} + g_{ii} U_{ri} - \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} (-b_{ij} U_{aj} + g_{ij} U_{rj}) - I_{ri} = 0 \end{cases}, \quad i = 1 \dots n. \quad (1.2)$$

В расчетах установившегося режима сетей 110-220 кВ можно учитывать проводимости на землю ветвей и проводимости шунтов в узлах на землю. Поэтому собственная проводимость i -го узла \dot{Y}_{ii} может быть определена из выражения:

$$g_{ii} = \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} g_{ij} + g_i^{oio}, \quad b_{ii} = \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} b_{ij} + b_i^{oio}.$$

Если подставить $\hat{I}_i = \frac{\hat{S}_i}{\hat{U}_i}$ в (1.1)

$$\hat{U}_i \hat{Y}_{ii} - \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} \hat{Y}_{ij} \hat{U}_j - \frac{\hat{S}_i}{\hat{U}_i} = 0, i = 1 \dots n, (1.3)$$

и разделив на вещественные и мнимые части, можно записать:

$$\begin{cases} W_a^i = g_{ii} U_{ai} + b_{ii} U_{ri} - \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} (g_{ij} U_{aj} + b_{ij} U_{rj}) - \frac{P_i U_{ai} + Q_i U_{ri}}{U_{ai}^2 + U_{ri}^2} = 0 \\ W_r^i = b_{ii} U_{ai} - g_{ii} U_{ri} - \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} (b_{ij} U_{aj} - g_{ij} U_{rj}) - \frac{Q_i U_{ai} - P_i U_{ri}}{U_{ai}^2 + U_{ri}^2} = 0 \end{cases}, i = 1 \dots n, (1.4)$$

где \hat{U}_i - сопряженный комплекс напряжения узла i ;

\hat{S}_i - комплексная мощность нагрузки i -го узла;

$\frac{P_i U_{ai} + Q_i U_{ri}}{U_{ai}^2 + U_{ri}^2}$, $\frac{Q_i U_{ai} - P_i U_{ri}}{U_{ai}^2 + U_{ri}^2}$ соответственно вещественная и мнимая части тока.

Наряду с (1.4) широкое применение нашли УУН в форме баланса мощностей, которое можно получить, если уравнение (1.3) умножив на сопряженный комплекс напряжения:

$$\hat{U}_i \hat{Y}_{ii} \hat{U}_i - \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} \hat{U}_i \hat{Y}_{ij} \hat{U}_j - \hat{S}_i = 0, i = 1 \dots n. (1.5)$$

Подставив выражения $\dot{Y} = g - jb$, $\dot{U} = U_a + jU_r$, $\dot{S}_i = P_i + jQ_i$ в (1.5) и разделить по правилу комплексных уравнений на вещественные и мнимые части, то получим модель баланса мощностей в прямоугольной системе координат:

$$\begin{cases} W_{Pi} = g_{ii}(U_{ai}^2 + U_{ri}^2) + U_{ai} \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} (g_{ij} U_{aj} + b_{ij} U_{rj}) - \\ - U_{ri} \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} (b_{ij} U_{aj} - g_{ij} U_{rj}) - P_i = 0 \\ W_{Qi} = b_{ii}(U_{ai}^2 + U_{ri}^2) + U_{ai} \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} (b_{ij} U_{aj} - g_{ij} U_{rj}) + \\ + U_{ri} \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} (g_{ij} U_{aj} + b_{ij} U_{rj}) - Q_i = 0 \\ W_i^U = U_{ai}^2 + U_{ri}^2 - U_i^2 = 0 \end{cases}, i = 1 \dots n (1.6)$$

Если подставить выражения $\dot{U} = U(\cos \delta + j \sin \delta)$, $\dot{Y} = Y(\sin \alpha - j \cos \alpha)$ в (1.5) и разделить на вещественные и мнимые части, тогда получим модель баланса в полярной системе координат:

$$\begin{cases} W_{Pi} = U_i^2 y_{ii} \sin \alpha_{ii} + \\ + U_i \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} U_j \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) - P_i = 0 \\ W_{Qi} = -U_i^2 y_{ii} \cos \alpha_{ii} + \\ + U_i \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} U_j \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) - Q_i = 0 \end{cases}, i = 1 \dots n, (1.7)$$

где $\alpha_{ij} = 90^\circ - \psi_{ij}$, $\dot{Y}_{ij} = Y_{ij} e^{-j\psi_{ij}}$.

Системы уравнений (1.4), (1.6), (1.7), описывающих установившийся режим электрической сети, нелинейны и поэтому может быть решены только итерационными методами [1-5].

II. МЕТОД НЬЮТОНА РЕШЕНИЯ СИСТЕМ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

Этот метод обладает гораздо более быстрой сходимостью, чем метод простой итерации. В основе метода Ньютона для системы уравнений (1.1) лежит использование разложения функций

$$W_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0, \text{ где } i = 1, 2, \dots, n (2.1)$$

в ряд Тейлора, причём члены, содержащие вторые и более высокие порядки производных, отбрасываются. Такой подход позволяет решение одной нелинейной системы (1.1) заменить решением ряда линейных систем [6-10].

Итак, систему (1.2) будем решать методом Ньютона. (2.1) разложим в ряд Тейлора в окрестности точки $X^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$. Будем иметь

$$W(X) = W(X^{(p)}) + J(X^{(p)})(X - X^{(p)}) = 0 (2.2)$$

$$\text{Якоб матриц } J(X^{(p)}) = \left[\frac{\partial W(X^{(p)})}{\partial X} \right]$$

Т.к. левые части (2.2) должны обращаться в ноль согласно (1.1), то и правые части (2.2) тоже должны обращаться в ноль. Поэтому из (2.2) имеем

$$\begin{aligned} \frac{\partial W_i}{\partial x_1} \Delta x_1^0 + \dots + \frac{\partial W_i}{\partial x_n} \Delta x_n^0 &= \\ = -W_i(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0), i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} (2.3)$$

Здесь:

$$\begin{aligned} \Delta x_i^0 &= x_i - x_i^0, i = 1, 2, \dots, n. \\ \Delta X^{(p)} &= (X - X^{(p)}) - X^{(0)} \end{aligned} (2.4)$$

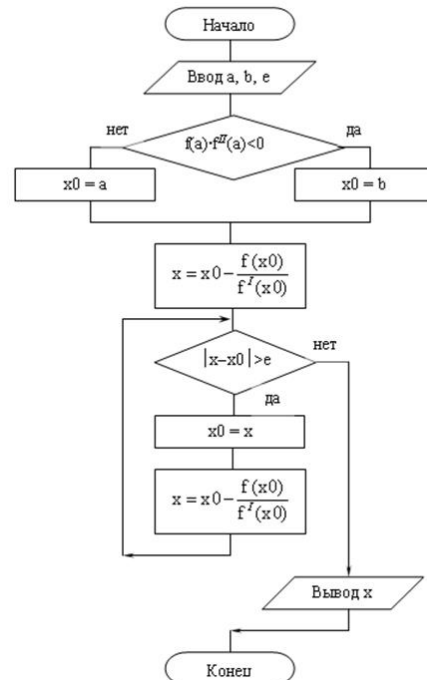


Рис 2.1. Блок схем

Все частные производные в (2.3) должны быть вычислены в точке $X^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$.

(2.3) есть система линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных $\Delta X^{(p)}$

$\Delta x_i^0 = x_i - x_i^0, i=1,2,\dots,n$. Эту систему можно решить методом Гаусса, если её основной определитель будет отличен от нуля и найти величины $\Delta x_i^0 = x_i - x_i^0, i=1,2,\dots,n$.

Теперь можно уточнить нулевое приближение $X^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$, построив первое приближение с координатами

$$x_1^1 = x_1^0 + \Delta x_1^0, x_2^1 = x_2^0 + \Delta x_2^0, \dots, x_n^1 = x_n^0 + \Delta x_n^0, (2.5)$$

т.е. $X^1 = (x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1)$.

Выясним, получено ли приближение (2.6) с достаточной степенью точности. Для этого проверим условие:

$$\max |\Delta x_i^0| \leq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, n$$

где ε наперёд заданное малое положительное число (точность, с которой должна быть решена система (1.4)). Расчетный алгоритм показан на рис. 2.1

III. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА

В расчёте рассмотрели режим максимальной нагрузки 110 кВ-ой энергетической системы Алтай-Улиастай. Расчёт было сделано с помощью программы “Торим-5”, предназначенный для расчёта комплексной электрической системы. Результат, полученный в результате использования вышеуказанной методики и математической модели

рассмотрено в рис 3.1. В этой системе всего 17 узлов, имеется 1 балансировочный узел и 17 ветвей. Сначала нужно найти все необходимые параметры схемы замещения энергетической системы Алтай-Улиастай и построить матрицу (Рис 3.5). Балансировочным узлом является 110 кВ шина подстанции Мурун. Так как объём расчёта велика, указано только результаты напряжения расчёта методом Ньютона (Рис.3.4). Результаты некоторых узлов показано на рисунке (Рис. 3.5).

III. ВЫВОД

1. Современная электроэнергетическая система рассматривается как непрерывно развивающаяся большая и сложная система, состоящая из взаимосвязанных и взаимоправляемых подсистем и занимающая огромное пространство. Поэтому в (2.6) современной прикладной науке проблема расчёта установившегося режима ЭЭС была и остаётся актуальной. Одним из решающих моментов при рассмотрении проблемы определения установившегося режима ЭЭС является обеспечение инженерной наглядности для восприятия физических процессов, происходящих как в данном объединении, так и в отдельных его звеньях.

2. При расчёте установившегося режима Ньютона-Рафсона является эффективной техникой вычисления нелинейных алгебраических уравнений, он действительно является практическим методом решения установившегося режима крупных электрических сетей. Единственным недостатком является большая потребность в компьютерной памяти, которая может быть преодолена с помощью компактной схемы хранения.

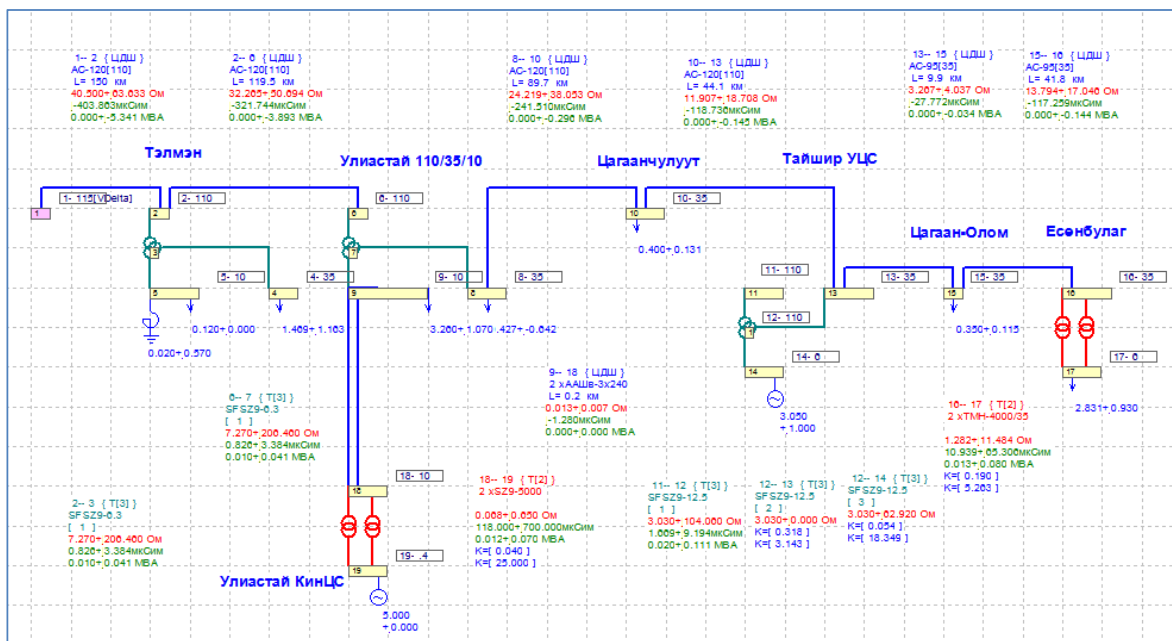


Рис 3.1. Объект исследования и анализ исходных данных (АУЭХС)

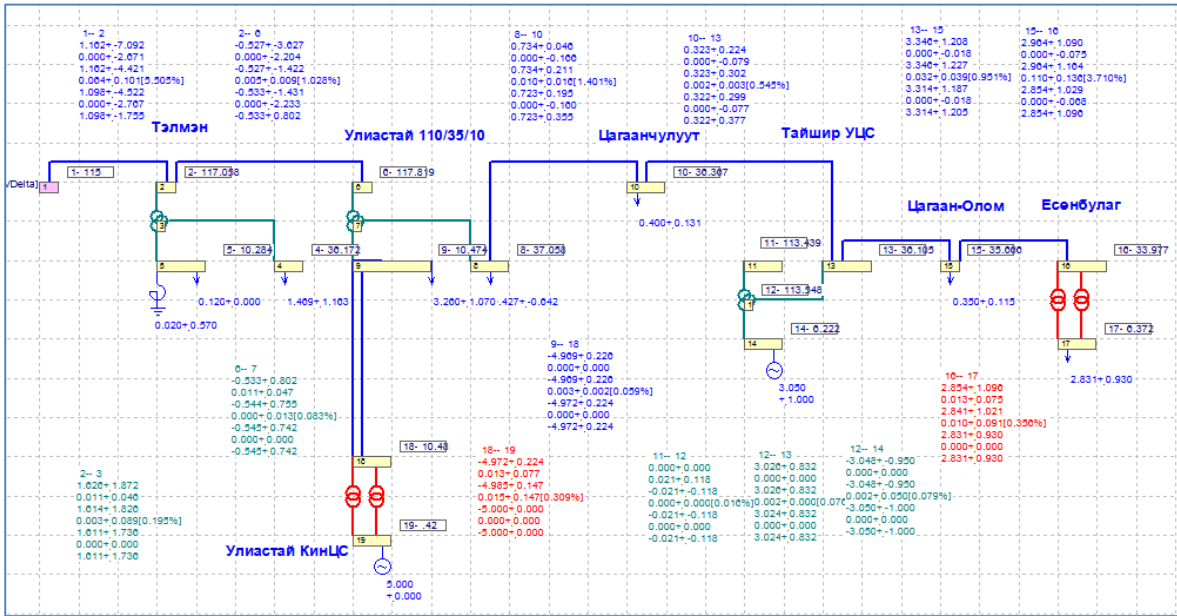


Рис 3.2. Результаты сходимости расчета нелинейных моделей (P, Q, S, U)

Итерации	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
000.	115.000	110.000	110.000	35.000	10.000	110.000	110.000	35.000	10.000	35.000
001.	115.000	119.062	115.703	36.786	10.458	120.909	123.180	39.178	11.088	40.522
002.	115.000	117.303	113.941	36.227	10.299	118.259	117.633	37.411	10.576	37.149
003.	115.000	117.051	113.680	36.144	10.275	117.820	116.586	37.075	10.479	36.396
004.	115.000	117.037	113.666	36.139	10.274	117.795	116.526	37.055	10.474	36.351
005.	115.000	117.037	113.666	36.139	10.274	117.795	116.526	37.055	10.474	36.351
000.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
001.	0.000	-2.816	-5.721	-1.796	-0.531	-3.436	-1.882	0.000	0.000	0.000
002.	0.000	-2.260	-4.926	-1.543	-0.456	-2.483	-1.250	-0.648	0.014	-2.158
003.	0.000	-2.203	-4.874	-1.526	-0.451	-2.383	-1.345	-0.440	0.053	-1.050
004.	0.000	-2.200	-4.871	-1.525	-0.451	-2.378	-1.352	-0.442	0.052	-1.049
005.	0.000	-2.200	-4.871	-1.525	-0.451	-2.378	-1.352	-0.442	0.052	-1.049

Рис 3.3. Результаты сходимости расчета нелинейных моделей (U₁-U₁₀)

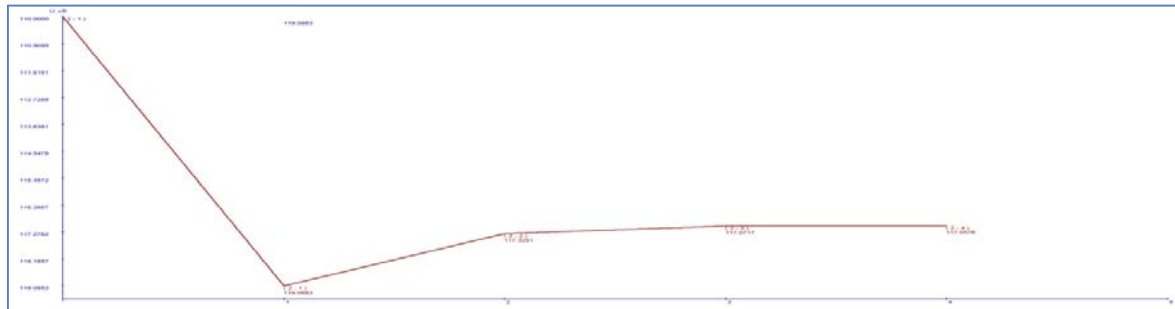


Рис 3.4.110 кВ-U₂

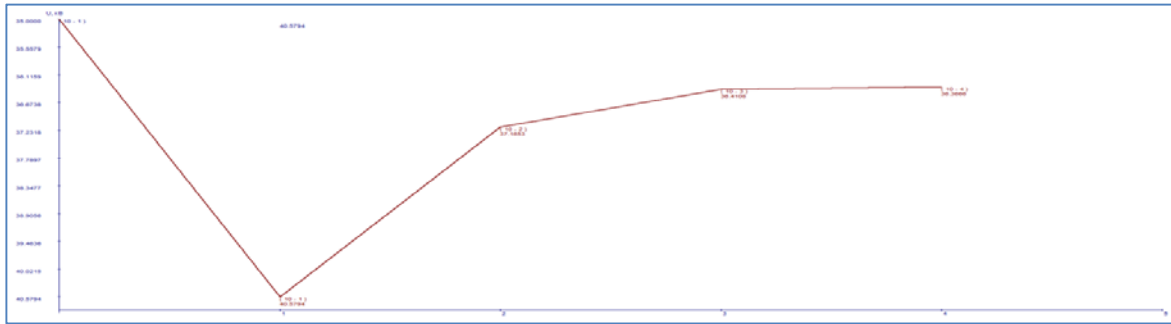


Рис 3.5.35 кВ-U₁₀

Итераци	Nmax	Wmax	P_&_Q	Якобын_матриц
000.	002	10.500	Q	6.158E+09 x10xx(0)
001.	002	10.500	Q	6.158E+09 x10xx(20)
002.	017	3.124	Q	6.988E+11 x10xx(20)
003.	017	0.359	Q	5.766E+10 x10xx(20)
004.	017	0.016	Q	3.181E+10 x10xx(20)
005.	017	0.000	Q	3.181E+10 x10xx(20)

Рис 3.6. Результаты сходимости (W(x), ΔJ)

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов В.И. “Методы минимизации Ньютоновского типа для установившихся режимов электроэнергетических систем”, –Новосибирск: Наука, 2001. 167 с.
2. Д.Содномдорж. “Цахилгаан системийн горим: Математик арга ба загвар”, –УБ.: МУТИС–ийн хэвлэл, 1999, –291 х.
3. Д.Содномдорж, Ш.Гантөмөр “Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны чадлын балансын загварыг ашиглах алгоритм, программ хангамж”. //”Цахилгаан дамжуулах, түгээх сүлжээний горимыг оновчлох% эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх” сэдэвт эрдэм шинжилгээний хурлын эмхтгэл. -УБ хот, 2004, 97-115 х.
4. Идельчик В.И., Крумм Л.А., Тарасов В.И. “Экспериментальное исследование неоднозначности решения уравнений установившего режима” //Вопросы применения математических методов при управлении режимами и развитием электрических систем. – Иркутск, 1971. –С. 27–46.
5. Тарасов В.И. “Ускорение сходимости метода по параметру при расчетах установившихся режимов электрических систем”. // Вопросы применения математических методов при управлении режимами и развитием электрических систем. – Иркутск, 1972. –С. 19–29.
6. Кулешов А.И., Прахин Б.Я. Расчет и анализ установившихся режимов электроэнергетических систем на персональных компьютерах: учеб. пособие/Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2001. – 171 с.
7. Чадов С.Н. Некоторые вопросы численного моделирования динамических систем /ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2010. – 120 с.
8. Баландин М.Ю., Шурина Э.П. Методы решения СЛАУ большой размерности. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 70 с.
9. http://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_Ньютона
10. http://en.wikipedia.org/wiki/Newton's_method

Virtual bench gpm-1.0 for short circuit

Munkhtuul G., Gantumur Sh.*

*Mongolian University of Science and Technology, Power School

ABSTRACT. New virtual bench for research of electromagnetic transient process of an electrical power system was developed for more effective research. By means of this laboratory bench it is possible to execute about 10 laboratory works. Virtual bench for performance of laboratory works consists of modern virtual measuring devices and virtual monitors. For this reason there is an

opportunity for students to practice skills. Besides, it is possible to work on several computers at the same time. Depending on that what work the student chose, the order of performance of laboratory work differs from each other. Virtual bench has several advantages such as economic, availability, an opportunity to expand possible experiments, will save time, etc.

KEYWORD. Virtual bench, short circuit, electromagnetic transient process.

1. INTRODUCTION

In the modern world when the sphere of information technology is so strongly developed, the new possibility of training the practical skills by means of virtual the equipment appeared. In our case, a new laboratory bench has been developed that works in a virtual environment. More precisely, it became possible to download the program to your computer and perform laboratory experiments. The purpose of this lab was to be used in the course of electromagnetic transient process, short-circuit calculus algorithm. The electromagnetic transient process of the electrical system has six kinds of virtual benches of short-circuit research.

2. Virtual bench features

By means of this bench it is possible to research the phenomena which occur in electric system, especially electromagnetic transient process. As said before by means of this laboratory bench it is possible to execute about 10 laboratory works. These include: research of two-phase short circuit, research of the isolated neutral system, single-phase short circuit, research of short circuit in integrated electric system, research of asymmetrical short circuit, research of short circuit in radial electric system, research of two-phase to earth short circuit, research of the influence of high-power engines on short circuit of an electric system, research of substation short circuit etc.

Visual Basic programming language was used to develop the virtual bench GPM-1.0. And it is applicable for the Windows operating system. So far, only Mongolian language is available for the first version of the GPM program, but in further developments it is possible to add other languages.

When using usual laboratory bench, we will have to face such problems as damage to individual devices, the lack of a sufficient number of bench for all students. Therefore, virtual bench are the most suitable solutions.



Figure 2.1 Usual laboratory bench

3. Principle of operation of the virtual bench

3.1. General information

User enters the program by entering the "Password" through the login user window (Figure 3.1).

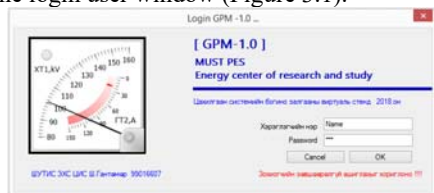


Figure 3.1 Login window

After accessing the login window, the selection window will appear and user should select the laboratory bench (Figure 3.2).



Figure 3.2 Selection window

Virtual bench works almost 100 times after installing on the computer and after that it cannot work anymore, that means student should renew the license.

3.2. Three-phase short circuit test bench

The three-phase bench will have a three-phase short-circuit at the end of the 0.4 kV line. The three-phase bench is shown in Figure 4. At the top of the bench, the measuring device, the network model at the bottom.

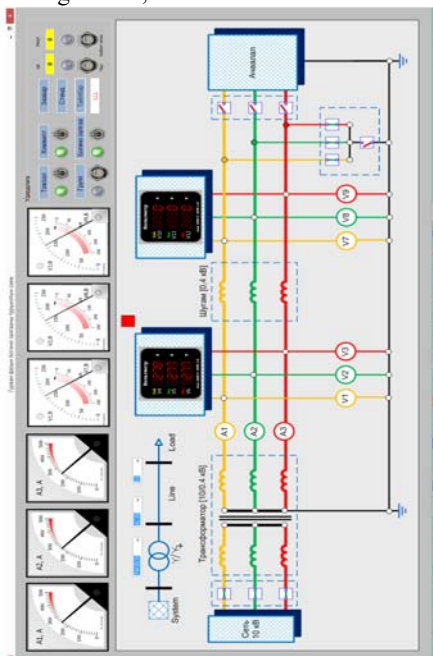


Figure 3.3 Three-phase short circuit test bench

For virtual bench as shown in Figure 3.3 need to adjust the primary data of the network equipment (line, transformer, line length, head voltage) in accordance with your variant. The data of each variant is shown in table 1.

Table 3.1

Data for each laboratory variant

Variant №	Uhead, V	Transformer	Line	Length, km
1	400	TM-25/10	AC-25/4.2	1.5
2	410	TM-40/10	AC-35/6.2	1.5
3	405	TM-25/10	AC-35/6.2	1.0
4	405	TM-40/10	AC-25/4.2	0.5
5	415	TM-25/10	AC-16/2.7	1.5
6	410	TM-40/10	AC-50/8	2.0

Then click on "Measure" button to measure the parameters. Measurements should be done at the beginning and end of the line. You can pause using the "Pause" button. In this bench there are 3 ammeters and 6 voltmeters. After that click on "Pause" button and turn off "Measure" button to perform short-circuit tests. Then click on "Short-circuit" button when the load is automatically dropped and the green light is on. In this case, the short-circuit adjustment switch (S3) can be used.

3.3. Bench for testing short circuit in integrated electric system

In the integrated system, the current flow direction is unclear and the current distribution is unclear, so it is not possible to use simple methods for calculations. This laboratory will carry out a three-phase short-circuit test with four-nodes, five lines (110 kV), two systems or two generators with two circuits, and the current and voltage dispersion analysis (Figure 5.1).

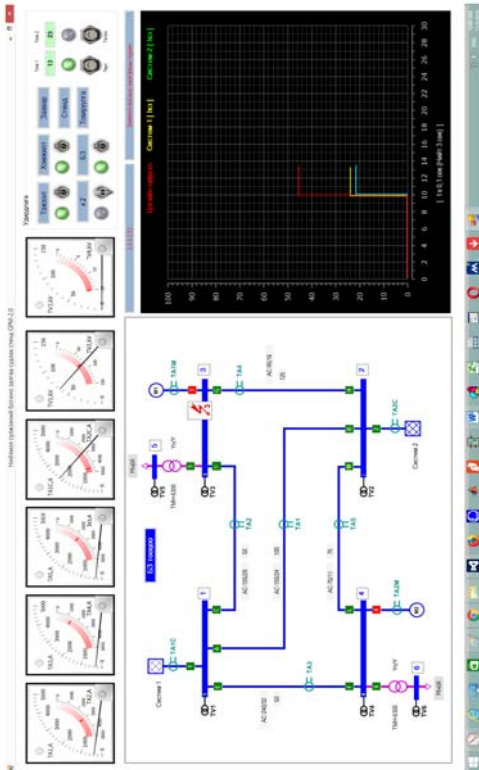


Figure 3.4 Bench for testing short circuit in integrated system

In order to perform short-circuit test, click on "Short-circuit" button to start the test. Then select a node and choose the "Three-phase short" menu by pressing the right mouse button.

Then click on "Measure" button to get a short circuit current value for each device. Monitor the results of the measurement on the bottom right of the screen on a black screen depending on the time of the graph. The model is designed for short-term intervals of 1 second, with a total duration of 3 seconds. The test time is reduced by 500-1000 times and measures the short-circuit parameters.

3.4. Bench for testing short circuit in isolated neutral system

Under this laboratory work, it is possible to test single-phase short circuit at the end of the 0.4 kV line. This is an isolated neutral system.

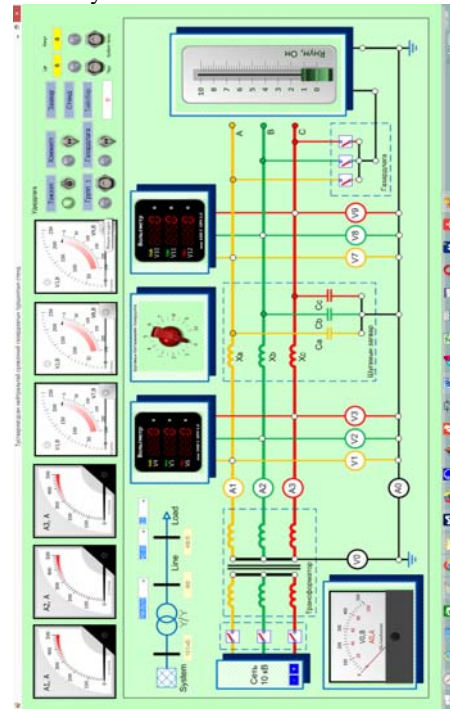


Figure 3.5 Bench for testing short circuit in isolated neutral system

3.5. Two-phase short circuit test bench

In order to perform a short-circuit test, click on "Short circuit" button then the "green" lamp will lights up. In this case the switches for short-circuit adjustment are available. The two-phase short circuit is created by the selection the switches.

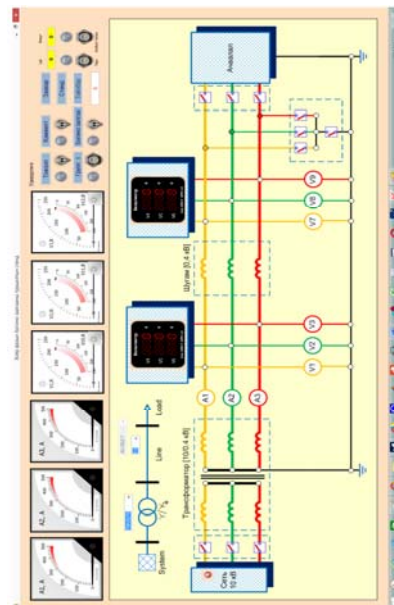


Figure 3.6 Two-phase short circuit test bench

4. CONCLUSION

With the use of this laboratory bench, there is a great opportunity to provide accessible, economically efficient

training. With the most basic computer skills, students can use their own software to practice their own theoretical skills. Work without any accident or injury. Therefore, it has many advantages. It is possible to develop this software more flexible.

The download of one program allows the learners to perform a number of different experiments. Since the user interface has a simple structure, it is easy to use and the time interval is optimized so the test results are more specific. The usage of high-level programming language made this software more structured and is more suitable

for future development and due to higher accuracy, measurement error is low.

5. References

1. Aitken, P. G., & Aitken, P. G. (2002). *Visual Basic*. Scottsdale, AZ: Coriolis Group Books.
2. Gottfried, B. S. (2001). *Visual Basic*. London: McGraw-Hill.
3. Bosa Roca: Taylor & Francis. (2011). *Power System Analysis*.
4. Saad, N. M., Ahmad, M. R., & Ibrahim, W. I. (2012). *Power system analysis*. Kuantan, Pahang: Penerbit UMP.

ӨНДӨР ХҮЧДЛИЙН ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ ШУГАМААС ЗАВСРЫН ЖИЖИГ ХЭРЭГЛЭГЧДИЙГ ТЭЖЭЭХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Э.Ангарагсүрэн*, З.Цэрэндорж*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Цахилгаан түгээх сүлжээнээс алслагдсан цахилгаан дамжуулах агаарын шугам дамжин өнгөрч байгаа ч цахилгаан эрчим хүчээр хангагдаагүй жижиг хэрэглэгчдийг хэрхэн цахилгаан эрчим хүчээр хангах тал дээр зорьж ажиллаа. Иймд хүчдэл хуваагуурын арга ашиглан цахилгаан дамжуулах агаарын шугамаас завсрын жижиг хэрэглэгчдийг тэжээх боломжийг судаллаа.

Түлхүүр үг. Багтаамжийн хүчдэл хуваагуур, завсрын жижиг хэрэглэгч, тэжээх боломж.

ОРШИЛ

Эрчим хүчний системийн 110 кВ-с дээшхи хүчдлийн шугамаас алслагдсан завсрын жижиг хэрэглэгчдийг цахилгаан цахилгаан эрчим хүчээр хангахад чиглэгдсэн. Өөрөөр хэлбэл цахилгаан дамжуулах агаарын шугам дайран өнгөрч байгаа нутаг дэвсгэрт буюу шугамын ойролцоо орших хүн ам цөөтэй суурин газрууд олон байдаг. Эдгээр суурин газруудыг эдийн засгийн хэмнэлттэйгээр дайран өнгөрч буй хүчдлийн шугамаас тэжээх явдал юм. Энэ нь дизель цахилгаан станц, том чадлын трансформаторуудыг ашиглахаас илүү үр дүнтэй бөгөөд зардал багатай юм. Иймээс хямд төсөр аргаар завсрын жижиг хэрэглэгчдийг тэжээх хэрэгтэй болж байна.

Онолын хэсэг: Цахилгаан эрчим эрчим хүчийг үйлдвэрлэх, дамжуулах, хуваарилах хэрэглэх зэрэг нэгдсэн цогцолборыг цахилгаан эрчим хүчний систем гэнэ. ЦЭХ-ний хөгжлийн үндсэн чиглэл нь нэгж агрегатын хүчин чадлыг өсгөх замаар цахилгаан станцын суурилагдсан чадлыг нэмэгдүүлэх болон шинэ технологи нэвтрүүлэх, техник эдийн засгийн үзүүлэлтийг дээшлүүлж, найдвартай ЦЭХС байгуулахад чиглэгдэнэ. 110 кВ-ийн өндөр хүчдлийн шугамаас отбайк авч хүчдлийг компенсцлан хуваарилах дэд станцыг бий болгон алслагдсан завсарын жижиг хэрэглэгчдийг цахилгаан эрчим хүчээр хангах зорилгоор хүчдэл хуваах төхөөрөмжийг авч үзсэн.

Хүчдэл компенсцлан хуваарилах нь од холболт бүхий гурван туйлтай, нөлөөмжийн буюу багтаамжийн мөрүүдтэй. 1 ба 2-р мөрийн холболтон тэжээлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын утас, 3-р мөрөн дэд станцын ачаалал тус тус холбогдоно. Хүчдэл компенсцлан хуваарилах (КДН)-ын үндсэн параметр нь хүчдэл хуваагч коэффициент юм. Энэ коэффициент нь хүчний болон бууруулах трансформаторын коэффициентуудыг тохируулж байдаг.

Хуваагч коэффициентийн ерөнхий томъёо нь:

$$K_D = \frac{U_\phi}{U_3} = \frac{y_1 + y_2}{y_1}$$

U_ϕ -шугамын фазын хүчдэл, U_3 -хүчдэл хуваагчийн эквивалент утга, y_1, y_2 -1 ба 2-р мөр.

Хүчдэл хуваагч багтаамжтай дэд станцад K_D нь:

$$K_D = \frac{U_\phi}{U_3} = \frac{C_1 + C_2}{C_1}$$

Хүчдэл хуваагч нөлөөмжтэй дэд станцад нь:

$$K_D = \frac{U_\phi}{U_3} = \frac{L_1 + L_2}{L_1}$$

Индуктив хүчдэлтэй үеийн алдагдал их ба ашигт үйлийн коэффициент нь багтаамжийнхаас харьцангуй бага байдаг. ПДНИ-ийн сул тал нь: ачааллын шинж чанар хүчдлийн хазайлт нь ПТЭ-д заасан утгаас хэд дахин байдаг учраас хангалтгүй байдаг зэргээс шалтгаалж ПДНИ-ыг ашигладаагүй байна.

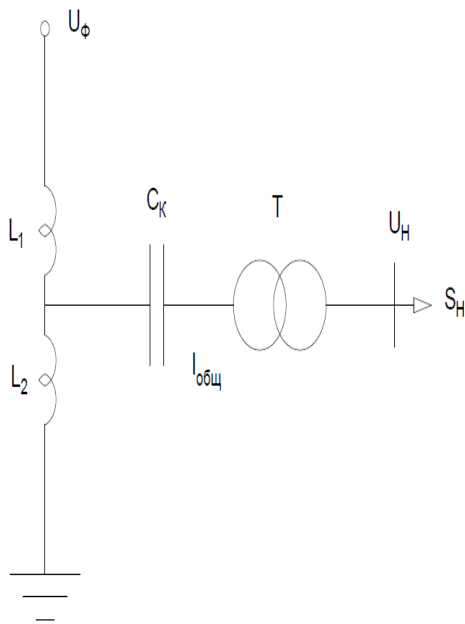
Багтаамжийн хүчдэлтэй үед системийн реактив чадал нь үүсгэгч болж шугамын алдагдлыг багасган хоцрох фазын өнцгийн горимд ажилладаг ба эндээс үзэхэд багтаамжийн хүчдэл хуваарилалт ашигтай хувилбар болж байна.

Хүчдэл хуваагч багтаамж /ПДНЕ/-ийг конденсаторын /ПДНК/, тросон /ПДНТ/, антензн /ПДНА/ ба тооцоолох арга, шинж чанар бүтцээр нь ангилдаг. Тэдний ерөнхий шинж чанарт ачааллын хүчдэл, чадал аваарийн болон хэвийн бус горим, тэдгээрээс хамгаалах аргууд хамаарна. Тооцооны арга хуваагч коэффициент нь хэрэгчлэгчийн гурван фазын гүйдлийн тэжээлийн схем, гурван фазын

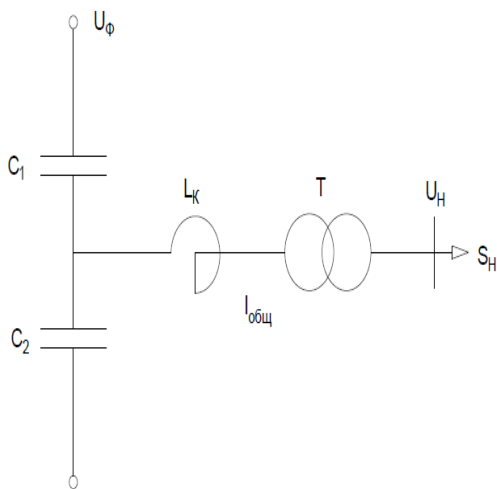
трансформаторын нийлмэл схем, жижиг объектуудыг сонгохоос шалтгаална. Жишээлбэл: Ачааллын чадал, тэжээлийн шугамын алгасалтыг тодорхойлсноор ПДНЕ-д хуваагч коэффициентийг сонгоно.

Цахилгаан энергийн алдагдлыг багасгах, хэрэглэгчдийн хүчдлийг нэмэгдүүлэхийн тулд сүлжээгээр дамжуулж байгаа реактив чадлын хэмжээг багасгах хэрэгтэй учир 3-р мөрөнд реакторыг суурилуулсан.

Орон нутгийн сүлжээнд реактив чадлыг компенсалахдаа компенсацлагч төхөөрөмжийг 3 фазад тавьдаг гэсэн онолын үндсэн дээр фаз тус бүрт РПДСОМ маркийн 1 фазын компенсацлагч реактор тавьсан. Компенсацлагч реактор нь ороомгууд байдаг учир реактив чадлын хэрэгчлэгч болж реактив чадлыг компенсалаж байна.



Зураг 1. Хүчдэл хуваагч нөлөөмжтэй дэд станц зарчмын схем (ПДНИ)



Зураг 2. Хүчдэл хуваагч багтаамжтай дэд станц зарчмын схем (ПДНЕ)

Конденсатор сонгох үндсэн тооцоо:
Ачааллыг тооцон ПДНК-ын чадлыг:

1. $S_0=30$ кВА

2. $S_0=60$ кВА
3. $S_0=100$ кВА гэсэн 3 хувилбарт сонгон авав. Мөн чадал тус бүрт хүчдлийн 2 өөр түвшинд тооцье. Гэхдээ эхний хувилбараар сонгон авч тооцоог хийе

Шугамын фазын хүчдэл:

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{ш}}}{\sqrt{3}} = \frac{110}{\sqrt{3}} = 63.5 \text{ кВ}$$

Хуваагч эквивалент нь трансформатор фазын хүчдэлтэй тэнцүү. 10/0.4 Кв-ын трансформатор тавьсан. Иймд:

$$U_3 = U_{\phi} = \frac{U_{\text{н.ном}}}{\sqrt{3}} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5.77 \text{ кВ}$$

Хүчдэл хуваагч коэффициент:

$$K_0 = \frac{U_{\phi}}{U_3} = \frac{63.5}{5.77} = 11$$

1. $S_0=30$ кВА хувилбар дээр тооцоог хийе.

А. $U=6.3$ кВ хүчдэлтэй конденсаторын багтаамжийн утгыг тодорхойлно.

C_1 конденсаторын тооцооны утга:

$$C_1 = \frac{S_0}{3 * \omega * U_K * U_{\phi}} = \frac{30}{3 * 314 * 6.3 * 63.5 * 10^3} = 0.0796 \text{ мкФ}$$

Фазын хүчдэл $U_{\phi} = 63.5$ кВ, конденсаторын хүчдэл нь $U = 6.3$ кВ учир 1 фазад 10ш конденсаторыг цуваа суурилуулна гэж тооцвол $C_1 U = 6.3$ кВ шаардлагатай багтаамжийг олбол:

$$C_{1\text{треб}} = 10 * C_1 = 10 * 0.0796 = 0.796 \text{ мкФ}$$

Энэ гарсан тооцооны утгаараа C_1 конденсаторын марк, багтаамжийн хэмжээг лавлахаас тодорхойлно.

Бүлэг	Конденсаторын марк	Багтаамж мкф	Өндөр, см
1	КМ1-6.3-13-2У3	1.0	47.1

C_1 конденсаторын эквивалент утгыг тодорхойлбол:

$$C_{1\text{эқв}} = \frac{1.0}{10} = 0.1 \text{ мкФ}$$

C_2 конденсаторын багтаамж:

$$C_2 = (K_0 - 1) * C_{1\text{эқв}} = (11 - 1) * 0.1 = 1.0 \text{ мкФ}$$

Энэ гарсан утгаар C_2 -ын маркийг лавлахаас сонгоно.

Бүлэг	Конденсаторын марк	Багтаамж мкф	Өндөр, см
1	КМ1-6.3-13-2У3	1.0	47.1

Эдгээр тооцоогоор сонгосон конденсаторууд нь дотор тавигддаг конденсаторууд учир тохиромжгүй. Учир нь дотор тавигддаг конденсаторыг суурилуулахад оруулга шаардлагатай болох ба оруулгын изолятор нь өртөг өндөртэй учир эдийн засгийн хувьд хүндрэлтэй. Иймд гадна байрлуулдаг конденсаторуудыг дээрх утгуудаараа лавлахаас сонгоно.

Хүчдэл хуваагч багтаамжтай дэд станцын тооцоо:

ПДНК-ын тооцоог гурван өөр ачаалаллын утган хийсэн. Эхний хувилбарыг жишээ болгон хийв. Ачаалал бүрт 10/0.4 кВ-ын бууруулах трансформаторыг суурилуулна.

Хүснэгт 1

Хуваагч эквивалент хүчдэл	$U_0 = 5.77 \text{ кВ}$
Хүчдэл хуваах коэффициент	$K_d = 11$
Компенсацлах төхөөрөмж дээрх хүчдэл	$U_k = 11.25 \text{ кВ}$
Дэд станцын хэвийн гүйдэл	$I_{н.ном} = 1.73 \text{ А}$
Трансформаторын хэвийн гүйдэл	$I_{т.ном} = 2.31 \text{ А}$
Трансформаторын хоосон явалтын гүйдэл	$I_{хх} = 0,069 \text{ А}$
Трансформаторын 1 фазын хоосон явалтын чадал	$Q_{хх} = 0.398 \text{ кВар}$
Компенсацлах реактораар урсан өнгөрөх ерөнхий гүйдэл	$I_{общ} = 1.77 \text{ А}$
Трансформатор хүртэлх ПДНЕ-ын ерөнхий чадал	$S_{общ} = 30.73 \text{ кВА}$
Дээрх нөхцлийг хангах үеийн конденсаторын чадал	15.9квар
C ₁ ба C ₂ батерей дээр унах хүчдэл	$U_{C1} = 57.33 \text{ кВ}$
	$U_{C2} = 13.29 \text{ кВ}$
C ₁ ба C ₂ батерей багтаамжийн тооцооны утга	$C_1 = 0.46 \text{ мкФ}$
	$C_2 = 0.46 \text{ мкФ}$
C ₁ ба C ₂ батерей багтаамжийн эквивалент багтаамж	$C_{эkv} = 0.506 \text{ мкФ}$
Хүчдэл хуваагчийн эквивалент эсэргүүцэл	$X_{э.с} = 6293.8 \text{ Ом}$
Бүрэн компенсацд компенсацлах батерейн нөлөөмж нь	$X_k = 6293.8 \text{ Ом}$
	$L_k = 20.04 \text{ Ом}$
Хүчдэл хуваагч багтаамжтэй дэд станцын элементүүд дээрх хуурмаг чадал	$Q_{C1} = 47.47 \text{ кВар}$
	$Q_{C2} = 25.51 \text{ кВар}$
	$Q_{Lk} = 19.96 \text{ кВар}$
Ачааллын хэвийн горимд хүчдэл хуваагч C ₁ , C ₂ болон L _k -ийн гүйдэл	$I_{C1} = 0.83 \text{ А}$
	$I_{C2} = 1.92 \text{ А}$
	$I_{Lk} = 1.79 \text{ А}$
ПДНЕ-с шугамд өгөх хуурмаг чадал ба гүйдэл	$Q_n = 99.8 \text{ кВар}$
	$I_n = 1.57 \text{ А}$

Жилийн энергийн алдагдлын утгууд

	S=30 кВА	S=60 кВА	S=100 кВА
$\Delta \mathcal{E}_{\text{ПДНЕ}} (\text{Мвт} \cdot \text{цаг})$	9.2481	17.7993	27.7022
$\Delta \mathcal{E}_{\text{ПТП}} (\text{Мвт} \cdot \text{цаг})$	48.1936	48.2345	48.33.14

Хүснэгт 3

Эдийн засгийн тооцооны үр дүн

		S=30 кВА	S=60 кВА	S=100 кВА
П Д Н Е	$Z = \alpha_H * K + I_3$	731660	2377433	29226628
	$I_3 = I \Delta_3 + \alpha_3 * K$	468498	1216042	1666732

П Т П	$Z = \alpha_H * K + I_3$	30310164	30311677	30315262
	$I_3 = I \Delta_3 + \alpha_3 * K$	11035164	11036677	11040262

ДҮГНЭЛТ

Цахилгаан түгээх сүлжээнээс алслагдсан хүн ам цөөтэй жижиг сууринг дамжин өнгөрч буй өндөр хүчдлийн шугамаас эдийн засгийн хэмнэлттэйгээр цахилгаан эрчим хүчээр хангах явдал юм. 110кВ-ын өндөр хүчдлийн шугамаас бага чадлын хэрэглэгчдийг хангахад 110кВ-ын хүчдлийн түвшинтэй трансформаторыг суурилуулах шаардлагатай болох ба энэ нь эдийн засгийн хувьд хүндрэлтэй. Иймээс алслагдсан дамжуулагдаж байгаа өндөр хүчдлийг компенсацлах төхөөрөмжийн тусламжтайгаар хүчдлийг компенсацлаж хувааж жижиг хэрэглэгчид хүргэх дэд станцын тооцоо хийсэн.

Ашиглагдсан ном, хэвлэл

1. В.Д.Юренков “Разработка и расчёт подстанций с емкостными делителями напряжения 110-750кВ”. 1985.
2. “Справочник по электрическим установкам высокого напряжения”. 1989.
3. Справочник “Каталоги конденсаторы”.
4. Ю.Б.Гук, В.В.Канган, С.С.Петрова. “Проектирование электрической части станций и подстанций”. 1985.
5. З.Цэрэндорж “Өндөр хүчдлийн техник 4”. 2012.

100 МВТ-ЫН УСАН ЦЭНЭГТ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ЗАГВАРЧЛАЛЫН ҮР ДҮН

Ч.Бат-Эрдэнэ*, Б.Бат-Эрдэнэ*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. ТБЭХС-ийн илүүдэл эрчим хүчийг хадгалах, бусад сэргээгдэх эрчим хүчний бүрэн ажиллагааг хангах, эрчим хүчний дутагдалтай үед системийг эрчим хүчээр хангах асуудлыг шийдэх нэг гарц бол Усан Цэнэгт Цахилгаан Станц (УЦЦС) барьж байгуулах явдал юм. 100 МВт чадалтай УЦЦС-г

системтэй зэрэгцээ ажиллуулснаар аваарын үед системийг сэргээх нөөц үүсгэвэртэй болох, ОХУ-аас хараат байдлаас гарч биеэ даасан систем бий болгохын эхлэл байх юм.

Түлхүүр үг. Эрчим хүчний найдвартай ажиллагаа, эрчим хүчний хуримтлуур, усан цэнэгт цахилгаан станц, зэрэгцээ ажиллагаа.

I. ОРШИЛ

Дэлхийн дулаарал, цаг уурын өөрчлөлт, агаарын бохирдолтой холбоотойгоор дэлхийн улс орнууд сэргээгдэх эрчим хүчийг дэмжих болсон. Манай орон ч мөн адил сэргээгдэх эрчим хүчийг (СЭХ) дэмжиж 2007 онд СЭХ-ний тухай хуулийг шинэчлэн баталж сэргээгдэх эрчим хүчийг дэмжих тарифыг баталснаар өнөөдрийн байдлаар ТБЭХС нь 120 МВт-ын нар болон салхины эрчим хүчний үүсгэвэртэй болоод байна. Эрчим хүчний зохицуулах хорооноос СЭХ-ний хэмжээг 2020 он гэхэд 20 хувь, 2030 он гэхэд 30 хувьд хүргэх зорилт тавьсан байдаг [1]. Гэвч СЭХ нь цаг хугацааны хувьд тогтворгүй хувьсан өөрчлөгдөж байдаг учир манайх шиг биеэ даах чадваргүй, эмзэг, хэврэг системд улам бүр хүндрэл учруулж системийн тогтворжилтыг алдагдуулах, горимын зохицуулалт хийхэд бэрхшээлтэй болгож байна. ТБЭХС нь өдрийн цагт 150МВт-ын савлагааг, оргил ачааллын үед 120 МВт-ын савлагааг даах боломжтой. Энэ савлагааг тогтвортой хангаж горимын зохицуулалт хийж системд сэргээгдэх эрчим хүчний эзлэх хувийн жинг нэмэгдүүлэхийн тулд эрчим хүч хуримтлуурын систем зайлшгүй шаардлагатай. Хуримтлуурын олон төрлийн дотроос ашиглалтын хугацаа урт, үр ашиг өндөртэй нь УЦЦС юм.

II. ТБЭХС-ийн өнөөгийн байдал

ТБЭХС-ийн суурилагдсан хүчин чадал 1069 МВт, эх үүсгэврийн хувьд таван дулааны цахилгаан станц, хоёр салхин станц, гурван нарны цахилгаан станцуудаас бүрдэж байна. Мөн ОХУ-тай Селендум-Дарханы 220 кВ-ын хоёр хэлхээт 257, 258 ЦДАШ-р холбогдож зэрэгцээ ажиллах ба импортын ба эрчим хүчний системийн үйлчилгээ авдаг. Одоогийн байдлаар ТБЭХС-д нэг дамжуулах компани, 10 түгээх компани үйл ажиллагаа явуулж Улаанбаатар, Дархан, Эрдэнэт хотууд, 13 аймгийн 282 сумыг эрчим хүчээр хангадаг. Энэ нь Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн 70 орчим хувийг хамрах бөгөөд нийт хүн амын 80 орчим хувийг эрчим хүчээр хангаж байна. ТБЭХС нь 1970 оноос эхлэж ОХУ-аас эрчим хүч импортлож эхэлсэн бөгөөд эрчим хүчний импортын гэрээний дагуу давхар тарифаар тооцож жилд дунджаар 270 сая кВт.цаг цахилгааныг авч 24 сая ам.доллар төлдөг (1кВт.цаг-0.09 доллар) [2].

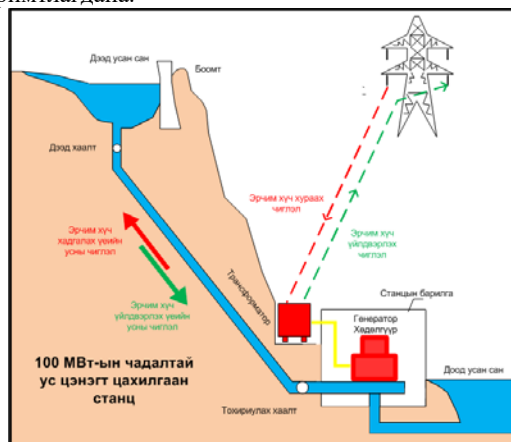


Зураг 1. ТБЭХС-ийн ЦЭХ-ний үйлдвэрлэл, импорт, экспорт/сая.кВт.ц/

III. Усан цэнэгт цахилгаан станцын бүтэц, үйл ажиллагаа, хөрөнгө оруулалт

УЦЦС нь шөнийн бага ачааллын үед их хэмжээний усыг тодорхой дээд өндөр түвшинд байрлах усан санд хүчтэй насосоор шахаж, дээд усан санг усаар дүүргэнэ.

Энэ үед усны уналтын их хэмжээний энерги хуримтлагдана.

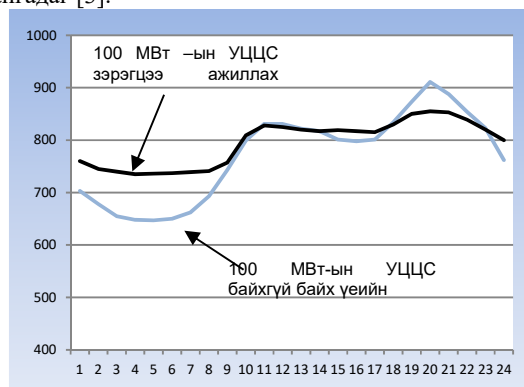


Зураг 2а. Усан цэнэгт цахилгаан станцын бүдүүвч



Зураг 2б. Усан цэнэгт цахилгаан станцын ерөнхий байдал

Өдрийн болон оройн оргил их ачааллын үед эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн чадлын дутагдал гарахад дээд усан сангаас доош нь усан турбинаар дамжуулан урсгана. Усан турбины голтой холбоотой цахилгаан машин нь энэ үед генераторын горимд шилжин ажиллаж цахилгаан эрчим хүчийг үйлдвэрлэн, оргил ачааллын үеийн чадлын дутагдлыг нөхөж цахилгаан хангамжийн системийн хэвийн найдвартай ажиллагааг хангадаг [3].



Зураг 3. ТБЭХС-д УЦЦС зэрэгцээ ажиллах үеийн хоногийн ачааллын график

Бидний авч үзэж буй УЦЦС нь доод болон дээд усан санг холбох хоолой, үйлдвэрийн барилга байгууламж, насос-турбин, хөдөлгүүр-генератор гэсэн 2 агрегат, 63 МВА чадалтай 2 трансформатор болон системд холбох 2 хэлхээт 10км урт 110 кВ-ын шугам зэрэгээс бүрдэх юм.6 хос туйлтай 50 МВт чадалтай 428 э/мин СВ-430-410-14 маркийн гидрогенератор

сонгосон АШ-117, АШ-118 шугамаар ИХБ-4-н 110кВ-ын I, II СШ-тэй холбогдоно.

Тус УЦЦС-ын жилийн ашиглалтын цаг 1825, жилд үйлдвэрлэж буй цахилгаан эрчим хүч 182 сая кВт.ц, хэрэглэж буй эрчим хүч 219 сая кВт.цаг, цагийн тарифын зөрүүнээс гарах хэмнэлт нь жилд 8 сая ам.доллар болно. Худалдах үнэ импортын үнээр тооцоход дунджаар 0.09 доллар буюу 250 төгрөг, худалдан авах шөнийн тариф нь 79 төгрөг.

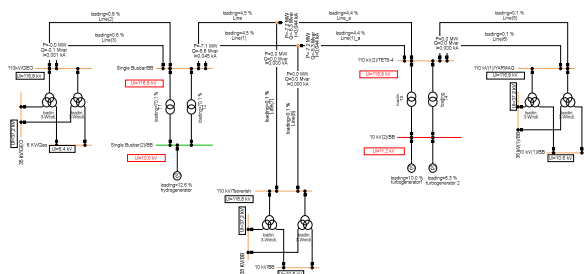
УЦЦС нь шөнийн 00-06 цагийн хооронд ДЦС-4-өөс ЦЭХ авах бөгөөд нийтдээ 6 цагийн турш усаа хуримтлуулах буюу нөөцөлнө, энэ үед хэрэглэх эрчим хүч нь 600 мян.кВт.ц.

Өглөө 8-10 цагт 200 мян.кВт.ц, орой 18-21 цагт 300 мян.кВт.ц нийт 5 цаг эрчим хүч үйлдвэрлэж системд нийлүүлнэ. (хоногт үйлдвэрлэх эрчим хүч-500 мян.кВт.ц).

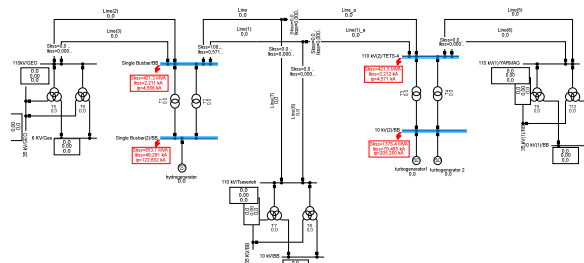
Орчин үеийн усан цэнэгт станцын ашигт үйлийн коэффициент нь 75-80% хүрсэн байна. Ийм станцын суурилагдсан 1кВт нэгж чадлын хөрөнгө оруулалтын хэмжээ нь насос ба турбины үзүүлэлтээс хамаарч 800-3500 америк доллар байдаг [4]. Улаанбаатар хотын Төв цэвэрлэх байгууламжийн усанд гүн цэвэршүүлэлт хийх, цэвэршүүлсэн усаа ашиглан 100МВт-ын Усан Цэнэгт Цахилгаан станц барих төслийн өртөг 170 сая.ам доллар болох ба 10 жилийн дотор өртгөө нөхөж түүнээс цааш цэвэр ашигтай ажиллах юм байна гэсэн тооцоог гаргасан болно [5]. Энэ нь бусад дэлхий дахинд баригдаж байгаа УЦЦС-ын жишигт нийцэж байгаа ба төв цэвэрлэх байгууламжийн асуудал давхар шийдэгдэх ач тустай.

IV. УЦЦС-н анхдагч схемийг программд загварчилсан үр дүн

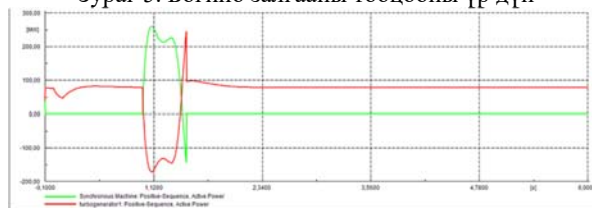
Загварчилж буй УЦЦС нь тус бүр 50 МВт-н 2 ширхэг гидрогенератортай ба нийт 100 МВт-н суурилагдсан хүчин чадалтай. ТБЭХС-д чадлыг өгөхдөө ачааллын доор хүчдэл тохируулах төхөөрөмжтэй өсгөх трансформатораар дамжуулж 110кВ-ын 2 хэлхээт шугамаар холбогдоно. Анхдагч схемийг боловсруулж тоног төхөөрөмжийн шаардлагатай өгөгдлүүдийг цуглуулж Power Factory программ дээр симуляц хийсэн .



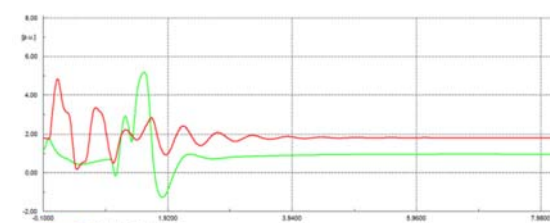
Зураг 4. Чадлын урсгалын тооцоо хийсэн үр дүн



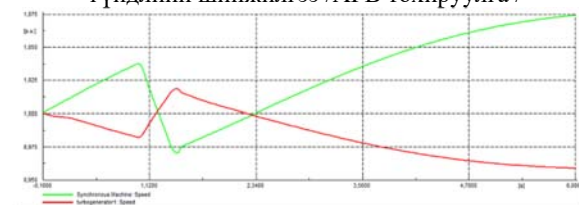
Зураг 5. Богино залгааны тооцооны үр дүн



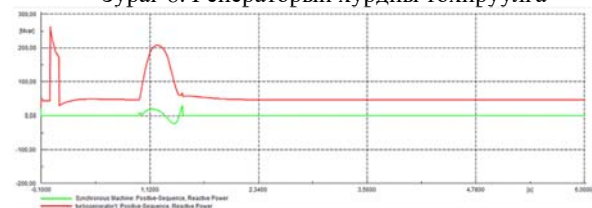
Зураг 6. Генераторын гаралтан дээрх актив чадлын шинжилгээ



Зураг 7. Генераторын өдөөлтийн хүчдэл болон гүйдлийн шинжилгээ /АРВ тохируулга /



Зураг 8. Генераторын хурдны тохируулга



Зураг 9. Генераторын реактив чадал

Дээрх тооцоолууд нь өөр хоорондоо нарийн нягт уялдаа холбоотой бөгөөд богино залгааны тооцооллыг шинжлэхийн өмнө ачааллын урсгалын тооцооллыг гүйцэтгэж, балансыг зөв хадгалах ёстой. Тус загварчлалыг ажиллуулахад ачааллын урсгалын болон богино залгааны тооцооллын үр дүн оновчтой гарсан болно. УЦЦС нь өдөрт 2-3 удаа системтэй синхрон залгагдана. Автомат тохируулагчийг загварчилсан гол зорилго нь станцын аль нэг хэсэгт гэмтэл болж генератор тасрахад хэрэглэгчдэд чадлын дутагдал үүсэхгүй байх нөхцөлийг хангаж буй эсэхийг тодорхойлох явдал юм. Дүн шинжилгээ хийхийн тулд динамик модел үүсгэж хүчдэлийн автомат тохируулга /AVR/, хурдны удирдлага /GOV/-г турбо болон гидро генераторуудад хийж AVR удирдлагыг "avr_IEEET1"

моделиор, GOV удирдлагын “gov_IEEEG1” моделиор гаргасан.

ДҮГНЭЛТ

1. УЦЦС нь өглөө, оройн их ачааллыг хааж, шөнийн бага ачааллын үед хэрэглэгчийн горимд ажиллаж системийн тогтворжилтыг хангах сайн талтай.
2. Маневрлах чадвар сайтай эх үүсгэвэр системтэй зэрэгцээ ажилсанаар их ачааллын болон аваарын үед нөөц чадалыг нэмэгдүүлж цахилгаан хангамжийн тасалдал түүнээс гарч болох хор хохирлыг багасгана.
3. 100 МВт-ын УЦЦС-г барьж ашиглалтад оруулснаар импортын эрчим хүчийг орлож жилд 8 сая ам.долларын ашигтай ажиллана.
4. ДЦС-уудын элэгдэл гэмтлийг бууруулж техник эдийн засгийн үзүүлэлтийг дээшлүүлж түлшний хэмнэлтийг бий болгоно.

5. Монгол улс нь цаашдаа биеэ даасан гадны орноос хараат бус эрчим хүчний систем байгуулахын тулд УЦЦС барьж ашиглах явдал зайлшгүй тулгарч байгаа юм.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Төрөөс эрчим хүчний талаар баримтлах бодлого эрх зүйн үндсэн баримт бичиг, УБ. 2015.
2. Монгол улсын эрчим хүчний нэгдсэн сайт <http://www.energy.mn/>.
3. “З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэтуяа “Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ ба энергийн хуримтлуур” 2014 он.
4. АНУ 2018 оны Эрчим хүчний агентлагийн статистик судалгаа.
5. Эрчим хүчний зохицуулах хороо. <http://www.erc.gov.mn>

ЦАХИЛГААН МАШИНЫ ХЭРЭГЛЭЭ ҮР АШГИЙН СУДАЛГАА

А.Мөнхжаргал, *Б.Сэргэлэн*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Шатахууны үнэ өсөж байгаа өнөө үед автомашин хэрэглэгч нар хуучин машинаа уламжлалт бензин хөдөлгүүртэй биш хосолсон HYBRID хөдөлгүүртэй машинаар сонгох нь элбэг боллоо. АНУ төдийгүй БНХАУ, Европын холбооны улсуудад дотоод шаталтын хөдөлгүүрт автомашины хорт ялгарлын үзүүлэлтэд тавьдаг шаардлага жил ирэх тусам чангарч байна. Шинэ шаардлагад нийцүүлэхийн тулд үйлдвэрлэгчид, хэрэглэгчид цахилгаан болон гибрид тээврийн хэрэгслийг дэмжихээс аргагүй нөхцөлтэй тулгараад байгаа. Иймд hybrid хөдөлгүүрийн ашиглалт болон давуу талыг судалж, тогтоохыг зорилоо.

Түлхүүр үг. Keywords—component; formatting; style; styling; insert (key words).

ОРШИЛ

Дэлхийд газрын тосны үнэ өсч, буурах давтамжтай зэрэгцэн хэрэглэгчдийн цахилгаан автомашин сонирхох нь ихсэж, багасаж иржээ. Хөгжингүй орнуудад шатахууны үнэ унаснаас шалтгаалан ойрын үед цахилгаан автомашин худалдан авагчийн тоо төдийлөн өсөхгүй хэмээн шинжээчид таамаглаж байна. Иймд өнөөдрийн байдлаар монгол улсад түгээмэл ашиглагдаж буй бензин болон цахилгаан хосолсон хөдөлгүүрийн тухай судалгаа хийж харьцуулсан судалгааг хийлээ. Дээрх хүчин зүйлсээс шалтгаалан ойрын ирээдүйд дотоод шаталтын хөдөлгүүрт машиныг цахилгаан болон гибрид машинаар бүрэн орлуулах найдвар эдүгээ ч хомс байгаа юм. Гэхдээ цахилгаан хөдөлгүүрт тээврийн хэрэгслийн хөгжлийн чиг хандлага 2018 оноос сайжирна хэмээн автомашин үйлдвэрлэлийн салбарын мэргэжилтнүүд үзэж байна.

Автомашины энерги зарцуулалтын тухай

Цахилгаан машины тухай өгүүлэхийн өмнө автомашины энерги зарцуулалтын үр ашгийн тухай товч сонирхоцгооё. 20-р зуунд хүн төрөлхтөний амьдралыг өөрчлөхөд голлон нөлөөлсөн зүйлүүдийн

нэг гэдэгтэй олон хүн санал нийлэх техник бол яах аргагүй автомашин билээ. Гэтэл өнөөдрийг хүртэл хүний гараар бүтээгдсэн машин техникүүд дундаас хамгийн үр ашиг муутай нь мөн л энэ автомашин гэдгийг мэдэх хүн цөөхөн байдаг байх. Анхлан зохион бүтээгдсэнээсээ хойш бүхэл зуун дамжин хүний төлөө хүчин зүтгэж байгаа боловч шатахуун буюу нефтийн бүтээгдэхүүнээр ажилладаг автомашины энерги зарцуулалтын ашигт үйлийн коэффициент дөнгөж 15 орчим хувьтай байна.

Шатахуунт хөдөлгүүрт автомашины энерги зарцуулалтын хувь хэмжээг задлаж үзэхэд хөдөлгүүр дээрх энергийн алдагдал хамгийн их буюу 62.4% байна.

Нөлөөлж буй хүчин зүйлс: гэрэл дохио болон замын бөглөрөлөөс шалтгаалан түр зогсолт хийх, хөдөлгүүрээ асаалттай орхих тохиолдолд нийт шатахууны 17.2 хувь нь ямар ч ашиггүйгээр зарцуулагддаг байна. Автомашины хөдөлгүүрийн эргэлтийн хүчийг дугуйнуудад дамжуулахад нийт энергийн 5.6 хувь нь алдагддаг. Харин агаарын эсэргүүцэл, инерцийн хүч, дугуйны үрэлтийн хүчийг давах буюу автомашиныг хөдөлгөхийн тулд нийт энергийн 12.6 хувь, айркон зэрэг төхөөрөмжүүдэд 2.2 % тус тус зарцуулагдаж нийт энергийн 15 орчим хувь нь ашигтай зарцуулагддаг.

Эдгээрээс түлшний шаталтын энергийг аль болох их хэмжээгээр ашиглаж автомашины ашигт үйлийн коэффициентийг нэмэгдүүлэхийн тулд үр ашиггүй зарцуулалтын хувь хэмжээ (85%)-г багасгах шаардлагатай нь ойлгогдоно.

Харин үүнийг хэрхэн багасгах вэ. Эхлээд энергийн алдагдал хамгийн өндөр үзүүлэлттэй хөдөлгүүр буюу энерги үүсгэгчийн тухай авч үзье. Дотоод шаталтын хөдөлгүүр нь автомашин болон бусад техникт өргөнөөр ашиглагддаг хамгийн түгээмэл энерги үүсгэгчүүдийн нэг боловч түүнд ашиглагддаг шаталтын технологи нь халалт болон дуу чимээний хэлбэрээр их хэмжээний энергийн алдагдал үүсгэдэг,

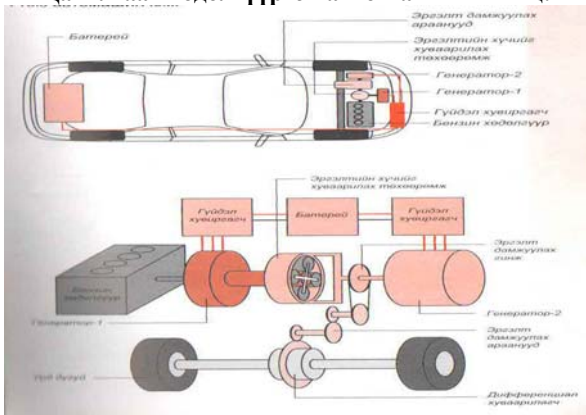
мөн хөдөлгүүрийн материалын онцлогоос хамааран дулааны хүчин чадал хязгаарлагдмал байдаг үндсэн сөрөг талтай юм. Үүнээс шалтгаалан өнөөдрийг хүртэл дотоод шаталтын хөдөлгүүрийн үр ашгийг хангалттай нэмэгдүүлж чадаагүй байгаа бөгөөд хөдөлгүүрийг хичнээн сайжруулсан ч үр ашгийг нэмэгдүүлэх боломж хязгаарлагдмал байдаг. Харин автомашинд цахилгаан хөдөлгүүр ашигласнаар дотоод шаталтын хөдөлгүүр буюу энерги үүсгэгч дээрх алдагдлыг их хэмжээгээр бууруулах боломж бүрддэг. Дараах хүснэгтэд автомашины олон төрлийн энерги үүсгэгчүүдийн ашигт үйлийн коэффициентийг харьцуулан үзүүлэв. Эдгээр тоон үзүүлэлтүүдийн тухайд тусгайлан хийгдсэн судалгааны үр дүн харахан олдоогүй учир олон төрлийн эх үүсвэрүүдээс дундажлан тооцсон болно.

Хүснэгт 1

Хөдөлгүүрийн үзүүлэлт		
Хөдөлгүүрийн төрөл	АҮК1%	АҮК2%
Шахсан агаар	-	12
Бензин	7	15
Дизель	12	20
Хосолмол хөдөлгүүр	25	30
Метанол	-	38
Устөрөгч	30	50
Цахилгаан	30	60

АҮК1 нь тухайн энергийн анхдагч эх үүсвэрээс эхлэн дамжуулах, тээвэрлэх, хувиргах бүх процессийг хамруулан тооцсон үзүүлэлт юм. Жишээ нь цахилгаан энергийн хувьд цахилгаан станц дээрх үйлдвэрлэлийн, тээвэрлэлтийн үр ашгийг давхар тооцсон үзүүлэлт болно. АҮК2 нь зөвхөн тухайн автомашины үр ашгийг харуулсан үзүүлэлт юм. Хүснэгт 1-ээс олон төрлийн энерги үүсгэгчүүд дундаас хамгийн өндөр үзүүлэлттэй нь цахилгаан хөдөлгүүр бүхий автомашин болохыг харж болно.

Цахилгаан хөдөлгүүртэй авто машины хийц:

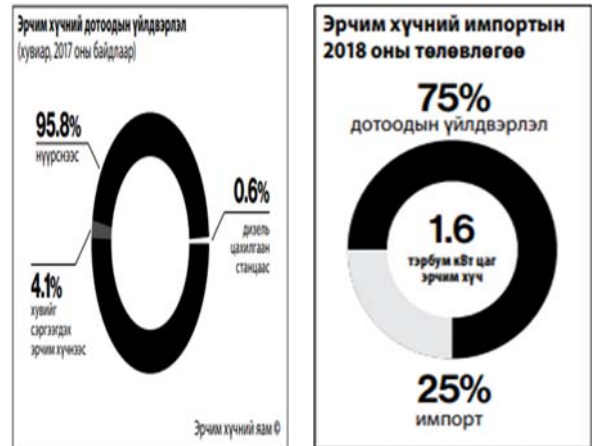


Зураг 1. Prius авто машины хөдөлгүүр ажиллах бүтэц

Эдийн засгийн дүн шинжилгээ:

Монгол улс жилд дунджаар 7.2 тэрбум кВт.ц цахилгаан эрчим хүчийг хэрэглэж байгаагийн 80.4 хувийг дотооддоо үйлдвэрлэж, 19.6 хувийг импортоор авч байна. Дотооддоо үйлдвэрлэж байгаа 5.8 тэрбум кВт.ц цахилгаан эрчим хүчний 96 орчим хувийг нүүрсээр ажилладаг дулааны цахилгаан станцууд, 4 орчим хувийг сэргээгдэх эрчим хүч буюу нар, салхи, усан цахилгаан станцуудад үйлдвэрлэдэг ба монгол

улсын засгийн газраас шөнийн тарифыг тэглэсэн явдал нь цахилгаан хөдөлгүүртэй авто машин хэрэглэх хэрэглээг өргөжүүлэн хөгжихөд тус дөхөм болж байна.



Зураг 2. 2017-2018 оны Эрчим хүчний хэрэглээний төлөвлөгөө

Хүснэгт 2

БНХАУ-д үйлдвэрлэсэн цахилгаан машины хөдөлгүүрийн үзүүлэлтүүд

Хөдөлгүүрийн чадал	Аккумулятор	Туулах зам
1, 1500кВт	48 В 60Ац	35км
2, 1200кВт	48 В 80Ац	45км
3, 1200кВт	48 В 90Ац	55км
4, 1200кВт	48 В 120Ац	85км
5, 1200кВт	48 В 150Ац	105км
6, 1200кВт	48 В 100Ац	115км
7, 1200кВт	48 В 100Ац	125км

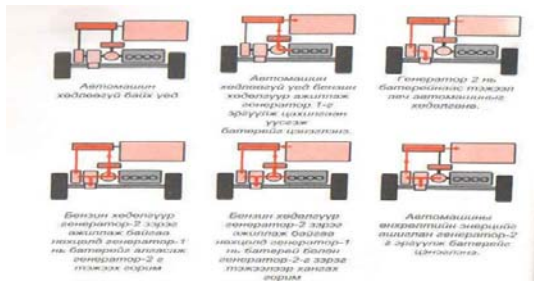
Хүснэгт 3

Өнөөгийн байдлаар борлуулж буй эрчим хүчний үнэ өртөгийн хувьд

№	Ангилал	Хэмжих нэгж	Тариф
1 Энегийн тоолууртай			
а	Сарын нийт хэрэглээний 150 кВт.ц хүртэлх хэрэглээг	ТелкВт.ц	98.40
б	Сарын нийт хэрэглээний 151 кВт.ц болон түүнээс дээшхи хэрэглээг	ТелкВт.ц	118.20
2 Тарифт тоолууртай			
а	Өдрийн хэрэглээ өглөөний 06.00 цагаас шөнийн 21.00 цаг хүртэл	ТелкВт.ц	104.30
б	Орой, шөнийн хэрэглээ /оройн 21.00 цагаас өглөөний 06.00 цаг хүртэл	ТелкВт.ц	77.10
3	Сарын суурь тариф	Телсар	2,000.00

Хүснэгт 4

	Хэрэглэгчийн ангилал, тарифт мөрдөх хугацаа	Зуны цагийн хуваарь	Хүйтний улирлын хуваарь
1	Айл өрх буюу ахуйн хэрэглэгч	өдөр 07:00-22:00	06:00-21:00
		шөнө 22:00-07:00	21:00-06:00
2	Үйлдвэр, аж ахуйн нэгж хэрэглэгч	өдөр 07:00-18:00	06:00-17:00
		орой 18:00-23:00	17:00-22:00
		шөнө 23:00-07:00	22:00-06:00



Зураг 3. Цахилгаан хөдөлгүүр цэнэглэх явц

Авто машин үйлдвэрлэгчид техникийн баримт бичгээрээ бол унаж байгаа авто машин маань 100 километрт дундажаар 7.8 литр шатахуун зарцуулдаг. Гэтэл амьдрал дээр үүнээс бараг хоёр дахин их “идэх”-ийн учир юу вэ гэсэн асуулт автомашин хэрэглэгчдийн дунд элбэг. Европын холбооны төрийн бус Transport and Environment байгууллагаас 2015 онд явуулсан судалгаагаар автомашины техникийн баримт бичигт заалттай зарим ЗГМ: Инфо график Хэрэглэгчийн тооцоо үйлдвэрлэгчийнхээс зөрдөгийн учир үзүүлэлт бодит нөхцөлд туршсан үзүүлэлтээс дундажаар 40 хувиар зөрж байгааг тогтоосон. Уг үзүүлэлтэд шатахуун зарцуулалт, утааны ялгарлын хэмжээ багтсан юм. Судалгааг дэлхийн голлох авто үйлдвэрлэгчдийн 600 мянган автомашинд хийсэн тестийн дүнд тулгуурлан гаргасан.

Дэлхийд автомашины шатахуун зарцуулалт, утааны ялгарлыг тодорхойлоход ашигладаг Европын NEDC, АНУ-ын FTP-75, Японы JC08 гэсэн ялгаатай гурван өөр аргачлал хэрэглэдэг.

Япон арга – JC08

АНУ-д хэрэглэдэг тесттэй бараг ижил боловч давтамж нь илүү. Үнэмлэхүй хурд хамгийн бага буюу 81.6 км/ц. Туршилтын ихэнх хэсгийг 24 км/ц хурдтай давиулж өнгөрөөнө. Туршилтын ихэнх хэсэг хөдөлгүүр халсан нөхцөлд болж өнгөрнө.

Гэвч туршилтын машинд ашигласан дугуй, тест явуулсан орчин, хурдны горим солих арга зэрэг олон хүчин зүйлээс шалтгаалан үйлдвэрлэгчид тестийн дүнг хүссэнээрээ гаргах боломж бүрддэг. Тестийг үндсэндээ задгай зам дээр бус, хаалттай битүү орчинд эргэдэг дамран дээр давхиулах замаар явуулдаг. Хачирхалтай нь, шатахуун зарцуулалтын үзүүлэлтийг хэмждэггүй. Автомашинаас ялгарч буй нүүрсхүчлийн хийн давхар ислийн хэмжээнд тулгуурлан шатахуун зарцуулалтыг тооцох арга хэрэглэдэг. Үүнд бензин хөдөлгүүрт машинаас ялгарч буй 2322 грамм, дизель хөдөлгүүрт загвараас ялгарч буй 2664 грамм нүүрсхүчлийн хий тутамд нэг литр шатахуун оногдохоор тооцно.

Дээрх хүчин зүйлээс шалтгаалан автомашины үйлдвэрлэгчээс заасан үзүүлэлт хожим бодит нөхцөлд хийсэн туршилтаас зөрөөтэй болж хувирдаг байна. Арилжааны бус, бие даасан International Council on Clean Transportation байгууллагаас энэ онд гаргасан судалгаагаар Европын холбоонд хамгийн гүйлгээтэй автомашинуудын хорт утааны ялгарал үйлдвэрлэгчээс заасан үзүүлэлтээсээ 10-50 хувиар их байгааг тогтоосон. Уг судалгаанд хамгийн тааруу үзүүлэлттэй загвараар Mercedes- ийн А, С, Е классын загварууд оржээ. Эдгээр загварын хорт утааны ялгаралт техникийн паспортод бичээстэй үзүүлэлтээс 50 хувиар зөрж байна. Францын Renault Twingo загварын ялгарал

үгэнд хамгийн ойр үзүүлэлттэй ч үйлдвэрлэгчийнхээ заасан үзүүлэлтээс 10 хувиар их гарчээ.

Хятадын зах зээл дээр борлуулагдсан цахилгаан хөдөлгүүртэй машины судалгааг дараах зургаас үзнэ үү.



Зураг 4. БНХАУ-ын цахилгаан машины борлуулалт

ДҮГНЭЛТ

Судалгааны үр дүнгээс авч үзвэл манай орон эрс тэс уур амьсгалтай, газрын тосны бүтээгдэхүүний хангамж нь хөрш хоёр орноос шууд хамааралтай байдаг зэрэг хүчин зүйлсээс шалтгаалан бид бүхэн гурав дахь гарц буюу hybrid хөдөлгүүр болон бүрэн цахилгаанаар ажилладаг хөдөлгүүр зайлшгүй шаардлага тулгарч буй тул уг хөдөлгүүрийн давуу болон сул талыг цаашид гүн гүнзгий судлаж улмаар технологийн давуу талыг нээн илрүүлэх зайшгүй шаардлага тулгараад байна.

Ашигласан ном хэвлэл

1. М.Хуягдорж. Төмөр замын цахилгаанжуулалт.
2. <https://prezi.com/ldhnhcvejub/prius/>
3. <https://mn.wikipedia.org/wiki>
4. <https://www.smmmt.co.uk/2017/09/uk-new-car-market-reports-slower-august-buyers-await-new-67-plate/>
5. <https://www.smmmt.co.uk/2017/09/uk-new-car-market-reports-slower-august-buyers-await-new-67-plate/>
6. <http://www.anthropower.com/the-week-in-evs-and-more-part-2-17>

220 КВ-ЫН СОНГИНО-МАНДАЛГОВЬ ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ АГААРЫН ШУГАМЫН ГОРИМ АЖИЛЛАГАА

М.Сэржхорол*, Ш.Гантөмөр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Ойрын жилүүдэд Монгол Улсын эдийн засгийн хөгжил дэвшил, ирээдүйн чиг хандлагыг уул уурхайн салбаргүйгээр төсөөлөх боломжгүй байгаа билээ. Тиймдээ ч уул уурхайн салбарыг дэмжих, хөгжүүлэх шаардлагатай нүүр тулж байна.

Аливаа томоохон бүтээн байгуулалтыг амжилттай, ашигтайгаар ажиллуулахын тулд нэн тэргүүнд шийдвэрлэгдэх ёстой асуудал бол дэд бүтцийн асуудал байдаг. Манай улсад одоогийн байдлаар стратегийн ач холбогдол бүхий Оюу-Толгой, Тавантолгой, Цагаан суварга зэрэг томоохон орд газруудын дэд бүтцийн асуудлууд бүрэн шийдэгдээгүй байна. Эдгээрээс хамгийн чухал нь цахилгаан хангамжийн асуудал юм. Сүүлийн хэдэн жил төрөөс шат дараатайгаар арга хэмжээ авч хэрэгжүүлэн 220 кВ-ын Мандалговь-Тавантолгой, Тавантолгой-Оюутолгой, Оюутолгой-ЦагаанСуварга зэрэг цахилгаан дамжуулах агаарын шугамуудыг шинээр барьж одоогийн боломжит хүчдлийн түвшингээр буюу 110/35 кВ-н хүчдлээр дэд станцуудыг тэжээж ойр орчмын сумдууд, хэрэглэгчдийг цахилгаан эрчим хүчээр ханган ажиллаж байна. Мөн эдгээрээс гадна 220/110/35 кВ Мандал дэд станц болон **Сонгино-Мандалговь ЦДАШ** шинээр барьж, 220/110/35 кВ-ын Чойр, Тавантолгой, Оюутолгой дэд станцуудын өргөтгөл шинэчлэлийн ажлууд хийгдэж дуусч байгаа тул тэдгээрийг төлөвлөгдсөн горимоор ажиллагаанд залгаж цахилгаан хангамжийн горим ажиллагааны тооцоог шинээр бодож боловсруулах шаардлагатай болж байна. Эдгээр шинэ шугам дэд станцууд төлөвлөгдсөн горимоор ажиллуулахад 220 кВ-н Сонгино-Мандалговь АШ-г зангилаа шугам гэж сонгож горимын тооцоог **ПОВЕР ФАКТОР** программаар таван хувилбараар хийж боломжит хувилбараар тооцоог хийж гүйцэтгэлээ.

Түлхүүр үг. Агаарын шугам, повер фактор, дэд станц.

ОРШИЛ

Шинээр ашиглалтанд орж буй томоохон орд газруудад үйл ажиллагаа явуулж буй уул уурхайн компаниудаас “Оюутолгой” ХХК-ийн үйл ажиллагаа жигдэрч тогтвортойгоор ажиллаж эхлээд байгаа билээ.

Тус компани нь Монгол улсын төвийн бүсийн ЭХС-ийн тухайн үеийн схемийн нөхцөл байдал, боломжоос шалтгаалж ЦЭХ-ний хангамжийн асуудлыг БНХАУ-н ЭХС-ээс авч үйл ажиллагаагаа явуулж эхэлснээр өдгөө 150 МВт ЦЭХ-ний ачааллыг 100% урд хөршөөс авч үйл ажиллагаагаа тогтвортой явуулж байна. Тиймээс энэхүү ЦЭХ-ний хэрэглээг дотоодын нөөц бололцоонд тулгуурлаж тэжээх боломжийг судлахад энэхүү судалгааны зорилго орших ба мөн цаашлаад Тавантолгой, Цагаан суваргын орд газруудын цахилгаан хангамжийн асуудлыг шийдвэрлэх бололцоог судлах, Монгол улсын төвийн

бүсийн ЭХС, БНХАУ-н ЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллагаанд залгагдах боломжийн талаар судлахад оршино.

II. ПОВЕР ФАКТОР ПРОГРАММЫН ТАЛААР

DIgSILENT компанийн “Power Factory” тооцооллын программ нь эрчим хүчний системийн цахилгаан үйлдвэрлэлт, цахилгаан дамжуулалт, хуваарилалтын системүүдэд дүн шинжилгээ хийх зорилго бүхий компьютер дээр суурилсан инженерийн хэрэглүүр юм. Уг программын дизайн нь цахилгаан эрчим хүчний систем, түүний удирдлагын оновчлол, төлөвлөлтийн үндсэн зорилгод хүрэх удирдлагын анализ хийхэд зориулагдсан дэвшилтэт нийлмэл, интерактив программ хангамж юм.

“DIgSILENT” гэдэг нь “**D**igital **S**imu**L**ation of **E**lectrical **N**e**T**works” гэсэн товчилсон үг юм. “DIgSILENT Version 7” нь анхдагч схем хэлбэрээр дүрслэгдсэн эрчим хүчний системийн анализ хийдэг анхны программ хангамж юм. Энэхүү интерактив анхдагч схемийн зураглал нь зургийн функцүүд, засварлагдах боломж, бүх төрлийн статик болон динамик хамааралтай тооцооллуудыг агуулсан.

“Power Factory” программыг эрчим хүчний систем болон программ хангамжийн салбарт олон жил ажилласан мэргэшсэн инженерүүд дизайн хийж, хөгжүүлсэн. Уг программаар тооцоолсон үр дүн, нарийвчлал олон тооны хэрэгжүүлэлтээр нотлогдсон байдаг.

“Power Factory” программ нь эрчим хүчний системийн дүн шинжилгээний функцүүдийн иж бүрэн нийлэмжийг ганц гүйцэтгэлийн программ дотор хангах цогц инженерийн хэрэгслүүдээр дизайн хийгдсэн бөгөөд доорхи үндсэн шинж чанаруудыг өөртөө багтаадаг. Үүнд:

1. “Power Factory” гол функцүүд: тухайн хэсгийн тодорхойлолт, өөрчлөлт болон зохион байгуулалт; гол тоон процедур; гаралтын болон бичверийн функцүүд.
2. Цогц интерактив анхдагч схемийн дүрслэл болон тэдгээртэй харилцах өгөгдлүүд.
3. Эрчим хүчний системийн элементүүд болон үндсэн суурь өгөгдлийн сан.
4. Цогц тооцооллын функцүүд (геометр хэмжээс болон паспортын өгөгдөл дээр суурилсан шугам, цахилгаан машины параметрийн тооцоо гэх мэт)
5. Интерактив эсвэл “On-line SCADA” хандалттай эрчим хүчний сүлжээний тохируулга.
6. Компьютерт суурилсан зураглалын системүүдийн харагдах байдал, ерөнхий интерфэйс.

Эрчим хүчний системийн бүх тоног төхөөрөмжүүдэд шаардагдах өгөгдлийг агуулах дан ганц өгөгдлийн санг хэрэглэн (жишээлбэл шугам,

генератор, хамгаалалтын төхөөрөмжүүд, гармоникүүд болон контроллёрүүдн өгөгдөл) “Power Factory” нь дан ганц дрограммын орчинд бүхий л эрчим хүчний симуляцын функцүүдийг хялбар гүйцэтгэх боломжтой юм. Функцүүдэд чадлын урсгал, богино залгааны тооцоо, гармоник анализ, хамгаалалтын функцүүд, тогтворжилтын тооцоо болон нөхцөлт анализ гэх мэт багтана.

Ш. СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ

Энэхүү судалгаа тооцоонд Монгол Улсын Төвийн Бүсийн Эрчим Хүчний Системийн 2018 оны өвлийн их ачааллын үед буюу хамгийн хүнд нөхцлийг сонгон авч тооцоог гүйцэтгэлээ. Уг тооцоонд хяналт хэмжилтийн ачааллын утгыг бодитоор оруулсан. Мөн тооцоонд орж буй Үйлдвэрлэх, Дамжуулах сүлжээний, /ЦДАШ, Генератор гэх мэт тоног төхөөрөмжийн/ параметруудийг бодитоор оруулан зөвхөн 220 кВ-ын сүлжээний хүчдэл ачааллын хуваарилалт хэлбэрээр тооцоог хийж гүйцэтгэлээ.

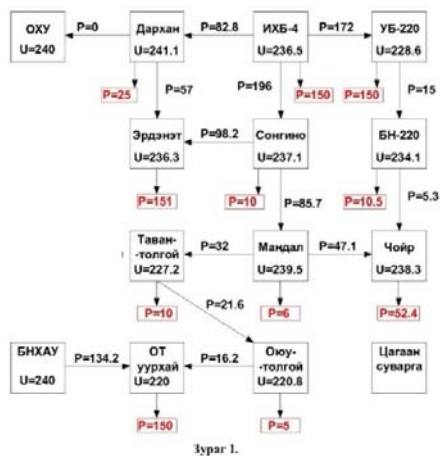
Хамгийн түрүүнд ТБЭХС-н одоогийн схемээр 220 кВ Сонгино-Мандалговь АШ-г ашиглалтанд оруулж нэмж эх үүсвэр залгахгүй гэж тооцож Оюутолгой уурхайг МУ-н ТБЭХС-с тэжээх боломжийн талаар судалж тооцоо хийхэд Эх үүсвэрүүдийн нөөц бололцоо, ЦДАШ, Трансформаторын ЦЭХ дамжуулах чадвар зэргээс хамаарч схемийн боломжгүй байна. Иймд дараах боломжит хувилбаруудаар тооцоог гүйцэтгэлээ.

/Тавантолгойн нүүрсний уурхайг түшиглэн шинээр барихаар төлөвлөгдөж буй 300 МВт суурилагдсан хүчин чадал бүхий Тавантолгой ДЦС-ын ачааллыг зарим тохиолдолд оруулж судалсан болно/. Үүнд:

Хувилбар-1: Монгол улсын ЭХС-н одоогийн схемээр БНХАУ-н ЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллагаанд орж Оюутолгой уурхайн цахилгаан хангамжийг бүрдүүлэх.

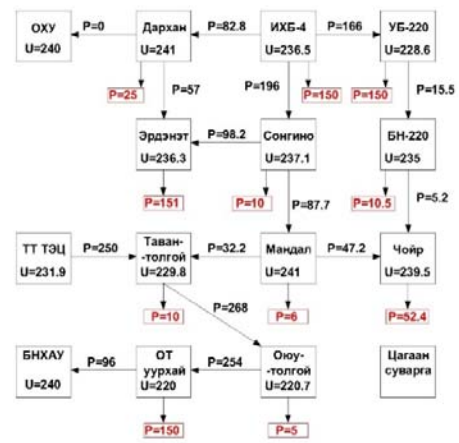
Хувилбар-2: 300 МВт чадал бүхий Тавантолгой ДЦС ашиглалтад оруулж ТБЭХС, БНХАУ-тай зэрэгцээ ажиллагаанд ажиллах үеийн горим.

Хувилбар-3: 300 МВт чадал бүхий Тавантолгой ДЦС ашиглалтад оруулж ТБЭХС, БНХАУ-с тусдаа ажиллаж Оюутолгой уурхайн цахилгаан хангамжийн 100 % дотоодын эх үүсвэрээс хангаж ажиллах үеийн горим.



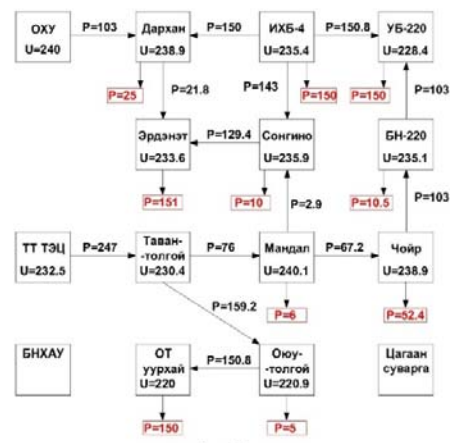
Зураг 1.

Зураг 1. ТБЭХС-д нэмж эх үүсвэр залгахгүйгээр БНХАУ-н ЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллаж Оюутолгой уурхайг ЦЭХ хангах схем ачааллын хуваарилалт



Зураг 2.

Зураг 2. 300 МВт Тавантолгой ДЦС ажиллаж байх үед БНХАУ-н ЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллаж Оюутолгой уурхайг ЦЭХ хангах схем ачааллын хуваарилалт



Зураг 3.

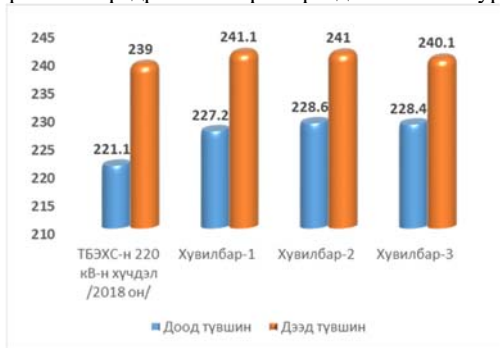
Зураг 3. 300 МВт Тавантолгой ДЦС ажиллаж байх үед БНХАУ-н ЭХС-с тусдаа ажиллаж Оюутолгой уурхайг ЦЭХ хангах схем ачааллын хуваарилалт

Хувилбар 1-ээс харахад ТБЭХС зайлшгүй БНХАУ-н ЭХС-тэй зэрэгцээ залгагдаж байж Оюутолгой уурхайг тэжээснээр ТБЭХС-с тус уурхайн ЦЭХ-ний 11 орчим хувийн ачааллыг хангах боломжтой харагдаж байна. Мөн энэ үед реактив чадлын урсгалаас хамаарч ОХУ-с актив чадлын урсгал “0” болж реактив чадлын урсгалын чиглэл Дархан-с ОХУ руу чиглэлтэй болж байна. Иймд реактив чадлын тохируулга сайтар хийх шаардлагатай нь харагдаж байна. /Оюутолгой уурхайн дэд станцад 100 МВар чадалтай автомат удирдлага бүхий 2 ш статик вар компенсатор /SVC/ байгаа бөгөөд тус тоноглолыг тооцоонд оруулаагүй учир реактив чадлын тохируулгыг асуудлыг шийдвэрлэх боломжтой гэж тооцсон тул реактив чадлын талаар дурьдаагүй болно./ Судалгааны гол сэдэв болох Сонгино-Мандалговь АШ-р 85,7 МВт ачаалал урсаж байна. Мөн бусад 220 кВ-ын ЦДАШ-ууд хамгийн ихдээ 70% хүртэл ачаалагдаж байгаа нь тухайн схем боломжтой гэж үзэж байна /зураг 1/.

Хувилбар-2-д 300 МВт Тавантолгой ДЦС ТБЭХС-д залгагдаж БНХАУ-н ЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллагаанд ажиллах үед хамгийн таатай, боломжит нөхцөл тул тухайн схемийн хувьд бүрэн боломжтой харагдаж байна. Мөн Сонгино-Мандалговь АШ-р 87,7 МВт ачаалал урсаж байна. Мөн бусад 220 кВ-ын ЦДАШ-

ууд хамгийн ихдээ 50% хүртэл ачаалагдаж байгаа төдийгүй БНХАУ-н ЭХС рүү эрчим хүч экспортлох боломжтой харагдаж байгаа тул тухайн схем боломжтой гэж үзэж байна /зураг 2/.

Хувилбар-3-д 300 МВт Тавантолгой ДЦС ТБЭХС-д залгагдсан БНХАУ-н ЭХС-ээс тусдаа ажиллах үед эх үүсвэрийн чадал хангалттай хэмжээнд байгаа учир ямар нэгэн хүндрэл байхгүй харагдаж байна. /Зураг-3/



Зураг 4. Хүчдлийн харьцуулалт

IV. ДҮГНЭЛТ

А. 220 кВ-ын Сонгино-Мандалговь ЦДАШ ашиглалтанд орсноор үүсэх давуу тал:

1. ТБЭХС-ийн Говийн бүсийн 220 кВ –ын тойрог сүлжээ бий болж системийн найдваржилт дээшилнэ.

2. График-1-с харахад системийн оргил ачааллын үеийн 220 кВ-н нам хүчдлийн түвшин одоогийн байгаа нөхцөл байдлаас 7,5 кВ буюу 3%-р өсч байгаа төдийгүй, системийн өндөр ба нам хүчдлийн түвшингийн зөрүү 7,4%-с 5,1% болж буурч байгаа нь хүчдлийн түвшин тогтворжиж байгаа чухал илэрхийлэл юм. Ингэснээр нам хүчдлийн /110/35/10/6 кВ/ тохируулга, ЭХС-ийн горимын тооцоог илүү хялбар болгох сайн тал ажиглагдаж байна.

3. Багануур Зүүн-Өмнөд болон Говийн бүсийн ЦЭХ хэрэглэгчийн схемийн найдваржилт 75%-р дээшилнэ.

4. Тавантолгой, Оюутолгой, Цагаансуварга зэрэг стратегийн ач холбогдол бүхий орд газруудын ЦЭХ-ний хэрэглээг ТБЭХС-с хангах нөхцөл бүрдэнэ. Ингэснээр Улсын эдийн засгийн санхүүгийн асуудалд эерэг үр дүн гарах боломжтой.

5. МУ-н ТБЭХС БНХАУ-н ЭХС –тэй зэрэгцээ ажиллагаанд залгагдах схемийн нөхцөл бүрдэж хоёрдогч хязгааргүй эх үүсвэртэй холбогдох схемийн нөхцөл бүрдэж, ТБЭХС-ийн найдвартай ажиллагаа сайжирна.

6. Оюутолгой уурхайн ЦЭХ-ний хэрэглээг ТБЭХС-с тэжээснээр БНХАУ-н эдийн засаг руу чиглэлтэй мөнгөний урсгалыг хязгаарлах, бүр тэглэх, дотоодын ЦЭХ-ний борлуулалтын хэмжээг тэр хэмжээгээр нэмэгдүүлэх боломжтой харагдаж байна. /Тухайн үйлдвэрийн цахилгааны хэрэглээг 1 кВт тутамд 200 төг гэж тооцож, тасралтгүй үйл ажиллагаа явуулна гэвэл ойролцоогоор жилд **262,8 тэрбум төгрөг**ийн ЦЭХ хэрэглэх тооцоо гарч байна./

Б. 220 кВ-ын Сонгино-Мандалговь ЦДАШ ашиглалтанд орсноор үүсэх сул тал:

1. ТБЭХС-ийн багтаамжийн шинж чанар бүхий реактив чадлын урсгал ихээр нэмэгдэнэ. Реактив

чадлын тохируулгын төхөөрөмжүүд ихээр шаардагдана.

2. 220 кВ-н ЦДАШ болон системийн схем нийлмэл болж горимын тооцоонд хүндрэл үүсч статик, динамик тогтворжилтын тооцоог маш нарийн бодож боловсруулах шаардлагатай тулгарна.

3. БНХАУ-н ЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллагаанд залгагдах нь БНХАУ-н ЭХС болон ОХУ-н ЭХС гэсэн хоёр хязгааргүй эх үүсвэрийг холбох учир, улс хоорондийн маргаан дагуулах зэрэг шийдвэрлэгдэхэд хүндрэл учрах магадлалтай.

Эндээс Сонгино-Мандалговь АШ залгагдсанаар системийн найдваржилт дээшилж, Оюутолгойн уурхайг тэжээх боломжтой харагдаж байна. Харин Оюутолгойн уурхайг тэжээхийн тулд БНХАУ-н ЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллагаанд залгагдах, эсвэл шинээр 150МВт-с багагүй чадлын тогтвортой ажиллагаа бүхий /ДЦС г.м/ эх үүсвэр ашиглалтанд оруулах зайлшгүй шаардлагатай нь харагдаж байна.

Үгийн товчлолын тайлбар

ЭХС- эрчим хүчний систем,

ТБЭХС- Монгол Улсын төвийн бүсийн эрчим хүчний ситем.

АШ- цахилгаан дамжуулах агаарын шугам.

ДЦС- дулааны цахилгаан станц

ОХУ-Оросын холбооны улс

БНХАУ- бүгд найрамдах Хятад ард улс

Ашигласан ном, материал

1. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан систем, Цахилгаан шугам сүлжээ” УБ Соёмбо принтинг, 2003. 350 х.
2. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан станц, дэд станц” УБ Соёмбо принтинг, 2016. 600 х.
3. Чуулангийн Нацагдорж, Бямбасүрэнгийн Бат-Эрдэнэ, Мягмаржавын Цолмон, “Power Factory 15” эрчим хүчний тооцооллын программын гарын авлага.” УБ хот.: “ШУТИС хэвлэлийн газар” 2018. -85 х.
4. Төвийн бүсийн эрчим хүний системийн 2018 оны өвлийн их ачааллын хяналт хэмжилтийн үеийн параметр.
5. Б.Болдмаа*.Б.Бат-Эрдэнэ* “STM32F4DISCOVERY BOARD ашигласан тоон шүүлтүүрийн хэрэгжүүлэлт” Эрчим хүч-Техник, Технологи сэдэвт Эрчим хүчний сургуулийн бакалавр, магистр, доктор, оюутны эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл 2017. 114-117. 4х.

УБЦТС-ТӨХК-ИЙН АШИГЛАГДАЖ БАЙГАА 6-35 КВ-ИЙН КАБЕЛИЙН ГЭМТЛИЙН СУДАЛГАА

Б.Цолмон-Эрдэнэ*, Г. Бэхбат*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

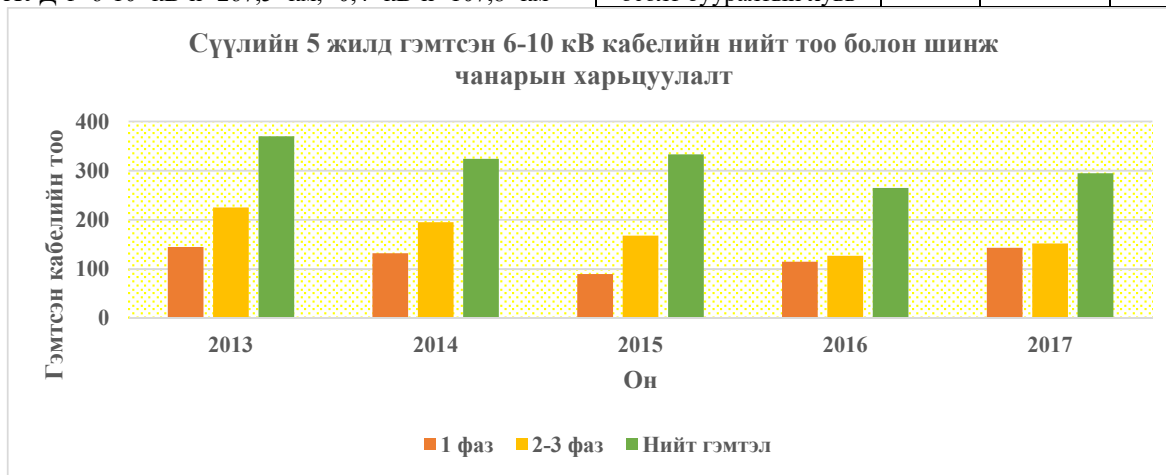
Хураангуй. УБЦТС-ТӨХК нь нийслэл хот болон Төв аймгийн 16 сумын иргэдэд түгээх үйлчилгээ үзүүлдэг. Ашиглалтанд 6-35кВ-н 1590,6км кабель харьяалагддаг. дийлэнх нь насжилт өндөр, ачаалал ихтэй. Манай орны эхс тэс уур амьсгалтай цаг агаарын онцлогоос шалтгаалан улирал солигдох үед хөрсний хөдөлгөөн их явагддагаас кабель шугамууд гэмтэх нь ихэсч, хэрэглэгчдийн цахилгаан хангамж тасалдах тохиолдлын тоо буурахгүй байна. Хүчний кабелийн явуулын лаборатори, гэмтлийн магадлалыг тодорхойлох оношлогооны үеийн дэвшилтэт техник, технологийг үйл ажиллагаандаа нэвтрүүлэн ашиглаж байгаа боловч гэмтлийн тоо буурахгүй байна. Иймээс энэхүү судалгаа нь анхных бөгөөд шинэлэг юм. Кабелийн гэмтлийг бууруулж хэрэглэгч аж ахуй албан байгууллага үйлдвэр бүтээн байгуулалтанд найдвартай хурдан шуурхай эрчим хүчээр хангах юм. Мөн өнөөг хүртэл бууруулах арга замыг судалгаа хийж үр дүнг ангилж харан гэмтэлд нөлөөлөх хамаарлыг бууруулах арга замыг олж шинэчлэлтийг хотын хэмжээнд бий болгоогүй байгаа тул улс орны хөгжил дэвшилд, улам нарийвчлан судласан нь тулгуур болж чадах учраас судалгааны ач холбогдолтой юм. Энэ илтгэлээрээ Улаанбаатар хотын Хан-Уул, Сонгино-хайрхан, Баянгол зэрэг дүүргийн нийт 6-10 кВ 672,5км, 0,4 кВ-ийн 305,2 км байгаагаас БГД-т 6-10 кВ 186,9 км 0,4кВ-ийн 137,9 км СХД-т 6-10 кВ-н 218,1 км 0,4 кВ-ийн 59,5 км, ХУД-т 6-10 кВ-н 267,5 км, 0,4 кВ-н 107,8 км

кабель шугам байна. Үүний адил Баянзүрх, Сүхбаатар, Чингэлтэй зэрэг дүүргүүдэд нийт 6-10 кВ-ын 672,5км, 0,4 кВ-ын 305,2 км ЦДКШ байгаагаас БГД-т 6-10 кВ 186,9 км, 0,4 кВ-ын 137,9 км, СХД-т 6-10 кВ-ын 218,1км, 0,4 кВ-ын 59,5 км, ХУД-т 6-10 кВ-ын 267,5км, 0,4 кВ-ын 107,8 км кабель шугам байна. Нийслэлийн 6 дүүргийн 1404,5 км кабель шугамыг 2013-2017 он хүртэл уг судалгааны хүрээ оршино. **Баруун талын хэсэгт жишээ авч** гэмтлийг төрөл шинжээр нь ангилвал.

1. Кабелийн гэмтлийн шинж: БТТ-ийн ашиглалтын кабелиудыг гэмтсэн шинжээр ангилж хүснэгт, график ашиглан харууллаа [6].

Хүснэгт 1

Он	6-10 кВ-ын кабель		
	1 фазын гэмтэл	2-3 фазын гэмтэл	Нийт гэмтэл
2013	145	225	370
2014	132	195	324
2015	90	168	333
2016	115	127	265
2017	143	152	295
2017 оны үзүүлэлтийг өнгөрсөн 4 жилийн дундажтай харьцуулсан өсөлт бууралтын хувь	18.7	-15.0	-8.7



Зураг 1. Сүүлийн 5 жилд гэмтсэн 6-10 кВ кабелийн нийт тоо болон шинж чанарын харьцуулалт 2017 оны үзүүлэлтийг өнгөрсөн 4 жилийн дундажтай харьцуулсан харьцуулалт

2017 оны гэмтлийн үзүүлэлт өнгөрсөн жилүүдээс бага байгаа боловч 1 фазын гэмтэл харьцангуй өөрчлөлтгүй байгаа нь харагдаж байна.



Зураг 2. 2016-2017 онд гарсан гэмтлийн харьцуулалт

Харин дээрх хүснэгтээс харьцуулан үзэхэд 1-3 фазын гэмтэл өссөн дүнтэй гарсан байна. Үүнээс шалтгаалан нийт гэмтлийн тоо 30 ширхэгээр буюу 11,3 %-иар өссөн байгаа 2016 онтой харьцуулахад кабелийн ашиглалт муудсан болохыг харуулж байна.

2. Нийт гэмтэл болон гэмтэл устгахад зарцуулагдсан муфт [3].

Хүснэгт 2

Сүүлийн 5 жилд гэмтсэн 6-10 кВ кабелийн гэмтэл болон хийгдсэн муфтны тоо

Он	6-10 кВ-ын кабель	
	Нийт гэмтэл	Хийгдсэн муфтны тоо
2013	370	676
2014	324	660
2015	333	631
2016	265	513
2017	295	621
2017 оны үзүүлэлтийг өнгөрсөн 4 жилийн дундажтай харьцуулсан өсөлт бууралт	-8.7	0.2

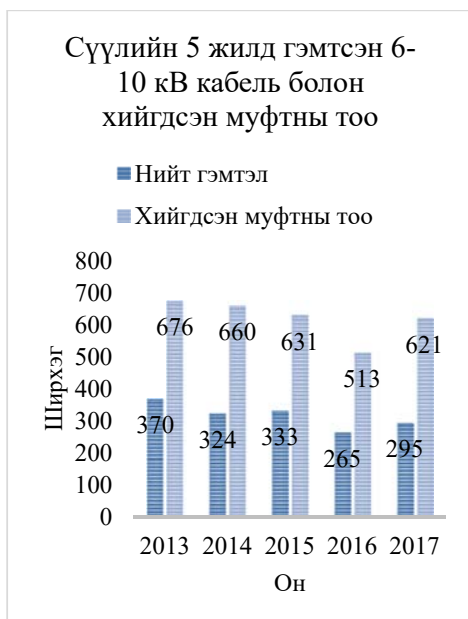


Зураг 4.

Хүснэгт болон графикаас 2017 онд 6-10 кВ-ын кабелийн нийт гэмтлийн тоо болон зарцуулагдсан муфтыг өнгөрсөн 4 жилийн дундажтай харьцуулан үзэхэд нийт гэмтлийн тоо 8,7%-иар буурсан бол зарцуулагдсан муфтны тоо 0,2%-иар өссөн үзүүлэлттэй гарсан байна. Энэ нь кабелийн ашиглалт сайжирч гэмтлийн тоо буурсан боловч давхар гэмтэл гарсан кабелийн тоо өссөнийг харуулж байна.

3. Кабелийн гэмтлийн шалтгаан [6].

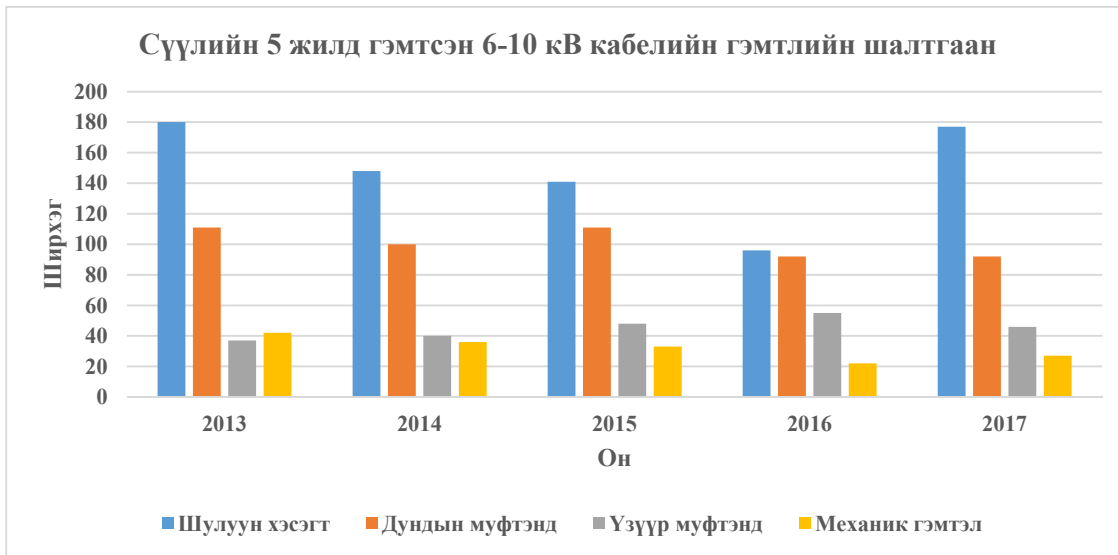
Хүснэгт 3



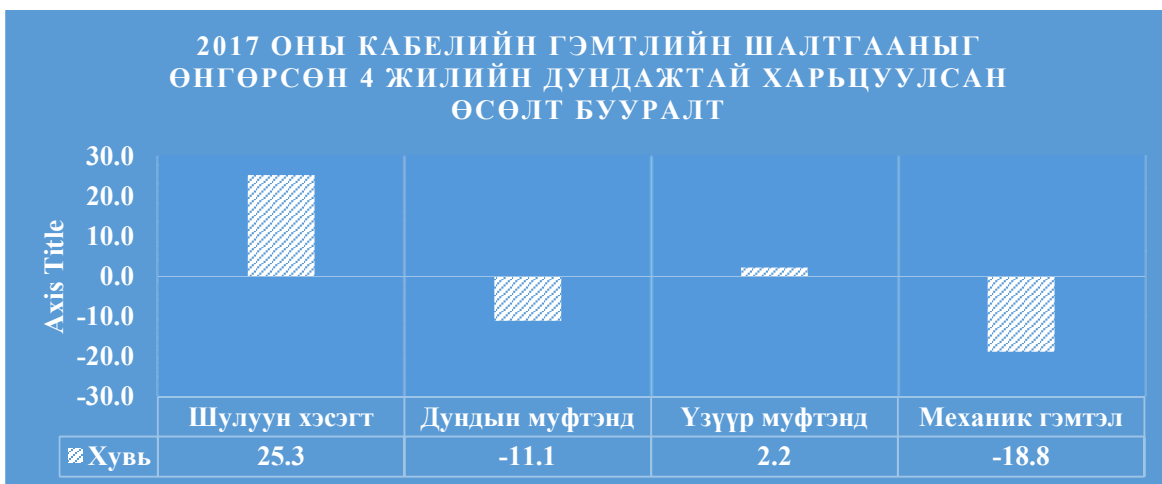
Зураг 3.

Кабелийн гэмтэл

Он	6-10 кВ-ын кабелийн гэмтэл			
	Шулуун хэсэгт	Дундын муфтэнд	Үзүүр муфтэнд	Механик гэмтэл
2013	180	111	37	42
2014	148	100	40	36
2015	141	111	48	33
2016	96	92	55	22
2017	177	92	46	27
2017 оны үзүүлэлтийг өнгөрсөн 4 жилийн дундажтай харьцуулсан өсөлт бууралт	25.3	-11.1	2.2	-18.8



Зураг 5.



Зураг 6.

Хүснэгт болон графикаас үндэслэн 2017 онд 6-10 кВ-ын кабелийн гэмтлийн шалтгааныг өнгөрсөн 4 жилийн дундажтай харьцуулан үзэхэд кабелийн шулуун хэсэгт гарсан гэмтэл 25,3%-иар, төгсгөлийн муфтэнд гарсан гэмтэл 2,2%-иар тус тус өссөн бол холболтын муфтэн дээр гарсан гэмтэл 11,1 %-иар, механик гэмтэл 18,8%-иар тус тус буурсан үзүүлэлттэй гарсан байна. Энэ нь кабелийн угсралтын үед норм дүрмийн дагуу хийгдээгүй болон ачааллын өсөлттэй холбоотойгоор шулуун хэсгийн гэмтэл нэмэгдсэн бол муфтны чанар, хийж буй ур чадвар болон эргүүл үзлэг сайжирсантай холбоотойгоор холболтын муфт, механик гэмтэл буурсан байна. Сэлгэн залгалт, фаз тааруулах, муфтны угсралтын ажлыг чанаргүй хийсэн, ачааллын өсөлт, материалын чанар зэргээс шалтгаалан төгсгөлийн муфтэн дээр гарсан гэмтлийн тоо өссөн гэж үзэж байна. Учир нь кабелийн хадгалалт болон насжилт нь үүнтэй шууд холбоотой юм. Үүнийг судалгаанаас харвал.

4. Кабелийн насжилтын судалгаа [1, 6]

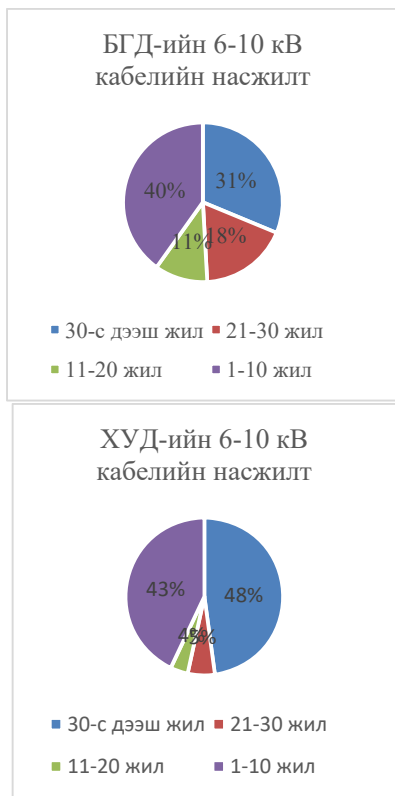
Баруун түгээх төвийн ашиглалтын кабелиудын насжилтаар нь арван жилээр хувааж эзэлж буй хувь хэмжээг авч үзлээ. Үүнийг хүснэгт болон графикаар харуулбал дараах байдлаар харагдаж байна.

Хүснэгт 4

БТТ-н ашиглалтын 6-10кВ-н насжилтын хугацаа

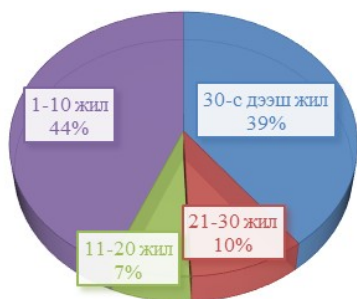
Дүүрэг	Тоноглолын нэр /урт/	30-с дээш жил	21-30 жил	11-20 жил	1-10 жил
СХД	6-10 кВ-ын ЦДКШ /км/	79.51	17.85	17.2	104
БГД		58.4	33.4	20.1	75
ХУД		128.2	14.8	9.7	115.1
Нийт		266.11	66.05	47	294.1





Зураг 7.

БАРУУН ТҮГЭЭХ ТӨВИЙН 6-10 КВ-ЫН КАБЕЛИЙН НАСЖИЛТ



Зураг 8.

Баруун түгээх төвийн ашиглалтын 6-10 кВ-ын кабелийн насжилтыг харахад 20 болон түүнээс дээш жилийн насжилттай кабель нийт кабелийн 49 хувийг эзэлж байгаа нь кабелийн шинэчлэлтийн ажлын цар хүрээг бууруулахгүй хийх шаардлагатай болохыг харуулж байна.

ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хотын 6-35 кВ-ийн кабелийн гэмтлийн судалгаа нь нийслэлийн 6 дүүрэгт судалгааны хүрээ оршино. Энэхүү илтгэлд судалгааны зорилго нь кабелийн гэмтлийг бууруулж хэрэглэгч аж ахуй албан байгууллага үйлдвэр бүтээн байгуулалтанд найдвартай хурдан шуурхай эрчим хүчээр хангах юм. Мөн бууруулах арга замыг судалгааны ажилын үр дүн ангилж харсанаас хамааран бууруулах арга замыг олж шинэчлэлтэнд хүрсэнээр уг зорилго, судалгааны ажил биелэх юм.

УБЦТС-ТӨХК-н Баруун Түгээх Төв, Зүүн Түгээх Төв, Реле хамгаалалтын алба зэргээс кабелийн

гэмтлийн паспорт, гэмтлийн жагсаалтыг сүүлийн 5 жилээр жил, сар өдөрөөр нь гэмтлийг ангилж хүснэгт, график байгуулж хувиар илэрхийллээ.

1. Кабель шугамын гэмтлийг өнгөрсөн онуудтай сар сараар харьцуулахад гэмтэл нь 7,8 сард хамгийн их байлаа.
2. Харин цагийн товолчилсон байдлаар харахад 4, 5 цагт гэмтэл нь илүү гарч байв.
3. Кабелийн гэмтэлд хүргэх гол шалтгаан нь насжилттай холбоотой байсан тул ашиглагдаж байгаа кабелийн насжилт 30-с дээш жил 44% 21-30 жил 39%, 11-20жил 10%, 1-10жил 7%-тай байлаа.
4. Кабелийн гэмтлийг шинжээр нь дүгнэхэд 2017он өнгөрсөн 4 жилийн дундажтай харьцуулвал 1фазын гэмтэл 18,7%-иар өссөн бол 2-3фазын гэмтэл 15%-иар, нийт гэмтлийн тоо 8,7%-иар тус тус буурсан үзүүлэлттэй байв.

Харин 2016-2017 оныг харьцуулахад нийт гэмтлийн тоо 30 ширхэгээр буюу 11,35-иар өссөн байгаа нь 2016 онтой харьцуулахад кабелийн ашиглалт муудсан болохыг харуулж байна.

Ашигласан ном хэвлэлийн жагсаалт

1. <http://ubedn.mn/>
2. А. Эрдэнэбилэг, Г. Соронзонболд “Өндөр хүчдлийн дэд станцын ашиглалт” 2007.
3. Ч. Өнөрцэцэг, Б. Ганзориг “Зүймэл полиэтилен тусгаарлагчтай хүчний кабель” 2015.
4. ДСЦТС ХК-ийн 6/10кВ-ын ЦДКШ-ын судалгаа.
5. УБЦТС-ТӨХК ӨХТТ-ын 35кВ-ын ЦДКШ-ын судалгаа.
6. Гэмтлийн судалгаа /архив 2000-2017он/.
7. З. Цэрэндорж, Ц. Эрдэнэтуяа, “ Өндөр хүчдлийн техник-3” дотоод хэт хүчдэл 2009.
8. ОУ-н стандарт нормчлол (ГОСТ Р МЭК 60811, ГОСТ Р МЭК 60812, ГОСТ Р МЭК 60813, ГОСТ Р МЭК 60814).
9. ШУТИС-ийн Эрдэм шинжилгээний хүрээлэнгийн журам /2012/.

СҮХБААТАР – УЛААНБААТАР ХЭСГИЙН ТӨМӨР ЗАМЫН ЦАХИЛГААНЖУУЛАЛТ

Б. Энхтуул*, О.Бумсанаа*, Б. Сэргэлэн*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль



Хураангуй. Сүүлийн үед төмөр замын томоохон төсөл хөтөлбөр, өргөн нарийн царигийн асуудал улсын хэмжээнд төрийн хамгийн дээд албан тушаалтнаас эхлээд ярьж бүгд төмөр замчид болжээ. Гэвч төмөр замын салбарыг тойрсон асуудлууд өнөөдрийг хүртэл эцсийн шийдлээ олоогүй улс төржиж байгаа нь жинхэнэ төмөр замчдын дуу хоолой дутагдаж буй мэт санагдана.

Төмөр замын мэргэжилтэн болохоор суралцаж буй мэргэжлийнхээ хүрээнд “Улаанбаатар төмөр зам” ХНН-ийг цахилгаанжуулах асуудлын шийдлийг судалгаа шинжилгээ, тооцооны үндэслэлтэй гаргаж ирэхийг зорилго.

Түлхүүр үг. Гол зам, Контактын сүлжээ, цахилгаан зүтгүүр.

ОРШИЛ

“Улаанбаатар төмөр зам” ХНН-ийн орлогын гол эх үүсвэр нь ачаа тээвэр болдог билээ. Ачаа эргэлт сүүлийн 10 жилийг харьцуулж харахад 5,2 сая.тн-оор өссөн байна, цаашид нэмэгдэх хандлагатай. Харин тээврийн гол хөдөлгөгч хүч болох нефть бүтээгдэхүүний зах зээлийн үнэ буурахгүй байх магадлалтай байна. Цаашид нефть бүтээгдэхүүний үнэ өсвөл УБТЗ-ын ашигт шууд сөргөөр нөлөөлнө. Учир нь өнөөдрийн байдлаар дизель түлшний зардал нь УБТЗ-ын нийт зардлын 50 орчим хувийг эзэлж байна. УБТЗ-ын ачаа эргэлт, тээх нэвтрүүлэх чадвар, эдийн засаг, цаг хугацааны үр өгөөжийг нэмэгдүүлэх арга замуудын нэг бол төмөр замын цахилгаанжуулалтын асуудал юм. Тиймээс Сүхбаатар Улаанбаатар гол замыг цахилгаанжуулах техник эдийн засгийн үндэслэлийг боловсрууллаа.

Өнөөдөр УБТЗ-ын хүчин чадал нь 33 хос галт тэрэг буюу 26 сая тонн ачааг тээвэрлэх боломжтой байна.

Цахилгаан зүтгүүртэй төмөр замыг илчит тэргэн зүтгүүртэй төмөр замтай харьцуулахад ажилчдын ажлын нөхцөл сайжирч, үйлчлүүлэгсдийн тав тухтай байдал сайжрах ач холбогдолтой. Цахилгаан зүтгүүртэй галт тэрэг нь уруудах үед цахилгаан энергийн хэрэглэгч биш харин буцаан нийлүүлдэг зэрэг давуу талтай.

I. УБТЗ-Н АЧАА ЭРГЭЛТ БОЛОН ЗОРЧИГЧ ЭРГЭЛТИЙН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ

УБТЗ-н 2008-2018 он хүртэлх нийт тээвэрлэсэн ачаа эргэлтийн тоо хэмжээг дүгнэж үзвэл ачааны хэмжээ тогтвортой өсөж байгаа нь харагдаж байна. Харин зорчигч тээврийг 2011 оныг 2016 онтой харьцуулахад 530 сая-хүн-км-ээр буурсан байна /График №1/.



График №1 УБТЗ-ын тээсэн ачааны тоо хэмжээ мян.тн

Харин зорчигч тээврийн тоо хэмжээ эсрэгээрээ авто тээвэртэй холбоотойгоор буурсан үзүүлэлттэй гарсан тул галт тэрэгний хурдыг нэмэгдүүлж, тав тухтай байдлыг сайжруулах шаардлагатай /График №2/.



График №2. УБТЗ-ын зорчигч тээвэрлэлтийн хэмжээ

УБТЗ-н ачаа тээвэрт хамгийн их хэрэглэгддэг зүтгүүр:

2ТЭ116УМ илчит тэрэг нь 60-80 вагон буюу дунджаар 4200 тн ачааг тээвэрлэх хүчин чадалтай. Одоогийн замын аясаас харахад уг илчит тэрэг нь Улаанбаатараас Сүхбаатар хооронд $7.3+0.73=8.03$ цаг ачаа тээвэрлэх буюу 1900 литр дизель түлш, Сүхбаатараас Улаанбаатар хооронд $9.75+0.73=10.48$ цаг ачаа тээвэрлэх буюу 4400 литр дизель түлш тус тус зарцуулж байна.

Мөн тухайн хэсэгт тус тус зарцуулж байна. Мөн тухайн хэсэгт өдөрт 2500 литр, хоногт 10000 литр, жилд 3650000 литр масло зарцуулагддаг.

II. СҮХБААТАРААС УЛААНБААТАР ХҮРТЭЛХ ТӨМӨР ЗАМЫН ЦАХИЛГААНЖУУЛАЛТ

Төмөр замын цахилгаанжуулалт хийнэ гэдэг нь цаг хугацаа хийгээд судалгаа шинжилгээ, эдийн засгийн хувьд ихээхэн хүчин чармайлт шаарддаг зүйл билээ. Тиймээс судалгаа шинжилгээний хувьд авч үзвэл цаг уур, бүс нутгийн онцлог, замын хэвгийг, цахилгаан эрчим хүчний үүсгүүр гэх зэрэг маш олон

зүйлсийг судалж үзсэний үндсэн дээр тооцооллыг хийх хэрэгтэй.

2.1. Сүхбаатараас Улаанбаатар хэсгийн байгаль орчны төлөв байдлын суурь үнэлгээ

Энэ хэсэг нь далайн түвшнээс дээш 760-1300 м өндөрт орших бөгөөд Улаанбаатар хот, Төв, Сэлэнгэ аймгийн нутгаар дайран өнгөрнө. Энэ нутгийн уур амьсгал нь манай орны бусад нутгийн нэгэн адил эх газрын эрс тэс шинжтэй, цочир хүйтрэл болтлоо сэрүүсдэг богино зун, хүйтэн урт өвөл, цаг агаар эрс огцом өөрчлөгдөмтгий хавар намрын улиралтай. Уур амьсгалын хувьд чийглэгдүү сэрүүн бүсэд хамаарагдана.

- Агаарын чийгшил, хур тунадас:

Тус бүс нутгуудаар манай орны бусад нутгаас хур тунадас харьцангуй их ордог. Жилийн дотор харьцангуй чийгийг их утга нь өвөл, зуны саруудад ажиглагдаж 1 дүгээр сард 75-81%, 7 дугаар сард 65-72%, бага утга нь хавар намрын улиралд ажиглагдаж 45-54% байдаг байна.

Энэ бүс нутгуудаар манай орны бусад бүс нутгийн нэгэн адил дулааны улиралд жилийн хур тунадасны дийлэнх буюу 70-80% нь ордог байна. Жилийн хур тунадасны хэмжээ Дархан- 330.1 мм, Сүхбаатар-295мм;

- Агаарын дулаан хүйтэн:

Хүснэгт 1

Агаарын үнэмлэхүй хамгийн их,бага температур/° C/

	1	2	3	4	5	6	7
Зүүн хараа	-7.7	1.1	12.7	23.9	31.9	31	33
СХБ	-44.1	42.7	-38.6	-22.9	-13.4	-0.6	2.0
	-9.0	-1.6	12.2	23.2	30.7	32	32
	-47.1	-45.3	-42.2	-25.1	-13.8	-8	2.5

8	9	10	11	12	Жилийн дундаж
31	26.8	21.2	9.1	-2.4	33.2
-3.5	-10.0	-25.4	-37.5	-45.4	-45.4
30	26.8	20.2	7.4	-5.8	32.9
-6.0	-11.5	-25.0	-40.9	-46.6	-47.1

- Салхины үзүүлэлт:

Хүснэгт 2

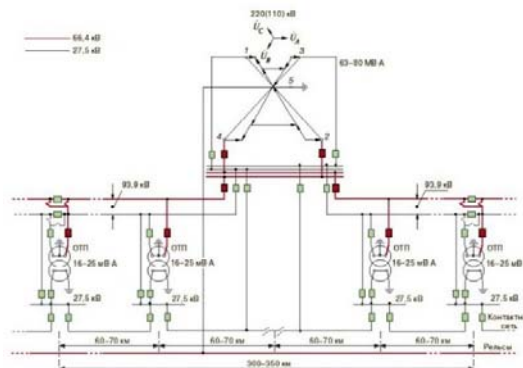
Жил, сарын дундаж салхины хурд /м/с

	1	2	3	4	5	6	7
Зүүн хараа	0.5	0.8	1.7	2.6	2.5	1.6	1.3
СХБ	0.4	0.6	1.5	2.7	2.6	1.9	1.4

8	9	10	11	12	Жилийн дундаж
1.4	1.5	1.4	0.9	0.6	1.4
1.2	1.4	1.3	0.9	0.4	1.4

Үзүүлэлтүүд	нэг ж	94 кВ	27.5 кВ	2x25 кВ
110-220кВ-с гэжээгдэх дэд станцын тоо	шг	2	9	7
Нэвтрүүлэх,автотрансформаторын дэд станц болон секцийн постын тоо	ш	11	16	110
Суурилагдсан нөөцтэй ерөнхий чадал	МВ А	560	890	1160
Эрчим хүчний алдагдал	хувь	0.5-0.7	2.5-3	2.5-3
Контактын дамжуулагч/тээх тросс/нэмэлт дамжуулагч	ш	1/1/2	1/1/1	1/1/1
Контактын сүлжээн дэх саармаг цэгийн тоо	ш	4	18	14
Шаардлагатай гэжээлийн ЦДАШ - 110 кВ-н өртөг	Млр .руб	0.5	1.1	0.9
Трансформаторын дэд станц болон автотрансформаторын өртөг	Млр .руб	14.3	14.1	14.9
Контактын сүлжээ болон секцийн постын өртөг	Млр .руб	2.7	2.9	2.9

2.3 Хувьсах гүйдлийн цахилгаанжуулалтын системүүдийн харьцуулалт



Зураг 1.

Энэхүү 94кВ-ийн систем нь бусад системтэй харьцуулбал дэд станцуудын тоо цөөн, дэд станцуудын зай хол боловч хүчдэлийн түвшин өндөр тул алдагдал багатай. Мөн хамгийн гол үзүүлэлт болох бүтээн байгуулах өртөг бага байдаг онцлогтой. Харин сул тал нь суурилагдсан чадлаараа бусад системүүдээсээ бага байдаг боловч монгол орны төмөр замын онцлогийг харгалзан чадлын хэмжээ их шаардагдахгүй тул энэхүү системийг сонгох нь оновчтой.

2.4 Цахилгаан зүтгүүрийн судалгаа ба техникийн үзүүлэлтүүд

Зорчигчийн цахилгаан зүтгүүр ЭП-20-ийг ОХУ-ын “Трансмашхолдинг” компани, Францын “Alstrom” компаниуд хамтран бүтээсэн.

Хүснэгт 4

Ачаа тээвэрлэлтийн чадвар, кН	833
Хөдөлгүүрийн чадал, кВт	8400
Жин, тн	200
Хамгийн бага температурт ажиллах чадвар, °С	-50
Хамгийн дээд хурд, км/цаг	120
Хөдөлгүүрийн урт удаан ажиллах үеийн чадал, кВт	7600

Хүснэгт 5

Ачаа тээвэрлэлтийн чадвар, кН	450
Хөдөлгүүрийн чадал, кВт	7 200
Жин, тн	129
Хамгийн бага температурт ажиллах чадвар, °С	-50
Хамгийн дээд хурд, км/цаг	200
Хөдөлгүүрийн урт удаан ажиллах үеийн чадал, кВт	6600

2.4 Эдийн засгийн судалгаа

- Нэг вагон ачаа тээвэрлэлтийн тариф:

Ачаа тээвэрлэлтийн тарифыг тогтоохдоо Улаанбаатар төмөр замын даргын тушаалаар батлагдсан “Орон нутгийн харилцааны ачаа тээвэрлэлтийн тариф хэрэглэх дүрэм”-ийг мөрдлөг болгодог. Энэхүү тарифын мөрдлөгийг вагон, жижиг илгээлт, чингэлгийг их, бага, суудлын хурдаар тээвэрлэсэний болон бусад ажил үйлчилгээ үзүүлсэний хөлсийг бодож тооцоо хийхэд хэрэглэнэ.

- Зүтгүүрийн депогийн дизель түлш худалдаж авдаг үнэ:

Зүтгүүрийн депо нь 2017 оны байдлаар 1 л дизель түлшийг 1720 төгрөгөөр, 1 л маслыг 1720 төгрөгөөр тус тус худалдаж авч байна.

II. ӨРТӨӨНИЙ ХЭСГИЙН ЗАМЫГ ХУВЬСАХ ГҮЙДЛЭЭР ЦАХИЛГААНЖУУЛАХАД УЯН УНЖЛАГА АШИГЛАСАН ТООЦОО

Хувьсах гүйдлийн цахилгаанжсан хос төмөр замын зураг төслийг хийх нь гол асуудал юм.

Уян унжлага нь налуу консоль дээр холбогдсон байх ба контактын дамжуулагч, тээх тросын марк М-95+МФ-100 байна.

Перегон тэгш тал дээр тэг байрлалд байна.

Цаг уурын нөхцөл болон бусад мэдээлэл:

- Хамгийн бага температур -50°C
- Салхины бүс -I
- Хамгийн их температур +45°C
- Мөстлөгийн бүс-I
- Тахир тойруугийн радиус 900

3.1. Зөвшөөрөгдөх алгасалтын уртыг шулуун хэсэгт тодорхойлох

Гол замуудад алгасалтын уртын зөвшөөрөгдөх даацыг тодорхойлох.

Гол замын дүүжингийн марк М-95+МФ-100 горимын хувьд шугам тээх тросс дээрх ачааллын тооцоо:

I. Хамгийн их салхитай горим

1. Контактын унжлагын өөрийн хүндийн хүчний ачаалал тодорхойлох тооцоо:

$$g_{II} = (g_K + g_C) \cdot n_K + g_{HT}$$

Үүнд: $g_K = 0,87309 \frac{\text{даН}}{\text{м}}$, нь МФ-100

$$g_{HT} = 0,83385 \frac{\text{даН}}{\text{м}}, \text{ нь М-95}$$

$$g_C = 0,1 \frac{\text{даН}}{\text{м}} \text{ аль ч төрлийн}$$

хөвч, практик дээр тулгуурлан авч үзсэн.

n_K -контактын дамжуулагчын тоо

$$g_{II} = (0,87309 \cdot 0,1) \cdot 1 + 0,83385 = 1,8069 \text{ дан/м}$$

2. Хэвийн салхитай горим, тээх тросын үйлчлэлтэй

$$P_{CTHT} = B_P \cdot C_X \cdot d \cdot 10^{-4}$$

Үүнд: $B_H = 547 \text{ Па}$ - Утасны гадаргуугаар жигд тархсан нэг хэвийн салхины ачаалал лавлах №1-ийн хүснэгтээс

$C_X = 1,25$ утасны аэродинамикийн коэффициент

$d = 12,6$ -тээх тросын диаметр

$$B_P = K_d^2 \cdot B_H = 1,1^2 \cdot 547 = 661,87 \text{ Па}$$

Үүнд: K_d - Газар нутгийн байршлыг тогтоох

хэмжигдэхүүн, тогтмол тоо, B_P - Салхины ачааллын тооцооны хэмжигдэхүүн

Хамгийн их салхитай горим дахь тээх троссын ачааллыг тодорхойлье.

$$q_B = \sqrt{1,807^2 + 1,042^2} = 2,086 \text{ дан/м}$$

3. Тээх троссонд үйлчлэх салхины динамик ачааллын хэсгийг тодорхойлох:

$$P_{OH} = 0,73 \cdot P_{CTHT} \cdot \eta \cdot \delta \cdot \xi$$

Үүнд: η - Алгасалтын уртаас хамаарах коэффициент, δ - Салхины хурдаас хамаарах тооцооны коэффициент, ξ - Дамжуулагч утасны өөрийн хүндийн хүчний жингээс хамаарах коэффициент.

$$\eta = f(l), \eta = 0,54 \text{ үед } l = 75 \text{ м}$$

$$\delta = f(V_P), \delta = 0,13834 \text{ үед}$$

$$V_P = k_d \cdot V_H = 1,1 \cdot 29,8 = 32,78 \text{ м/с}$$

Үүнд: V_H - Хэвийн салхины хурд

$$\xi = f(g), \xi = 1,387 \text{ үед}$$

$$g_{HT} = 0,83385 \text{ дан/м}$$

$$P_{OH} = 0,73 \cdot P_{CTHT} \cdot \eta \cdot \delta \cdot \xi =$$

$$= 0,73 \cdot 1,042 \cdot 0,54 \cdot 0,13834 \cdot 1,387 = 0,07888 \text{ дан/м}$$

$$q_B = \sqrt{g_{II}^2 + (P_{CTHT} + P_{OH})^2} =$$

$$= \sqrt{1,807^2 + (1,042 + 0,07888)^2} = 2,126 \text{ дан/м}$$

II. Мөстлөгтэй үеийн салхины горим
Утасны өөрийн хүндийн хүчний ачаалал тодорхойлоход контактын дамжуулагч багтсан.

$$g_{II} = (g_K + g_C) \cdot n_K + g_{HT}$$

Үүнд: $g_K = 0,87309$ дан/м нь МФ-100

$$g_{HT} = 0,83385 \text{ дан/м нь М-95}$$

$$g_C = 0,1 \text{ дан/м}$$

n_K -контактын дамжуулагчийн тоо

$$g_{II} = (0,87309 + 0,1) \cdot 1 + 0,83385 = 1,80694$$

1. Контактын унжлагын мөстлөгтэй үеийн хүндийн хүчний тооцоо

$$g_{ГП} = g_{ГК} \cdot n_K + g_{ГС} + g_{ГHT}$$

Мөстлөгтэй үеийн контактын дамжуулагчийн ачаалал:

$$g_{ГК} = 2,77 \cdot 0,5 \cdot b_P \cdot \left(\frac{A+H}{2} + 0,5 \cdot b_P \right) \cdot 10^{-3}$$

Мөстлөгтэй үеийн тээх троссын ачаалал:

$$g_{ГHT} = 2,22 \cdot b_P \cdot (d_{HT} + b_P) \cdot 10^{-3}$$

Мөстлөгтэй үеийн хөвчний ачаалал:

$$g_{ГС} = 0,565 \cdot b_P \cdot (1,15 \cdot b_P + d_C) \cdot 10^{-3}$$

Үүнд: b_P - Мөсний гадаргууны зузааныг тооцсон утга:

$$b_P = K_h \cdot b_H$$

K_h - Дамжуулагчийн байршлын өндрийг тооцсон коэффициент, салхинаас хамгаалагдахааргүй задгай газар $K_h = 1,1$. b_H - Мөстлөгийн зузааны норм, хавсралтын хүснэгт 2-с үзнэ үү.

А,Н- Контактын дамжуулагчийн өндөр ба өргөн, мм

$$b_P = K_h \cdot b_H = 1,1 \cdot 5 = 5,5 \text{ мм}$$

$$g_{ГК} = 2,77 \cdot 0,5 \cdot 5,5 \cdot \left(\frac{11,8 + 12,81}{2} + 0,5 \cdot 5,5 \right) \cdot 10^{-3} = 0,115, \text{ дан/м}$$

$$g_{ГHT} = 2,22 \cdot 5,5 \cdot (12,6 + 5,5) \cdot 10^{-3} = 0,221 \text{ дан/м}$$

$$g_{ГС} = 0,565 \cdot 5,5 \cdot (1,15 \cdot 5,5 + 4) \cdot 10^{-3} = 0,021 \text{ дан/м}$$

$$g_{ГП} = 0,115 + 0,021 + 0,238 = 0,374 \text{ дан/м}$$

2. Тээх троссонд үйлчлэх мөстлөгтэй үеийн салхины статик ачааллын хэсгийг тодорхойлох

$$P_{ГС} = B_{ГР} \cdot C_X \cdot (d_{HT} + 2 \cdot b'_{ГHT}) \cdot 10^{-4}$$

Үүнд: $B_{ГР}$ - Мөстлөгтэй үеийн дамжуулагчийн гадаргуу дээрх ачааллын тооцоолсон утга

$$B_{ГР} = K_d^2 \cdot B_{ГН} = 1,1^2 \cdot 92 = 111,32 \text{ Па}$$

$B_{ГН}$ - Дамжуулагчийн гадаргуу дээрх мөстлөгийн ачааллын норматив утга, справочник 1;

Тээх троссын гадаргуу дээрх мөстлөгийн хэд хэдэн багасгасан статик утга $b'_{ГHT}$:

$$b'_{ГHT} = -0,5 \cdot d_{HT} + \sqrt{0,25 \cdot d_{HT}^2 + 0,8 \cdot b_P (d_H + b_P)}$$

$$b'_{ГHT} = -0,5 \cdot 12,6 + \sqrt{0,25 \cdot 12,6^2 + 0,8 \cdot 5,5 \cdot (12,6 + 5,5)} = 4,624 \text{ мм}$$

$$P_{ГС} = 111,32 \cdot 1,25 \cdot (12,6 + 2 \cdot 4,624) \cdot 10^{-4} = 0,304 \text{ дан/м}$$

Тээх троссонд үйлчлэх мөстлөгтэй үеийн салхины ачааллыг тодорхойлох

$$q_{Г} = \sqrt{(g_{II} + g_{Г.П.})^2 + P_{ГС}^2} = \sqrt{(1,807 + 0,374)^2 + 0,304^2} = 2,202 \text{ дан/м}$$

Шулуун замд алгасалтын зөвшөөрөгдөх уртыг тооцохын тулд дараах томъёог ашиглана.

$$I_{дон} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2K}{P_{сткл} \cdot k_1 - P_c}} \cdot B_{np} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2000}{0,976 \cdot 1 - 0}} \cdot 0,857 = 83,813 \text{ м}$$

Гол замын зөвшөөрөгдөх уртын хэмжээг 70м-ээр тооцё.

3.2 Зөвшөөрөгдөх алслалтын уртыг тахир тойруу (Зиг заг) хэсэгт тодорхойлох

Тахир тойруу замын зөвшөөрөгдөх алслалтыг тооцоолохын тулд дараах томъёог ашиглана.

$$I_{дон}^{**} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2K \cdot (b_{к,дон} - \gamma_k + a)}{P_{сткл} \cdot k_1 - P_c + \frac{K}{R}}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \cdot (0,45 - 0,019 + 0,4)}{0,958 \cdot 1,165 + 0,025 + \frac{1000}{900}}} = 54,331 \text{ м } I_{дон}^* \text{ ба } I_{дон}^{**}$$

$$\text{харьцуулахад: } \left| \frac{54,331 - 54,486}{54,486} \right| \cdot 100 = 0,284\% < 5\%$$

Эцэст нь энэ тооцоог үндэслэн тахир тойруугийн алгасалтын уртыг 54м-ээр тооцож авсан.

Хүснэгт 6

Зөвшөөрөгдөх алгасалтын урт	
Замын шулуун хэсэгт, км	Замын тахир хэсэгт, км
70	54

3.3. Тулгуур сонголтын тооцоо

1. Тулгуурт үйлчлэх салхины ачаалал

$$P_{ОП} = 0,1 \cdot B_P \cdot C_X \cdot S_{ОП} \cdot n \cdot 0,95;$$

$$S_{ОП} = \frac{d_{ОСН} + d_{ВЕРШ}}{2} \cdot h = \frac{0,492 + 0,29}{2} \cdot 9,6 = 3,75 \text{ м}^2$$

$C_X = 0,7$ - Цилиндрийн гадаргуу

Хүснэгт 7

Тооцоолж гаргасан өгөгдлийг дараах хүснэгтэд үзүүлэв

Ачаалал дан/м	Утга:	G_{II}	$G_{ГП}$	P_{HT}	P_K
	Хамгийн их салхи	132,182	63,86	68,109	64,558
	Мөстлөг	164,514	87,72	23,03	24,072
	Утга:	$P_{ГП}$	$P_{ГП}$	$P_{ГЗМШ}$	
	Хамгийн их салхи	49,197	189,81	17,143	
	Мөстлөг	21,146	34,701		

$$G_{ВКН} = 50 \text{ даН} \quad G_{ГКН} = 100 \text{ дан} \quad G_{ВКР} = 40 \text{ даН}$$

$$G_{ГКР} = 70 \text{ дан}$$

3.4. Тулгуурын гажилтын хамгийн их моментыг утгыг тодорхойлох

$$M_o = G_{II} \cdot Z_{II} + n_{КН} \cdot G_{КН} \cdot Z_{КН} - G_{ПР} \cdot (Z_{ПР1} + Z_{ПР2}) - G_{КР} \cdot Z_{КР} + P_H \cdot h_H + (P_K + P_{ИЗМ.ЗИГ.}) \cdot h_K + P_{ПР} \cdot (h_{ПР1} + h_{ПР2}) + P_{ОП} \cdot h_{ОП}$$

а.) Хамгийн их салхитай гори

$$M^{(B)} = 132,182 \cdot 3,3 + 50 \cdot 1,8 - 63,86 \cdot (3,5 + 1,9) - 40 \cdot 1,8 + 68,109 \cdot 8,8 + (64,558 + 17,143) \cdot 7 + 49,197 \cdot (9,55 + 8,75) + 189,812 \cdot 4,8 = 309203 \text{ даН} \cdot \text{м} = 30,92 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

б.) Мөстлөгийн горим

$$M^{(r)} = 164,514 \cdot 3,3 + 100 \cdot 1,8 - 87,72 \cdot (3,5 + 1,9) - 70 \cdot 1,8 + 23,03 \cdot 8,8 + (24,072 + 17,143) \cdot 7 + 21,146 \cdot (9,55 + 8,75) + 34,701 \cdot 4,8 = 1167,914 \text{ даН} \cdot \text{м} = 11,68 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{макс}} = 30,92 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Тулгуурын сонголт: СС136.6-2.1

IV. ӨРТӨГ, ЗАРДЛЫН ТООЦОО

3.1. Сүхбаатараас Улаанбаатар хэсгийн хооронд цахилгаан зүтгүүрээр ачаа тээвэрлэхэд жилд хэрэглэсэн цахилгаан эрчим хүчний өртгийн тооцоо

Анхдагч өгөгдөл:

Хэсгийн урт $L=403\text{км}$; Хоногт явах галт тэрэгний тоо $N_{\text{цах}} = 24$

2ЭС5 цахилгаан зүтгүүр нь 100-120 вагон татах буюу дунджаар 6600 тонн ачаа тээвэрлэх хүчин чадалтай. Мөн 833 тн ачаа тээвэрлэлтийн чадвартай ба 100-120 км/ц хурдлах бөгөөд хөдөлгүүрийн чадал нь 8400кВт буюу хөдөлгүүрийн урт удаан ажиллах үеийн чадал 7600 кВт байна. Мөн ачаа тээвэрлэлтийн хэмжээ нь 1 цаг тутамд 1 бүрэлдэхүүн явна гэж үзвэл хос замд 13200 тонн, өдөрт 158400 тонн, хоногт 316800 тонн, жилд 115 сая 632 мянган тонн ачаа тээвэрлэх дүн харагдаж байна.

Цахилгаанжсан төмөр замын цахилгаан зүтгүүрийн хэрэглэх 1 квт*цаг цахилгаан эрчим хүчний үнийг УБТЗ ЭХУХ-1 ангийн УБЦТС ХК-аас худалдаж авдаг 1 квт*цаг цахилгаан эрчим хүчний үнэ болох 66 төгрөгөөр тооцож үзэв.

Дараах хүснэгтэнд 2ЭС5 цахилгаан зүтгүүрийн 115 сая 632 мянган тонн ачааг жилд тээвэрлэхэд зарцуулах цахилгаан эрчим хүчний өртгийг тооцож гаргая.

Хүснэгт 8
Цахилгаан зүтгүүрийн жилд хэрэглэх цахилгаан эрчим хүчний тооцоо

	Цахилгаан зүтгүүрийн тээвэрлэх ачааны дундаж жин,тн	Цахилгаан зүтгүүрийн хэрэглэх цахилгаан эрчим хүч	
		Хэмжээ, кВт*ц	Өртөг,төг
Хоногт	316800	1671744	110335104
Жилд	115,632 * 10 ⁶	610,186 * 10 ⁶	40,272,312 * 10 ⁶

3.2. Сүхбаатараас Улаанбаатар хэсгийн хооронд илчит тэргээр ачаа тээвэрлэхэд жилд хэрэглэсэн түлшний өртгийн тооцоо

Анхдагч өгөгдөл:

Хэсгийн урт $L=403\text{км}$;

Хоногт явах

галт тэрэгний тоо $N_{\text{илч}} = 8$

2ТЭ116УМ илчит тэрэг нь 60-80 вагон татах буюу дунджаар 4200 тонн ачаа тээвэрлэх хүчин чадалтай. Мөн 530 тн ачаа тээвэрлэлтийн чадвартай ба одоогийн замын аясаас харахад уг илчит тэрэг нь Улаанбаатараас Сүхбаатар хооронд $7,3+0,73=8.03$ цаг ачаа тээвэрлэх буюу 1900 л дизель түлш, 754 л масло, Сүхбаатараас Улаанбаатар хооронд $9,75+0,73=10,48$ цаг ачаа тээвэрлэх буюу 4400 л дизель түлш, 1746 л масло тус тус зарцуулж байна. Ачаа тээвэрлэлтийн хэмжээ нь өдөрт 16800 тонн, хоногт 33600 тонн, жилд 12 сая 264 мянган тонн байгаа.

Өнөөдрийн байдлаар УБТЗ-ын Зүтгүүрийн депо нь 1л дизель түлшийг 1600 төгрөгөөр, 1 л маслыг 1700 төгрөгөөр тус тус худалдаж авч байна.

Дараах хүснэгтэнд 2ТЭ116УМ илчит тэргийн 12 сая 264 мянган тонн ачааг жилд тээвэрлэхэд зарцуулах түлш болон маслын өртгийг тооцож гаргая.

Хүснэгт 9

Цахилгаан зүтгүүрийн жилд хэрэглэх цахилгаан эрчим хүчний тооцоо

	Илчит тэргэний тээвэрлэх ачааны дундаж жин,тн	Илчит тэргэний хэрэглэх түлш/масло	
		Хэмжээ,л	Өртөг,төг
Хоногт	33600	25200/10000	57320000
Жилд	12,264 * 10 ⁶	9198000/3650000	20921,8 * 10 ⁶

3.3. Илчит тэргэнээс цахилгаан зүтгүүрт шилжиж ачаа тээвэрлэхэд хэмнэх зардал

Дээрх тооцоог үндэслэн дараах хүснэгтэнд цахилгаан зүтгүүр, илчит тэргэний 1тн ачааг тухайн хэсэгт тээвэрлэхэд гарах зардлыг тооцож гаргая. Цахилгаан зүтгүүр, илчит тэргэний 1тн ачааг тээвэрлэхэд зөвхөн энергийн эх үүсвэрээс хамаарч гарах зардал

/Хүснэгт 10/

Төрөл	Сүхбаатар-Улаанбаатар хэсгийн хооронд 1тн ачаа тээвэрлэхэд зарцуулах түлш, масло болон ЦЭХ-ний өртөг,төг
Цахилгаан зүтгүүр	348,28
Илчит тэрэг	1705,95

Сүхбаатараас Улаанбаатар хэсгийн хоорондох ачаа тээврийг илчит тэрэгнээс цахилгаан зүтгүүрт шилжүүлэхэд зөвхөн энергийн эх үүсвэрээс нь хамааруулан 1тн ачаанаас хэмнэх зардал дараах хэмжээтэй байна.

$$\Delta_{\text{хэм}} = C_{\text{И.т}} - C_{\text{цах}} = 1705,95 - 348,28 = 1357,67 \text{ төг}$$

V. СҮХБААТАРААС УЛААНБААТАР ХЭСГИЙН ТӨМӨР ЗАМЫН ЦАХИЛГААНЖУУЛАЛТЫН ТЕХНИК ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮР АШГИЙН ТООЦОО

5.1. Техник эдийн засгийн үр ашгийг тооцох

Хоёр сонголт дээр харьцуулж үзье. 1-рт одоогийн УБТЗ буюу цахилгаанжуулаагүй хэсэг, 2-рт цахилгаанжуулсан хэсэг хэмээн үзье.. Мэдээж төмөр замыг цахилгаанжуулах нь нийгэм, эдийн засгийн аль ч талаараа илүү байгаа нь дээрх тооцооноос харагдаж байна.

ОХУ-ын “Трансэлектромонтаж” ХК-ны 2013 онд гаргасан тооцоогоор 1км урт төмөр замыг КС-160 маркийн контактын сүлжээний иж бүрэн тоноглолоор хийж гүйцэтгэхэд барилга байгууламж, ажиллах хүн хүчний цалин хөлс, машин механизмын нийт зардалд 9,3 сая рубль, контактын сүлжээний иж бүрэн тоноглол, тоног төхөөрөмж, нэвтрүүлэх дэд станцын зардалд 0,54 сая рубль, татах дэд станцын зардалд 408,75 сая рубль гэж тус тус гарсан.

5.2. Сүхбаатараас Улаанбаатар хэсгийн 403км төмөр замыг цахилгаанжуулах нийт өртөг

ОХУ-ын “Трансэлектромонтаж” ХК-ний гаргасан дээрх тооцоогоор нийт өртгийг тооцож гаргая.

$$K_{\text{нийт}} = C_{\text{тон.т.т}} + C_{\text{бар}} + C_{\text{тат.д.с}} + K_{\text{зүт.парк}} = 6575,52 \text{ сая руб}$$

Үүнд: $K_{\text{нийт}}$ – Цахилгаанжуулах хэсгийн нийт өртөг;

$C_{\text{тон.т.т}}$ – Контактын сүлжээний иж бүрэн тоноглол, тоног төхөөрөмж, нэвтрүүлэх дэд станцын нийт өртөг;

$$C_{\text{тон.т.т}} = C_{\text{тон.т.т } 1\text{км}} \times 403 = 217,62 \text{ сая руб}$$

$C_{\text{бар}}$ – Барилга байгууламж, ажиллах хүн хүчний цалин хөлс, машин механизмын нийт зардал;

$$C_{\text{бар}} = C_{\text{бар } 1\text{км}} \times 403 = 3747,9 \text{ сая руб}$$

$C_{\text{тат.д.с}}$ – Татах дэд станцын нийт өртөг; $C_{\text{тат.д.с}} = C_{\text{тат.д.с } 1}$ $\times 4 = 1635$ сая руб

$K_{\text{зүт.парк}}$ – Цахилгаан зүтгүүр болон паркийн өртөг; $K_{\text{зүт.парк}} = K_{\text{зүт.парк } 1} \times 13 = 975$ сая руб

Цахилгаан зүтгүүр болон зүтгүүрийн паркийн өртгийг дараах байдлаар тодорхойлно.

$$K_{\text{л}} = M \cdot C_{\text{л}}$$

Үүнд: M - зүтгүүрийн нийт тоо

$C_{\text{л}}$ - нэг зүтгүүрийн үнэ

Зүтгүүрийн паркийг нэг зүтгүүрийн эргэлтийн хэмжээний тоон хугацаанд үндэслэн тооцдог.

Үүнд: $t'_{\text{см}}$ - дундаж хугацаа (цахилгаан = 0.33 нь) зүтгүүрийн багийн өөрчлөлт;

K 1 эргээд өөрийн зүтгүүр ийм ээлжээр тоо нь (цахилгаан $K = 8$).

$$t_{\text{см}} = 2,64 \text{ цаг}; N_{\text{гр}} = 24; M = 13; C_{\text{л}} = 75 \text{ сая. руб. } K_{\text{л}} = 13 \cdot 75 = 975 \text{ сая. руб.}$$

5.3. Нийт хөрөнгийн эргэн төлөгдөх хугацааг тодорхойлох

Энэ хугацаа нь анхны хөрөнгө оруулалтыг ямар нөхцөлөөр авахаас хамаарч янз бүр байна. Мөн тээвэрлэх ачааны хэмжээнээс шууд хамааралтай юм.

Нийт хөрөнгийн эргэн төлөгдөх хугацааг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$T_{\text{эрг./м}} = \frac{K_{\text{нийт}}}{\Delta \mathcal{E}_{\text{хэм}} \times G_{\text{нийт}}}$$

Хүснэгт 11

Нийт хөрөнгийн эргэн төлөгдөх хугацаа

Төлөвлөгөө	Он										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
$G_{\text{нийт}}$ Тухайн хэсэгт 1 жилд тээвэрлэх ачааны нийт хэмжээ, сая тн	12,264	13,757	15,433	17,313	19,421	21,787	24,441	27,418	30,757	34,504	38,706
$T_{\text{эрг./м}}$ Нийт хөрөнгө оруулалтын эргэн төлөгдөх хугацаа, жил	20,5	18,3	16,3	14,5	12,9	11,5	10,3	9,1	8,1	7,3	6,5
$\mathcal{E}_{\text{хэм}}$ Нэг жилд хэмнэх хэмнэлтийн нийт хэмжээ, сая төг	16,650	18,678	20,953	23,505	26,368	29,580	33,183	37,224	41,758	46,845	52,550

Нийт хөрөнгө оруулалтын эргэн төлөгдөх хугацаа багасах боломжтой тохиолдлуудыг дурдъя.

1. Ачаа тээврийн ашгийг тооцох
2. УБЦТС ХК-с авах ЦЭХ-ний үнийг бууруулж авах
3. Ашиглалтын үйл ажиллагааны зардлыг багасгах

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд бид төмөр замын ачаа тээвэр болон зорчигч тээврийн тоо хэмжээг үндэслэн хийлээ. Уг судалгааны ажилд төмөр замын ачаа тээвэр сүүлийн 5 жилийн дотор нилээд өссөн байсан. Иймд түүний тээх нэвтрүүлэх чадварыг нэмэгдүүлэх; Харин зорчигч тээврийн тоо хэмжээ эсрэгээрээ авто тээвэртэй холбоотойгоор буурсан

үзүүлэлттэй гарсан тул галт тэрэгний хурдыг нэмэгдүүлж, тав тухтай байдлыг сайжруулах шаардлагатай болоод байна. Эдгээр асуудлууд цогцоороо шийдэгдэх шийдэл бол цахилгаанжсан төмөр зам юм.

Төмөр замын хувьсах гүйдлийн 3 системээс харьцуулалт хийн 94кВ-н системийг сонголоо. Энэ систем нь бусад системтэй харьцуулбал дэд станцуудын тоо цөөн, дэд станцуудын зай хол боловч хүчдэлийн түвшин өндөр тул алдагдал багатай. Мөн хамгийн гол үзүүлэлт болох бүтээн байгуулах өртөг бага байдаг онцлогтой. Харин сул тал нь суурилагдсан чадлаараа бусад системүүдээсээ бага байдаг боловч монгол орны төмөр замын онцлогийг харгалзан бүрэн тохирно гэж үзлээ.

Сүхбаатараас Улаанбаатар хүртэл цахилгаанжуулалтын тооцоог хийхэд замын хэвгий, тухайн газар нутгийн байгаль цаг уур буюу агаарын температур, чийгшил, газар зүйн онцлог зэргийг судалж тооцоог хийлээ. Математик тооцооллын дүнд тулгуурын алслалт нь шулуун хэсэгт 70км, зиг заг буюу тахир тойруу хэсэгт 54км, тулгуурын марк: СС136.6-2.1; дамжуулагчийн марк М-95+МФ-100

зэрэг үндсэн эд ангиуд тооцооны үр дүнгээр сонгогдлоо.

Эдийн засгийн тооцоог дизель зүтгүүр болон цахилгаан зүтгүүрийн тээвэрлэлтийн үеийн ашиглалтын зардалыг харьцуулан хийхэд 1тн ачаа тутмаас 1357.67 төгрөг хэмнэгдэж эргэн төлөгдөх хугацаа нь өнөөгийн ачааны хэмжээгээр тооцоход 20.5жил гарлаа

ДУЛААНЫ ДЭД СТАНЦЫН ТОНОГЛОЛЫН АШИГЛАЛТЫН ҮР АШГИЙН СУДАЛГАА

Б.Цэрмаа*, Б.Намхайням*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Улаанбаатар хотын хөгжил түүний дотор барилгажилт 2003 оноос хойш эрс хурдсаж, орон сууц нийгэм ахуйн шинэ хороололын суурь тавигдаж, улмаар дулааны эрчим хүчний хэрэгцээ улам бүр нэмэгдэж эхэлсэн [1].

Энэ утгаараа дулаан хангамжийн системд хэрэглэгчдийн ая тухтай, таатай байдлыг хангах зорилгоор нэг болоод хэд хэдэн барилгыг хамарсан дулааны дэд станцын горим ажиллагаа чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.

Дулаан хангамжийн системийн хэрэглэгчийн оруулга буюу дулааны дэд станцын үр ашигтай ажиллах гол хүчин зүйл бол суурилагдсан тоног төхөөрөмжийн оновчтой сонголт буюу өөрөөр хэлбэл хүчин чадлын хүрэлцээтэй эсэх асуудал чухал нөлөөтэй байдаг.

Иймд тус өгүүлэлд бодит объект сонгон суурилуулсан тоноглолын хүчин чадлын оновчлолд дүн шинжилгээ хийв.

Түлхүүр үг. Ялтсан дулаан солилцуур, дулааны ачаалал, зарцуулалт.

ОРШИЛ

Дулааны дэд станцад хэрэглэгчийн хэрэгцээ шаардлагад тохируулан халаалт болон хэрэгцээний халуун усны температурыг тохируулж дулааныг түгээх бөгөөд найдвартай ажиллагаа, түгээж буй горим нь тухайн дэд станцын тоноглолын хүчин чадал болон ашиглалтын нөхцөл байдлаас шууд хамааралтай байдаг.

Хэрэв хүчин чадалд тохироогүй тоноглол суурилуулсан бол хэрэглэгчийг шаардлагат дулаанаар хангаж чадахгүй нөгөө талаас хүчин чадал өндөртэй тоноглол суурилуулсан бол эрчим хүчний зарцуулалт их хөрөнгө оруулалт болон ашиглалтын зардал өндөр гарч болзошгүй, үүнд үнэлэлт дүгнэлтийг тухай бүрт хийж тоноглолын ажиллагааны горимд байнга анхаарч байх шаардлагатай.

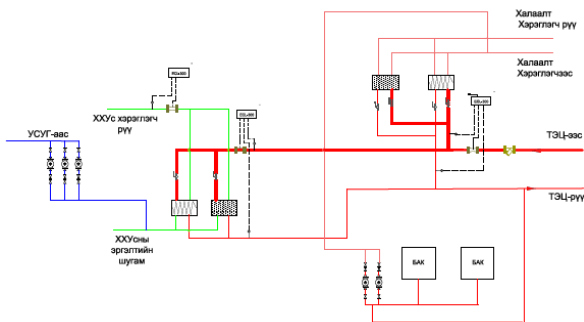
Иймд тус судалгааны ажлаар төв түгээх төвийн харьяа 54-р УДДТөвийг сонгон авч хүчин чадлын тооцоог хийж дүгнэлт гаргав.

Судалгаа явуулсан объект:

СБДүүрэг 3-р хорооны нутаг дэвсгэрт байрлах 54-р УДДТөв нь 2,18 Гкал цагийн ачаалалтай. Тус дэд станц нь Улаанбаатар хотын бусад дэд станцыг бодвол халаалт болон хэрэгцээний халуун усыг халааж буй

тусдаа тоолууртай мөн халаагдаад гарч буй хэрэгцээний халуун усны тоолууртайгаараа бусад ус дулаан дамжуулах төвийг бодвол онцлог ач холбогдолтой юм.

- Халаалтын ачаалал: $Q_{\text{хал}} = 2,0$ Гкал/ц
- ХХУсны /хэрэгцээний халуун ус/ ачаалал: $Q_{\text{хху}} = 0,18$ Гкал/ц



Зураг 1. Дулааны дэд станцын зарчмын схем

Туршилт судалгаа явуулсан хугацаа:

Туршилтыг харьцангуй хүйтэн буюу 2018 оны 11 болон 12 дугаар сард хийж гүйцэтгэв.

Туршилтанд ашигласан багаж хэрэгсэл:

- Multical 602 тоолуурын бичилтийг тусгай багаж ашиглан нэгдүгээр контурын сүлжээний өгөх болон буцах усны температур, хэрэглэсэн дулаан, зарцуулалт зэргийг авсан.

- Харин хоёрдугаар контурын температурыг автомат удирдлагын төхөөрөмжийн тусламжтайгаар 30 минут тутамд авав.

Судалгааны ажлын зорилго:

Тус судалгааны ажлын хүрээнд дараах хоёр зорилгыг дэвшүүлсэн болно. Үүнд:

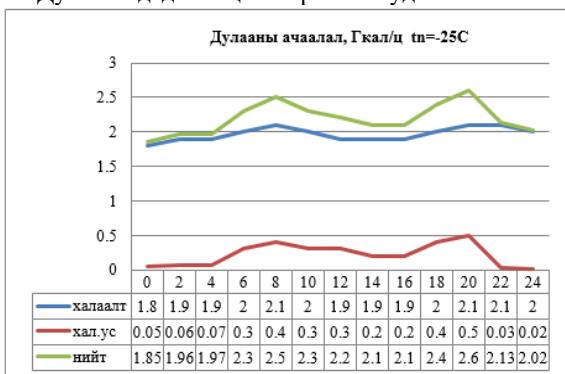
- ДДСтанц дээр суурилагдсан халаагууруудын чадлын сонголт, түүний бодит байдалд хэрхэн нийцэж буйг үнэлэх.

- ДДСтанц дээр гүйцэтгэж буй дулаан түгээлтийн горимыг судлах, ямар дутагдал оршиж буйг тогтоох

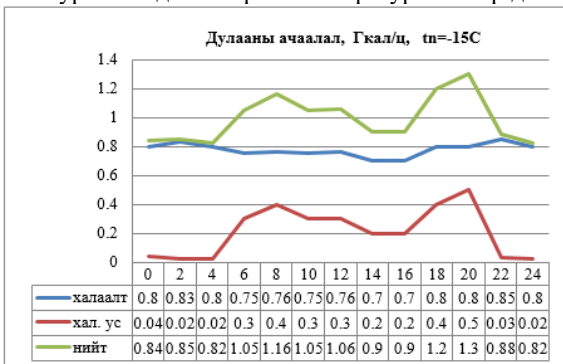
Судалгааны I чиглэл:

Тус судалгааны ажлаар 2017-2018 оны халаалтын улиралын үргэлжилэх нийт хугацаан дахь үр дүнг боловсруулсан. Үүний тулд гадна агаарын температур $t_n +2^{\circ}\text{C}$; -15°C ; -30°C ; байх үед горимын заалтуудыг графикаар үзүүлэв.

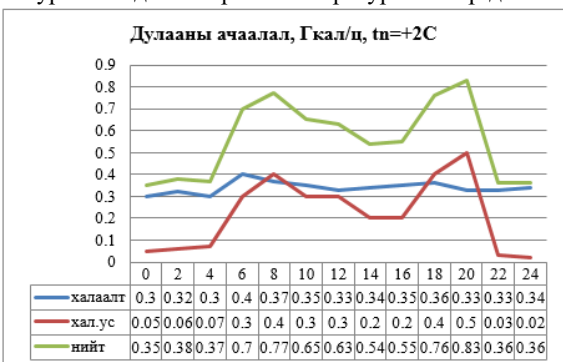
Дулааны дэд станцын горимын судалгаа:



Зураг 2.Гадна агаарын температур -25°C үед



Зураг 3.Гадна агаарын температур -15°C үед



Зураг 3.Гадна агаарын температур +2°C үед

Сүүлийн жилүүдийн судалгааны үр дүнгээс харахад халаалт ба хэрэгцээний халуун усанд халаагууруудын хамгийн их буюу (max) ачаалал, суурилагдсан хүчин чадлын 80%-д хүрч байсан байна.

Эндээс харахад чадлын сонголтод харьцангуй өндөр байсан гэсэн дүгнэлт өгөхөөр байна. Хэрэв халаагуурын дулаан солилцоонд гадаргуу бохирдол багатай байсан бол ачааллын хувь 70% байх магадлалтай байв.

Халаагуурын чадал ашиглалтын хувь:

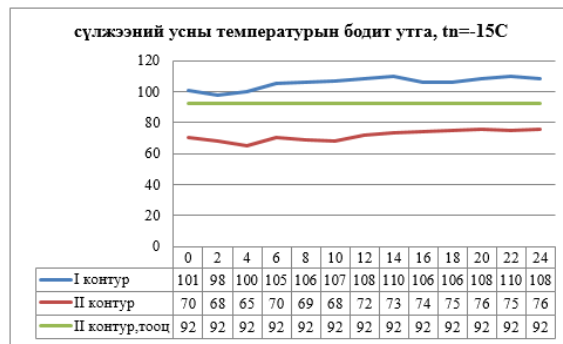
$t_n = -25^\circ\text{C}$ байхад 60%

$t_n = -15^\circ\text{C}$ байхад 24%

$t_n = +2^\circ\text{C}$ байхад 7,5% байна.

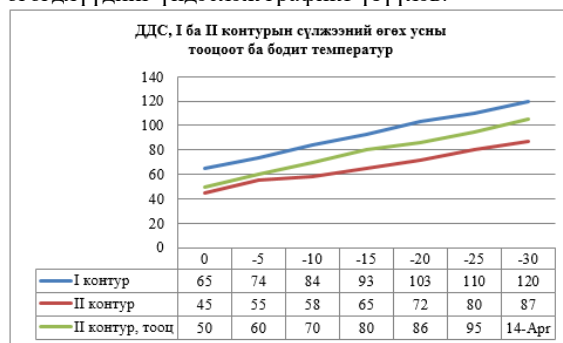
Судалгааны II чиглэл:

ДДСтанцын 1 ба 2-р контурын сүлжээний өгөх усны температур гадна агаарын температурын янз бүрийн утганд ямар зөрүүтэй байгааг судлав. Жишээ болгон $t_n = -15^\circ\text{C}$ байх үед 1 ба 2-р контурын сүлжээний өгөх усны температурын ялгавар ямар байсныг графикаар үзүүлэв.



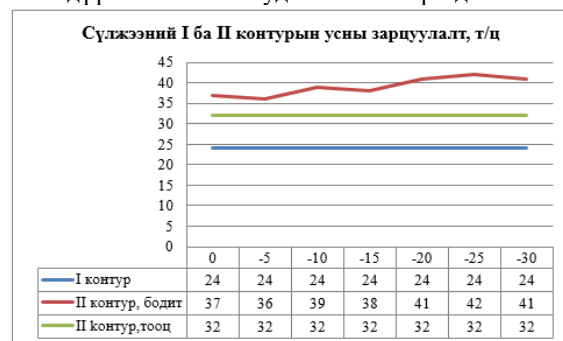
Зураг 4.Гадна агаарын температур -15°C үе дэхь сүлжээний 1 ба 2 дугаар контурын температурын утга

Тооцоо ёсоор зөрүү нь $\tau_1 - \tau_{01} = 15^\circ\text{C}$ байх ёстой атал $30 \div 32^\circ\text{C}$ байна. $\Delta\tau = \tau_1 - \tau_{01}$ -ын гадна агаарын температурын янз бүрийн утганд, өөрөөр хэлбэл хавар, намар, өвлийн улиралд ямар байсныг хэмжилтийн өгөгдлүүдийг үндэслэж графикт үзүүлэв.



Зураг 5.Гадна агаарын температураас хамаарсан сүлжээний нэг ба хоёрдугаар контурын температурын утга.

Дээрх графикаас харахад $\tau_1 - \tau_{01}$ -ын зөрүү 38°C байна. Энэ нь II контурт холбогдсон хэрэглэгчдэд тооцоогоор өгөх ёстой дулаан бүрэн хангагдахгүй байгаа шалтгаан болж байна. Дутуу түгээлтийг нөхөхийн тулд II контурын усны зарцуулалтыг байнга нэмэгдүүлж байсан нь судалгаанаас харагдав.



Зураг 6.Гадна агаарын температураас хамаарсан сүлжээний нэг ба хоёрдугаар контурын зарцуулалтын утга.

Эндээс харахад сүлжээний усны зарцуулалтыг дунджаар 25%-иар тогтмол өсгөсөн тоон үзүүлэлттэй байна. Үүнээс шалтгаалан хорёдугаар контурын усны насосны цахилгааны хэрэглээ багаггүй хэмжээгээр нэмэгдэж байна.

Дээрх судалгааг үндэслэн дараах дүгнэлтэд хүрэв. Үүнд:

1. Дулаан түгээлтийн грхафикийг нарийн чанд мөрдөх.
2. Халаагууруудын дулаан солилцуурын гадаргууг бохирдуулахгүй цэвэр байлгах.
3. Халаагууруудын чадлыг хэт өндөр сонгох байдлыг өөрчлөх шаардлагатай болох нь тогтоогдов.

1. <https://www.dulaan.mn/>
2. Б.Намхайням “Дулаан хангамжийн систем” УБ, 2015он, (Гурав дахь хэвлэл).
3. www.danfoss.com
4. <https://www.parametr.mn/>
5. Ус дулаан дамжуулах 54-р төвийн параметр, горим ажиллагааны материал, 2018он.

УХААЛАГ СҮЛЖЭЭН ДЭХ МИКРОГРИД КОНТРОЛЛЁР УДИРДЛАГЫН СУДАЛГАА

Б.Энхжаргал*, Б.Загдхорол*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Ухаалаг сүлжээний микрогрид контроллёр нь сэргээгдэх эрчим хүчийг эрэлт хэрэгцээндээ тохируулан удирдлагын программыг өөрчлөх, хянах, сэлгэн залгах, сүлжээний найдваржилтийг дээшлүүлэх боломжтой юм. Иймээс нарны цахилгаан станцын гол PV төхөөрөмжийн МРРТ-ын гаралтаас микрогрид контроллёрт хэрхэн нөлөөлж буйг авч үзсэн.

Түлхүүр үгс. Ухаалаг эрчим хүчний систем, микрогрид контроллёр, Нарны PV модуль, МРРТ-хамгийн их чадалд чиглүүлэх.

ОРШИЛ

Эрчим хүчний салбарын технологи асар хурдацтай хөгжиж буй өнөө үед Ухаалаг сүлжээ (Smart grid) нь маш хурдан бодит амьдрал дээр хэрэгжиж эхлээд байна. Ухаалаг сүлжээг ашигласанаар эрчим хүчний салбар төдийгүй эдийн засаг, байгаль орчинд ээлтэй, найдвартай, хүрэлцээтэй үр ашигтайгаар зохицуулах боломжтой юм. Ерөнхийдөө ухаалаг сүлжээ нь уламжлалт болон сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсгүүрээс хэрэглэгч хүртлэх цахилгаан энергийг алдагдал багатайгаар, шугам, дэд станц, хувиарлах байгууламж зэрэг тоног төхөөрөмж ашиглан инновацийн шийдэлтэйгээр цахилгаан энергийг дамжуулах явдал юм [6].

Ухаалаг сүлжээ нь төвлөрсөн бус сэргээгдэх эрчим хүч болох (Нар, Салхи, Усан ЦС гэх мэт) олон жижиг ханган нийлүүлэгчтэй мөн эрчим хүчээр хангах шаардлагатай цахилгаан тээвэр, хөдөө аж ахуй, тээврийн хэрэгсэл, айл өрх зэрэг хэрэглэгчдийг эрчим хүчээр хангах ба цахилгаан хэрэглэгчийн тоо нь өдрөөс өдөрт өсөн нэмэгдсэн байна [1]. Энэ нь эрчим хүчний системийг илүү уян хатан инновацийн шийдэлтэйгээр шинэ шаардлагад нийцсэн байх шаардлагыг бий болгож байгаа юм. Монгол улсын хувьд уламжлалт эх үүсвэрүүдийн тоног төхөөрөмж 40-60 жил ашиглагдаж байгаа нь станцын тоноглолын хуучрал, системийн алдагдалд нөлөөлөх эрсдэлтэй байгаа юм. Иймээс ухаалаг сүлжээг хөгжүүлсэнээр системийн ачааллыг багасгах төдийгүй эко орчинг бүрдүүлэх, эрчим хүчийг жигд хувиарлах, түгээх, хянах боломжтой юм [7].

Ухаалаг сүлжээ ба түүний стандарчлал инновацийн шийдэл

Ухаалаг сүлжээнд эрчим хүч, мэдээлэл холбоо, мэдээллийн технологи зэрэг сүлжээний системүүд орно. Үүнд:

- Хяналт удирдлага мэдээллийн систем (SCADA), Эрчим хүчний удирдлагын систем (EMS), Дэд станцын автоматжуулалт (SAS, DCS, HMI), Түгээх сүлжээний менежментийн систем (DMS), Төвлөрсөн кибер аюулгүй байдлын удирдлага, хамгаалалтын систем (SDM) гэх мэт автоматжуулалтын шийдлүүд орно [6].
- Эрчим хүчний системийн мэдээллийн сүлжээнд өндөр хурдны интернет TCP/IP, WAN зэрэг сүлжээг ашиглан алсаас удирдах, удирдлагын сүлжээний системүүдийг хянах боломжийг олгодог [6].

Ухаалаг сүлжээн дэх Микрогрид

Микрогрид гэдэг нь сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэр дээр суурилсан нар, салхи, уснаас цахилгаан энерги гарган авах түүнийг ухаалгаар удирдаж хянаж, зарцуулах боломжтой бие даасан эрчим хүчний системтэй сүлжээ юм. Энэхүү эрчим хүчний сүлжээ нь өөрийн цахилгаан энерги гарган авах үүсгүүртэй, мөн түүнийг хадгалах баттерейтай өөрийн хэрэглээ дутсан үед төвийн эрчим хүчний системээс цахилгаан энерги худалдан авах болон өгөх боломжтой харилцан үйлчлэлтэй (Hybrid) хосолсон системтэй байдаг [3].



Зураг 1. Микрогрид контроллёр сүлжээнд холбогдох үеийн шилжилтийн хугацаа

I. МИКРОГРИДЫН СҮЛЖЭЭНИЙ ТОГТОЛЦОО. Микрогрид сүлжээний бүтэц, бүрдэл хэсэг:

- Сэргээгдэх эрчим хүчий үйлдвэрлэлт
- Дэд станц
- Диспетчерийн зохицуулалт
- Микрогрид контроллёр
- Цахилгаан дамжуулах сүлжээ
- Цахилгаан түгээх сүлжээ

- Идэвхитэй хэрэглэгч ба эрэлт хэрэгцээ
- Эрчим хүч хадгалах батерейн систем

СЭХ-ний Үйлдвэрлэлт – Орчин үеийн интернет технологийн тусламжтайгаар энергийн хуримтлал, үйлдвэрлэлтийн түгээлт, сэргээгдэх эрчим хүчний үүсгэвэрийг цогц болгох, эрчим хүчний системийн удирдлага болон хяналтын ухаалаг хэрэгслийг ашигласнаар эрчим хүчний үйлдвэрлэлтийн эдийн засгийн хэмнэлт болон найдвартай үйл ажиллагааг хангах [4].

Цахилгаан дамжуулах сүлжээ нь удирдлагын болон эрчим хүчний үйлдвэрлэлт цахилгаан энергийн дамжуулалтын найдваржилтыг хангах зорилгоор шинэ тоног төхөөрөмж болон шинэ технологи (FACTS, PMU) ашигласнаар удирдлага болон шугам сүлжээнд горимын өргөн хүрээний үнэлгээ явуулах болон автоматикийн найдвартай ажиллагаа болон түүний удирдлагыг бүрэн шийдэх.

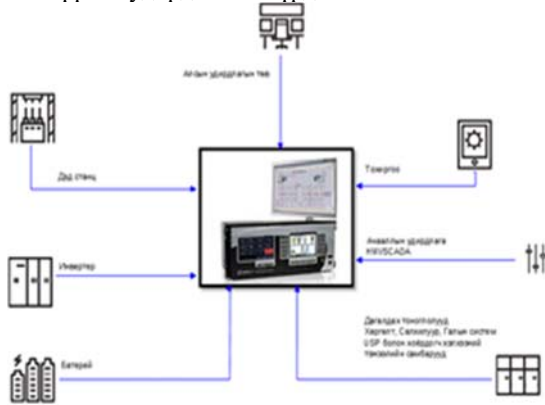
Микрогрид контроллэрын гол үүрэг нь микро түвшин хил хязгаар доторх нөөц цахилгаан үүсгүүрийг удирдах, хянах, уг төхөөрөмжтэй харилцан холболт хийх, хэвийн үйл ажиллагаанд хяналт хийж удирдахад ашиглагдана.

Микрогрид болон хэрэглэгч 2-ын хоорондын харилцан үйлчлэлийг контроллёр ба дамжуулах системийн Скадагаар удирдах боломжтой.

Идэвхитэй хэрэглэгч – эрчим хүчний тооцоо болон хяналт, эрчим хүчний хэрэглээний зохицуулалт, ачааллын удирдлага тэр тусмаа аваарийн нөхцөлд өөрөө удирдан сэргээх ухаалаг системийн тоноглол. Өөрөө өөрийгөө хангах, хянах, зохицуулах идэвхитэй буюу ухаалаг хэрэглэгч юм

Дэд станц нь – дэд станцын удирдлага болон найдвартай ажиллагааг хангах зорилгоор мэдээлэл болон оношлогоо ба орчин үеийн цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийг ашигласан, хянах аргуудыг зориулалтаар тавигдсан бүрэн автомат цогцолбор юм [3].

Цахилгаан түгээх сүлжээ – орчин үеийн мэдээлэл, компьютерын болон интернет технологи ашигласан микропроцессорт суурилсан түгээх сүлжээний хамгаалалт болон автоматикийн найдвартай ажиллагаа болон түүний удирдлагаас бүрдэнэ.



Зураг 2. Эрчим хүч хадгалах төхөөрөмжид зориулсан сэргээгдэх эрчим хүчний станцын болон инвертерийн контроллёр

Одоогийн байдлаар судалгаа маань микрогридын дамжуулах системийн менежментийн гол элемент болох контроллёр луу чиглэж байгаа юм. Энэхүү судалгааны ажил нь микрогрид контроллэрын

цахилгаан энергийг орон нутгийн түвшинд сэргээгдэх эрчим хүчийг ашиглаж цахилгаан энергийг хувиарлах удирдах ирээдүйд нэгдсэн сүлжээнд холбож өгөх хосолсон системтэйгээр ажиллах боломжтой цахилгаан холбооны салшгүй нэг хэсэг болох юм.

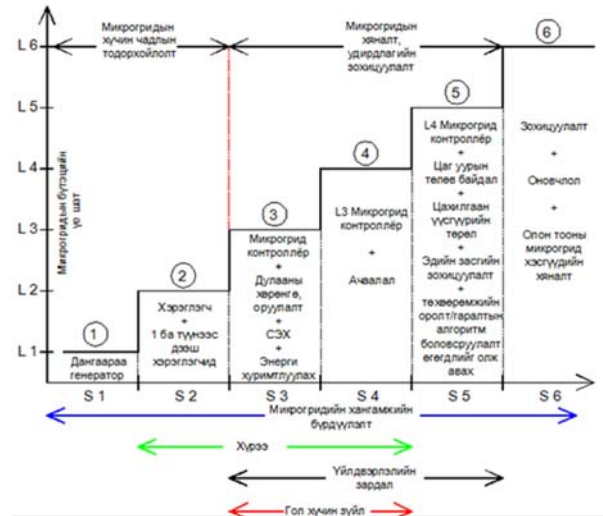
Микрогрид контроллёр нь: Цахилгаан энергийг автоматаар хянах, зарцуулах буюу төрөл бүрийн технологийн процессыг автоматжуулахад ашигладаг дижитал компьютер юм. Энэхүү контроллёр нь уламжлалт төхөөрөмжүүдийг халж шинэ эринд ухаалаг сүлжээний тархи нь болж байгаа юм.[4]

Микрогрид контроллёр нь өгөгдлийн боловсруулалтыг нэг ба өөр өөр төрлийн 4 процессорын горимын ажиллагааг хангахаас гадна зэрэгцээ ашиглах боломжтой байдаг. Жишээлбэл:

- Толгой нэг контроллёртой дотооддоо өөр өөр төрлийн процессорын модулуудын төхөөрөмж хооронд өгөгдлийг асар хурдтай солилцуулах
- Системийн бүтээмжийг ихэсгэж, төв процессоруудын хооронд алгоритмийг хуваарилан хувааж өгсөнөөр хурдан үйлчлэлийг хангадаг.

Энэ нь бүхэлдээ микрогрид контроллёр төдийгүй бүх контроллэрын найдвартай, аюулгүй ажиллагааны үзүүлэлтийг баттай хангаж өгдөг [5]. Контроллёр нь ethernet, CAN open, PROFIBUS-DP, MODBUS, CC-Link, AS-interface зэрэг стандартын протоколыг ашиглан оролт/гаралтын модулийн төхөөрөмж, станцуудтай холбогдож тархмал бүтэцтэй удирдлагын системийг байгуулах, төвлөрүүлэх боломжтой.

Энэхүү сүлжээг ашигласанаар өгөгдлийг 25 Мбайт/сек хурдтай дамжуулах боломжтой ба дамжуулалтын алс зай нь 30км хүртэл байна. Микрогрид контроллёр нь иж бүрэн эрчим хүч хадгалах системийн хувьд хяналт, удирдлагыг дангаар гүйцэтгэдэг ба тухай төслийн шаардлагуудад нийцүүлэн цахилгаан энергийг хуримтлуулах бүх төрлийн хэрэглээнд тохирсон хяналт, удирдлагаар хангадаг.



Зураг 3. Микрогридын бүтцийн түвшин Микрогрид контроллёрт нөлөөлөх нарны PV модулын MPPT-г чиглүүлэх

Нарны (PV) модуль ашиглан өндөр ачаалалтай хувьсах хүчдэлийн хэрэглэгчийг тэжээх үед хувиргагчийн оролтын гүйдэл, хүчдлийг цаг уурын нөхцөл байдлаас хамаарч дундаж утгаар сонгодог [2]. MPPT удирдлага нь нарны тусгалын оргил цагийг

тодорхойлж, нарны эрчим цаг уурын нөхцлөөс хамаарч инвертерийн гаралтын хүчдлийг тогтмол барьж байх үүрэгтэй. Сүлжээнд цахилгаан энергийг дамжуулах, нийлүүлэх үед 2 чиглэлт тоолуураар хянадаг.

НЦС-ын (PV) модуль ба тоног төхөөрөмжийн холболтыг дараах байдлаар ангилна.

- a) Төвлөрсөн инвертерт станц
- b) Цуваа холболттой (string)
- c) Олон хэлхээт холболт (multi string)
- d) Нэгдсэн холболттой инвертерүүд

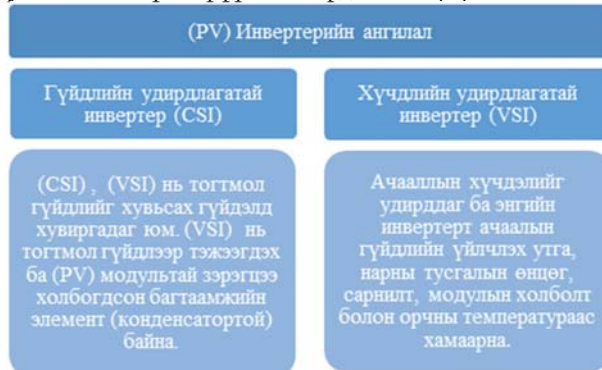
MPPT нь нарны энерги (PV) модуль дээр тусгах гэрлийн урсгалын хамгийн чадлын цэг рүү чиглүүлдэг. MPPT нь механикаар чиглүүлдэг систем биш харин тодорхой алгоритм рүү чиглэсэн хяналт удирдлагын систем дээр суурилож ажилладаг. MPPT-г механик хяналтын системтэй хамт хэрэглэж болох хэдий ч энэ хоёр систем нь хоорондоо ялгаатай байдаг.

Нарны цацрагийн эрчим, орчны нөлөөллөөс болж удирдах гүйдэл нь богино залгааны гүйдэлтэй пропорционал байна.

$$I_{MPP} \approx k_z I_{zc} \quad (1)$$

Үүнд: k -пропорционалын коэффициент 0.78-0.92 хооронд байна.

I_{MPP} эгшин зуурын утгыг тодорхойлох, I_{zc} гүйдлийн утгыг зайлшгүй илрүүлэх шаардлагатай [4].

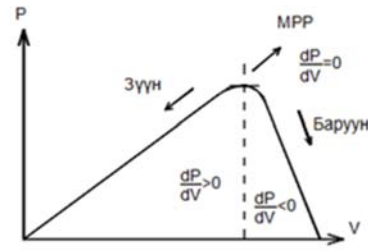


Зураг 5. ТЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллах (PV) инвертерийн дотоод бүтэц, удирдах параметрийн ангилал

MPPT-ын технологийн аргууд

- a) Өөрчлөлтийг ажиглах (цаг тутмын хамгийн их цацрагын туяаг мэдрэх арга)
- b) Дамжуулалтыг нэмэгдүүлэх арга (InCond)
- c) Богино залгааны гүйдлийн импульсийн арга (SC)
- d) Хэсэгчилсэн нээлттэй хэлхээний хүчдэл
- e) Ухаалаг логик
- f) Төвийн системийн сүлжээ
- g) Долгионы хяналт
- h) Хэлхээний хасалт
- i) DC холбоосны конденсаторын хяналт
- j) Хэлхээний ачаалал эсвэл хүчдлийн хамгийн их ачаалал

dP / dV эсвэл dP / dI буцах горимын хяналт [2].



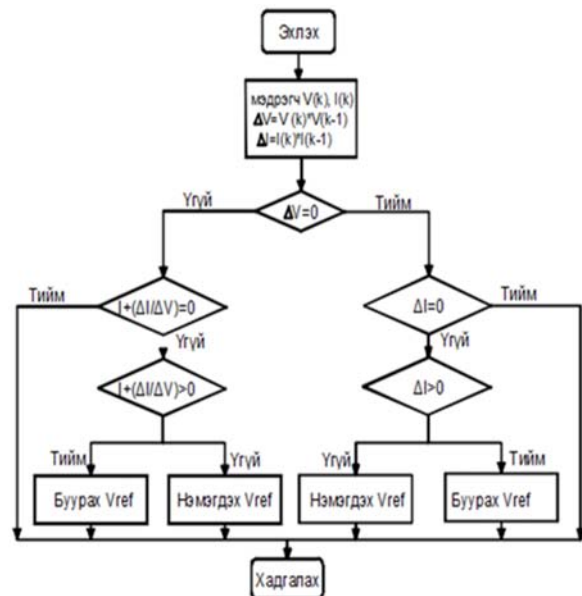
Зураг 6. Нарны (PV) модулийн дамжуулалтын нэмэгдүүлэх үндсэн арга

Дээрх аргуудаас Дамжуулалтыг нэмэгдүүлэх аргын алгоритмыг (PV) модулын гаралтын хүчдэл ба гүйдлийн мэдрэгчийг гаралтын хүчдэлд мэдрүүлэхийн тулд хэрэглэдэг. Энэ аргын алгоритм нь хамгийн их чадалтай байх цэг дэх чадлын өөрчлөлт тэг байх нөхцөлд үндэслэгдсэн [3]. хамгийн их чадалтай цэгээс зүүн, баруун тийш байвал түүнд харгалзах тэгшитгэл дараах байдлаар бичигдэнэ.

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} \text{ MPP} \quad (2)$$

$$- \frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V} \text{ Зүүн}, \frac{dI}{dV} < -\frac{I}{V} \text{ Баруун}$$

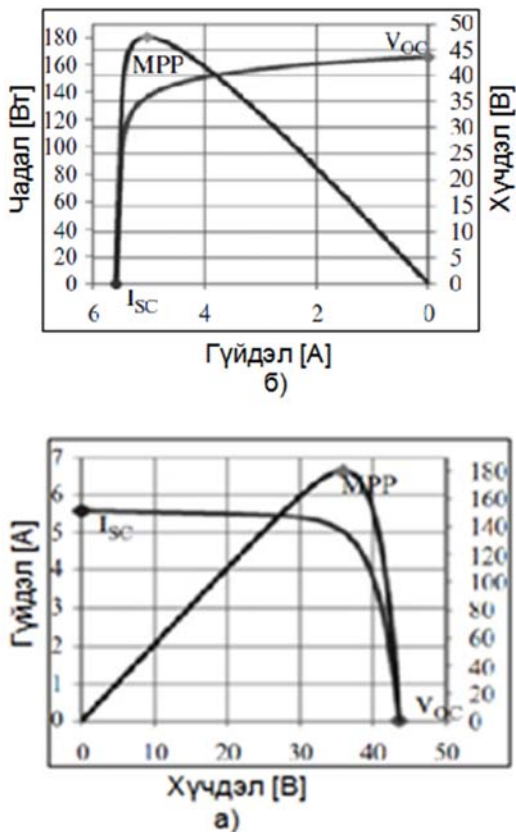
Ингэснээр тухайн нөхцөл дэх (PV) модулын чадлыг тодорхойлох боломжтой болно. (InCond)-ын алгоритмын давуу тал нь цаг агаарын нөхцлийг даган өөрчлөгдөх хурд сайтай. (InCond) нь үндсэн 2 төрөл байдаг. (ICa), (ICb) юм. Эдгээр нь хоорондоо хэмжиж авах параметрын тоо, төрлөөрөө ялгагдана. Хамгийн их чадалд чиглүүлэх (ICb) алгоритм нь тогтмол хүчдэлийн арга болон (ICa) аргуудын нийлбэр арга бөгөөд нарны цацрагын эрчим хэвийн нөхцөл дэх нарны эрчмийн 30% орчим байхад тогтмол хүчдэлийн арга хэрэглэгдэх ба түүнээс дээш тохиолдолд (ICa) алгоритм ашиглагдана [3].



Зураг 7. Дамжууламж нэмэгдүүлэх аргын алгоритм (InCond) Flow chart for incremental conductance algorithm[1]

(InCond)-ын схем нь MPPT-ыг илрүүлэх хурд нь талбайн хэмжээ ба хүчээний өсөлтөөс хамаарна. Цацрагын хурд өөрчлөгдөхөд хамгийн их чадлын

цэгийн чиглэл алдагдана. Гэсэн хэдий ч цацрагын туяа нь өөрчлөгдөхөд (PV)-ын алгоритмүүд даган өөрчлөгдөж байгааг МРРТ-ын хазайлтаас харж болно [1] энэ өөрчлөлт нь зөвхөн хүчдлийн хувиргалтаас шалтгаалж байна.



Зураг 8. а, б (PV) модулийн МРРТ үзүүлэлт

ДҮГНЭЛТ

Ухаалаг сүлжээ буюу СЭХ-ийг контроллэруудын тусламжтай нар, салхи, дизель, усан цахилгаан станцын удирдлагын үүргийг гүйцэтгэж эрчим хүчийг ухаалгаар удирдах, хянах боломжтой. Эрчим хүчний сүлжээнд зайлшгүй шаардлагатай микрогрид контроллер нь ирээдүйн эрчим хүчний чиг хандлагыг тодорхойлж байгаа юм. Нарны PV төхөөрөмж нь

ЗУУРМАГИЙН ХЭВЛЭХ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ПИД УДИРДЛАГА, ТҮҮНИЙ ЗАГВАРЧЛАЛ

Б.Мөнхтуяа*, Б.Бат-Эрдэнэ*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Өнөө цагт хүнсний үйлдвэрлэл орчин үеийн технологүүдыг ашиглан өндөр хурдтайгаар хөгжиж байгаа бөгөөд монгол улс нь хувьд аж үйлдвэрлэл нь хөгжлийн үе шатандаа яваа улс юм. Хүнсний үйлдвэрлэлийн технологийг гар үйлдвэрлэлээс автоматжуулсан системд шилжүүлэх нь тун чухал бөгөөд эдийн засгийн хувьд ашигтай байдаг. ПИД удирдлага нь автомат удирдлагын системд хамгийн нийтлэг хэрэглэгддэг. Аливаа удирдлагын системийг хялбар аргаар симуляц хийхэд Matlab программыг өргөн хэрэглэж байна. Энэ судалгааны

хамгийн их чадалтай цэг рүү чиглүүлсэнээр гаралтын хүчдэл төдий чинээ их байж баланс барьмагц батарей системд хуримтлуулах ажил хийгдэнэ. Энэ нь нарны PV модулын МРРТ-ын үзүүлэлтээс шалтгаалан микрогрид контроллэрын удирдлага мөн цаашлаад сүлжээнд нөлөөлөх ачааллыг багасгах хандлагатай.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Solar PV and Wind energy conversion systems S. Sumathi • L. Ashok Kumar • P. Surekha
2. Efram T, Chapman PL (2007) Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. IEEE Trans Energy Convers 22(2):439–449
3. Jiang A et al (2005) Maximum power tracking for photovoltaic power systems. Tamkang J Sci Eng (2):147–153
4. IEEE power&energy for electric power professionals Microgrid controllers 2017 August/july number 4- 15 volume
5. R. H. Lasseter, et al., "White paper on integration of distributed energy resources, The CERTS microgrid concept." Consortium for Electric Reliability Technology Solutions, pp. 1-27, 2002..
6. Ухаалаг сүлжээ, дижитал дэд станц /Цахилгаан эрчим хүчний хөгжлийн чиг хандлага, дэвшилтэт технологи, инновацийн шийдлүүд /ABB, Г.Амарсайхан
7. "Microgrids for critical facility resiliency in New York State," Final Rep., NYSERDA Rep. 14-36, Dec. 2014.
8. AVA Solar website (2008) IEEE standard for interconnecting distributed resources with electric power systems, New York: IEEE, IEEE Std.1547–2003. <http://www.avasolar.com>. Accessed June 2008
9. Dunlop JP (1997) Batteries and charge control in stand alone photovoltaic systems, Jan 1997 Energy Information Administration website. <http://www.eia.doe.gov>. Accessed June 2008
10. 5-2014 Microgrid Modeling and Grid Interconnection Studies Hira Anna Saleem University of Tennessee - Knoxville, hsaleem1@utk.edu.

ажилд зуурмаг хэвлэх төхөөрөмжийн ПИД удирдлагын загварчлалыг харуулсан. Загварчлалыг гүйцэтгэхдээ Matlab программ ашигласан ба түүний график үр дүнг үзүүлсэн.

Түлхүүр үг. ПИД удирдлага, математик загварчлал, Matlab туршилт, үйлдвэрлэлийн автоматжуулалт, гэдрэг холбоо.

I. ОРШИЛ

Автомат төхөөрөмжүүдийг нэвтрүүлснээр өртөг нь өндөр байдаг боловч тодорхой хугацааны дараа автоматжуулсан төхөөрөмж нь өөрийн өртгөө нөхөхөөс гадна, гологдол гаргах болон бага хугацаанд хүн хүч шаардалгүй олон бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэдэг давуу талтай [1]. Зуурмаг хэвлэх төхөөрөмжийн хувьд хэвлэх үеийн даралтыг оновчлон тогтоох нь цаашдын үйл ажиллагаа, шинэ төхөөрөмж зохион бүтээх, сайжруулах зэрэгт нэн чухал юм [2]. Орчин цагт гэдрэг холбоо бүхий автоматжуулалтын системийн 95 орчим хувь нь ПИД удирдлагын төрөлийг хэрэглэж байгаа ба 1940 оноос эхлэн процессын удирдлагад хэрэглэгдэх хамгийн нийтлэг хэлбэр болоод байгаа юм [3]. Юуны түрүүнд ПИД удирдлагаар процессыг удирдахын тулд тухайн системийн математик функцийг тооцоолох хэрэгтэй. Зуурмагын хэвлэх процессийн туршилтаас гарган авсан үр дүн болох хүснэгт бүхий өгөгдлийг ашигласан материал [2] –аас авсан ба тэрхүү материал дээр туршилт хийж үр дүнт гарган авсан боловч тооцооллын арга нь учир дутагдалтай, цааш автоматжуулалтад хэрэглэх боломжгүй байсан. Иймээс энэхүү ажилд удирдлагын симуляц хийхээс гадна өгөгдлийн хүснэгтээс хамгийн бага квадратын аргаар дахин математик загварчлал хийсэн. Математик загварчлалын нэг буюу олон хүчин зүйлийн загвар гаргах аргаар математик загварчлалыг гарган авч болно [4]. Математик загварчлалыг ПИД удирдлага ашиглан K_p , K_i , K_d коэффициентуудыг өөрчлөн удирдаж ямар нэгэн алдаагүй, богино хугацаанд хурдан ажиллах энгийн ПИД удирдлагыг гарган авна.

II. Процессийн дамжуулалтын функц

Энэхүү судалгааны ажилд хоёр өөр хүчин зүйлүүдийг хамтад нь судлах юм. Түүвэр өгөгдөл нь $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ хэлбэртэй байна. *Регрессийн шинжилгээнд* авч үзэж буй хоёр хувьсагчийн нэг x –г *үл хамааран хувьсагч* гэнэ. Харин нөгөө хувьсагч y –г *хамааран хувьсагч* гэх ба y нь санамсаргүй хэмжигдэхүүн байна [4]. Хамааран хувьсагч y нь β_0 хамааран хувьсагч x –с хэрхэн хамаарч байгаа хамаарлыг бид гаргах юм. Түүврийн өгөгдлийг хамгийн сайн илэрхийлж чадах тэрхүү шулууныг олох түгээмэл хэрэглэгддэг арга бол “хамгийн бага квадратын арга” юм. Шулууныг дараах хэлбэртэй гэж үзье.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2.1)$$

Үүнийг түүврийн регрессийн шулуун гэнэ [4]. Математик шугаман тэгшитгэлийг гар аргаар бодож болох боловч Eviews 3.1 программ дээр бодох нь хялбар байх болно./

Дамжуулалтын функц нь шугаман системийн оролт гаралтын тодорхойлолт юм [1]. Дамжуулалтын функц нь тэг анхдагч нөхцөлтэй, оролтын гаралтын харилцан холбооны Лапласын хувиргалтуудтай холбогддог. Тогтмол шинж чанартай шугаман систем нь дамжуулалтын функцэд $G(s)$ –ээр илэрхийлэгддэг.

$$G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{a_m s^m + a_{m-1} s^{m-1} + \dots + a_1 s + a_0}{s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_1 s + b_0} \quad (2.2)$$

Үүнд $m \leq n$ байна. $G(s)$ –ийн хүртвэрт байгаа тоон утгыг тэгүүд гэх бол хуваарьт байгаа утгыг туйлууд гэнэ [9]. Лапласын хувиргалтыг дифференциал

тэгшитгэлийн тухайн шийдийг олоход өргөн хэрэглэдэг [4].

III. ПИД удирдлага

Гэдрэг холбоотой удирдлага гэдэг нь хэмжилтийн мэдээллийг ашигладаг хяналтын механизм юм. Гэдрэг холбооны удирдлагын системд 2 үндсэн төрлүүд байдаг.

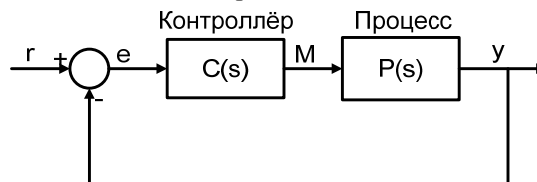
- 1.Эерэг гэдрэг холбоо
- 2.Сөрөг гэдрэг холбоо

Эерэг гэдрэг холбоог оролтын хэмжээг нэмэгдүүлэхэд ашигладаг бол сөрөг гэдрэг холбоог оролтын хэмжээг багасгахад ашигладаг байна. Сөрөг системүүд нь ихэвчлэн тогтвортой байдаг [5]. Пропорциональ-интеграл-дифференциал удирдлага (ПИД удирдлага) нь гэдрэг холбооны удирдлагын арга юм. Энэ аргыг гурван удирдлага бүрдүүлдэг:

- 1.Пропорциональ удирдлага (PC)
- 2.Интеграл удирдлага(IC)
- 3.Дифференциал удирдлага(DC)

Пропорциональ удирдлагын үүрэг нь одоогийн алдаанаас хамааралтай байдаг бол интеграл нь өнгөрсөн, дифференциал нь ирээдүйн алдаанаас хамааралтай байдаг [3].

Энэхүү судалгааны ажлаар бид дараах сөрөг гэдрэг холбооны системийг авч үзнэ.



Зураг 1: ПИД удирдлага бүхий процессын удирдлагын блок диаграмм

ПИД удирдлагын гаралт нь процессын удирдлагын оролттой тэнцүү байх ба контроллэрын гаралтыг дараах байдлаар тооцоолно:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (3.1)$$

Дээрх удирдлагын сигнал $u(t)$ нь процесст оролтоор орж шинэ гаралт $y(t)$ –г гарган авдаг. Шинэ гаралт $y(t)$ нь гэдрэг холбоогоор дамжин хүссэн утгатай харьцуулагдан шинэ алдааны сигнал $e(t)$ –г тооцоолон гаргадаг. Удирдлага нь энэ алдааны сигналыг хүлээн авч удирдлагын оролтыг тооцоолдог. Удирдлагын үйл ажиллагааны явцад дээрх үйлдэл нь дахин дахин давтагддаг.

ПИД удирдлагын дамжуулалтын функц (3.1) нь Лапласын хувиргалтаар хувиргасны дараа дараах хэлбэртэй болдог.

$$K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s} \quad (3.2)$$

Үүнд K_p = пропорциональчлах коэффициент

K_i = интегралчлах коэффициент

K_d = дифференциалчлах коэффициент байна [6].

Автомат удирдлагын чанарын үзүүлэлтийг илтгэх дөрвөн үзүүлэлт байдаг. Үүнд өгсөх хугацаа, хэт тохируулга, тогтворжиж эхэлсэн хугацаа, системийн алдаа зэрэг үзүүлэлтүүд ордог. Эдгээр үзүүлэлтэнд ПИД удирдлага хэрхэн нөлөөлж байгааг доорх хүснэгт 1 –т үзүүлэв.

ПИД удирдлагын чанарын үзүүлэлт [10]

ПИД –ийн коэффициент	Өгсөх хугацаа	Хэт тохируулга	Тогтворжиж эхэлсэн хугацаа	алдаа
П	Буурна	Өснө	Бага өөрчлөгдөнө	Буурна
И	Буурна	Өснө	Өснө	Арилгах
Д	Бага өөрчлөгдөнө	Буурна	Буурна	Өөрчлөгдөхгүй

ПИД удирдлага нь өгсөлтийн хугацааг бууруулах боловч хэзээ ч системийн алдааг арилгаж чадахгүй. K_i коэффициент нь системийн алдааг арилгах боловч энэ нь түр зуурын арга хэмжээг дээшлүүлдэг. K_d коэффициент нь системийн тогтворжилт найдвартай ажиллагааг дээшлүүлдэг мөн хэт тохируулгыг багасгадаг сайн талтай.

IV. Процессын тэгшитгэл болон симуляц

Энэхүү хэсэгт өгөгдөл болгон авсан хүснэгтээ Eviews программ дээр ажиллуулан регрессийн шинжилгээний аргаар тооцоолон, регрессийн тэгшитгэлийг гарган авсан. Дараа нь бид тэгшитгэлийг Лапласын хувиргалт ашиглан процессын Step шинжилгээний үр дүнг гарган авна. Step шинжилгээний үр дүнг ажигласны дараа бид ПИД удирдлага ашиглан процессын хэт тохируулгагүй, аль болох бага тогтворжиж эхэлсэн хугацаа бүхий step шинжилгээний үр дүнг гарган авах болно. Эдгээр симуляцийг бид Matlab програм ашиглан гүйцэтгэнэ.

A. Eviews 3.1 програм

Eviews 3.1 програм дээр процессын туршилтын өгөгдлийг оруулан тооцоолсон бөгөөд програмын оролтын өгөгдлийг зураг 2-т харуулав.

obs	X1	Y
1	0.030000	10.00000
2	0.040000	12.00000
3	0.050000	16.00000
4	0.060000	24.00000
5	0.070000	29.00000
6	0.080000	34.00000
7	0.090000	39.00000
8	0.100000	46.00000
9	0.110000	52.00000
10	0.120000	62.00000
11	0.130000	67.00000

Зураг 2: Програмын оролтын өгөгдөл

Estimation Command:

LS Y X1 C

Estimation Equation:

$Y = C(1)*X1 + C(2)$

Substituted Coefficients:

$Y = 588.1818182*X1 - 11.50909091$

Зураг 3: Програмын үр дүн

Дээрх зураг 3 -аас харахад програмын үр дүн буюу регрессийн тэгшитгэл нь:

$$Y = 588*x - 11.5 \quad (4.1)$$

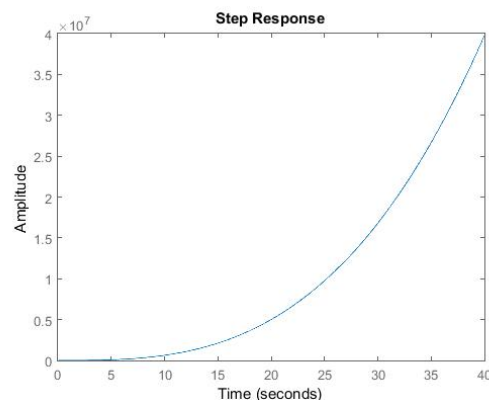
байна. Үүнээс Лапласын хувиргалтыг laplace transform table[8] ашиглан хийснээр (4.1) тэгшитгэл нь:

$$P = \frac{588-11.5s}{s^2} \quad (4.2)$$

болно. Ийнхүү гарган авсан Лапласын хувиргалтын үр дүн болох (4.2) –г Matlab програмчлал дээр ашиглах болно.

B. Matlab программ

Доорх графикаас харахад функц нь тасралтгүй өссөн график байгаа бөгөөд бид M файл бичин ПИД удирдлагын коэффициентүүдийг өөрчлөн хэт тохируулгагүй, бага тогтворжиж эхлэх хугацаа бүхий процессын step шинжилгээний үр дүнг гарган авах болно.



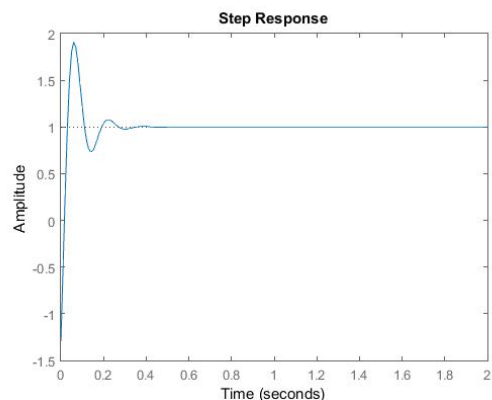
Зураг 4: Процессын step шинжилгээний үр дүн

```

1 - Kp = 1.332;
2 - Ki = 0.683;
3 - Kd = 0.049;
4 - C = pid(Kp, Ki, Kd)
5 - s=tf('s');
6 - P = (588-11.5*s)/s^2;
7 - T = feedback(C*P, 1);
8 - t = 0:0.01:2;
9 - step(T, t)

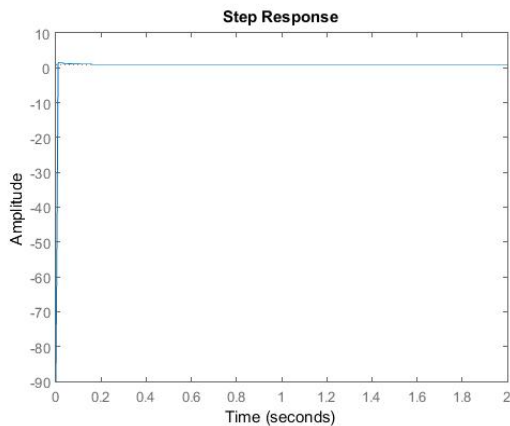
```

Зураг 5: ПИД удирдлагаар удирдагдаж буй процессын script файл



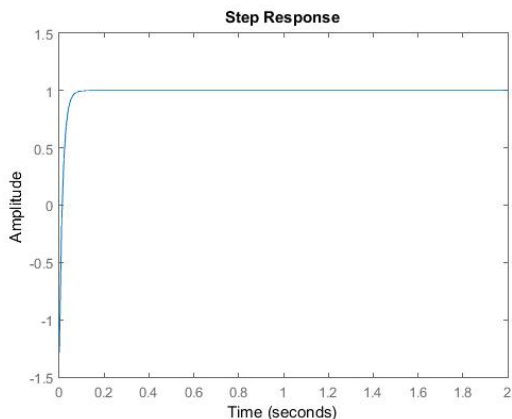
Зураг 6: ПИД удирдлагаар удирдагдаж буй процессын step шинжилгээний үр дүн

Зураг 6-г ажиглахад бид харахад хүссэн үр дүндээ хүрээгүй байгаа нь харагдах бөгөөд бид үүнээс script файл дээрээ K_d коэффициентийн утгыг өөрчилснөөр хүссэн үр дүндээ хүрч болно.



Зураг 7: ПИД удирдлагаар удирдагдаж буй процессийн step шинжилгээний үр дүн (коэффициентүүд тохируулагдсан)

Зураг 7 –н script файл дээр бид K_d коэффициентийг $K_d=0.049$ байснаас $K_d=0.086$ болгон өсгөж өөрчилсний дараа илүү тогтвортой буюу хүссэн үр дүндээ хүрсэн байна. Дээрх графикаас харахад тогтворжиж эхлэх хугацаа нь өмнөхтэй харьцуулахад 3 дахин багассан буюу 0.2 сек болон өөрчлөгдсөн ба мөн хэт тохируулга нь маш бага болсон байна. Гэвч ПИД удирлагын коэффициентийн утгыг өөрчлөн олон удаа туршилт хийсний үр дүнд зуурмагийн тэгшитгэлийн хамгийн тохиромжтой удирдлага нь Дифференциал удирдлага болохыг олж тогтоосон юм. Дифференциал удирдлагын туршилтын үр дүнг зураг 8 –д үзүүлэв. Сүүлийн туршилтын үр дүнгээс дүгнэлт хийхэд ПИД удирдлага нь заавал ПИД удирдлагыг бүрэн ашиглах шаардлагагүй бөгөөд тухайн функцэд тохирох ПИД удирдлагын төрлийг зөв сонгох нь мөн чухал байдаг гэж үзэж болно.



Зураг 8. Зөвхөн дифференциал удирдлага(DC) ашигласан процессийн удирдлагын үр дүн

ДҮГНЭЛТ

Монгол улсад өнөө үед жижиг дунд үйлдвэрлэл ихээр хөгжөөд байгаа боловч үндэсний бүтээгдэхүүн болох хэвийн боов, эвэн зэрэг нь өнөөг хүртэл гар аргаар үйлдвэрлэгддэг хэвээрээ байна. Энэхүү ажлаар гар хийцийн энгийн хийн даралттай хэвлэх төхөөрөмжийг автоматжуулах судалгааг хийсэн бөгөөд автоматжуулалтын олон аргуудаас хамгийн нийтлэг байдаг ПИД удирдлагыг сонгон автоматжуулах туршилт хийсэн. Энэ ажлаар хийсэн

автоматжуулах туршилтийн үр дүнд бид оролтондоо зуурмагаа хэдэн см өргөнтэй болгохыг хүссэн утгаа удирдлагад оролт болгон оруулахад удирдлага нь математик загварчлалын дагуу тооцоог хийн шаадлагатай даралтаар даралт өгснөөр зуурмагыг хэвлэнэ. Харин симуляцын процессоор гарган авсан, тохируулагдсан коэффициентүүд бүхий ПИД удирдлага нь бидэнд даралт өгөх явцыг алдаагүй, илүү хурдан гүйцэтгэх боломжийг олгох юм.

Ашигласан материал

1. Dorf&Bishop. Modern control systems 11th edition, 2007.
2. Д. Батхишиг. Хэвлэх төхөөрөмжийн динамик туршилт, оновчлол, 2003.
3. Karl Johan Aström. Control System Design, 2002.
4. Хэрэглээний математик II, ISBN: 978-99929-2-724-3, 2017.
5. Kambiz Arab Tehrani and Augustin Mpanda, Prof. Rames C. Panda (Ed.). PID Control Theory, Introduction to PID Controllers - Theory, Tuning and Application to Frontier Areas, ISBN: 978-953-307-927-1, 2012.
6. “Introduction: PID Control Design” from cmts.engin.umich.edu
7. Manfred W. Keil. EViews 3.1 Tutorial, 2002.
8. Laplace Transform Table from “Linear Control Systems Analysis and Design”, 1988.
9. Robert H. Bishop. Modern Control Systems Analysis and Design Using MATLAB, 1993.
10. Ч. Эрдэнэсүх, Л. Булган, Д. Батчимэг, “Д. Үлэмж. Серво хөдөлгүүрийн хурдыг MPC контроллер ашиглан удирдах” оюутны эрдэм шинжилгээний бара хурал, 2017.

LOAD FLOW ANALYSIS OF ALTAI-ULIASTAI ENERGY SYSTEM

Munkhtuul G*, Gantumur Sh*

Mongolian University Of Science And Technology, Power School

ABSTRACT. In this article we will consider about the kinetic power plant of Uliastai with a power of 5 MW which will be connected to a power system in our country. The population of our planet increases continuously. In this regard electricity consumption increases too. Technologies which are used by us at the present moment use a non-renewable power source therefore the stock of natural resources decreases. Energy exerts a direct impact on the environment which allows people to live safely. In addition exerts direct impact to an economic consequence. Because of rapid growth of the population, it is necessary to develop new advanced technologies. The kinetic power plant is environmentally friendly, doesn't pollute the environment and the atmosphere. The purpose of this article is to calculate the steady regime, to define research questions, and to develop technical and economic justification.

KEYWORD. Kinetic power plant, calculation of the regime, voltage selection.

1. INTRODUCTION

The main factors influencing the development of a renewable resource are world oil, large oil oligarchs and their concepts and also financial oppressions from their party. But after all some companies which maintain green energy, having felt elasticity of demand for renewable energy, could solve the forthcoming questions of renewable energy by means of some ways. On the other hand the ecological deficiency and the shortage of oil are the main reasons for support of renewable energy.

If worldwide to replace system which we use now, on kinetic power technology, that is an opportunity to restore ecology and climate of our planet. Perhaps by 2030 the whole world will pass to the sector of renewable energy. It is planned that all coal and nuclear power plants will be constructed by 2030, having spent several one thousand billion dollars, and investing equal only to a half of this sum in the sphere of renewable energy, we can build the station of renewable energy with an identical power. An example of it is the kinetic power plant.

2. PRINCIPLE OF OPERATION OF THE KINETIC ENGINE, ADVANTAGE

The kinetic plant has many technological advantages. The kinetic power plant / KPP/ doesn't emit carbon dioxide and doesn't demand any fuel. At requirement, the professional worker once in a year will check mechanical details and to change details which can't serve further. Besides the station has ability to produce electric energy continuously 365 days in a year and 24 hours a day.

Having used ability of air to float in water and kinetic energy of the movement, have created the kinetic engine. If to pump up air to chambers which are into water depth they will begin to move to the top sheet of water. Chambers are attached to the chain drive which will whirl wheels, finding in the top and in the lower sheet of water and therefore when moving to the top sheet of water will

make primary movement. As a result of it's wheels will rotate and will be capable to do mechanical work.

Kinetic power plant it is based on ability of air to float in water and therefore will continuously work also irrespective of the environment. At the same time KPP produces electric energy without emission of carbon dioxide and doesn't pollute the environment.

3. CONNECTION OF KPP WITH THE POWER SYSTEM ALTAI ULIASTAI

3.1. The equipment for connection

Power lines and substations of KPP will be consisted of the following the equipment.

- The channel for the cable line
- Transformer
- 10 kV cell as switching equipment
- High-voltage disconnecter
- Control system, control and relay protection
- Guard building and building of control and protection.



KPP which was chosen for this research will continuously work and to have 10 generators with a power of 500 kW and 4 more spare generators. Because of dependence of technical solution and cost we will choose the generator of direct and alternating current. In 10kV part of the 110/35/10 kV substation of Uliastai it is necessary to insert two more cells in addition. And here to connect two cables from UKPP and to put the necessary measuring and protective equipment.

Construction of the new power plant and connection with AUES have advantages as the emergence of an opportunity reliably and stably to provide consumers of that area with electric energy and at the same time to reduce consumption of diesel fuel and to increase the water level in reservoir of Taishir hydroelectric power plant.

3.2. Production of electric energy

The activity of the kinetic power plant doesn't depend on the environment. Therefore, it is capable to work continuously whole year. Control and regulation are exercised of the engineer-technical employee of the power

plant and the German control engineers on the Internet. This station constantly produces 40 million kWh electric powers in a year.

Further by means of Uliastai of KPP, Taishir hydroelectric power plant and other small hydroelectric power plants it is possible to provide power consumption of that system. And at small loading it is possible to provide some part of loading of Murun.

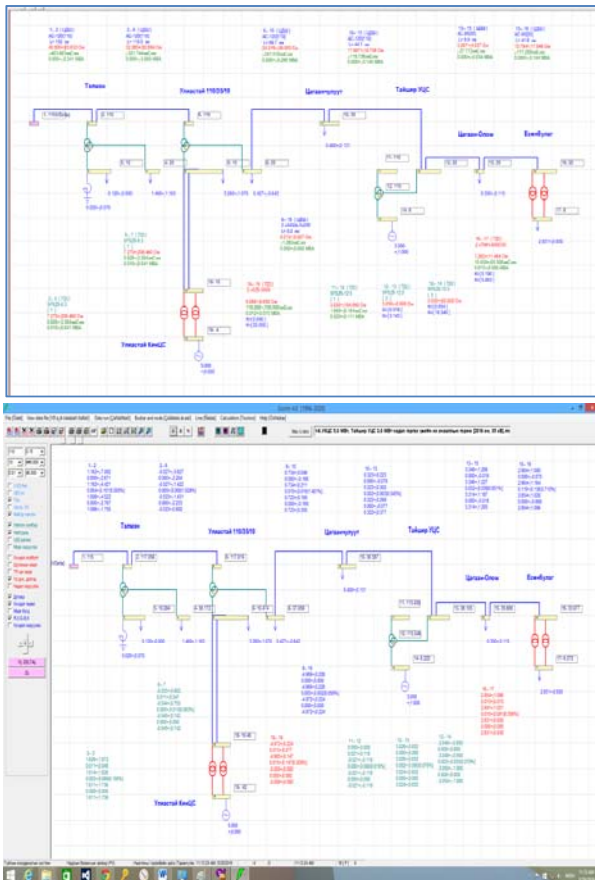
3.3. Load flow calculation

The load flow calculation of 2016-2040 was calculated by means of the GORIM 4 program for 8 options with the 5 year interval.

Table 3.1 Load flow calculation results

Node	Telmen	Uliastai 110 kV	Uliastai 35 kV	Taishir HPP	Altai
2016	117,06	117,82	37,06	36,105	33,977
2020	116,68	116,29	36,226	33,977	31,284
2025	115,49	115,4	37,493	35,168	32,144
2030	113,37	111,88	35,864	30,281	25,750

From all calculation prospects it is visible that during 2030-2040 when UKPP is to produce the power of 5 MW, and the Taishir hydroelectric power plant - 4 MW, through the 35kv lines Taishir-Altai will flow power about 7 MW, because of it voltage at the end of the line sharply decreases. If to change the 35kv Taishir-Altai line voltage to 110kV or to increase the voltage at the beginning of the line to 120 kV, then it will conform to the working requirement.



4. CONCLUSION

This kinetic power plant is the new technology of a special purpose, and used only 1-2 years / have begun to use with fall of 2015/. Some scientists of our country have negative opinions that this station doesn't observe the law of energy conservation, this only the multiplier of energy, isn't defined an initial power source here. But the main mechanism of mechanical motion is only the most usual ability of air to float in water i.e. Archimedes force. Since 1800 the big clock which is in tops the building of the temple worked with the help of the kinetic engine. For today about 10 stations with a power of 5 MW are under construction worldwide.

The kinetic power plant can be with a power from 40 to 100 MW. In our country first of all it is possible to build the power plant in the remote areas with a power of 2-10 MW. Thus we can provide the remote consumers with electric energy. Having built the station in the city, we manage to reduce the smoke level sharply. The station with a power of 5 MW demands the area of 25x14 m therefore there is an opportunity to build the station everywhere where the electric power is required.

Having connected KPP to AUES power reliability will improve, doesn't need every year to receive grants at the state to provide consumers by means of diesel power plant. And even the condition of liquidation of the diesel station appears. Further there will be a condition to connect the largest mining consumers in network. Besides it has an advantage to increase water level in Taishir's reservoir of hydroelectric power station is had.

5. REFERENCES

1. Bosa Roca: Taylor & Francis. (2011). Power System Analysis.
2. Saad, N. M., Ahmad, M. R., & Ibrahim, W. I. (2012). Power system analysis. Kuantan, Pahang: Penerbit UMP.
3. http://gaia.ws1.eu/index_en.php
4. <http://www.pureenergysystems.com/store/Rosch/KPP/>
5. <http://novam-research.com/rosch-gaia-kinetic-power-plant.php>

QXF116/1.6/130/70 МАЯГИЙН ЗУУХНЫ АШИГТ ҮЙЛИЙН КОЭФФИЦИЕНТИЙГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ СУДАЛГАА

Б.Оюун-Эрдэнэ*, О.Төрбат*, Д.Балдандорж*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Манай улсын эрчим хүчний үндсэн эх үүсгэвэр болсон ДЦС, дулааны станцуудын зуухнуудын эдийн засаг, экологийн үр ашгийг дээшлүүлэх асуудал тулгарч байна. Үүнтэй уялдан сүүлийн жилүүдэд шаталтын шинэ технологитой төрөл бүрийн хүчин чадалтай дулааны станцууд баригдаж байна. Үүний нэг нь Амгалан дулааны станц юм. Тус станцын 2017-2018 оны халаалтын улирлын техник эдийн засгийн үзүүлэлтүүдэд дүн шинжилгээ хийж үндсэн үзүүлэлтүүдийн нэг болох зуухны ашигт үйлийн коэффициент болон түүнд голлон нөлөөлж байгаа хүчин зүйлийг тодорхойлж, үйлдвэрлэлийн үр ашгийг дээшлүүлэх талаар авч үзсэн болно.

Түлхүүр үг. Амгалан дулааны станц, ДЦС, эргэлдэх буцлах давхаргатай зуух, эдийн засгийн үзүүлэлт, ашигт үйлийн коэффициент, дутуу шаталт, жишмэл түлш.

ОРШИЛ

Амгалан дулааны станц нь 2015 онд ашиглалтад орсон шинэ станц юм. Тус станцын үйл ажиллагаа эхлээд 4 дахь халаалтын улиралдаа явж байна. Уг станц ашиглалтанд орсноос хойших зууханд гарч буй хүндрэлүүд болон техник эдийн засгийн үзүүлэлтийг судласны үндсэн дээр үндсэн үзүүлэлтүүдийн нэг зуухны ашигт үйлийн коэффициентийг туршилтаар тодорхойлж, түүнд нөлөөлж байгаа хүчин зүйлүүдийг илрүүлэн цаашид дээшлүүлэх арга зам, авч хэрэгжүүлэх зарим арга хэмжээг тодорхойлсон юм.

Туршилт судалгааны арга зүй. Амгалан дулааны станц нь нам температурын эргэлдэх буцлах давхаргад түлш шатаах технологи бүхий QXF 116/1.6/130/70 АП маркын 3 зуухтай. Зуухны галын хотлоос утааны хийтэй гарч байгаа дутуу шатсан нүүрсний хэсгүүд завсрын циклонд баригдан G хэлбэрийн хавхлагаар галын хотолд буцаж орох замаар хэд хэдэн удаа эргэж шаталт бүрэн явагдагаараа бусад дулааны станцад суурилагдсан ижил технологитой зуухнуудаас ялгаатай. Нэгдүгээр зуухны ажиллагааны үндсэн параметр, үзүүлэлтүүдийг схем (зураг 1)-д үзүүлэв.



Зураг 1. Нэгдүгээр зуухны дулааны туршилтын үеийн параметр, үндсэн тоноглол

- 1.Нэгдүгээр зуухны ачаалал (МВт);
- 2.Сүлжээний усны температур (°C), даралт (МПа);
- 3.Хаягдаж байгаа утааны хийн температур (°C);
- 4.Нүүрс тэжээгч;
- 5.Зуухруу орох усны температур (°C), даралт (МПа);
- 6.Зуухнаас гарах усны температур (°C), даралт (МПа);
- 7.Хүчилтөрөгчийн хэмжээ (%)

Хүснэгт 1

QXF 116/1.6/130/70 АП маркын зуухны үндсэн үзүүлэлт

№	Үзүүлэлтийн нэр	Хэмжих нэгж	Үзүүлэлт
1	Дулааны чадал	МВт	116
2	Сүлжээний усны зарцуулалт	т\ц	1651
3	Сүлжээний усны даралт	МПа	1.6
4	Сүлжээний буцах усны температур	°C	70
5	Зуухнаас гарах сүлжээний усны температур	°C	130
6	Галын хотлын буцлах давхаргын дундаж температур	°C	890
7	Нүүрсний зарцуулалт	т\ц	30.33
8	Гарах утааны температур	°C	135
9	Зуухны АҮК	%	90.93

Дулааны станцын техник эдийн засгийн үндсэн үзүүлэлтийн нэг болох зуухны АҮК-ийг тодорхойлохын тулд QXF 116/1.6/130/70 АП маркын зуухны дулаан техникийн туршилтыг бага, дунд, их ачааллын үед явуулсан. Туршилтын явцад нэгдүгээр зуухны үзүүлэлтүүдийг 2 цаг тутам тогтмол хэмжилт хийв.

1. Зуухнаас гарах усны зарцуулалт; т\ц
2. Зуухнаас гарах усны температур (°C), даралт (МПа)
3. Тэжээлийн усны температур, (°C)
4. Анхдагч ба хоёрдогч агаарын салхилуурын хөдөлгүүрийн цахилгаан гүйдэл(А)
5. Галын хотлын буцлах давхаргын температур, (°C)
6. Галын хотлын сийрэгжилт, мм.уб.бал
7. Зуухнаас гарах утааны хийн температур, (°C)
8. Утааны хий дэх хүчилтөрөгчийн агууламж, (%)
9. Утаа сорогчийн хөдөлгүүрийн цахилгаан гүйдэл, (А)
10. Туршилтын хэмжилтын үр дүнг боловсруулан зуухны механик дутуу шаталтаас үүсэх дулааны

алдагдал, зуухны ашигт үйлийн коэффициент, тэдгээрийн хоорондын хамаарал, зуухны ачааллыг 10%-иар өсгөх, болон бууруулахад цахилгааны хувийн зарцуулалтын өөрчлөлт зэргийг тодорхойлсон.

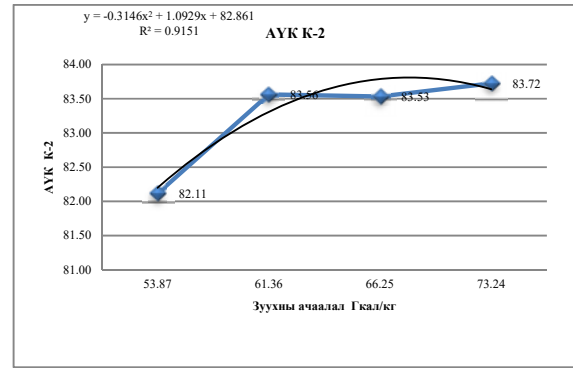
2. Дундын циклонтой эргэлдэх буцлах давхарга бүхий QXF 116/1.6/130/70 АП маркын зуухны туршилт, үр дүн

QXF 116/1.6/130/70 АП маркын 1-р зуухны туршилтыг 2018 оны 12-р сард хийж 2017 онд хийгдсэн туршилтын дүнтэй харьцуулж үзсэн болно. Зуухны ачааллыг тогтмол байхад болон ачаалал шилжүүлэх үед зуухны үзүүлэлтүүдийг хэмжиж, нүүрс болон үнсний сорьц авч байв. Амгалан дулааны станцын эргэлтэт буцлах давхаргат шаталтын технологитой зуухны ачаалалын маневрлах чадвар 40-100 хувьд хэвийн тогтвортой ажиллах бүрэн боломжтой боловч зуух нь бага ачаалалын горимд эдийн засгийн үр ашиг багатай байсан. Өөрөөр хэлбэл зуухны ашигт үйлийн коэффициент нь буурч байгаа болно. Харин Зуухны ачааллыг 73-95 Гкал/цаг хүртэл нэмэгдүүлэхэд зуухны АҮК нь 0,2-0,4% нэмэгдээд 90Гкал/цагаас эхлэн 0,28 %- иар буурч байв. Үүнээс дүгнэн үзэхэд зуухны ачаалал нь 75-90%-ийн ачаалалтай байхад хамгийн үр ашигтай буюу жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт бага байх болно.

Хүснэгт 2

Туршилтын үр дүн

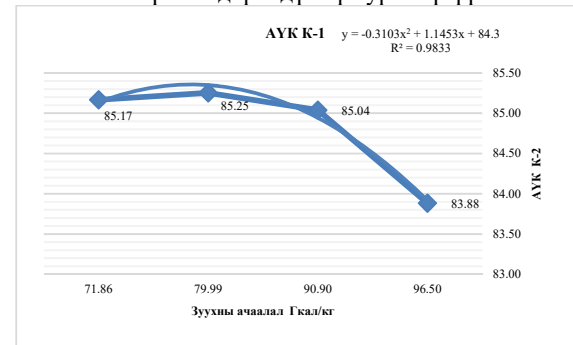
№	Туршилтын үзүүлэлтүүд	Тэмдг-нэгж	Хэмжих нэгж	Үр дүн			
				1	2	3	4
1	Түлшний дулаан гарах чадвар	Qвр	ккал/кг	3190	3190	3190	3190
2	Түлшний ажлын чийглэг	Wр	%	24.8	24.8	24.8	24.8
3	Түлшний дэгдэмхий эхэсг	Vг	%	51.7	51.7	51.7	51.7
4	Түлшний ажлын үнцлэг	Ар	%	8.0	8.0	8.0	8.0
5	Гарах утааны хийн халуун	Тух	оС	138.0	131.6	126.6	122.5
6	Үнс баригчийн дараах О2	О2 зv	%	6.9	7.9	8.5	9.6
7	Илүүдэл агаарын коэффициент	а зу	-	1.5	1.6031	1.6800	1.8421
8	Зуухнаа старас усны зарцуулалт	Gк	т/ц	1360	1352	1165.0	980.0
9	Зуухнаас гарах усны даралт	Pив"	кгс/см2	7,3	7,3	7,4	7,1
10	Зуухнаа старас усны халуун	твв"	оС	110.7	104.9	107.4	109.6
11	Зууханд орох усны даралт	Pив'	кгс/см2	8,6	8,6	8,6	9,1
12	Зууханд орох усны халуун	твв'	оС	57,0	56,0	55,0	54,9
13	Нэмэлт усны зарцуулалт	Gну	тн/цаг	30,0	30,0	0,0	26,0
14	Нэмэлт усны даралт	Pнус'	кгс/см2	10,0	10,0	10,0	2,4
15	Нэмэлт усны халуун	тну"	оС	35,0	35,0	35,0	5,4
Дулааны баланс							
1	Утааны хийтэй алдах алдагдал онол	q2оп	%	9.639	9.586	9.5048	9.9686
2	Утааны хийтэй алдах алдагдал бодит	q2пр	%	13.3	13.254	13.209	13.670
3	Химийн дутуу шаталтын алдагдал	q3	%	1.0	1.0	1.0	2.0
4	Механик дутуу шаталттай алдах дулаан	q4	%	1.96	4.3	4.7	4.7
5	Орчиндоо алдах дулааны алдагдал	q5	%	4.637	0.289	0.263	0.231
6	Нийлбэр дулааны алдагдал	с q	%	20.86	18.793	19.172	20.601
7	Зуухны бохиороор АҮК	Zкбр	%	79.14	81.207	80.827	79.399
8	Нийт боловсруулсан дулаан	Q1	Гкал/ц	78.38	67.299	61.183	53.869
9	Түлшний зарцуулалт	Вк	т/ц	427.2	25.97	23.72	21.26
10	Түлшний тооцоот зарцуулалт	Вр	т/ц	418.8	24.87	22.61	20.26
11	Түлшний хувийн зарцуулалт (бодит)	в хз	тн/Гкал	0.38	0.36	0.36	0.37
12	Түлшний хувийн зарцуулалт (жишмэл)	в жт	кг/ккал	194.7	11.83	10.81	9.69
13	НИЙТ Түгээсэн дулаан	Q түг	ккал/ц	1076.8	65.71	59.59	52.28



Зураг 3. 2018 нэгдүгээр зуухны ачаалал бууруулах үеийн АҮК-ийн график

Зураг 3 аас харахад нэгдүгээр зуухны ачааллыг 73Гкал/цаг аас 53 Гкал/цаг болтол бууруулахад зуухны ашигт үйлийн коэффициент нь 86,15 % байхад зуухны ачаалал 73 Гкал/цаг ачаалалай байна. Хоёр цагийн дараах байдлаар зуухны ачаалалыг 53 Гкал/цаг болгоход ашигт үйлийн коэффициент 82,11 % буюу 1,6 %-иар буурч байгаа болно. Зуухны ашигт үйлийн коэффициент 1,6 % иар буурснаар жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт 2,5 кг/Гкал-аар нэмэгдэж байна.

Харин зуухны ачааллыг 73-95 Гкал/цаг хүртэл нэмэгдүүлэхэд зуухны ашигт үйлийн коэффициент нь 0,2-0,4 % нэмэгдээд 90 Гкал/цагаас эхлэн 0,28 %- иар буурч байв. Үүнээс дүгнэн үзэхэд зуухны ачаалал нь 75-90 %-ийн ачаалалтай байхад хамгийн үр ашигтай байх бөгөөд жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт бага байх болно. Үүнийг дөрөвдүгээр зурагт үзүүлэв



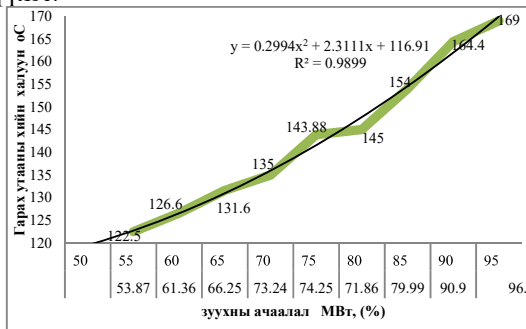
Зураг 4. 2018 нэгдүгээр зуухны ачааллыг нэмэгдүүлэх үеийн АҮК-ийн өөрчлөлтийн график

Туршилтын явцад К-1 д Алагтолгойн ба Багануурын нүүрсийг 70:30-аар хольж түлэх туршилтын үед зуухны дулааны ачаалал 38.4-45.4МВт, дундаж нь 42.2 МВт буюу 36.4 % байхад буцлах давхаргын 4 цэг температур 906.7-960 °С, дундаж 934.1 °С, АҮК нь 64.01-89.3 %, дундаж нь 84.6 %, буюу 36.4 %, илүүдэл агаарын коэффициент 1.37-2.13, дундаж нь 1.58, бодит түлшний хувийн зарцуулалт 280.7-391.7 кг\Гкал, дундаж нь 296.6 кг\Гкал, жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт 154.6-215.8 кг\Гкал, дундаж нь 163.4 кг\Гкал тус тус байв.



Зураг 5. Нэгдүгээр зуухны жишмэл түлшний хувийн зарцуулалтын график

Дээрхи графикаас харахад зуухны ачаалал 64-96%-ийн ачаалалтай байхад хамгийн ашигтай горим ажиллагаатай болох нь харагдаж байгаагаас гадна технологи ажиллагааны тогтворжилт нь сайн түлшний хувийн зарцуулалт хамгийн бага, зуухны ашигт үйлийн коэффициент өндөр үр ашигтай горим болох нь батлагдаж байна. Жишээлбэл ийм горим ажиллагааг мөрдөж ажиллах юм бол жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт 166-168 кг/Гкал байх буюу 2-5кг.ж.түлшний хэмнэлт гаргаж улмаар жилдээ ихээхэн хэмжээний түлш хэмнэх боломж харагдаж байна. Тиймээс зуухны ачаалал, хаягдаж байгаа утааны хийтэй хэрхэн хамааралтай байгааг (зураг 5)-д үзүүлэе.



Зураг 5.Нэгдүгээр зуухнаас гарах утааны хийн халуун ачааллаас хэрхэн хамааралтай байх график

Графикаас харахад зуухны ачаалал 95 МВт байхад агаарт хаягдаж буй утааны хийн температур 169 °С, буюу хамгийн дээд утга болох 170 °С, хүрэх магадлалтай учир энэ туршилтаар зуухны ачаалал 90-95 МВт байхад хангалттай болох нь тавдугаар зургаас харагдаж байна. Зуухны горим ажиллагаа хамгийн үр ашиг өндөртэй байх горим параметрийг туршилтаар тогтоон мөрдөж ажилланснаар зуухны ашигт үйлийн коэффициентийг төслийн утганд хүргэх, түлшний хувийн зарцуулалтыг багасгах, станцын найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх гол үзүүлэлтийн нэг бол зуухны горим ажиллагааг сайжруулах, гормын картыг зөв тогтоож мөрдөж ажиллах явдал мөн.

ДҮГНЭЛТ

1. Гарах утааны халууныг бууруулах нь зуухны ашигт үйлийн коэффициентийг нэмэгдүүлэх, утааны хий дэхь хүчилтөрөгчийн хэмжээг хоёрдогч агаарын зарцуулалт болон агаарын даралтаар тохируулах, галын хотлын сийрэгжилтыг тохируулахад салхилуур, утаа сорогчийн ачааллыг багасгах улмаар цахилгаан

эрчим хүч хэмнэх, галын хотол дахь илүүдэл агаарын коэффициентийг төслийн хэмжээнд хүртэл тохируулах, нэгж агрегатын хүчин чадал ашиглалтыг дээшлүүлэхэд чухал хүчин зүйл болно. Жишээлбэл зуухны ачаалалыг 55-95 % болтол нэмэгдүүлэхэд гарах утааны хийн халуун 122-165°C, нэмэгдэж утааны хийтэй алдах дулааны алдагдал 10,01-11,11 % хүртэл ихсэж байна. /Төслөөр хэвийн горим ажиллагаанд гарах утааны хийн халуун 145 °С, /хоёрдогч агаарын зарцуулалтаар гарах утааны хийн халууныг бууруулах тохируулгын ажил энэ үед хийгдээгүй болно. Хэрэв галын хотлын сийрэгжилт, илүүдэл агаарын коэффициентийг бүрэн тохируулвал дотоод хэрэгцээний эрчим хүчний зарцуулалтыг тухайн үеийн хэрэглээнээс бууруулах боломж байгаа нь туршилтын үзүүлэлтээс харж болох байлаа. ТЭЗҮ-ийг дээшлүүлэх дулаан техникийн бүрэн туршилтаар тогтоон гормын картанд тусгаж мөрдөхөд зуухны ашигт үйлийн коэффициентийг төслийн хэмжээнд хүргэх бололцоотой.

2. Зуухны галын хотлын илүүдэл агаарын коэффициент буюу сүүлийн хэсгийн хүчилтөрөгчийг 9-4 % хүртэл бууруулахад зуухны ашигт үйлийн коэффициент 86,5-88,7 % болтол нэмэгдэж, жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт 0,163-0,159 кг.ж.т ээр буурах тооцоо гарч байна. График зуухны гарах утааны хийн халуун, галын хотлын сүүлийн хэсгийн хүчил төрөгч зуухны ачааллаас хамаарсан.

3. Зуухны илүүдэл агаарын коэффициент галын хотлын сүүлийн хэсгийн хүчилтөрөгчийн хэмжээнээс хамаарах бөгөөд түлшийг бүрэн гүйцэт шатаах байгаа эсэхийг хянах нэгэн шалгуур болдог. Жишээлбэл зуухны сүүлийн хэсгийн хүчилтөрөгчийг 9-4 % хүртэл бууруулснаар зуухны ашигт үйлийн коэффициентийг нэмэгдсэнээр 150-450тн бодит нүүрс хэмнэх бололцоо бүрдэнэ. Мөн нэгж агрегатын хүчин чадлыг нэмэгдүүлснээр 400-3500 тн түлш хэмнэх боломж байгааг тооцооны аргаар гаргав.

4. Амгалан дулааны станцын ажиллагааны өгөөжийг дээшлүүлэхэд нөлөөлөх хүчин зүйлүүдийг нэгдүгээр зуухан дээр хийсэн туршилтын үр дүнгээс харахад:

- Ашиглалтын явцад утааны хийн температурыг бууруулах.
- Сүүлийн хэсгийг байнга цэвэрлэх гэсэн аргуудыг тусгаж үзвэл ашигт үйлийн коэффициентийг дээшлүүлж ашигтай ажиллах бүрэн боломжтой гэж үзэж байна.

НОМ ЗҮЙ

1. Амгалан дулааны станцын хувийн архив. 2015-2018 он
2. Амгалан дулааны станцын горим тооцооны тайлан 2018 он.
3. Ж.Цэен-Ойдов.Зуухны төхөөрөмжийн туршилт, зүгшрүүлэлт. УБ 2015.
4. www.gpower.mn

ДҮРС БОЛОВСРУУЛАЛТЫН ЗАРИМ ҮР ДҮНГ ҮЙЛДВЭРИЙН ДАМЖЛАГАД АШИГЛАХ НЬ

Ж.Цанжидхүү*, Б.Түвшинсанаа**, Б.Бат-Эрдэнэ***

*Ус сувгийн Удирдах газар, Мэдээллийн технологи Автоматжуулалтын нэгж

**Витафит Инвест ХХК, Эрчим Хүч Инновацийн Алба

***Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Техник технологи өндөр хөгжиж буй өнөө үед компьютер болон математикийн шинжлэх ухааныг хослуулан ашиглаж үйлдвэрлэл, аж ахуйгаас эхлээд тоо бүртгэл, хяналт удирдлага зэрэг олон салбарт ашиглаж байгаа бөгөөд тэр дундаа хамгийн өндөр шаардлага, хэрэгцээ болж буй салбар бол дүрс боловсруулалт юм. Дүрс боловсруулалтыг олон төрлийн интерфейс, платформ зэрэг дээр хөгжүүлэн энгийн хяналтын функцээс бүрэн хэмжээний тандалт судалгаа, автомат роботын систем зэрэгт ашиглах боломжтой байдаг. Автомашины дугаар танилт, хүн ба амьтныг ялгах аюулгүйн систем, худалдааны сүлжээний барааны хяналт зэрэг олон салбарт ашиглаж хүлээлтээс өндөр үр дүнг үзүүлээд байгаа нь дүрс боловсруулалт нь нийгэмд маш их хэрэгцээ шаардлагатай байгааг харуулж байна. Иймд дээрх салбаруудаас үйлдвэрийн бүтээгдэхүүний чанар шалгах, ялгах тал дээр хэрэглэх аргыг илүү нарийвчлан судалж үзэхийг зорилоо. Үүний тулд “OpenCV” санг ашиглаж програмчлалын “Python” хэл дээр компьютерын веб камерын тусламжтайгаар дүрс боловсруулалтын судалгааг гүйцэтгэсэн.

Түлхүүр үг. Image processing, камер, босго утга, OpenCV, python.

I. ОРШИЛ

Тоон зураг боловсруулах арга нь хүнд зориулсан зурган мэдээлэл боловсруулах, автомат машинд ойлгогдох зурган өгөгдөл боловсруулах гэсэн үндсэн хоёр хэсэгтэй. 1920-иод оны эхээр Бартлэйн дүрс дамжуулах системийг нэвтрүүлж 1980-аад оноос хойш өнөөдрийг хүртэл хөгжсөөр байна [1].

Дүрс боловсруулалт нь математик үйл ажиллагааг ашиглан зургийн чанарыг сайжруулж тоон хэлбэрт хувиргах, сайжруулсан зураг авах, эсвэл зарим ашигтай мэдээллийг авахын тулд гүйцэтгэх арга юм. Дүрс боловсруулалтын зорилго нь 5 бүлэгт хуваагдана:

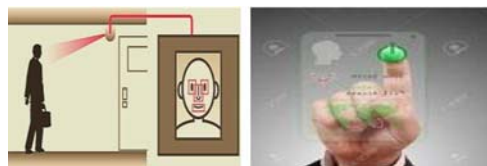
- Харагдахгүй объектуудыг ажиглах
- Зураг нөхөн сэргээх, дэлгэрэнгүй зураглал бий болгох
- Сонирхсон дүр төрхийг хайх
- Зурган дээр янз бүрийн объектуудыг хэмжих
- Зургаас объект ялгах
-

Дүрс боловсруулалт нь сигнал боловсруулалтын дэд салбар бөгөөд компьютерын алгоритм ашиглан тоон дүрсүүд дээр боловсруулалт хийдэг. Дүрсүүд нь хоёр эсвэл түүнээс дээш хэмжээс дээр тодорхойлогддог учир олон хэмжээст системийн хэлбэрээр түүнийг загварчилдаг. Дүрс танилтын технологи нь хурууны хээ, нүүр, машины дугаар таних, хөдөлгөөн дагах, эмнэлэг, биетийг тоолох

болон хянах, автомат зогсоолын систем, соёлын өвийн дүрсүүдийг нөхөн сэргээх гэх мэт олон салбарт хэрэглэгддэг, хурдацтай хөгжиж буй технологи юм [2].

Дүрс боловсруулалтын аргаар хүний анзаараагүй зүйлийг ч олж илрүүлж чадах давуу талтай. Жишээ нь аливаа дүрсийг таних хүний чадвар нь ойролцоогоор 94,9% байдаг бол Google (95.18%), Microsoft (95.06%) компаниудын боловсруулсан аргачлал нь хүний чадавхаас давж гарсан [3]. Мөн царай таньж ялгах хүний чадвар нь дунджаар 99,5% байдаг бол Facebook компанийн DeepFace нь 99,7%-ийн амжилтаар үүнээс давж гарсан байна [4].

Манай оронд дүрс боловсруулалтаар хийсэн хэд хэдэн судалгааны ажил байдаг. Үүнд: Царай таних технологи нь хүний нүд, хамар зэрэг нүүрний хэсгээс боломжтой хэв маягийг тохируулах нэг арга юм. Царайг таних процесс нь камерын өмнө зогсож байгаа хүнийг автоматаар бүрэн таних байдлаар бүтээгдсэн байдаг бөгөөд хэрэв тухайн хүн үүдний замаар алхаж байгаа тохиолдолд царайны хамгийн том дүрснээс автоматаар таних юм. Энэ нь нисэх онгоцны буудлын үзлэг болон элсэлтийн шалгалт, хэрэглэгчийн менежмент, цаг бүртгэлийн систем, банкны салбарууд зэрэг программуудад ашиглагддаг [5].

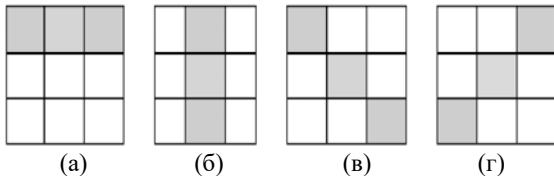


Зураг 1. Хүний нүүр таних жишээ системийн бүтэц

Дүрсний ирмэг илрүүлэх шугаман алгоритмын арга нь ажиглалтын утгуудаас регрессийн тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэх муруйн утга хүртэлх зайн квадратуудын нийлбэр хамгийн бага байхаар регрессийн тэгшитгэлийн параметрийг тодорхойлно. Энэ алгоритм нь доорх дөрвөн үндсэн хэлбэрийн дүрсний хайлт, шинжилгээнээс хамаардаг. (3x3) тоон зургийн дүрсний функцийг бичвэл [6]:

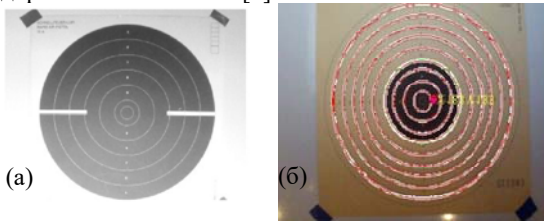
$$f(x, y) = \begin{bmatrix} (x-1, y-1) & (x-1, y) & ((x-1, y+1)) \\ (x, y-1) & (x, y) & (x, y+1) \\ (x+1, y-1) & (x+1, y) & (x+1, y+1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Үндсэн дөрвөн матрицын чиглэлийг дараах байдлаар тодорхойлно.



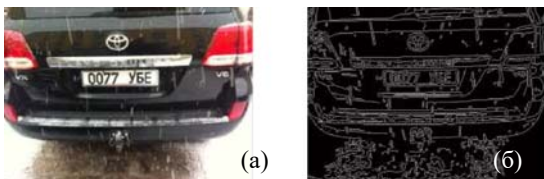
Зураг 2. Дөрвөн чиглэлт маск (3x3) (а) ба (б) хэлбэр хөндлөн ба босоо чиглэлд, (в) ба (г) хэлбэр хоёр диагональ чиглэлд

Мөн буудлагын спортын бэлтгэлийн е-систем зохиох асуудал нь галын шугам дээр зогсох лазер гэрлэн сум бүхий буутай тамирчин, 10 метрийн байны шугамд байрлах камерын хяналттай байг буудахад, сумны тусгалыг дүрс боловсруулалтын аргыг ашиглан тодорхойлох систем юм [7].



Зураг 3. Буудлагын байны оноог тооцох: (а) Хурдан буудалтын байны саарал дүрс, Цагирагын хилийг илрүүлж, олонлог байгуулсан нь (б)

Автомашины дугаар таних судалгааны ажлын хувьд дүрсний ирмэгийг сайн илрүүлэх нь дүрсийг таних хамгийн сайн шийдэл юм. Ирмэг илрүүлдэг мушгиа маск бүхий Совелийн арга нь тэнхлэгийн дагуу проекц хийх аргуудыг ашигласан. Совелийн маск нь эх дүрсний мужид хэрэглэгдэх ба эхний цэг баруун тийш шилжих байдлаар мөрийн төгсгөл хүртэл үргэлжилнэ. Энэ нь дараагийн мөр эхлэх байрлал нарийвчилсан цэг дээр байрлана гэсэн үг юм [8]. Ингэснээр цаг агаарын ямар ч нөхцөлд автомашины дугаарыг таних нөхцөл бүрдэнэ.



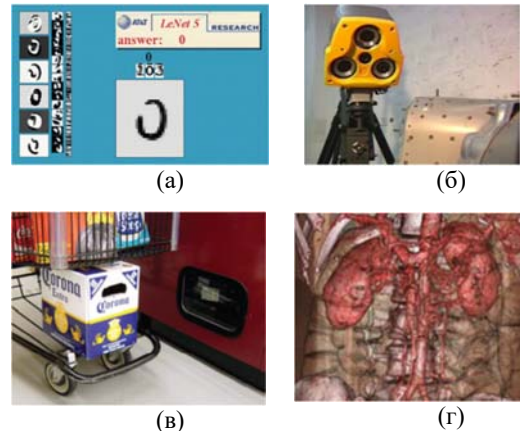
Зураг 4. Туршилтын эх дүрс (а), үр дүн (б)

Дүрс боловсруулалтын аргаар газар нутгийн цасан бүрхүүл, ургамалжилт, түймэр, температур, чийгшил, агаарын бохирдол зэргийн тандалт судалгааг хийсэн байдаг [9].

Дэлхийн бусад улс орнуудад дүрс боловсруулалтыг маш олон салбарт ашиглаж байна. Үүнд:

- Оптик тэмдэгт таних (OCR): Гар бичмэл шуудангийн код унших, автомашины дугаар таних автомат систем (ANPR)
- Машины хяналт, шинжилгээ: Мэргэжлийн гэрэлтүүлэг бүхий стерео дүрс ашиглаж онгоцны далавч болон автомашины эх биетийн хэсгүүдийн бат бөхийг хэмжих эсвэл ган цутгамалаас X-гау дүрс ашиглаж гэмтэл илрүүлэх зэрэг чанарын баталгаажилтыг хангах эд анги түргэн хугацаанд шалгагч

- Автомат хяналт, хамгаалалтын систем: Автомагаар бараа бүтээгдэхүүн шалгах, объект таних
- Эмнэлэгийн дүрс боловсруулалт: хүний тархины зураг, тэдний нас ахихад өөрчлөгдөх талаарх урт хугацааны судалгаа эсвэл өмнөх болон доторх зураглалыг тогтоох
- Автомашины аюулгүй байдал: гудамжинд явган зорчигч гарч ирэх зэрэг төсөөлөгдөөгүй саадыг илрүүлэхэд ашиглаж болно. Уг жишээг Зураг 5-т үзүүлэв [10].



Зураг 5. Компьютер зураглалын зарим хэрэглээ: (а) Оптик тэмдэгт таних; (б) Машины хяналт шинжилгээ; (в) Автомат хяналт, хамгаалалт; (г) Эмнэлэгийн дүрс боловсруулалт.

Үйлдвэрийн гологдол ялгах уламжлалт аргаар орчин үеийн өндөр хүчин чадалтай, цагт 20000 бүтээгдэхүүн савлах машины ажиллагааг хянах нь учир дутагдалтай тул компьютер техник электроникийн удирдлага бүхий системийг хэрэглэх нь өндөр үр ашигтай.

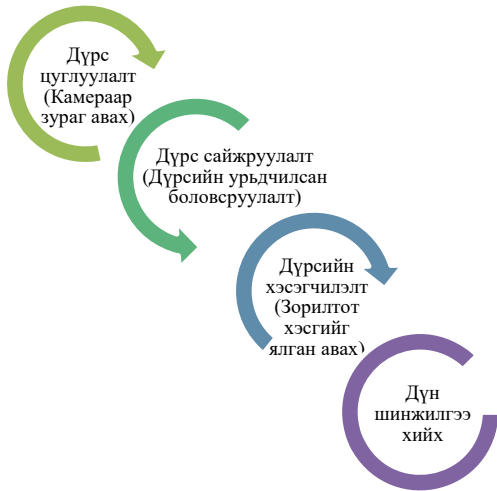
Дүрс бичлэгт ашиглагддаг өргөн хэрэглээний програм болон сангууд олон байдаг ч яг өөрийн програмын хөгжүүлэлтийг хийхийг хүссэн хүнд "OpenCV" сан бол гол ашиглах хэрэглүүр болж өгдөг. OpenCV (Open Source Computer Vision) бол дүрс, дүрслэлд дүн шинжилгээ хийх 500 гаруй оновчилсон алгоритмыг агуулсан нээлттэй эхийн сан юм. 1999 онд танилцуулснаас хойш OpenCV-н хөгжүүлэгч, судлаачдын холбооны үндсэн хөгжүүлэх хэрэгслээр тодорхойлогдсон [11].

Гэри Брэдскигийн ахалсан багийн санаачлалаар Intel компани дээр дүрсэд суурилсан CPU эрчимжүүлэх програмын гүнзгийрүүлсэн судалгааны хөгжүүлэлтээр эхлэл нь тавигдсан бөгөөд үүнээс хойш тасралтгүй хөгжиж 2018 оны 11 сард 2500 гаруй нарийвчилсан алгоритм агуулсан сүүлийн хувилбар нь Windows, Linux, Android болон Mac үйлдлийн системүүдийг дэмждэг болсон. Мөн C++, Python, Java болон MATLAB програмуудад ашиглагдах боломжтой болсон [12].

II. АРГАЧЛАЛ

Энэ хэсэгт дүрс боловсруулалтын ерөнхий алгоритм ба түүний алхмууд (дүрс цуглуулалт, дүрс сайжруулалт, дүрс сегментчлэл ба дүрс шинжлэл)-ын тухай авч үзнэ.

Дүрс боловсруулалтын ерөнхий алгоритмыг доорх байдлаар илэрхийлж болно.



Зураг 6. Дүрс боловсруулалтын ерөнхий алгоритм
Дээрх алгоритмыг алхам тус бүрээр нь авч үзье

2.1 Дүрс цуглуулалт

Дүрс цуглуулалт нь дүрс боловсруулалтын анхны үе шат бөгөөд зураг авалтын систем (видео камер), гэрэлтүүлэг болон туслах хэрэгслийн (микроскоп, хэмжилтийн ширээ) тусламжтайгаар гүйцэтгэгддэг. Энэхүү алхам нь дүрсийн мэдээлэл бүрдүүлэгч үндсэн хэсэг учраас дүрс цуглуулалтын системийн иж бүрдлийн сонголт, үзүүлэлтээс цаашдын дүрс шинжлэл ба боловсруулалтын үр дүн хүчтэй хамаардаг [13].

2.2 Дүрс сайжруулалт

Дүрс сайжруулалт нь өмнөх алхам болох дүрс цуглуулалтын үед үүссэн хүсэмжлээгүй гажилтыг засварлах, цаашдын боловсруулалт болох ирмэг тодруулалтад шаардагдах мэдээллийг оновчтой болгох алхам юм. Дүрс сайжруулах техник нь зургийн мужид суурилсан ба хувиргалтын мужид суурилсан гэж хоёр аргад хуваагддаг [14].

Зургийн мужид суурилсан арга нь нэг пиксел болон жижгэвтэр дэд дүрс зэрэг зурган өгөгдлийг шууд боловсруулдаг. Үндсэн алгоритмыг тод бүдгийг өөрчлөх шугаман арга, уян хатан сайжруулалтын алгоритм, гистограммын тэгшитгэлийн алгоритм ба янз бүрийн оновчтой алгоритмууд бүрдүүлнэ. Хувиргалтын мужид суурилсан арга нь дүрсийг нэг хэлбэрээр өөр хэлбэрт шилжүүлэх үйлдэл гүйцэтгэнэ. Зарим нийтлэг хувиргалтын аргад Фурье, Дискрет Косинус хувиргалтын хүчтэй математик аппаратуудыг хэрэглэдгээс гадна, сүүлийн үед, сигнал боловсруулалтын гол аргын тоонд Вэйвлет хувиргалтын аргыг маш өргөн хэрэглэх болжээ [15].

2.3 Дүрсийн сегментчлэл

Босго утга буюу “thresholding” хийх нь хамгийн энгийн сегментчлэх үйлдэл юм. Сегментчлэх арга нь эртний арга хэдий ч хялбар хэрэглээ, хурдан ажиллагаараа өргөн хэрэглээ болсон хэвээр байна. Босго утга хийгдэх сегментчлэл нь Т гэх параметрээр тодорхойлогдоно. Зургийн $Y(x,y)$ гэх сонгогдсон утгад анализ хийсэн үр дүнг босго утга гэдэг. Энд цэгийн эрчимжилтийг ихэвчлэн ашигладаг [16].

Сегментчлэлийн үр дүн нь хоёртын зурган хэлбэрээр илэрхийлэгдэх ба дараах хамааралтай байна:

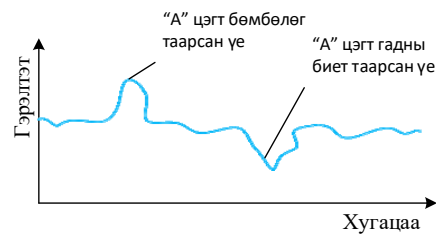
$$g(x,y) = \begin{cases} 1 \text{ үед } Y(x,y) \geq T \\ 0 \text{ үед } Y(x,y) < T \end{cases} \quad (2)$$

Энд: $g(x,y)$ - Сегментчлэлийн үр дүн,
 $Y(x,y)$ - Сонгогдсон массив, T - босго утга.

Дүрс сегментчилэл нь объектыг дэвсгэрээс нь ялгадаг дүрс боловсруулалтын чухал хэсгүүдийн нэг юм. Энэ алхам хэрхэн үнэн зөв, нарийвчлал сайтай хийгдсэнээс шалтгаалан дараагийн алхам буюу дүрс шинжлэлийн алхамын үр дүн хамаардаг [17]. Босго утга сонгох нь сегментчлэл хийгдэж буй зургийн пиксел бүрт гүйцэтгэгддэг ба түүний ойролцоох шинж чанаруудаас хамаардаг. “Isodata” алгоритмаар хувиралтгүй давталттайгаар босго утгыг тооцоолдог. Босгын утгыг оновчтойгоор сонгох нь сегментчлэлийн үр дүнд шууд нөлөөлдөг. Ихэнх тохиолдолд автомат босго утга сонголтыг хэрэглэдэг [18].

2.4 Дүн шинжилгээ хийх

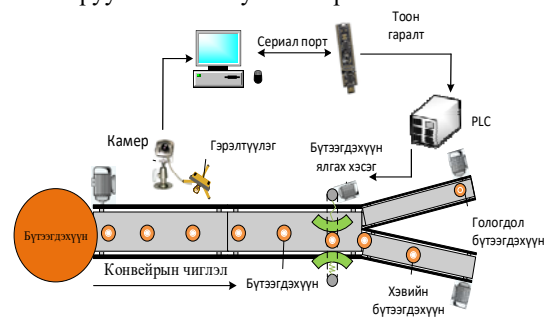
Зурагт дүн шинжилгээ харьцуулалт хийхийн тулд боловсруулагдсан зураг нь өндөр чанарын CCD камераар бичигдсэн байх шаардлага нэн түрүүнд тавигддаг. Нэгдүгээрт, медиан шүүлтүүрээр дүрсэд толийлголт хийгдэнэ. Түүний дараагаар босго утгыг ашиглан дүрсийг хоёр өөр утгад оруулна. Бусад аргуудтай харьцуулбал Каннийн ирмэг илрүүлэлтийн арга нь хамгийн тохиромжит, үр дүнтэй аргад тооцогддог [19]. Хэрэв савлагаат шингэн бүтээгдэхүүнд гадны хольц орсон тохиолдолд гэрэл ойлголт буурах, бөмбөлөг үүссэн үед нэмэгдэх зэрэг шинж тэмдэг ажиглагддаг [20].



Зураг 7. Шингэн савлагаат бүтээгдэхүүнд гадны биет орсон үеийн гэрлийн тархалт

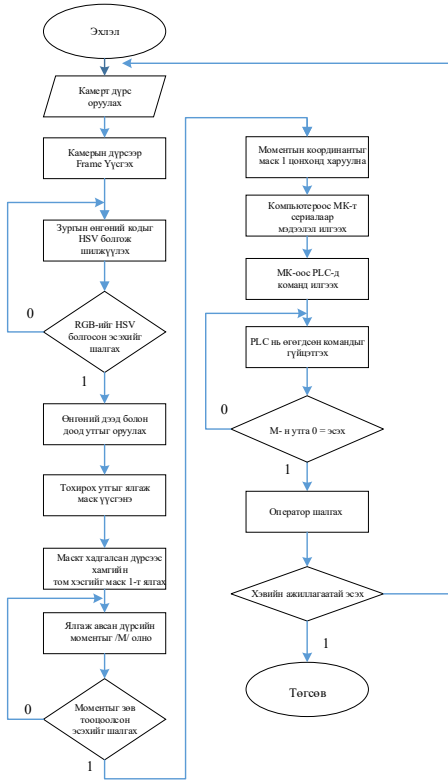
II. ҮНДСЭН АРГАЧЛАЛ

Компьютерын системд дүрсийг бэлтгэж түүнд тооцоолол хийх алхмуудыг OpenCV сангийн тусламжтайгаар гүйцэтгэдэг. Энэхүү өгүүлэлд жишээ болгон үйлдвэрлэлээс гарах бүтээгдэхүүний дамжилгад камерын тусламжтайгаар хянаж шаардлага хангахгүй барааг ялгаж, дүрс боловсруулалтын аргаар боловсруулалт хийн тухайн барааг ялгах юм.



Зураг 8. Гологдол бүтээгдэхүүн ялгах автомат системийн бүтцийн схем

Бидний жишээ болгосон туршилтын системд камерт цэнхэр өнгийн биет орж ирвэл түүнийг гологдол бүтээгдэхүүн хэмээн үзэж, тухайн биетийн төв цэгийг тодорхойлж компьютерээс микро контроллёрлуу цуваагаар өгөгдөл дамжуулна. микро контроллэроос ПЛК-д зогсоо гэсэн командыг илгээж конвейрийг зогсоосноор гологдол барааг ялгах юм. Зураг 9-д камерын өгөгдлийг боловсруулж бүтээгдэхүүн ялгах хүртэлх алгоритмын дарааллыг харуулсан.



Зураг 9. Бүтээгдэхүүн ялгах зарчмын алгоритм
2.1 Туршилтанд ашигласан тоног төхөөрөмжүүд



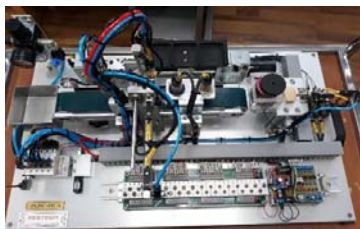
Зураг 10. LS GM7 PLC (а)



Зураг 10. CMOS камер (б)



Зураг 10. PSOC cypruss 5 микро конторллёр (в)



Зураг 10. Үйлдвэрлэлийн автоматжуулалтын манипулятор систем (г)

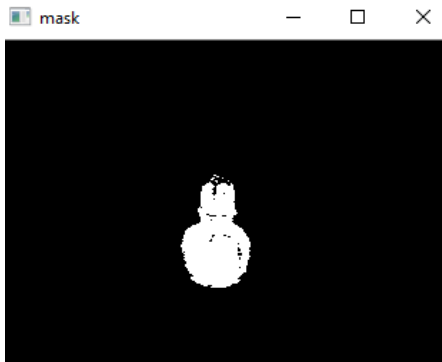
IV. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Туршилтыг гүйцэтгэхийн тулд дүрс хөрвүүлэлтийн 4 үндсэн алхмыг хэрэгжүүллээ. Үүнд: дүрс цуглуулалт, дүрс сайжруулалт, дүрс сегментчлэл болон дүрст дүн шинжилгээ хийх юм. Эдгээр алхмуудыг биелүүлэхийн тулд веб камер, PSOC 5, үйлдвэрлэлийн автоматжуулалтын манипулятор систем, LS GM7 PLC зэрэг ашигласан. Туршилтын үр дүн зургаар илэрхийлэн түүнд тус бүрт нь тайлбар өгье.



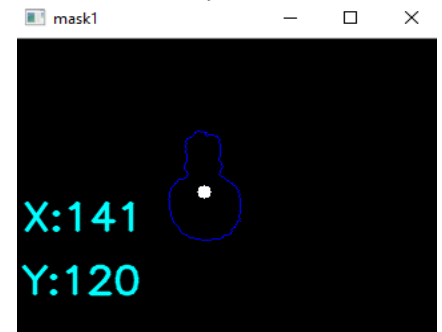
Зураг 11. Таних биетийн эх дүрс

Туршилтанд ашиглаж буй өнгөний код бүхий эх дүрсийг frame хэмээх цонхонд харуулж буюу дүрсийг цуглуулж буй алхам юм.



Зураг 12. Эх дүрсээс босгочлох утга ашиглан объектыг эх дүрсээс ялгаж буй байдал

Компьютерт орж ирсэн дүрсээс бидэнд зөвхөн цэнхэр өнгийн дүрсийг ялгах шаардлага байгаа. Тиймээс тухайн өнгө бүхий дүрсийг ялгах буюу дүрс сайжруулах алхмыг хийж буй явдал юм.



Зураг 13. Эх дүрсээс хүсэмжилсэн дүрсийг ялгаж моментыг тооцсон байдал

Иймээс тухайн өнгийн дүрсийг ялгаж, contour буюу хүрээлж мөн хүсэмжилсэн объектын моментыг тооцож координатыг тогтоож mask 1 цонхонд харуулав.

Үүгээр дүрсийг сегментчлэх, дүрсэд дүн шинжилгээ хийх үйлдлийг гүйцэтгэж байгаа болно.

V. ДҮГНЭЛТ

Техник технологи хурдацтай хөгжиж буй өнөө үед хүний нүдээр үйлдвэрлэлийн автомат тоног төхөөрөмжийн ажиллагааг хянах нь асар их хүндрэлтэй, цаг хугацаа шаардсан, үр дүн муутай арга юм. Тиймээс компьютер болон математикийн шинжлэх ухааны дэвшилд тулгуурлан үйлдвэрлэлийг хянаж, удирдах нь нэн чухал юм.

Энэхүү судалгааны ажлаар cmos камерын тусламжтайгаар дүрсийг компьютерт оруулж OpenCV програмчлалын санд Python хэл дээр боловсруулалт хийж, дараа нь PSOC 5 микро контроллер болон LS GM7 ПЛК дээр үр дүнг туршиж хэрэгжүүлсэн. Дүрсийг задалж боловсруулалт хийснээр үйлдвэрийн аль ч шат дамжлагад уг алгоритмыг ашиглах бүрэн боломжтой нь харагдаж байна.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. R. Gonzales and R. Woods. "Digital Image Processing" Prentice Hall, 2008
2. Г.Ганчимэг "ДҮРСНИЙ ИЖИЛ ТӨСТЭЙ ХЭМЖИГДЭХҮҮНИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ АРГАЧЛАЛ", ММТ
3. "Baidu's Artificial-Intelligence Supercomputer Beats Google at Image Recognition", MIT Technology Review, 2015
4. "Deep Face: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification". Facebook AI Research Publication, 2014
5. Г.Уртнасан "Бодит орчин таних технологи" 2017 он.
6. Г.Ганчимэг "Дүрсний ирмэг илрүүлэх шугаман алгоритм ба параметрийн загвар" ММТ 2015 он.
7. Ц.Сугар, Д.Эрдэнэчимэг "Дүрс боловсруулалтанд суурилсан буудлагын бэлтгэлийн E-систем зохион бүтээх асуудал" ММТ 2015 он.
8. Ч.Ганбаатар, Б.Батзолбоо "Авто машины дугаар илрүүлэх системийг хөгжүүлэх асуудалд" 2013 он.

9. Р.Оюун, П.Хишигсүрэн "Дүрс боловсруулалт технологи, бүтээгдэхүүн хэрэглээ" 2010 он.
10. R. Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2011.
11. R. Laganiere, "OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook"
12. <https://opencv.org/>
13. Z. Yepeng, T. Yuezhen, and F. Zhiyong, "Application of Digital Image Process Technology to the Mouth of Beer Bottle Defect Inspection," in 2007 8th International Conference on Electronic Measurement and Instruments, 2007, pp. 2-905-2-908.
14. Y. Zhang, Image Understanding. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2017.
15. S. W. Bin Liu, "Automatic detection technology of surface defects on plastic products based on machine vision," in 2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, 2010, pp. 2213-2216.
16. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing (black & white - text ok, images badly damaged), 3rd Edition. Prentice Hall, 2007.
17. A. Fabijanska, M. Kuzanski, D. Sankowski, and L. Jackowska-Strumillo, "Application of image processing and analysis in selected industrial computer vision systems," in 2008 International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, 2008, pp. 27-31.
18. Young, Gerbrands, and van Vliet, Fundamentals of image processing. Delft U, 1998.
19. U. Sanver, E. Yavuz, and C. Eyupoglu, "An image processing application to detect faulty bottle packaging," in 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), 2017, pp. 986-989.
20. A. Ishii, T. Mizuta, and S. Todo, "Detection of foreign substances mixed in a plastic bottle of medicinal solution using real-time video image processing," in Proceedings. Fourteenth International Conference on Pattern Recognition (Cat. No.98EX170), 1998, vol. 2, pp. 1646-1650 vol.2

ДЦС-4-ИЙН ХҮЧДЭЛ БА ХУУРМАГ ЧАДЛЫН ТОХИРУУЛГА

Б.Долгор*, Б.Загдхорол*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Цахилгаан системийн хэвийн ажиллагааг хугацааны агшин бүрд найдвартай хангахын тулд түүний хэтийн төлөвийг урьдчилан маш нарийн тооцсон байх шаардлагатай байдаг. Өнөө үед үйлдвэрлэлийн процессыг орчин үеийн техник хэрэгсэл, математик аргууд дээр тулгуурлахгүйгээр удирдан явуулах боломжгүй юм. Эрчим хүчний систем, түүний элементүүдийн төлөв байдлын мэдээллийн үндсэн дээр диспетчер зөв оновчтой шийдэл гаргах боломжгүй юм. Ийм учраас тухайн цахилгаан системийн бүтэц, онцлог шинж чанарыг тусгасан хамгийн оновчтой загварыг олж тогтоох, мөн түүнийг бодох нийлэлт сайтай аргуудыг боловсруулах шаардлагатай юм.

Түлхүүр үг. Генераторын сэргээлт, сэргээлтийн горим, хүчдэл ба хуурмаг чадлын тохируулга хийх арга замууд.

ОРШИЛ

Цахилгаан станцад хүчдэл ба хуурмаг чадлын тохируулгыг генератор дээр сэргээлтийн системийг ашиглан хийдэг байна. Тохирүүлга хийх дараах аргууд байна. Үүнд:[1]

- Цахилгаан соронзон машины сэргээлт
- Тогтмол гүйдлийн генератортой сэргээлт
- Ионы сэргээлтийн систем
- Тиристорын сэргээлтийн систем

ДЦС-4 ТӨХК-н 1-ээс 7-р машины хувьд тиристорын сэргээлтний системийг хэрэглэдэг. Үүнд [2]:

ТГ-1, 2, 3, 4 турбогенераторууд нь ALSTOM компанийн сэргээлтний системийг тус тус ашигладаг (ТГ-1-4 өдөөлтний систем 2004-2008 онд тус тус ашиглалтанд орсон).

ТГ-5,6,7 турбогенераторууд нь ABB компанийн UNITROL- 6800 ашигладаг (ТГ-5,6 сэргээлтний систем 2012 онд, ТГ-7 2015 онд тус тус ашиглалтанд орсон).

Тиристорын сэргээлтний системийн бүтэц:

- Сэргээлтний трансформатор (Генераторын гаргалгаан дээрх хүчдлийг бууруулж, тиристорын хувиргагчын ажиллах чадлыг хангах)Тиристорын хувиргагч (Хувьсах хүчдлийг шулуутгаж статорын хүчдлийг хэвийн хэмжээнд барьж байх хүчдлийг гаргах).
- АРВ буюу электрон удирдлагын төхөөрөмж (Аваарын болон хэвийн горимын үед шаардлагатай сэргээлтний гүйдэл, хүчдэл гаргаж байхаар авто горимд тиристорыг удирдах гэмтэл гарсан болон хэвийн биш горимд гар горимоор ажиллах).
- Соронзон оронг унтраагч (Сэргээлтнийг таслах үед үлдэгдэл соронзон оронг унтраах).
- Хувьсах оролтын автомат таслагч (Аваарын үед болон засварын үед тиристорыг хүчдлийн хэлхээнээс таслах).
- Анхдагч сэргээгч (Генераторыг ажиллуулах бүрт сэргээлтний системд анхлан хүчдэл өгч тиристорууд ажиллаж эхлэх үед автоматаар тасарна).

СЭРГЭЭЛТИЙН СИСТЕМ ИЙН ҮНДСЭН ҮҮРЭГ

Богино хугацааны туршид хангалттай чадалтай тогтмол гүйдлийг нийлүүлэх чадвартай байх (Тиристорын системийн дутагдалтай тал нь генераторын гаргалгаан дээрх богино залгааны үед хангалттай чадлыг гаргаж чадахгүй ч бусад богино залгааны үед шаардлагатай чадлыг гаргаж чаддаг) [3].

Гаргалгаан дээрх хүчдлийг нарийвчлал сайтай удирдах (Энэ шаардлагын үндсэн дээр оргил ба шөнийн бага ачааллын үед генераторын гаргалгаан дээрх хүчдлийг тогтвортой барьж ажиллаж реактив чадлыг авто горимоор удирдаж байгаа. Өөрөөр хэлбэл АРН-н үүргийг сайн гүйцэтгэж байгаа).

Гэмтлийн дараах тогтворжилтийг барьж үлдэх (Хэвийн бус горим болон аваарийн дараах үед шиний хүчдэл, давтамжийг тогтвортой барьж үлдэх шаардлага гардаг. Гэвч манай системийн хувьд цахилгаан үүсгүүрүүд нь актив нөөц тэжээл байдаггүй. Хамгийн наад захын анхдагч нөөц тэжээлийг бий болгоё гэхэд л турбины автомат тохируулагч шаардлага хангадаггүй. Авто горимд ажиллах боломжгүй болсон байдаг. Иймд сэргээлтний системийн тусламжтайгаар хүчдлийн түвшинг барьж үлдэхийг орлоддог. Энэ нь сэргээлтний системийн найдвартай ажиллагааг алдагдуулж тиристороор гүйх гүйдлийг нэмэгдүүлснээр тиристорын хувиргагчын халах нөхцөлийг нэмэгдүүлдэг [4].

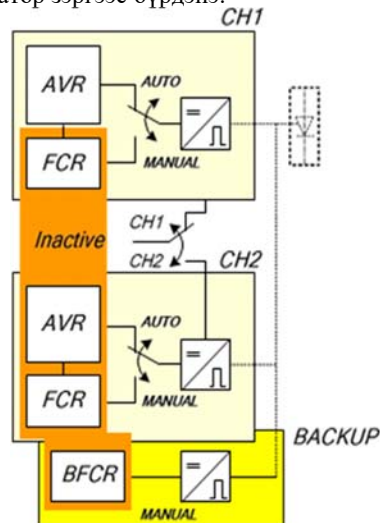
Цахилгаан станцын удирдлагын системтэй холбоотой ажиллах (энэ нь одоогоор боломжгүй байгаа учир нь турбины тохируулга нь авто горимд ажиллах боломжгүй энэ жилээс турбины удирдлагыг шинээр

солих авто горимоор ажиллах бололцоог хангах ажил хийгдэж байна).

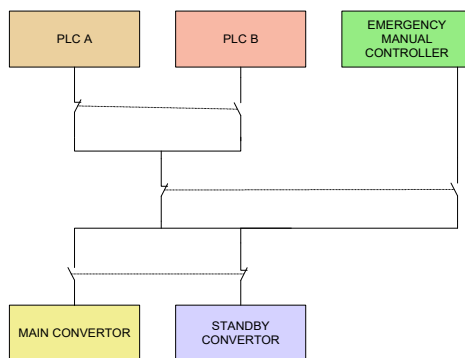
ТГ1-ТГ4 генераторын сэргээлтний системийн удирдлага нь PLC-A (авто ба гар горимд) PLC-B PLC-C, Emergency manual, (аваарын гар горим)-оор тус main converter-ийг удирдах ба main converter гэмтсэн үед standby converter-т шилждэг. Гар ч байгаа хүндрэлүүд нь тиристор ба хүчний хэлхээ ихэвчлэн гэмтдэг. Тиристорын хувиргагчын тогтмолын шин, хувьсахын шинүүд ойрхон байрладаг тул халалт их байдаг. Ийм ч учраас халалтыг бууруулахын тулд хөргөлтийн систем, RC хэлхээг гадна байрлуулж өгсөн байдаг [5].

Температурын мэдрэгч тиристор тус бүр дээр байрладаг. Температур өсөж тиристорын хувиргагч шилжих үед бага ачаалалтай үед хэвийн шилждэг өндөр ачаалалтай үед тасрах явдал гарсаар байна.

Тиристорын салааны гүйдлийн хяналт болон гал хамгаалагчын мэдрэгч хоёрт ямар нэгэн асуудал гардаггүй харин тиристор гэмтсэн үед конвертер схемийн хувьд шилжих боломжгүй байдаг main, standby converter нь зэрэгцээ холбоотой байдаг тул гэмтсэн тиристор бүрэн тусгаарлагдаж чаддаггүй. ТГ-5, 6, 7 сэргээлтний систем нь тиристорын хувиргагч, хүчний оруулга, удирдлагын хэсэг, сэргээлтний трансформатор зэргээс бүрдэнэ.



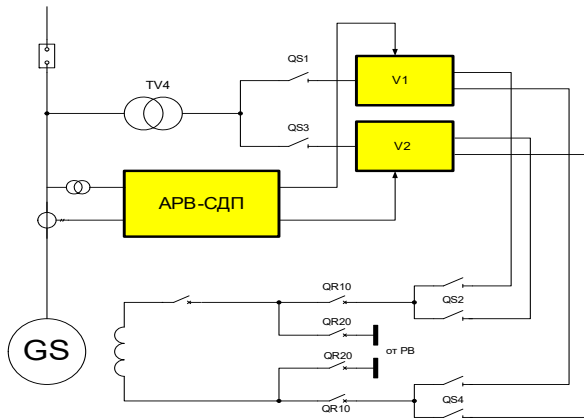
Зураг 1. ТГ-5, 6, 7 сэргээлтний системийн удирдлага



Зураг 2. ТГ-1, 2, 3, 4 сэргээлтний системийн удирдлага

Сэргээлтний системийг хэсэгчилсэн байдлаар шинэчилнэ. Шинэчлэлд сэргээлтнийг автоматаар тохируулагч АРВ-СДП (Автоматический Регулятор Возбуждения Сильного Действия

Полупроводниковый), Тиристорын хувиргагч V1, V2, Тиристорын удирдлагын систем бүрэн хамрагдана. Сэргээлтийн трансформатор TV4 өөрчлөлтөнд хамрагдахгүй хэвээр үлдээнэ [6].



Зураг 3. Хуучин сэргээлтийн системийн бүдүүвч

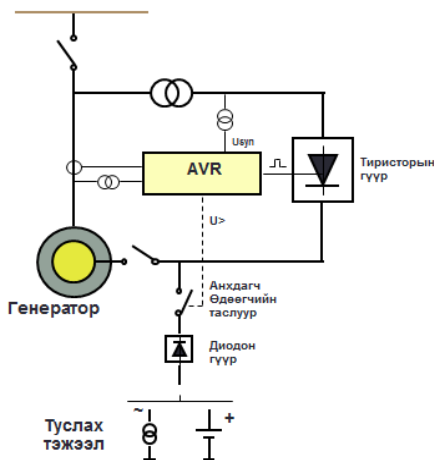
Сэргээлтийн систем нь генераторыг сэргээх болон түүний динамик характеристикүүдэд үйлчлэх зориулалттай, генераторын хүчдэл ба реактив чадлын чанар, улмаар цахилгаан станцаас цахилгаан сүлжээнд түгээж байгаа цахилгаан энергийн чанарт чухал үүрэгтэй.

ТРИСТОРЫН ХУВИРГАГЧ

Хувиргагчинд суурьлагдсан хяналт, удирдлага

- Агаарын урсгалын мэдрэгч
- Тиристор тус бүрийн температурын хяналт
- Тиристорын салааны гүйдлийн хяналт
- Гал хамгаалагчын мэдрэгч

Дээрх дохиоллууд нь системийг гэмтэхээс өмнө арга хэмжээ авахад зориулагдана.



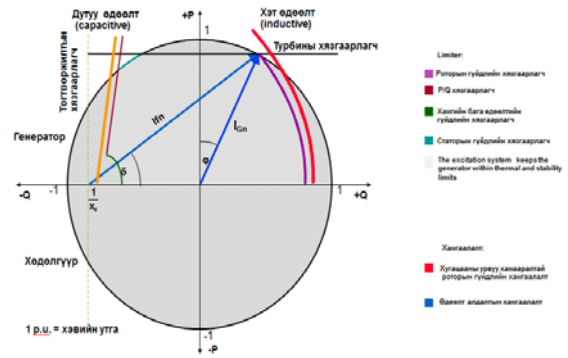
Зураг 4. Анхдагч сэргээлт

Анхдагч сэргээлтийн дараалал:

- Сэргээлтийн автоматыг залгана.
- Сэргээлтийг залгана.
- Анхдагч сэргээгч залгагдана.
- Статорын хүчдэл ихсэнэ.
- Тиристорууд ажиллаж эхэлнэ.
- Анхдагч сэргээгч тасарна.

Softstart ажиллаж генераторын хэвийн хүчдлийн хэмжээнд аваачна.

Анхдагч сэргээгчийн хамгийн бага гүйдэл тухайн генераторын хамгийн бага соронзон оронг үүсгэхээр байх ёстой.



Зураг 5. Чадлын диаграмм, ажлын хязгаарлагчууд

UNITROL 6800 ЗАГВАРЫН СЭРГЭЭЛТИЙН СИСТЕМ

• Ижил хийц үүрэг зориулалт бүхий хоёр суваг AVR1, AVR2 буюу АРВ

• Зэрэгцээ ажилладаг гурван Конвертер (Converter 1, 2, 3);

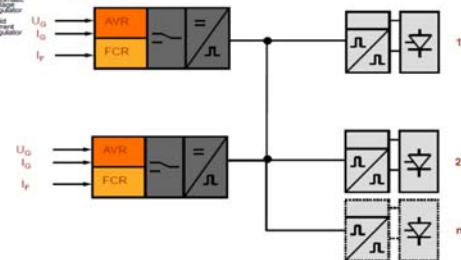
• АГП болон ажлын болон бэлтгэл сэргээлтийн автоматын үүргийг хослуулан гүйцэтгэх чадвартай тогтмол гүйдлийн таслуур (DC Breaker FCB MES & BES);

• Соронзон орон унтраагч (Field suppression) зэргээс бүрдэнэ.

(AVR2) нь хэмжилт, хамгаалалт, хяналт, хүчдэл (AVR) болон гүйдэл (FCR) тохируулагч, удирдлагын логик хэсэг (Logic Control) гэсэн хэсгээс бүрдэх бөгөөд өгөгдсөн тавилын дагуу тиристорын шулуутгагч конвертерууд (Converter 1, 2, 3)-ийг удирдана.

UNITROL 6800 сэргээлтийн системийн зүрх нь AC800 PEC контроллер юм. Энэхүү контроллер нь 600 МГц-ийн процессортой, 64 битээр тооцоолох, нэмэлт хөргөлтгүйгээр $-25^{\circ}\text{C} \div +70^{\circ}\text{C}$ температурт ажиллах чадвартай юм. Оролтын аналог U_G , I_G , I_{SYN} сигналүүдийн өгөгдлийг MEGA (106) цэг/с хурдтайгаар цуглуулдаг бөгөөд боловсруулалтыг 0,5 %-ээс дээш нарийвчлалтай гүйцэтгэдэг. Өгөгдлийг 28 сувгаар (4,8 секундийн бичлэг) бичдэг.

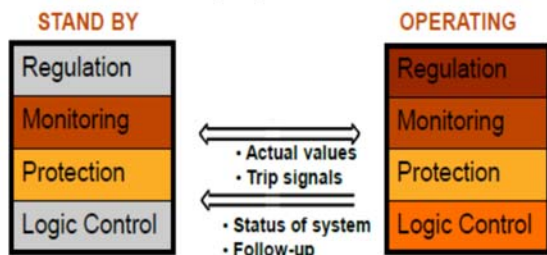
Бүх тохиргоог програм хангамж (ПХ)-ийн тусламжтайгаар оруулдаг.



Зураг 6. АРВ-ийн бүтэц ажиллагаа

АРВ нь ижил хийц үүрэг ажиллагаа бүхий хоёр сувгаас бүрддэг. Хэвийн ажиллагааны үед сонгосон суваг нь хяналт удирдлагыг гүйцэтгэн ажиллах ба нөгөө суваг нь ажиллагаанд байгаа сувгийг дагаж хүлээлтийн горимд байдаг. Эхний сувгийн ажиллагаанд ямар нэгэн доголдол гарсан тохиолдолд

удирдлага хоёрдугаар сувагт шилжих ба энэ сувгийн ажиллагаа доголдол гар горимд шилжинэ [7].



Зураг 6. Хоёр сувгийн ажиллагааны зарчим
Ажиллагаанд байгаа суваг нь:

- Тохируулга
- Хяналт
- Хамгаалалт
- Логик удирдлагын үүргийг гүйцэтгэх ба хүлээлтийн горимд байгаа сувагт тухайн агшиний параметрууд, таслах сигналууд, системийн төлөв, сувгийн өгөгдлүүдийг илгээнэ.

Хүлээлтийн горимд байгаа суваг нь:

- Хяналт
- Хамгаалалтын үүргийг гүйцэтгэх ба ажиллагаанд байгаа сувагт тухайн агшиний параметрууд, таслах сигналуудыг илгээдэг.

UNITROL 6800 сэргээлтийн систем нь UNL13300 загварын тиристорын шулуутгагчыг ашигладаг. Тиристорын шулуутгагч нь гурван зэрэгцээ конвертерээс бүрддэг. Нэг конвертер гэмтсэн тохиолдолд үлдсэн хоёр конвертер нь сэргээлтийн системийн ажиллагааг бүрэн хангах ба форсировка хийх боломжтой. Харин нэг зэрэг хоёр конвертер гэмтэж ажлаас гарсан тохиолдолд хэвийн горимд генераторын сэргээлтийг ханган ажиллах боловч форсировка хийх боломжгүй. Конвертер тус бүрийн оролт болон гаралтын температур, агаарын урсгалын хяналт, тиристор тус бүрийн температур болон гүйдэл, гал хамгаалагч бүтэн байдал зэргийг хянахаас гадна, конвертер тус бүр нь байран дээрээ бодит утга болон дохиололыг харуулах дэлгэцтэй. Конвертерийн тиристор тус бүр нь гүйдэл хуваарилалтын удирдлагатай бөгөөд бүх конвертерүүд нь гүйдэл тэнцвэржүүлэх системийн удирдлагад холбоотой байдаг. Энэхүү ачааллын гүйдлийг тэнцвэржүүлэх системийн үр дүнд эд ангийн (тиристорын) насжилт уртасдаг.

ДҮГНЭЛТ

ТГ-5, 6, 7 сэргээлтийн системд гарах гэмтэл бага, ТГ-1, 2, 3, 4 гарч байгаа гэмтлүүдийн ихэнх хувийг хүчний хэсгийн гэмтэл эзэлж байгаа тул сэргээлтийн системийн хүчний хэсгийг солих шаардлагатай ба сэргээлтийн системийн найдвартай ажиллагааг хангах үүднээс сэргээлтийн трансформаторын чадлыг нэмэх шаардлагатай. Сэргээлтийн систем фросировка хийх үед сэргээлтийн трансформаторын чадал дутагддаг. Иймд сэргээлтийн системийн ихэнх өртөг хүчний хэсэгтээ шингэсэн байдаг тул удирдлагын хэсгийг нь хамт сольсоноор системийн найдвартай ажиллагааг бүрэн хангаж ажиллах боломжтой. НаНям-21 нь сэргээлтийн системийн зөвхөн удирдлагын хэсгийг шийдсэн байдаг ба сэргээлтийн системийн гол хүчин зүйл болох хүчний хэсэг байдаггүй. Хүчний хэсгийг хийхийн тулд тиристор болон тасалж залгах аппаратуруудыг гаднаас импортлож авах шаардлагатай тул үнэ өртгийн хувьд ямарч ашиггүй тул сэргээлтийн систем үйлдвэрлэгч компанитай хамран ажиллавал цаг хугацааны болон эдийн засгийн хуьд илүү ашигтай гэж үзэж байна.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Ш.Гантөмөр. Цахилгаан станц, дэд станц. УБ 2014.
2. ДЦС-4 Цахилгаан цехийн ашиглалтын заавар. УБ 2013.
3. Х.Цагаан, М.Хуягдорж. Цахилгаан энергийн дамжуулалт, хуваарилалт. УБ 2017.
4. Kundur, P., Balu, N. J., & Lauby, M. G. (1994). Power system stability and control (Vol. 7). New York: McGraw-hill.
5. Yoshida, H., Kawata, K., Fukuyama, Y., Takayama, S., & Nakanishi.
6. Y. (2000). A particle swarm optimization for reactive power and voltage control considering voltage security assessment. IEEE Transactions on power systems, 15(4), 1232-1239.
7. Viawan, Ferry A., and Daniel Karlsson. "Voltage and reactivepower control in systems with synchronous machine-based distributed generation." IEEE Transactions on Power Delivery 23, no. 2 (2008): 1079-1087.
8. Mamandur, K. R. C., and R. D. Chenoweth. "Optimal control of reactive power flow for improvements in voltage profiles and for real power loss minimization." IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems (1981): 3185-3194

35 КВ-ЫН ЗУУНМОД А, Б ЦДАШ-ЫН ГОРИМЫН СУДАЛГАА

О.Цогбаяр*, Ш.Гантөмөр**

*УБЦТС ТӨХК, ӨХТТ

**Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Цахилгаан эрчим хүчний бодит хэрэглээ, олон жилийн судалгаанд үндэслэн техникийн найдвартай ажиллагаа технологийн шаардлага, аваарын нөхцөл байдал, их бага ачаалал, энергийн алдагдалыг тодорхойлж горимын оновчлолыг тогтмол гаргаж байх нь системийн өргөтгөл шинэчлэлт хийх, эрчим хүчийг тасралтгүй түгээхэд чухал ач холбогдолтой байдаг.

Төв аймгийн Зуунмод хотын цахилгаан хангамж болох 35 кВ-ийн Зуунмод А, Б хоёр хэлхээт ЦДАШ-ын горимын тооцоо ашиглалтын судалгааг гаргаж Зуунмод хотын цахилгаан хангамжийн найдвартай ажиллагааг сайжруулах судалгаа тооцоо хийх талаар энэ өгүүлэлд дурьдах болно.

Түлхүүр үг. Горимын оновчлол, PowerFactory програм, эрчмийн алдагдал, реклоузер бүхий хуурай салгуурын пункт, 110/10 кВ-ийн Хөшигт дэд станц.

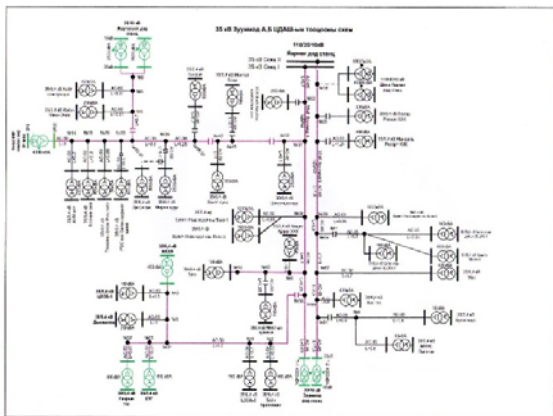
ОРШИЛ

Төв аймгийн төв нь Нийслэл Улаанбаатар хотод төвлөрч байсныг 1942 онд өөрчилж Богдхан уулын Зуунмодны аманд төвлөрүүлхээр шийдвэрлэсэнээр өнөөдрийн Зуунмод хот үүссэн түүхтэй. Улсын их хурлын 2001 оны 01 дүгээр тогтоолоор төвийн бүсийн өмнөд дэд бүсийн тулгуур төвөөр Зуунмод хот батлагдсан юм. Ерөнхий төлөвлөгөөний дагуу Зуунмод хот 2005 оноос эхлэн хөгжлийнхөө шинэ шатанд шилжин орсноор эрчим хүчний хэрэглээ өсөн нэмэгдсэн. Өнөөдрийн байдлаар Монгол улсын 21 аймгуудаас ганцхан Төв аймгийн Зуунмод хот нь дунд хүчдэлийн шугам сүлжээгээр тэжээгдэж байна.

Зуунмод А, Б ЦДАШ-ын бодит ачаалал, сүүлийн жилүүдэд холбогдсон шинэ хэрэглэгчдийн өсөлт, ашиглалтын үеийн засвар үйлчилгээ, гэмтэл тасралт, эрдлийн судалгаа, тогтсон горимийн судалгааг PowerFactory програмаар тооцоолж нэмэлт горимын оновчлолыг гаргаж авах нь энэхүү судалгааны зорилго юм.

1. Судалгааны объект

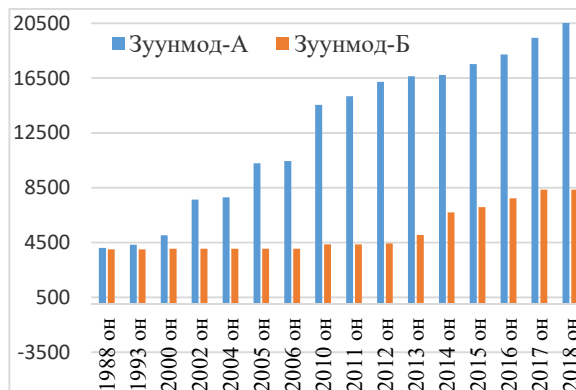
35 кВ-ийн Зуунмод А, Б ЦДАШ нь 1988 онд ашиглалтанд орсон төмөр бетон болон төмөр тулгууртай АС-95/16 утастай нэг тулгуурт суурилсан хоёр хэлхээт агаарын шугам юм. 2019 оны байдлаар 35/0,4 кВ-ийн 35 АТП, 35/6,10 кВ-ийн 3 дэд станцтай, Зуунмод А, Б фидер, салбар шугамуудын нийт урт 63,57 км суурилагдсан хүчин чадал 28976 кВА байна (зураг 1). Тусшугамаар Зуунмод хот, Хан-Уул дүүргийн 3 хорооны нутаг дэвсгэрийг цахилгаан эрчим хүчээр хангаж байна.



Зураг 1. Тооцооны схем

2. Тооцооны анхдагч өгөгдлийн бүрдүүлэлт

35 кВ-ийн Зуунмод А, Б ЦДАШ-ын ашиглалтын хугацаа 31 жил болж байгаа ба суурилагдсан чадлыг анх ашиглалтанд орсон оноос хойш 2018 оныг дуустал графикаар гаргав (зураг 2).



Зураг 2. Суурилагдсан чадлын график

35 кВ-ийн Зуунмод А, Б фидерийн салбар шугам дэд станцуудын судалгааг тооцооны схемээс бүрдүүлж (зураг 1), “УБЦТС” ХК-ийн 2018-2019 оны өвлийн их ачааллын хэмжилтийн утгаар авав (Хүснэгт 1).

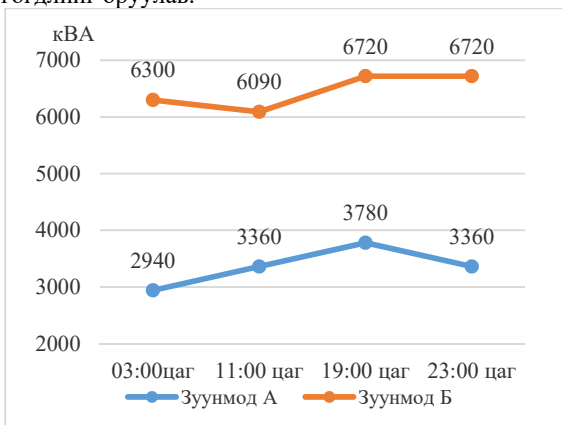
Хүснэгт 1

Дэд станцын судалгаа

Фидерийн нэр	№	U /кВ/	Тр-ын марк	Тр-ын чадал /кВА/	Шугамын урт /км/	АС утасны хөндлөн огтлол	Өвлийн их ачааллын хэмжилт /кВА/	Тр-ын Ачааллын хувь /%/
Зуунмод А	1	35/0.4	S9	400	0.015	AC-50/8	0.7	0.18
	2	35/0.4	S9	250	0.015	AC-50/8	6.2	2.48
	3	35/10	ТМН	2500			495	19.80
	4	35/10	ТМН	1600	0.7	AC-50/8	19	1.19
	5	35/0.4	S9	250	0.1	AC-50/8	21.8	8.72
	6	35/0.4	ТМ	160	2.1	AC-50/8	7.5	4.69
	7	35/0.4	ТМ	160	1	AC-50/8	11	6.88
	8	35/0.4	S9	630	0.7	AC-50/8	10	1.59
	9	35/0.4	S9	2500	1.4	AC-50/8	10	0.40
	10	35/0.4	S9	800	0.25	YJLV 3*120	1.3	0.16
	11	35/0.4	ТМ	630	0.3	AC-50/8	1.5	0.24
	12	35/0.4	S9	50	0.05	AC-50/8	0.7	1.40
	13	35/0.4	S9	800	0.2	AC-50/8	10	1.25
	14	35/0.4	S911-M	630	0.2	AC-50/8	10	1.59
	15	35/0.4	ТМ	1000	0.05	AC-50/8	44.6	4.46
	16	35/0.4	ТМ	1600	0.03	AC-50/8	1.7	0.11
	17	35/0.4	S9	63	0.5	AC-50/8	21.6	34.29
	18	35/0.4	S9	100	1.35	AC-50/8	6.9	6.90
	19	35/0.4	ТМ	100	0.01	AC-50/8	15.1	15.10
	20	35/0.4	S9	250	0.5	AC-50/8	31.2	12.48
21	35/0.4	S9	400	0.01	AC-50/8	92.8	23.20	
22	35/0.4	S11-M	160	0.095	AC-50/8	10	6.25	
23	35/0.4	S11	400	0.05	AC-50/8	7.1	1.78	
24	35/0.4	S9	160	0.32	AC-50/8	30.7	19.19	
25	35/0.4	S9	400	0.01	AC-50/8	23.4	5.85	
26	35/0.4	S9	630	0.01	AC-50/8	5.4	0.86	
27	35/10	ТМ	4000	22.5	AC-95/16	2410	60.25	
28	35/0.4	S9	630	0.02	AC-50/8	10	1.59	
29	35/0.4	S9	400	1.24	AC-50/8	11	2.75	
30	35/0.4	S9	1000	0.03	AC-50/8	10	1.00	
31	35/0.4	ТМ	160	0.7	AC-35/6.2	5.1	3.19	
32	35/0.4	S9	160	0.64	AC-35/6.2	5.8	3.63	
33	35/0.4	S9	630	0.015	AC-50/8	49.4	7.84	
34	35/0.4	S9	630	0.26	AC-50/8	8.6	1.37	
35	35/0.4	S9	630	3.7	AC-50/8	78.7	12.49	
36	35/0.4	ТМ	50	1.4	AC-50/8	10	20.00	
37	35/0.4	S9	63	0.6	AC-35/6.2	1.3	2.06	
38	35/10	ТМ	4000	22.5	AC-95/16	2445	61.13	
39	35/10		25000	0.1	YJLV 3*185	4140	16.56	
Нийт			28976	63.57		10080		

110/35/10 кВ-ийн Яармаг дэд станцаас гарсан Зуунмод-А, Зуунмод-Б фидерүүдийн их ачааллыг 2018 оны 12-р сарын 09-ны өдрийн 03, 11, 19, 23 цагуудад

хэмжсэн өвлийн их ачааллын хэмжилтийн утгаар авч (зураг 3) тооцоонд хамгийн өндөр ачааллын утгаар өгөгдлийг оруулав.

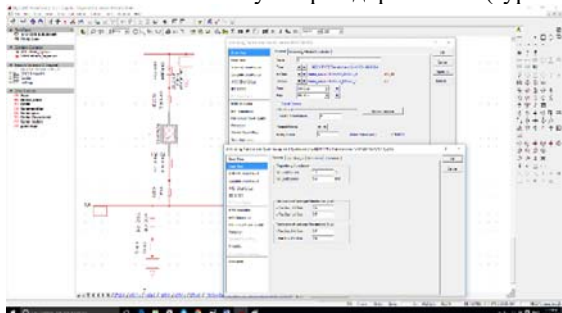


Зураг 3. 2018 оны өвлийн их ачааллын хэмжилтийн график

3. PowerFactory програм хамгамж

PowerFactory програм нь эрчим хүчний системийг моделчлон түүн дээр тогтсон горимын болон шилжилтийн горимын бүх төрлийн тооцоо, богино залгааны тооцоог иж бүрдлээр нь хийдэг цогц шинжилгээний хэрэгсэл юм.

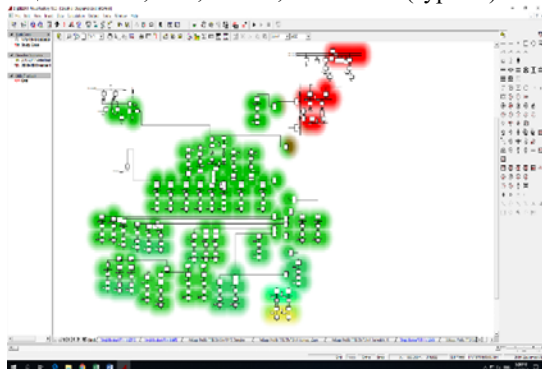
PowerFactory програм хангамжид 35 кВ-ийн Зуунмод А, Б тооцооны схемийг зурж салаа тус бүрийн схемийн параметрийг оруулсаны дараа чадал, эрчмийн алдагдлыг 2018-2019 оны өвлийн их ачааллын хэмжилтийн утгаар тодорхойлсон (зураг 4).



Зураг 4. PowerFactory програмын схемийн орлуулгын параметр

4. Горимын тооцоо

PowerFactory 15.2 програм дээр горимын тооцоог гүйцэтгэхэд 35 кВ-ийн Зуунмод А, Б фидер нь хүчдэлийн уналтгүй. 35/10 кВ-ийн Зуунмод дэд станцын Т-1 34,3 кВ, Т-2 34,2 кВ байна (зураг 5).

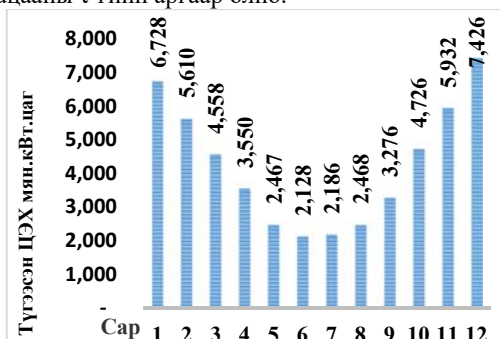


Зураг 5. Хүчдэлийн шинжилгээний схем

ЦШС-ний чадал, эрчмийн алдагдлыг тодорхойлох аргачлал

Их ачааллаар тооцоо хийх аргачлал нь шугам сүлжээний хамгийн их ачааллын горимыг урьдчилан таамаглах замаар шууд хэмжилт авч энэ параметрээр тодорхой хугацаанд шугам сүлжээнд гарах чадал, эрчмийн алдагдлыг тодорхойлдог.

Эрчмийн алдагдлыг тодорхойлохын тулд сар бүрийн эрчим хүчний тусламжтайгаар (зураг 6) хамгийн их чадлыг ашиглах хугацаа Тнб, алдагдлын хугацааны т-гийн аргаар олно.



Зураг 6. 110/35/10 кВ-ийн Яармаг дэд станцын 2018 онд түгээсэн ЦЭХ /кВт.цаг/

Алдагдлын судалгааны тооцооны үр дүн

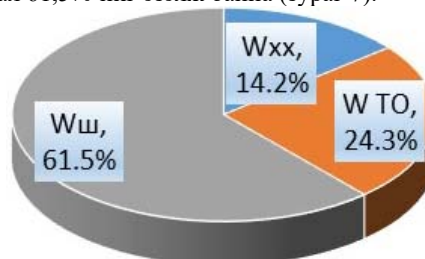
Тооцооны үр дүнд 35 кВ-ын Зуунмод А, Б ЦДАШ-ын чадлын алдагдал 3,78%, эрчмийн алдагдал нь 2,21% гарч байна (хүснэгт 2).

Хүснэгт 2

Чадал, эрчмийн алдагдал

Алдагдлын төрөл	Нийт дамжуулсан эрчим хүч /кВт/	Трансформаторын хоосон явалтын алдагдал /кВт/	Трансформаторын ачааллын алдагдал /кВт/	Шугамын алдагдал /кВт/	Нийт алдагдал /кВт/	Алдагдлын хувь
Чадлын алдагдал	6451.23	34.62	59.20	149.98	243.82	3.78%
Эрчмийн алдагдал	37224.24	116.75	199.64	505.74	822.13	2.21%

Эрчийн алдагдлыг бүтцээр нь харвал трансформаторын хоосон явалтын алдагдал 14,2% трансформаторын ачааллын алдагдал 24,3% шугамын алдагдал 61,5%-ийг эзэлж байна (зураг 7).



Зураг 7. Эрчмийн алдагдлын диаграм Wш- Шугамын эрчмийн алдагдал; Wxx- Тр-н хоосон явалтын эрчмийн алдагдал; Wш- Тр-ын ачааллын алдагдал.

5. Агаарын шугамын ашиглалтын байдалд хийсэн шинжилгээ

35 кВ-ийн Зуунмод А, Б ЦДАШ-ын их болон урсгал засварын үед хэлхээ тус бүрээр нь ээлжлэн засвар ордог. Засварын үед 35/10 кВ Зуунмод, 35/10 кВ-ийн Жаргалант дэд станцууд дээр секц холбож хэрэглэгчдийг эрчим хүчээр тасралтгүй хангадаг. 35/0,4 кВ-ийн станцуудын хувьд схем өөрчлөх боломжгүй тул тухайн хэлхээний хэрэглэгчдийн цахилгаан эрчим хүч тасарч эрчим хүчний дутуу түгээлт үүсдэг.

35 кВ-ийн сүлжээнд шинээр хэрэглэгч холбогдох үедээ техникийн нөхцлийн дагуу засварын тулгуурыг салбарлалтын анкер тулгуураар солих шаардлага байдаг. Энэ үед Зуунмод хот нь өөр хоёрдогч эх үүсвэр байхгүй тул фидерийг удаан хугацаагаар бүрэн хүчдэлээс чөлөөлөх боломжгүй байдаг. Сүүлийн жилүүдэд шинээр хэрэглэгчийг холбохын тулд тухайн хэсэгт тойруулж түр агаарын шугам татаж угсралтын ажлыг гүйцэтгэдэг. Энэ нь угсралтын үеийн ажлыг удаашруулж, хэрэглэгчийн сүлжээнд холбогдох зардлыг нэмэгдүүлдэг. 2016 оноос хойш 10 шинэ станц уг сүлжээнд залгагдсан байна.

35 кВ-ийн Зуунмод А,Б ЦДАШ-нд 2018 оны ашиглалтын түвшин тогтоох ИТА-ын 2-р шатны үзлэгээр агаарын шугамын утасны чангаралт-2, тулгуур изоляторын хагарал-3, төмөр бетон тулгуурын хагарал-3, төмөр хийцийн зэврэлт нийт тулгуурт илэрсэн. Үүнээс эрсдлийн үнэлгээгээрээ хамгийн өндөр байгаа нь төмөр бетон тулгуурын хагарал цууралт байна.

ШУТИС БАС-ийн оношлогоо, зураг төсөл, судалгааны “Реконстракшн” төвийн “Цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын төмөр бетон тулгуурын оношлогооны тайланд нийт 11 фидерийн 22 төмөр бетон тулгуурт оношлогоо хийсэн байна. Энэхүү судалгаанд “Нийт 22 төмөрбетон тулгуураас 14 ширхэг тулгуур ан цавтай байна. 1988 онд үйлдвэрлэгдсэн Зуунмодны шугамд байрлах 66,67 дугаартай төмөр бетон тулгуур хамгийн олон ан цавтай байна. Бидний хийсэн шинжилгээнээс. Зуунмодны 66 дугаартай цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын тулгуурууд коррозод орсон байна. Цаашид энэ төмөрбетон тулгуурыг солих эсвэл хүчитгэх шаардлагатай байна [1].” гэж тайланд дурдагджээ.

Эрсдэлийн судалгаа

Байгалийн гамшигийн нөлөөгөөр болон ашиглалтын шаардлага хангахгүй төмөр бетон тулгуур өвлийн цагт хугарч унасан тохиолдолд Зуунмод хот хоёрдогч эх үүсвэргүй тул удаан удаан хугацаагаар эрчим хүчгүй болж орон сууцны хороолол хөлдөх эрсдэл бий болно.

35/10 кВ-ийн Зуунмод дэд станц нь өвлийн их ачааллын хэмжилтээр трансформаторын ачаалал 60,25% байгаа нь цаашид шинээр нэмэгдэх хэрэглэгчдийг цахилгаан эрчим хүчээр хангаж чадахгүй нөхцөл байдал үүсч байна.

УБЦТС ТӨХК-ийн 35 кВ-ийн ЦДАШ-ын найдвартай ажиллагаа хангах чиглэлээр авч хэрэгжүүлсэн ажил /Реклоузер/

УБЦТС ТӨХК нь 2018 онд 35 кВ-ийн Баянжаргалан /37-38/, 35 кВ-ийн Гачуурт-Булаг

уулзвар хуурай салгуурын пунктыг шинээр Tavrida LLC SMART35 /REC35_Smart1/ маркийн реклоузерээр (Зураг 8) тоноглож диспетчерийн удирдах байрнаас шууд таслаж залгадаг болсон. Энэхүү шинэлэг төхөөрөмжөөр сэлгэн залгалтыг алсын зайнаас шууд удирдаж таслалт залгалтыг гүйцэтгэж 35/10 кВ-ийн Гачуурт, Од, Булаг, 35/0,4 кВ-ийн УБ-Буян дэд станцуудыг хоёр талын тэжээлтэй болгон найдвартай ажиллгааг нэмэгдүүлсэн (зураг 9).



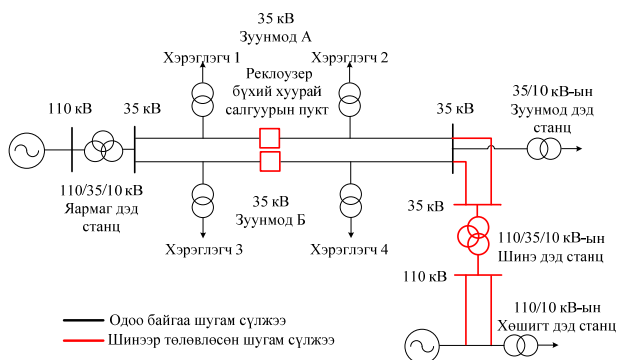
Зураг 8. REC35 SMART Реклоузер



Зураг 9. Реклоузерийг суурилуулсан байдал

6. Төв аймгийн Зуунмод хотын цахилгаан хангамжийн найдвартай ажиллагааг сайжруулахад дэвшүүлж буй санал

- 35 кВ-ийн Зуунмод А,Б ЦДАШ-ын шугамын дунд реклоузер бүхий хуурай салгуурын пункт суурилуулж засвар, угсралт, гэмтэл тасралтын үед фидерийг хоёр хувааж боломжтой хэсгийг цахилгаан эрчим хүчээр хангаж байх.
- 110/10 кВ-ийн Хөшигт дэд станцаас хоёр хэлхээт 110 кВ-ийн ЦДАШ, 110/35/10 кВ-ийн дэд станц шинээр барьж Зуунмод хотыг хоёр талын эх үүсвэртэй эрчим хүчээр хангах (зураг 10).



Зураг 10. Бүдүүвч схем

ДҮГНЭЛТ

1. Төв аймгийн Зуунмод хотыг 110/10 кВ-ийн Хөшигт дэд станцаас шинээр 110 кВ-ийн ЦДАШ тагаж 110/35/10 кВ-ийн дэд станц бариснаар Зуунмод хотын цахилгаан хангамж хоёр өөр эх үүсвэртэй болж 35 кВ-ийн Зуунмод А,Б ЦДАШ, 110/35/10 Яармаг дэд станц нэмэлт горимоор ажиллах боломжтой болж байна.
2. 35 кВ-ийн Зуунмод А,Б ЦДАШ-ын дунд реклоузер бүхий хуурай салгуурын пункт суурилуулсанаар

засвар, угсралт, гэмтэл тасралтын үед нэмэлт горимоор хэрэглэгчдийн 50%-ийг цахилгаан эрчим хүчээр тасралтгүй хангаж дутуу түгээдэг эрчим хүчийг мөн 50%-аар багасгах боломж байна.

Ном зүй

1. Монгол хэл дээр хэвлэгдсэн зохиол бүтээл
 1. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем”, УБ: Соёмбо принтинг, 2014, 1100 х.
 2. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан станц, дэд станц”, УБ: Соёмбо принтинг, 2014, 600 х
 3. Д.Содномдорж “Эрчим хүчний судалгаа шинжилгээний арга зүй”, УБ: Соёмбо принтинг, 2016, 180 х.
 4. Д.Содномдорж “Технологийн процессийн оновчлол”, УБ: Соёмбо принтинг, 2015, 348 х.
 5. Н.Намхай “Цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын гэмтлийг оношлох орчин үеийн аргууд”, УБ: Мөнхийн үсэг, 2016, 298 х.
- II. Бусад
1. УБЦТС ТӨХК 2018-2019 оны өвлийн их ачааллын хэмжилтийн тайлан.
 2. ШУТИС БАС-ийн Оношлогоо, зураг төсөл, судалгааны “Реконстракшн” Төв “Барилгын экспертизийн тайлан” 2018, 71 х.
 3. <https://www.tavrida.com/ter/solutions/REC35/>

БАРУУН БҮСИЙН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМД ЭРДЭНЭБҮРЭН УСАН ЦАХИЛГААН СТАНЦЫГ ХОЛБОХ ҮЕИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА

Б.Дэмбэрэл*, Ш.Гантөмөр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. ББЭХС-д ОХУ болон Хятадаас авч байгаа ЦЭХ-ийг Эрдэнэбүрэн УЦС-аар хангаж, дотоодын цахилгаан эрчим хүчний найдвартай эх үүсвэрийг нэмэгдүүлэн системд нийлүүлэх горимын тооцооны судалгаа.

Түлхүүр үг. ББЭХС, Эрдэнэбүрэн УЦС.

УДИРТГАЛ

Манай улсын баруун хязгаар Увс, Ховд, Баян Өлгий аймаг болон Говь Алтай аймгийн зарим сумдыг Баруун Бүсийн Эрчим Хүчний Систем Цахилгаан Эрчим Хүчээр хангадаг бөгөөд ОХУ-н Красноярскийн эрчим хүчний системээс 70% гаруй хувийг, БНХАУ-аас 2% орчим хувийг, үлдсэн 20% орчим хувийг Дөргөний Усан Цахилгаан станцаас авч байна. Баруун бүсийн эрчим хүчний системийн өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэгцээг найдвартай эх үүсвэрээр хангах, импортын өндөр үнэтэй цахилгаан эрчим хүчийг дотоодын хямд эрчим хүчээр орлуулах, баруун бүсийн эрчим хүчний системийн горимын тохируулгын үүрэг гүйцэтгэх олон талын ач холбогдол бүхий 64 МВт-ын хүчин чадалтай усан цахилгаан станцыг Ховд аймгийн Эрдэнэбүрэн суманд Шижигтийн хавцал гэх газар төлөвлөөд БНХАУ-ын Засгийн газраас Монгол Улсын Засгийн газарт олгох хөнгөлөлттэй зээлийн санхүүжилтгээс 288,5 сая ам доллар буюу 730 тэр бумын өртөгөөр барьж байгуулахаар төсөл хэрэгжиж эхэлсэн.

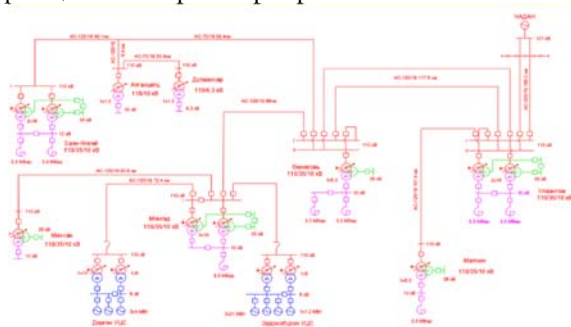
Үйлдвэрлэл-тээвэрлэлт-хэрэглээ нь нэгэн агшинд зэрэг явагддаг 24 цагийн тасралтгүй ажиллагаатай хүнд үйлдвэрлэл болох эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн тогтвортой ажиллагааг хангахад УЦС шийдвэрлэх үүрэгтэйгээс гадна эрчим хүчний өөрийн өртөг маш хямд байдгыг харж болно. ББЭХС-нь нэг кВт,ц эрчим хүчийг ОХУ-аас 2,77 рубль буюу ойролцоогоор 110төгрөг, БНХАУ-аас 0,65 юань буюу 240 төгрөг, Дөргөний УЦС-аас 33 төгрөгөөр тус тус худалдан авч байна. Нэг кВт,ц цахилгаан эрчим хүчний өөрийн өртөг нь 199 төгрөг болж хэрэглэгчдэд борлуулахдаа цахилгаан эрчим хүчний дундаж үнэ 100 төгрөгөөр худалдаалж, 100 орчим төгрөгний алдагдал хүлээж байна. Энэхүү алдагдлыг хаахын тулд жил бүр 7-8 тэрбум төгрөгийг улсын төсвөөс гаргадаг. Эрдэнэбүрэнгийн УЦС-ын урьдчилсан судалгааг анх 1964 онд ЗХУ-ын Эльктросеть институт хийсэн ба улмаар 2008 онд MCS групп, Японы Kyushu Electric Power, West Japan Engineering Consultants, Industrial Design компаниуд урьдчилан ТЭЗҮ-г боловсруулж нэг квт,ц эрчим хүчний өртөг 35-40 төгрөг байхаар төлөвлөгдөж байгаа. Эрдэнэбүрэнгийн УЦС-ыг барьсанаар импортын эрчим хүчний хараат байдлаас гарч Ховд аймгийн түүхий нүүрсний хэрэглээг олон мянган тооноор бууруулж агаарын бохирдолыг багасгах, цаашлаад цахилгаан хямд эх үүсвэрээ дагаад иргэдийн үйлдвэрлэл, үйлчилгээг нэмэгдүүлэх боломжийг олгож байгаа юм.



Зураг 1. Баруун бүсийн эрчим хүчний систем

1. Судалгааны объект

ББЭХС нь 110 кВ-ийн 952 км, 35 кВ-ийн 683 км ЦДАШ, 110/35/10кВ-ийн 8ш, 35/10кВ ба 35/0,4 кВ-ийн 17 шугам дэд станцуудаар дамжуулан Баруун бүс нутгийн 4 аймгийн төв, 55 сум, 43 багийн төв суурин газрыг цахилгаан эрчим хүчээр хангаж байна.



Зураг 2. Баруун бүсийн эрчим хүчний системийн ЦШС-ний ерөнхий схем

Эрдэнэбүрэнгийн УЦС-нь

- Ховд хотоос 85 км,

- Эрдэнэбүрэн сумын төвөөс 25 км,

- Баян-Өлгий аймгийн Баяннуур сумаас 54 км, зайд орших Ховд гол дээрх Шижигтийн Хавцалд баригдахаар төлөвлөөд байна.

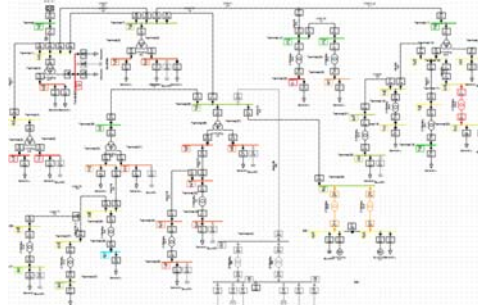
Хүснэгт 1

2008 оны судалгаанд үндэслэсэн

Далан	
Далангийн өндөр	95 м
Далангийн хярын урт	395м
Далангийн хярын дээд түвшин	д.т.д 1330м
Далангийн төрөл	Хүндийн хүчний бетон далан
Усан сан	
Усан сангийн дээд түвшин	д.т.д 1325 м
Усан сангийн доод түвшин	д.т.д 1305 м
Усан сангийн хэвийн түвшин дэх усан сангийн эзлэхүүн	1.2 тэрбум м3
Усны хэвийн түвшин дэх усан толион талбай	98 км2
Суурилагдах хүчин чадал	
Агрегаторын төрөл	Босоо тэнхлэгийн Францис
	21 МВт-ийн 3 ш
	Хэвтээ тэнхлэгийн Францис
	1,2 МВт-ийн 1ш
Жилд үйлдвэрлэх цахилгаан эрчим хүч	230 сая кВт.ц

2. PowerFactory программ хангамжийг ашиглаж Эрдэнэбүрэн Усан Цахилгаан станцыг ББЭХС-д оруулан тооцсон

Тухайн программ нь эрчим хүчний системийг моделчлох, түүн дээр тогтсон горимын болон шилжилтийн горимын бүх төрлийн тооцоо, богино залгааны тооцоог иж бүрдлээр нь хийдэг цогц шинжилгээний программ хангамж юм



Зураг 3. Программийн үр дүн

Цахилгаан эрчим хүчийг үр ашигтай ашиглахын тулд түүнийг үйлдвэрлэх, дамжуулах, хуваарилах, хэрэглэх нь эрчим хүчний системийн асуудал бөгөөд технологийн дамжлага тус бүрт гарах техникийн алдагдлыг хамгийн бага байлгах, хүчдэлийн утгуудыг зөвшөөрөгдөх хэмжээнд барих шаардлагатай болдог. Манай улсын ямар ч ЦШС-ний хувьд хэт их ачаалагдсан болон дутуу ачааллаар ажиллаж байгаа тоноглол байнга байдаг. Ийм учраас энэхүү судалгааны ажлыг зайлшгүй гүйцэтгэх шаардлагатай бөгөөд судалгааны ажлын үндсэн зорилго нь Баруун бүсийн ЭХС-д Эрдэнэбүрэн УЦС-ийг холбож тооцооны үр дүнд шинжилгээ хийх юм. Цахилгаан шугам сүлжээ (ЦШС)-ний ажлын горимын мэдээлэл нь хангамжийн бүрэн бүтэн байдал, хэмжилтийн үнэмшлийн зэрэг, нэгэн төрлийн шинж чанараараа харилцан адилгүй байдаг.



Зураг 4. Чадлын алдагдал



Зураг 5. Эрчмийн алдагдал

Цахилгаан систем, цахилгаан шугам сүлжээний бүхий л тооцооны үндэс суурь нь тогтсон горимын

тооцооны үр дүнд үндэслэн хийгддэг. Горимын тооцооны анхдагч өгөгдлийг ерөнхий тохиолдолд цахилгаан системийн хэмжүүрийн тоноглол, хэмжилтээр тодруулагдах горимын өгөгдөл, цахилгаан системийн үндсэн элементүүд болох шугам, трансформаторын лавлахын өгөгдлөөр

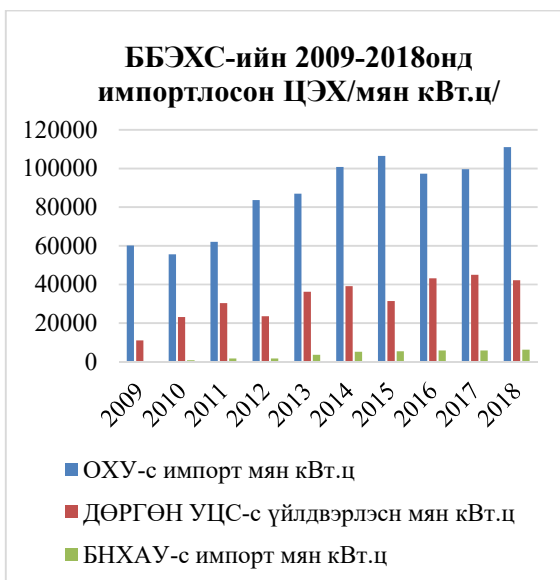
тодорхойлогдох системийн өгөгдөл, цахилгаан системийн залгах салгах тоноглолын байрлалаар тодорхойлогдох бүтцийн өгөгдөл гэж 3 ангилна. Цахилгаан шугам сүлжээний горимын тооцооны аргачлалыг горимын анхдагч мэдээллээс нь хамааруулан их, бага ачааллын гэж ангилдаг.

Хүснэгт 2

ББЭХС-ЫН 2009-2018 ОНЫ ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧИЙГ ИМПОРТЛОСОН БА ХУДАЛДСАН НИЙТ АЧААЛАЛ											
Нэр	он	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ОХУ-с импорт	мянк Вт.ц	60178	55594.2	62011.5	83683.7	86937.9	100839	106479	97354.2	99655	110987.6
ДӨРГӨН УЦС-с үйлдвэрлэсэн	мянк Вт.ц	11028	23165.8	30349.8	23590.8	36242.5	39112.5	31396.2	43219.7	44961.3	42146.1
БНХАУ-с импорт	мянк Вт.ц	0	842	1679.3	1711.8	3641.3	5144.5	5375.3	5849.4	5840.1	6231.4
Нийт худалдаалсан	мянк Вт.ц	71206	79602	94040.6	108986	126822	145096	143250.5	146423	150456	159365.1

Цахилгаан системийн хэвийн ажиллагааг хугацааны агшин бүрд найдвартай хангахын тулд түүний хэтийн төлөвийг урьдчилан маш нарийн тооцсон байх шаардлагатай байдаг.

ББЭХС-ын бодит ачаалал, сүүлийн жилүүдэд холбогдсон шинэ хэрэглэгчдийн өсөлтийг сүүлийн 5 жилийн ачааллын өсөлтөөс харж болно.



Зураг 6. Импортлосон ачааллын график

Өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэгцээг найдвартай эх үүсвэрээр хангаж, импортын өндөр үнэтэй цахилгаан эрчим хүчийг бууруулж, дотоодын эрчим хүчний эх үүсвэрийг яаралтай нэмэгдүүлэн Баруун бүсийн эрчим хүчний системийн хэтийн төлөвийг боловсруулах болсоныг дээрх графикаас харж болно.



Зураг 7. Худалдаалсан ачааллын график

Өнөөдрийн байдлаар ББЭХС-ын хоногийн хамгийн их ачаалал 36,1 МВт байна. Өнгөрсөн оны байдалтай харьцуулахад 9% орчим хувиар нэмэгдэгдсэн нь Ховд аймгийн Булган суманд мах боловсруулах үйлдвэр, Зэрэг суманд Цэвэрлэх байгууламж, Манхан суманд Дулааны станц, Эрдэнэбүрэн суманд Дулааны станц, ЦЭХ-ний шөнийн хөнгөлөлттэй холбоотой айл өрхийн цахилгаан халаагуур, Баян-Өлгий аймагт Мах боловсруулах 6 үйлдвэр, Увс аймагт Цагаанхайрхан, Зүүнговь, Түргэн сумуудад дулааны станцууд шинээр ашиглалтанд орсон байна.

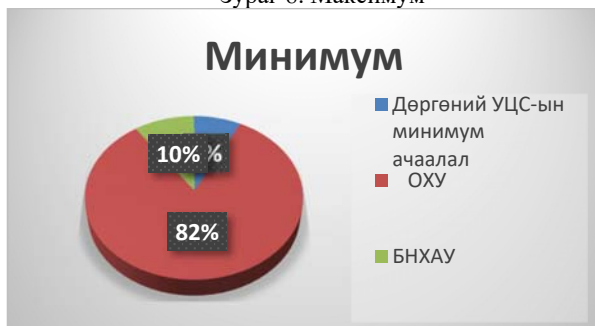
Хүснэгт 3

ББЭХС-ын Өвлийн их ачааллын хоногийн оргил ачаалал болон зуны бага ачаалал

Үзүүлэлт		2013 он	2014 он	2015 он	2016 он	2017 он	2018 он
Системийн ачаалал	Максимум ачаалал	30.0	32.12	31.5	30.5	32.9	36.1
	Минимум ачаалал	2.2	3.8	4.2	4.2	2.9	3.7
Эх үүсвэрийн оролцоо	Дөргөний УЦС-ын максимум ачаалал	7.2	7.04	6.4	7.7	5.77	7.23
	Дөргөний УЦС-ын минимум ачаалал	0.6	1.8	1.76	0.44	2.5	0.28
Импортын максимум ачаалал	ОХУ				22.8	26	27.62
	БНХАУ					1.1	1.25
	Нийт	22.8	25.08	25.08	22.8	27.1	28.87
Импортын минимум ачаалал	ОХУ				3.74	0	3.02
	БНХАУ					0.36	0.36
	Нийт	1.6	2.0	2.4	3.74	0.36	3.38



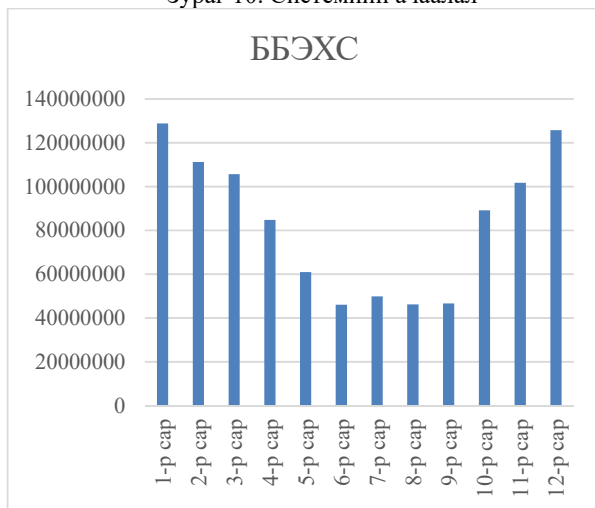
Зураг 8. Максимум



Зураг 9. Минимум



Зураг 10. Системийн ачаалал



Зураг 11. ББЭХС-ийн ачааллын график

ДҮГНЭЛТ

Баруун бүсийн эрчим хүчний системд судалгаа хийж дүгнэхэд

1. ББЭХС –ийн 110,35 кВ-ийн шугам сүлжээ нь хол зайд бага чадал дамжуулж байгаа нь шугамын алдагдал болон тр-н хоосон явалтын алдагдал их байгаа нь powerfactory программийн үр дүнд гарч ирсэн нь өндөр үнэтэй цахилгаан байгууламжийг шинээр барьж хэрэглэгчдийг хангах бололцоо муутай байна

2. ББЭХС нь өвлийн их ачааллынхаа 77%-80%, зуны бага ачааллын 82%-92% -ийг импортын ЦЭХ-ээр хангаж байгаа, сүүлийн 10 жилд ЦЭХ-ний ачаалал хэрэглээ жилд 8-10%-иар нэмэгдсэн нь нэмэлт цахилгаан эх үүсвэр Эрдэнэбүрэн УЦС-ийг барьж ашиглалтанд оруулан өртөг багатай ЦЭХ-ээр ББЭХС-г бүрэн хангахаас гадна Төвийн бүсийн ЭХС, Алтай улиастайн системтэй холбогдох боломжтой гэж үзсэн

3. Эрдэнэбүрэн УЦС-аас гадна Нар салхины станцыг алслагдсан сумдуудад барьж хэрэглэгчдээ хангах нь алдагдал багатай, хэрэглэгчдээ найдвартай хангах боломж байна.

4. ББЭХС-ийн ЦДАШ-ын бодит ачаалал, сүүлийн жилүүдэд холбогдсон шинэ хэрэглэгчдийн өсөлт, ашиглалтын үеийн засвар үйлчилгээ, гэмтэл тасралт, эрсдлийн судалгаа, тогтсон горимийн судалгааг PowerFactory программаар тооцоолж нэмэлт горимын оновчлолыг гаргаж хэрэгтэй байна.

Ашигласан ном, зохиол

1. Ш.Гантөмөр. “Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам”-УБ: Соёмбо принтинг 2011 он 600х.
2. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем”-УБ: Соёмбо принтинг 2014 он 1100х.
3. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан станц дэд станц”-УБ: Соёмбо принтинг 2011 он 600х.
4. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан систем, цахилгаан шугам сүлжээ”-УБ: Соёмбо принтинг 2003 он. 350х.
5. Ш.Гантөмөр, Ч.Зундуйсүрэн “Эрчим хүчний системийн горимын оновчлол ”-УБ: ШУТИС 2001 он.
6. Д.Содномдорж “Эрчим хүчний хэмнэлт”-УБ: ШУТИС, өнгөт хэвлэл, 2003 он. 340х.
7. Д.Содномдорж “Цахилгаан шугам сүлжээний чадал эрчмийн алдагдлыг тодорхойлох арга, загварууд” -УБ:ТИС-ийн хэвлэл 1999.
8. erdeneburenhpp.mn
9. med.gov.mn
10. dnn.mn
11. e-book.must.edu.mn
12. Эрчим хүчний тооцооны программ (Powerfactory).

ТӨМӨР ЗАМЫГ ЭРЧИМ ХҮЧЭЭР НАЙДВАРТАЙ ХАНГАХ ЗОРИЛГООР БАГАХАНГАЙ ДҮҮРЭГ 10МВт-ЫН НАРНЫ ЦАХИЛГААН ҮҮСГҮҮР ШИНЭЭР ХОЛБОХ СУДАЛГАА

Б.Билгүүн*, Ж.Батчимэг*, Б.Сэргэлэн*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Агуулга. Энэхүү судалгаанд төмөр замыг эрчим хүчээр найдвартай хангахад сэргээгдэх эрчим хүчийг ашиглах зорилгоор 10МВт-ын нарны цахилгаан станцын тооцооллыг хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд үүнд DIGSILENT Power factory програм ашигласан болно. Судалгааны объект болгон Багахангай дүүргийн 110/35 кВ-ын Багахангай дэд станцыг сонгон авлаа.

Түлхүүр үг. Фотовольтаик, нарны цахилгаан станц, инвертер, трансформатор, нарны зай, шин.

Танилцуулга

Энэхүү ажлын зорилго нь сүүлийн үед цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ хурдацтай өсөн нэмэгдэж байгаагаас гадна ЦЭХ-ний системийн тоноглолын хуучралт мөн олон талын үүсгүүргүйгээс шалтгаалан цахилгаан эрчим хүчийг хязгаарлах гэх мэт хүндрэлүүд үүсч байна. Энэ хүндрэлүүдийг арилгахын тулд эрчим хүчний системээс ангид цахилгаан эрчим хүчний эх үүсгүүрүүд шинээр шаардлагатай байна.

Багахангай дүүргийн төмөр замын эрчим хүч, ус хангамжийн нэгдүгээр ангийг сонгон аван, эрчим хүчээр найдвартай хангах 10 МВт-ын нарны цахилгаан станцыг шинээр барихаар судалгаа хийлээ. Багахангай дүүргийг сонгон авсан шалтгаан нь цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ хурдацтайгаар нэмэгдэж байгаа, мөн төмөр замын босоо тэнхлэгийн дагуу байрласан учир төмөр замын тоног төхөөрөмжүүдийг эрчим хүчээр хангахад хялбар болох юм.

Багахангай дүүрэгт 10 МВт-ын нарны станц баригдсанаар шинээр төлөвлөгдөж буй цахилгаан галт тэргийг найдвартай эрчим хүчээр хангахад сэргээгдэх эрчим хүчийг ашиглах боломжтой болж байна.

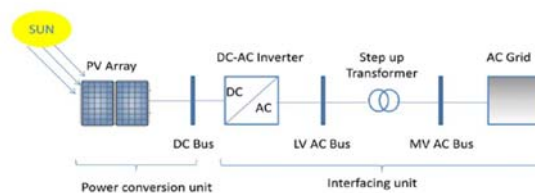
Энэхүү нарны станц нь төвийн эрчим хүчний системтэй зэрэгцээ болон бие даан ажиллах боломжтой. Ингэснээр төвийн эрчим хүчний системийн тоноглолд гэмтэл гарах, засварын ажил хийгдэхэд нарны станц нь бие даан ажиллаж, 110/35кВ-ийн Багахангай дэд станцыг эрчим хүчээр хангах боломжтой болж байна.

Үүний үр дүнд, жилд дунджаар ЦДҮС-ээс шалтгаалсан цахилгаан, эрчим хүчний тасралтыг тодорхой хувиар бууруулна.

1) Нэгдсэн сүлжээнд холбогдсон фотовольтаик системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд:

Нэгдсэн сүлжээнд холбогдсон фотовольтаик систем үндсэн 2 хэсгээс бүрдэнэ: нарны энергийг хувиргах хэсэг, сүлжээнд холбогдох хэсэг. Нарны энергийг хувиргах хэсэгт нарны панель, суурилуулалтын төхөөрөмжүүд, Тогтмолыг-Тогтмол хувиргагч (шаардлагатай үед), нарны энергийг шулуутгагч руу дамжуулж тогтмол цахилгаан эрчим хүч болгох тогтмол гүйдлийн кабель зэрэг багтана. Нарны панелуудын үйлдвэрлэсэн тогтмол цахилгаан эрчим хүч шууд тогтмол гүйдлийн шийнд холбогдоно.

Түүний дараа Тогтмолыг-Хувьсах инвертерээр дамжин хувьсах хүчдлийн шинд холбогдоод фотовольтаик системийн сүлжээ рүү холбогдох хэсэгт хүрнэ. Хамгийн сүүлд хувьсах цахилгаан эрчим хүч кабелиар дамжин нам эсвэл дунд хүчдлийн дамжуулах сүлжээнд холбогдоно. Зураг 1-д үзүүлснээр ихэвчлэн фотовольтаик систем нь өсгөх трансформатораар дамжин дунд хүчдлийн дамжуулах сүлжээнд холбогддог.



Зураг 1. Нэгдсэн сүлжээнд холбогдсон PV системийн бүрэлдэхүүн

Инвертер

Инвертер нь нарны панелаас ирж байгаа эрчим хүчийг ихэсгэх зориулалттай. Үндсэн үүрэг нь нарны үүсгүүрээс ирж байгаа тогтмол гүйдлийг өрхийн болон аж ахуйн хэрэглээнд хүрэлцэхүйц хувьсах гүйдэл болгон хувиргадаг. Инвертер нь ихэвчлэн системийн хүчдэл, давтамжинд бүрэн синхронизаци хийж холбогддог. Тухайн хүчдэл болон гүйдэлд тохируулан хамгийн их чадлыг гаргахын тулд инвертер нь хамгийн их чадлын чиглүүлэгч (MPPT)-г ашигладаг.

Инвертерын гүйцэтгэх үүрэг

Фотовольтаикийн инвертерын аюулгүй ажиллагаа үр ашиг гэх мэт нэмэлт шаардлагуудыг авч үзэлгүйгээр фотовольтаик инвертерын чадлын электроникийн үйл ажиллагаа талаас нь авч үзвэл дараах үндсэн ажиллагааг онцолж байна [9].

1. Хамгийн их чадлын чиглүүлэгч (MPPT)

Инвертер нь хамгийн их боломжит чадлыг үйлдвэрлэхээр фотовольтаик системийн тогтмол хүчдлийн шин талд нь тохируулан удирддаг. Хамгийн их чадлын чиглүүлэгчийн үйл ажиллагаа нь фотовольтаик системийн ашигт үйлийн коэффициентийг тодорхойлдог тул маш чухал. Фотовольтаик систем нь тусаж буй нарны гэрлийн эрчмээс шууд хамаарах бөгөөд нарны эргэлдэх хөдөлгөөн, үлшилт, сүүдэрлэлт зэрэг хүчин зүйлээс хамааран хамгийн их чадал үйлдвэрлэх горимд өөрийгөө тохируулан ажиллана.

2. Сүлжээнд холбогдож байгаа хэсэг

Энэ хэсэг нь фотовольтаикийн инвертерын хувьд хамгийн чухал юм. Фотовольтаикийн үүсгүүр нь ихэвчлэн хүчдлийн гаралттай инвертерээр дамжин хувьсах хүчдлийн сүлжээнд холбогдоно. Энэ төрлийн инвертер нь Виск характеристектэй (Гаралтын хүчдэл нь үргэлж оролтын хүчдлээс бага байдаг).

3. Хувьсах болон тогтмол хүчдлийн шинийн хоорон дахь хүчний холболт

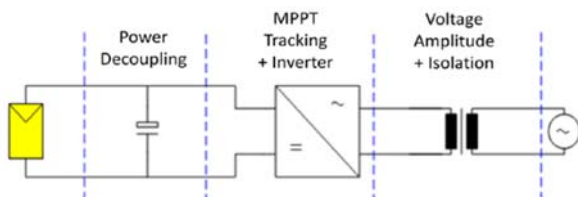
Хувьсах болон тогтмол хүчдлийн шинийн хоорон дахь чадлын хэлбэлзлийг ямар нэг энерги хадгалах төхөөрөмжөөр тохируулах шаардлагатай байдаг бөгөөд энэ нь системийн хүчдлийн чанарыг сайжруулдаг. Энэ төрлийн холболтонд электролитийн конденсаторыг ашигладаг ба энэ нь инвертерийн ашиглалтын хугацаатай шууд хамааралтай байдаг учир маш чухал юм.

4. Оролт болон гаралтын хоорон дахь гальваник тусгаарлагч

PV системийг гальваник тусгаарлагчтай болон тусгаарлагчгүй гэж 2 ангилна.

А). Гальваник тусгаарлагчтай трансформатор

Хамгийн түгээмэл ашиглагддаг гальваник тусгаарлагч нь сүлжээний давтамж дээр ажилладаг уламжлалт трансформатор юм. Энэ арга нь PV системийг ашиглаж эхэлсэн цагаас эхлэн туршигдан, хэрэглэж байгаа арга юм. Гэвч энэ арга нь овор хэмжээ болон өртөг өндөр, нэмэлт алдагдалтай, нэгдмэл бус чадлын коэффициенттэй зэрэг сул талуудтай. Зураг 3-д үндсэн инвертер дээр хамгийн их чадлын чиглүүлэгчийг тохируулдаг.

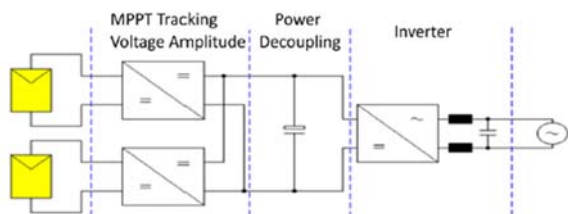


Зураг 2 .Гальваник тусгаарлагчтай уламжлалт трансформатор

Сүлжээнд нийлүүлж буй чадал өөрчлөгдөхөд, тогтмол гүйдлийн чадлыг конденсаторын цэнэглэгдэх эсвэл цэнэг алдах горимоор тогтмол барьсны үр дүнд нарны зайн үүсгүүрийн гаралт дээрх хүчдэл өөрчлөгддөг.

Б). Гальваник тусгаарлагчгүй өндөр давтамжийн Тогтмолыг-тогтмол (DC-DC) хувиргагч

Уламжлалт трансформаторт сул талууд их байгаагаас шалтгаалан гальваник тусгаарлагчийг орлуулах шинэ аргыг хайсны үр дүнд тусгаарлагч хэрэглээгүй өндөр давтамжийн DC-DC конвертерийн аргыг олсон байна. Энэхүү арга нь системд трансформатор ашиглаагүй бөгөөд өндөр давтамжийн DC-DC конвертер ашигладаг. DC-DC конвертер нь хамгийн их чадлын чиглүүлэгч болон хүчдэлийн түвшиний өөрчлөлтийг зохицуулах үүрэг гүйцэтгэнэ. Зураг 4-т өндөр давтамжийн DC-DC конвертер ашигласан фотовольтаик системийг үзүүлэв.



Зураг 3. Өндөр давтамжийн DC-DC конвертер ашигласан фотовольтаик систем

Уг зурагт үзүүлсэн схем туршилтын шатандаа явж байгаа бөгөөд ямар нэг трансформатор байхгүй тохируулга нь гүүрэн IGBT схемээр хийгдэнэ. Хувьсах хүчдлийн нейтраллийн дамжуулагч нь инвертерээр дайран газардана. Энэ технологийг чадлын алдагдал бага, овор хэмжээ бага, уламжлалт давтамжийн трансформаторын үнэ өртөг бага байхаар хөгжүүлж байна.

10 МВТ-ЫН НАРНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ТООЦОО

Эрчим хүчний системийн хэвийн горимын үеийн бодит, хуурмаг чадлын урсгалын тархалт, генераторын үйлдвэрлэх бодит хуурмаг чадал, шугам, дэд станцын хэт ачааллах байдал, зангилаа цэгүүдийн хүчдлийн түвшин нэгдсэн сүлжээний дүрэмд заагдсан зөвшөөрөгдөх утганд барих, шугам, трансформатор болон бусад цахилгаан тоноглол дээр үүсэх алдагдлыг тодорхойлох, сүлжээний бүтэц болон чадлын урсгалын оновчтой хувилбарыг сонгох, үндсэн тоноглолын хүчин чадлыг сонгох тооцоо юм.

Энэ судалгааны хэсэгт 10 МВт-ын хүчин чадалтай “Нарны цахилгаан станц” нь 110кВ, 35кВ-н 2 янзаар 110/35/10 кВ-ийн Баганхангай дэд станцын 110 кВ-ийн шин болон 35кВ-н шинд 1,5 км урттай нэг хэлхээт ЦДАШ-р холбогдож төвийн бүсийн нэгдсэн сүлжээтэй зэрэгцээ ажиллах үеийн горим ажиллагаанд дүн шинжилгээ хийсэн. Ачааллын урсгалын тооцоог нарны цахилгаан станц сүлжээнд холбогдохоос өмнөх горимын параметруудад дүн шинжилгээ хийж, 2018 оны өвлийн их ачаалалын хяналт хэмжилтийн утгатай харьцуулалт хийж, тооцооны үр дүнг бататгасан.

Энэхүү бодит системийн хэмжилтийн утгатай адилхан DiGSILENT PowerFactory програм ашиглан системийн моделийг бий болгосны үндсэн дээр 10МВт хүчин чадалтай нарны цахилгаан станцыг холбож тогтсон горимын тооцоо хийж, сүлжээний бодит ба хуурмаг чадлын урсгал, зангилаа шинийн хүчдлийн хэмжээг тодорхойлсон.

Энэ хэсэгт хийгдсэн тооцоо, дүн шинжилгээ:

- 110кВ-н шинд холбогдсон үеийн их ачааллын үеийн чадлын урсгалын тооцоо
- 110кВ-н шинд холбогдсон үеийн трансформаторын хэт ачаалагдах хувийг тодорхойлох
- 35кВ-н шинд холбогдсон үеийн их ачааллын үеийн чадлын урсгалын тооцоо
- 35кВ-н шинд холбогдсон үеийн трансформаторын хэт ачаалагдах хувийг тодорхойлох

Дээр дурьдсан тооцоо, дүн шинжилгээг зөвхөн хэвийн горимын үеийн сүлжээний төлөв байдлыг тодорхойлж, үр дүнг хүснэгт болон график хэлбэрээр танилцуулсан.

АЧААЛЛЫН УРСГАЛЫН ТООЦОО

Чадлын урсгалын тооцоог 2018 оны өвлийн их ачааллын горимыг сонгон авч хийсэн.

Чадлын урсгалын тогтсон горимын тооцоонд 110,35,10 кВ-ийн сүлжээний бүх зангилааны шинийн хүчдэл (0,95-1,05 p.u), ЦДАШ-аар дамжих бодит болон хуурмаг чадлын урсгал, бодит ба хуурмаг чадлын алдагдал, компенсацилж буй хуурмаг чадал, трансформаторын РПН, ПБВ-н тавил, ЦДАШ болон трансформаторуудын ачаалагдах хувийг 2018 оны

өвлийн их ачааллын горимд тооцоо хийж, ачааллын урсгалын үр дүнг хүснэгт тус бүрээр илэрхийлсэн.

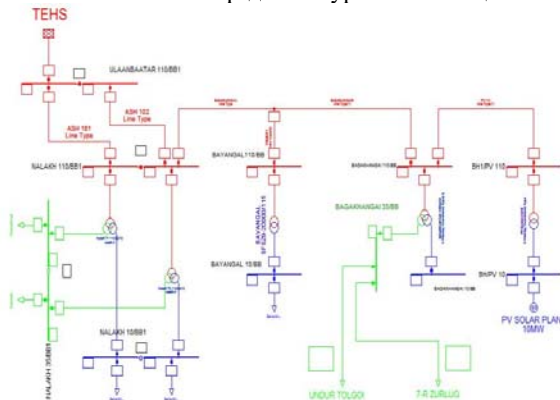
Хүснэгт 1

Дэд станцын хамгийн их ачаалал (хэмжилтийн утга)

Өвлийн их ачаалал	Дэд станц	Хүчдэлийн түвшин	РПН ПБН	I	U	S	P	Q
				/A/	/В/	/кВа/	/кВа/	/кВар/
110/35/10кВ Налайх	T-1 110 кВ	РПН - 9		56	114.98	11616	11000	3784
	T-1 35 кВ	ПБВ - 4		102.6	35.49	5880	6203.5	1605.2
	T-1 10 кВ			271.5	10.26	5400	4712.3	1449.6
	T-2 110 кВ	РПН - 9		48	115.12	9592	9416	1320
	T-2 35 кВ	ПБВ - 4		95.4	35.98	5796	5626.6	1849.5
	T-2 10 кВ			225	10.52	6300	3985.1	-900
110/35кВ Багахангай	T-1 110 кВ			6	114.2	1782	1782	264
	T-1 35кВ			24	35.7	1848	1820	336

2018 оны өвлийн их ачааллын 110/35/10 кВ-ын Налайх дэд станц, Багахангай дэд станцын бодит, хуурмаг ачаалал, бүх талын шинийн хүчдэл, РПН, ПБВ-н тавилын утга, ачаалагдах хувийн хяналт хэмжилтийн утгыг хүснэгт 1-д харуулав.

110кВ-н хүчдэлийн урсгалын тооцоо



Зураг 4. Тооцооны зарчмын схем

2018 оны өвлийн их ачааллын горимын байдлаар DIgSILNET програмыг ашиглан нарны цахилгаан станц төвийн бүсийн сүлжээтэй 110кВ-р холбогдсон үеийн бодит, хуурмаг чадлын урсгал, зангилаа дэд станцуудын хүчдлийн түвшин, трансформаторуудын ачаалагдах хувийг симмуляц хийн тодорхойлж, тооцооны үр дүнг хүснэгт 2-т харуулав.

2018 оны өвлийн их ачааллын горимд гол зангилаа цэгүүдийн шинийн хүчдлийн 110 кВ-ын ЦДАШ-р дамжих бодит чадлын хэмжээнээс хамаараад хүчдлийн уналт бий болох, цаашлаад сүлжээний бүтэц сул тохиолдолд хүчдлийн огцом уналт үүсч системийн хэмжээнд хүндрэлтэй горим үүсэх аюултай байдаг тул тооцооны үр дүнгээр P-V муруй байгуулж, сүлжээний хүчдлийн төлөв байдалд дүн шинжилгээ хийсэн.

Станц	0 MW	2 MW	4 MW	6 MW	8 MW	10MW
ULANBAATAR 110	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058
PV110	1.042	1.033	1.035	1.038	1.040	1.042
PV10	1.042	1.007	1.010	1.013	1.015	1.017
NALAKH 35-1	1.030	1.028	1.017	1.029	1.030	1.030
NALAKH 35-2	1.018	1.016	1.029	1.017	1.018	1.018
NALAKH 110-1	1.049	1.047	1.048	1.048	1.048	1.049
NALAKH 110-2	1.049	1.047	1.048	1.048	1.048	1.049
NALAKH 10-1	0.943	0.941	0.942	0.942	0.943	0.943
NALAKH 10-2	0.961	0.960	0.960	0.961	0.961	0.962
BAYANGAL110	1.043	1.037	1.039	1.040	1.042	1.043
BAYANGAL 10	1.029	1.023	1.025	1.026	1.028	1.029
BAGAKHANGAI 35	1.043	1.033	1.036	1.038	1.041	1.043
BAGAKHANGAI 110	1.043	1.033	1.036	1.038	1.041	1.043

Зураг 5. 110кВ-н Шинийн хүчдлийн түвшин.

Хүснэгт 2

2018 оны өвлийн их ачааллын урсгалын тооцооны үр дүн

PV Solar panel plant	0 MW		2 MW		4 MW		6 MW		8 MW		10MW	
	Sub Station	Norm Volt	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude
ULANBAATAR 110	110	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380
PV10	110	114.645	1.042	113.613	1.033	113.889	1.035	114.171	1.038	114.428	1.040	114.671
PV10	10	10.422	1.042	10.071	1.007	10.089	1.010	10.125	1.013	10.149	1.015	10.170
NALAKH 35-1	35	36.047	1.030	35.988	1.028	35.586	1.017	36.020	1.029	36.035	1.030	36.049
NALAKH 35-2	35	35.629	1.018	35.569	1.016	36.004	1.029	35.602	1.017	35.617	1.018	35.631
NALAKH 110-1	110	115.371	1.049	115.185	1.047	115.237	1.048	115.287	1.048	115.334	1.048	115.377
NALAKH 110-2	110	115.371	1.049	115.185	1.047	115.237	1.048	115.287	1.048	115.334	1.048	115.377
NALAKH 10-1	10	9.428	0.943	9.411	0.941	9.416	0.942	9.420	0.942	9.424	0.942	9.428
NALAKH 10-2	10	9.615	0.961	9.589	0.960	9.603	0.960	9.608	0.961	9.612	0.961	9.615
BAYANGAL110	110	114.724	1.043	114.088	1.037	114.272	1.039	114.436	1.040	114.591	1.042	114.737
BAYANGAL 10	10	10.291	1.029	10.234	1.023	10.250	1.025	10.265	1.026	10.279	1.028	10.293
BAGAKHANGAI 35	35	36.480	1.043	36.165	1.033	36.255	1.036	36.341	1.038	36.422	1.041	36.499
BAGAKHANGAI 110	110	114.645	1.042	113.628	1.033	113.910	1.036	114.178	1.038	114.431	1.040	114.671
BAGAKHANGAI 10	10	10.925	1.083	10.828	1.083	10.855	1.085	10.880	1.088	10.905	1.090	10.927

110кВ-н Шинийн хүчдлийн түвшингийн графикаас харахад сүлжээний хүчдлийн утга хэвийн, 10 МВт нарны цахилгаан станц холбогдсоноор шинийн хүчдлийн утгыг өсгөж байна.

Хүснэгт 3

2018 оны зуны бага ачааллын урсгалын тооцооны үр дүн

PV Solar panel plant	0 MW		2 MW		4 MW		6 MW		8 MW		10MW	
	Sub Station	Norm Volt	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude	UL Magnitude
ULANBAATAR 110	110	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380
PV35	110	36.489	1.043	35.492	1.014	35.516	1.015	35.532	1.015	35.539	1.015	35.539
PV10	10	10.425	1.043	10.000	1.000	10.000	1.000	10.000	1.000	10.000	1.000	10.000
NALAKH 35-1	35	36.046	1.030	36.022	1.029	36.035	1.030	36.047	1.030	35.449	1.013	35.459
NALAKH 35-2	35	35.628	1.018	35.603	1.017	35.616	1.018	35.628	1.018	35.640	1.018	35.650
NALAKH 110-1	110	115.369	1.049	115.282	1.048	115.333	1.048	115.371	1.049	115.405	1.049	115.437
NALAKH 110-2	110	115.369	1.049	115.282	1.048	115.333	1.048	115.371	1.049	115.405	1.049	115.437
NALAKH 10-1	10	9.427	0.943	9.421	0.942	9.424	0.942	9.427	0.943	9.430	0.943	9.433
NALAKH 10-2	10	9.615	0.961	9.608	0.961	9.611	0.961	9.615	0.961	9.618	0.961	9.619
BAYANGAL110	110	114.719	1.043	114.456	1.041	114.591	1.042	114.715	1.043	114.830	1.044	114.934
BAYANGAL 10	10	10.291	1.029	10.267	1.027	10.279	1.028	10.291	1.029	10.301	1.030	10.311
BAGAKHANGAI 35	35	36.489	1.043	35.694	1.020	35.725	1.021	35.747	1.021	35.759	1.022	35.782
BAGAKHANGAI 110	110	114.637	1.042	114.208	1.038	114.427	1.040	114.629	1.042	114.816	1.044	114.988
BAGAKHANGAI 10	10	10.924	1.092	10.676	1.068	10.680	1.068	10.682	1.068	10.681	1.068	10.678





Зураг 6. Техникийн үзүүлэлтүүд

Өвлийн их ачааллын горимд хэт ачаалалд орсон трансформаторууд байхгүй, хамгийн их ачаалагдах хувь 54.0% байна. Цаашид цахилгаан ачаалал нэмж холбох боломжтой байна.

35кВ-Н ХҮЧДЛИЙН УРСГАЛЫН ТООЦОО

Зураг 6. Тооцооны зарчмын схем

2018 оны өвлийн их ачааллын 110/35/10 кВ-ын Налайх дэд станц, Багахангай дэд станцын бодит, хуурмаг ачаалал, бүх талын шинийн хүчдэл, РПН, ПБВ-н тавилын утга, ачаалагдах хувийн хяналт хэмжилтийн утгыг хүснэгт 1-д харуулав.

2018 оны өвлийн их ачааллын горимын байдлаар DigSILNET порогаммыг ашиглан нарны цахилгаан станц төвийн бүсийн сүлжээтэй 35кВ-р холбогдсон үеийн бодит, хуурмаг чадлын урсгал, зангилаа дэд станцуудын хүчдлийн түвшин, трансформаторуудын ачаалагдах хувийг симмуляци тодорхойлж, тооцооны үр дүнг хүснэгт 4-т харуулав.

Хүснэгт 4

2018 оны зуны бага ачааллын урсгалын тооцооны үр дүн

PV Solar panel plant		0 MW		2 MW		4 MW		6 MW		8 MW		10MW	
SUB STATION	Nom Volt.	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude	UI Magnitude
	kV	kV	p.u	kV	p.u	kV	p.u	kV	p.u	kV	p.u	kV	p.u
ULAANBAATAR 110	110	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058	116.380	1.058
PV110	110	114.645	1.042	113.613	1.033	113.899	1.035	114.171	1.038	114.428	1.040	114.671	1.042
PV10	10	10.422	1.042	10.071	1.007	10.099	1.010	10.125	1.013	10.149	1.015	10.170	1.017
NALAKH 35-1	35	36.047	1.030	35.988	1.028	35.586	1.017	36.020	1.029	36.035	1.030	36.049	1.030
NALAKH 35-2	35	35.629	1.018	35.569	1.016	36.004	1.029	35.602	1.017	35.617	1.018	35.631	1.018
NALAKH 110-1	110	115.371	1.049	115.185	1.047	115.237	1.048	115.287	1.048	115.334	1.048	115.377	1.049
NALAKH 110-2	110	115.371	1.049	115.185	1.047	115.237	1.048	115.287	1.048	115.334	1.048	115.377	1.049
NALAKH 10-1	10	9.428	0.943	9.411	0.941	9.416	0.942	9.420	0.942	9.424	0.942	9.428	0.943
NALAKH 10-2	10	9.615	0.961	9.599	0.960	9.603	0.960	9.608	0.961	9.612	0.961	9.615	0.962
BAYANGAL 110	110	114.724	1.043	114.098	1.037	114.272	1.039	114.436	1.040	114.591	1.042	114.737	1.043
BAYANGAL 10	10	10.291	1.029	10.234	1.023	10.250	1.025	10.265	1.026	10.279	1.028	10.293	1.029
BAGAKHANGAI 35	35	36.490	1.043	36.185	1.033	36.255	1.036	36.341	1.038	36.422	1.041	36.499	1.043
BAGAKHANGAI 110	110	114.645	1.042	113.628	1.033	113.910	1.036	114.178	1.038	114.431	1.040	114.671	1.042
BAGAKHANGAI 10	10	10.925	1.093	10.828	1.083	10.855	1.085	10.880	1.088	10.905	1.090	10.927	1.093

110 кВ-ын ЦДАШ-р дамжих бодит чадлын хэмжээнээс хамаараад хүчдлийн уналт бий болох, цаашид сүлжээний бүтэц сул тохиолдолд хүчдлийн огцом уналт үүсэж системийн хэмжээнд хүндрэлтэй горим үүсэх аюултай байдаг тул тооцооны үр дүнгээр P-V муруй байгуулж, сүлжээний хүчдлийн төлөв байдалд дүн шинжилгээ хийсэн.

Зураг 7. Шинийн хүчдэлийн түвшин.

ULAANBAATAR 110	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058
PV35	1.043	1.014	1.015	1.015	1.015	1.015
PV10	1.043	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
NALAKH 35-1	1.030	1.029	1.030	1.030	1.030	1.030
NALAKH 35-2	1.018	1.017	1.018	1.018	1.018	1.019
NALAKH 110-1	1.049	1.048	1.048	1.049	1.049	1.049
NALAKH 110-2	1.049	1.048	1.048	1.049	1.049	1.049
NALAKH 10-1	0.943	0.942	0.942	0.943	0.943	0.943
NALAKH 10-2	0.961	0.961	0.961	0.961	0.946	0.946
BAYANGAL 110	1.043	1.041	1.042	1.043	1.044	1.045
BAYANGAL 10	1.029	1.027	1.028	1.029	1.030	1.031
BAGAKHANGAI 35	1.043	1.020	1.021	1.021	1.022	1.022
BAGAKHANGAI 110	1.042	1.038	1.040	1.042	1.044	1.045
BAGAKHANGAI 10	1.092	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068

Шинийн хүчдэлийн түвшингийн графикаас харахад сүлжээний хүчдлийн утга хэвийн, 10 МВт нарны цахилгаан станц холбогдсоноор шинийн хүчдлийн утгыг өсгөж байна.

Нарны цахилгаан станцын хамгийн их сүлжээ рүү нийлүүлэх чадал 10 МВт үед шинийн хүчдэл хамгийн ихээр өсөж байна.

Хэмжилтээс хархад хэт ачаалагдах трансформатор байхгүй, хамгийн их ачаалагдах хувь 52,18%-тай байна. Цаашид нэмж цахилгаан ачаалал холбох боломжтой.

Трансформаторын ачааллагдах хувь /%/

PV GEN	BAGAKHANGAI 110/35/10 kV			Nalaih T1 110/35/10 kV			Nalaih T2 110/35/10 kV			BAYANGAL 110/10 kV		PV System 35/10 kV	
	Loading (HV)	Loading (MV)	Loading (LV)	Loading (HV)	Loading (MV)	Loading (LV)	Loading (HV)	Loading (MV)	Loading (LV)	Loading (HV)	Loading (LV)	Loading (HV)	Loading (LV)
MW	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0	11.009	11.915	0.000	27.695	48.967	22.030	25.303	41.124	17.846	27.348	26.993	0.000	0.000
2	19.344	21.263	0.000	27.714	49.001	22.046	25.320	41.152	17.859	27.410	27.056	16.931	16.931
4	24.797	26.778	0.000	27.704	48.983	22.038	25.311	41.138	17.852	27.378	27.024	24.688	24.688
6	33.989	36.226	0.000	27.695	48.967	22.030	25.303	41.124	17.846	27.348	26.993	33.521	33.521
8	44.649	47.285	0.000	27.686	48.951	22.023	25.729	41.104	18.146	27.321	26.966	42.758	42.758
10	55.936	59.048	0.000	27.678	48.938	22.017	25.722	41.093	18.141	27.296	26.941	52.182	52.182

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү нарны цахилгаан станцын горимын тооцооны хүрээнд хийгдсэн ажлуудыг үндэслэн дараах ерөнхий дүгнэлтийг хийж байна. Үүнд:

1. Багахангай дэд станцын 35кВ болон 110 кВ-ын систем шинд тус тус холбогдоход хүчдэлийн түвшин болон трансформаторын ачаалалд их хэмжээний нөлөө үзүүлэхгүй гэдэг нь тооцооллоос харагдаж байна.

2. 35/10 кВ-ын нарны цахилгаан станц нь 110/10 кВ-ын нарны станцыг бодвол Багахангай дэд станцын Т1-ын их засварын үед нэгдсэн сүлжээнээс тусдаа бие даан ажиллах боломжтой болж байна. Мөн эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй байх боловч 110/10 кВ-ын нарны станцыг холбогдсон үеийг бодвол Багахангай дэд станцын трансформатор илүү ачаалагдаж байна.

3. Энэ 10МВт-ын нарны станц баригдсанаар Багахангай дүүргийг эрчим хүчээр найдвартай хангах боломжтой болох бөгөөд ингэснээр тус дүүргээс хангагдаж буй төмөр зам нь найдвартай эрчим хүчний эх үүсвэртэй болох юм.

4. Нарны цахилгаан станцын ачаалал төвийн бүсийн 110/35/10 кВ-ын Багахангай дэд станцаас 1.5 км зайд холбогдож байгаа нь сүлжээний бүтцийг илүү сайжруулах, хүчдлийн түвшинг тогтвортой барих, ачааллын төв болон эх үүсвэрийн зайн сонголт оновчтой болсон байна. Өөрөөр хэлбэл энэхүү НЦС-ын сүлжээтэй холбогдох цэг болон байршлын хувьд оновчтой, горим ажиллагааны хувьд найдвартай тогтвортой байна.

5. Төвийн бүсийн нэгдсэн сүлжээний цахилгаан ачаалал нэмэгдэж байгаа учраас дотоодын боловсруулалтыг нэмэгдүүлсэн, импортоор худалдаж авах чадлыг тодорхой хэмжээгээр бууруулах, эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлсэн горимын оновчтой зохицуулалт хийх боломжтой юм.

6. ТБНС-тэй холбогдох 110/35/10 кВ-ын Багахангай дэд станцын ойролцоо буюу 110/10 кВ-ын Цемент үйлдвэр дэд станцын /ирээдүйн/ 20 МВА хэрэглээг найдвартай тасралтгүй эрчим хүчээр хангах, тус дэд станцын ачаалал бага тохиолдолд систем рүү чадал нийлүүлж 110/35/10 кВ-ын Налайх дэд станцын

ачааллыг тодорхой хэмжээнд хангах боломжтой юм. Энэ тохиолдолд 110/35/10 кВ-ын Налайх дэд станцын хэрэглэгч нар 2 талын тэжээлтэй болж, тасралтгүй найдвартай схемийн бүтэцтэй болно.

7. Тус эх үүсвэрийн байршил болон холбогдох цэгийг оновчтой сонгосноор сүлжээ болон нарны станц дээр нэмэлт хүчдэл тохируулах хуурмаг чадал компенсацилах төхөөрөмж суурилуулах шаардлагагүй бөгөөд хүчдлийн түвшинг “Нэгдсэн сүлжээний дүрэм”-д заасан зөвшөөрөгдөх хэмжээнд барьж ажиллах бүрэн боломжтой байна. Энэ нь хөрөнгө оруулалтыг хэмжээг багасгах боломжтой байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. М.Хуягдорж, С.Энхтайван, Л.Булгирмаа, Төмөр замын цахилгаанжуулалт, 2017
2. Ш.Гантөмөр, Цахилгаан шугам сүлжээ, систем, 2014
3. Arthur R.Bergen, Vijay Vittal, Power System analysis, 2009
4. ЦДҮС ТӨХК-н веб сайт, www.transco.mn
5. Эрчим хүчний Зохицуулах хорооны , www.erc.gov.mn

СЭРГЭЭГДЭХ ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ЭХ ҮҮСГҮҮРЭЭР НЭХИЙ ЭЛДЭХ, БОЛОВСРУУЛАХ МАШИН МЕХАНИЗМЫГ АЖИЛЛУУЛАХ ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙН СУДАЛГАА

Ж.Одонтуяа*, О.Бумсанаа*, Б.Сэргэлэн*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай, улирал хоорондын температурын ялгаа нь асар өндөр манай орны хувьд илгэн нэхий нь маш чухал хэрэгцээт түүхий эд билээ. Илгэн нэхийний үсэн бүрхүүл нь хувцасны дотор ба дулаалгыг, хөрс нь өнгийг орлож хувцасны бүх давхаргуудыг, агуулсан, хөнгөн, бөх, дулаан хадгалах чадвар сайтай дээд зэргийн материал гэдэгтэй судлаачид санал нэгтэй байдаг. Илгэн нэхийгээр хувцас оёход дотрын болон хатуулгын материал шаардагдахгүй, үсэн бүрхүүлийн өндрийг тохируулан өөрчилж болдог учраас цаг агаарын янз бүрийн бүсэд зохицсон хувцас үйлдвэрлэж болно.

Түлхүүр үг. Илгэн нэхий, машин механизм, цахилгаан хангамж, хонины аж ахуй, хурга.

I. ОРШИЛ

Дэлхийн хонины аж ахуй эрхэлдэг улс орнуудад гадаад байдал, ашиг шимээрээ төдийгүй арьсны хөрс болон үсэн бүрхүүлийн бүтцээр ялгаатай 600 гаруй үйлдвэрийн хонь үржүүлдэг байна. Үүнээс монгол хонины нэхий нь физик, механик, технологийн шинж чанарын хувьд ялгаатай болохыг манай судлаачид тогтоосон байна.

Эх орны нэхий бүтээгдэхүүний чанарыг нэмэгдүүлж дэлхийн зах зээл дээр өрсөлдөхүйц түвшинд хүргэхийн тулд материал түүхий эдийн талаар илүү судлах шаардлагатай.

Монгол хонины илгэн нэхийний технологийн зарим шинж чанарыг боловсруулах технологийн хувьд сайжруулах шаардлагатай байна. Үүнд нэг чухал зүйл нь ашиглаж буй тоног төхөөрөмжийг технологийн шаардлагын дагуу ажлын горимд ажиллуулах хэрэгтэй юм.

II. СУДАЛГАА

Монгол хонины нэхийний шинж чанарын талаарх судалгааны тойм.

Монгол хонины нэхий нь манай орны байгаль цаг уурын нөхцөл, бэлчээрийн мал аж ауйн онцлогоос шалтгаалаад таваарлаг шинж чанарын хувьд бусад үүлдрийн хониныхоос ихээхэн ялгаатай болохыг судлаачид тогтоожээ. Энэ нь монгол хонины илгэн нэхийний бүтэц геометрийн болон технологийн шинж чанаруудыг нарийвчлан судлах үндэслэл болж байна.

Хонины нэхийг зориулалтаар нь илгэн нэхий, үслэг нэхий гэж ангилна. Илгэн нэхий гэж бүдүүн, бүдүүвтэр, бүдүүвтэр ноостой, хонины болон хурган сэгсүүрэг арьсыг хөрсийг нь гадагш харуулан нэхий дээл хувцас хийх зориулалтаар үйлдвэрийн аргаар боловсруулж өнгө засал хийсэн нэхийг хэлнэ.

Үслэг нэхий гэж нарийн, нарийвтар, бүдүүн, бүдүүвтэр ноостой хонины арьсыг боловсруулж гоёмсог үслэг эдлэл хийх зориулалттай нэхийг хэлнэ.

Судалгаанаас үзэхэд хонины нойтон арьсны дундаж талбай 93.95 ± 1.56 дм², жин 2.36-3.08 кг, бөх

бат 1.20 ± 0.12 кг/мм², суналт 38.92 ± 2.12 хувь тус тус байна.

Судлаачид эр шүдлэн хонины арьс зузаан, торлог давхраа сайн хөгжсөн, эм хониныхоос өтгөн үстэй, хурганы арьс нимгэн хөрстэй, үс ноос сайтай байна гэж дүгнэжээ. Дээлийн илгэний зориулалтаар боловсруулах нэхийг 8-10 дугаар сард нядалсан малын арьснаас сонгон авч, гэмтэл ихтэй, нимгэн хөрстэй бүдүүн эм хонины нэхийг урт үслэг эмжээрийн зориулалтаар боловсруулах нь зохимжтой юм. Ширүүвтэр ноост сартуул хонины нэхийн үсэн бүрхүүл гялалзсан, уян зөөлөн, хөрс нимгэн хөнгөн учир түүгээр хийсэн урт үслэг нэхий ихэвчлэн 1-р зэрэгт тэнцэж энэ зориулалтад тохиромжтой түүхий эд гэж дүгнэжээ.

Түүхий эдийн нөөцийн судалгаа

Монгол орон нь нэхий түүхий эдээр тэр дундаа монгол хонины нэхий түүхий эдийн нөөцөөр арвин баялаг билээ.

Нэхийний хөрсний шинж чанар нь бөх бат, суналт, уян хатан чанар, идээлэгдэх болон дэвтэх чадвар, чийгийн хэмжээ, жин, нягт, арьсны дулаан хадгалах чадвар, сиймхий зэргээс шалтгаална.

Боловсруулсан илгэн нэхий арьс нь зөөлөн, тосгүй, жигд илгэн ширхэгтэй, мөн жигд будагдсан байна. Илгэн нэхий арьсны чухал үзүүлэлт нь жин байдаг. Хувцас нь хүний биед эвтэйхэн хөнгөн байх шаардлагатай. Хонины нэхийний жингийн ихэнхи хэсгийг үсэн бүрхүүл эзэлнэ. Арьсны нэгж талбайн жин нь хөрсний зузаан үсний үхжилт, бүдүүн зэргээс шалтгаална.

Арьсны тууш чиглэлд ачаалал даах чадвар нь хөндлөнгөөсөө өндөр байна. Арьсны уян харимхай шинж чанар нь хувцасны эдлэгэнд чухал ач холбогдолтой. Боловсруулсан илгэн нэхий нь биелэг, уян зөөлөн, үсний тайралт, хөрсний өнгөлгөө жигд хийгдсэн, будгийн алаггүй, үсэн бүрхүүл нь бүх талбайгаараа жигд нягттай байна.

Монгол улс мал тооллогын үзүүлэлт өмнөх оньхоос хонь 443.6 мянган толгой буюу 1.5 хувиар, тэмээ 25.6 мянган толгой буюу 5.9 хувиар өсч, адуу өнгөрсөн оны түвшинд. Харин үхэр 7.8 мянган толгой буюу 0.2 хувиар, ямаа 216.7 мянган толгой буюу 0.8 хувиар тус тус буурсан байна.

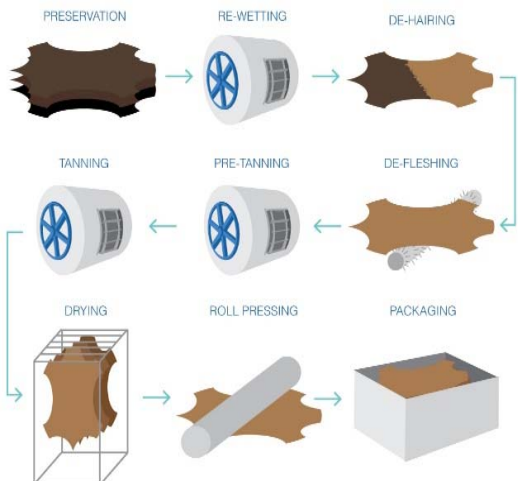
Зураг 1-д 2018 оны мал тооллогын үзүүлэлтийг харуулав.



Зураг 1. 2018 оны мал тооллогын үзүүлэлт
Хонины арьсыг үслэг нэхийний зориулалтаар боловсруулах технологийн процес:



Зураг 2 Технологийн бүдүүвч



Зураг 3. Технологийн процесс

Тоног төхөөрөмжийн судалгаа
Талхих барабан ТБ-1450 техникийн үзүүлэлтийг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1

ТБ-1450 техникийн үзүүлэлт

№	Талхих барабан	Хэмжих нэгж	Үзүүлэлт
1	Ачаалал	ширхэг арьс/нэг удаа	60-80

2	Ажлын өргөн	мм	800
3	Барабаны диаметр	мм	1460
4	Барабаны эргэлтийн тоо	эрг/мин	20
5	Нударганы тоо	ш	10--25
6	Хөдөлгүүрийн чадал	квт	3,0
7	Хөдөлгүүрийн эргэлт	эрг/мин	2800
8	Хүчдэл	В	380
9	Машины хэмжээ	овор мм	1400x1460x1760
10	машины жин	кг	580

Арьс зүлгэх машин техникийн үзүүлэлтийг хүснэгт 2-д үзүүлэв.

Хүснэгт 2

Арьс зүлгэх машины техникийн үзүүлэлт

№	Арьс зүлгэх машин	Хэмжих нэгж	Үзүүлэлт
1	Бүтээмж	ширхэг нэхий/цаг	20-30
2	Ажлын өргөн	мм	250
6	Хөдөлгүүрийн чадал	квт	2.2
8	Хүчдэл	В	380
9	Машины хэмжээ	овор мм	700x700x950
10	Машины жин	кг	70

Арьс элдэх машины техникийн үзүүлэлтийг хүснэгт 3-д үзүүлэв.

Хүснэгт 3

Арьс элдэх машины техникийн үзүүлэлт

№	Арьс элдэх машин	Хэмжих нэгж	Үзүүлэлт
1	Бүтээмж	арьс/цаг хурганы арьс удаа	80
2	Ажлын өргөн	мм	115
3	Хугтаны эргэлт	эрг/мин	900-1000
4	Хугтаны тоо		10
5	Хөдөлгүүрийн чадал	квт	3,0
6	Хөдөлгүүрийн эргэлт	эрг/мин	1400
7	Хүчдэл	В	220
8	Машины хэмжээ	овор мм	1000x550x1050
9	Машины жин	кг	90

III. Цахилгаан хангамж, тоног төхөөрөмжийн судалгаа
Жижиг үйлдвэрлэлийн хэмжээнд улалжлалт технологиор арьс, нэхий боловсруулахад зориулалтын бага оврын тоног төхөөрөмжүүдийг ашиглана.

Цахилгаан хангамжийн системд сэргээгдэх эрчим хүчний нар салхины хосолмол эх үүсгүүрийг сонгон авч цахилгаан хэрэглээний тооцоо гаргав.

Тоног төхөөрөмжийн техник эдийн засгийн тооцоо, хүснэгт 4-д үзүүлэв.

Тоног төхөөрөмжийн техник-эдийн засгийн тооцоо

№	Төхөөрөмжийн нэр	Чадал, кВт/ц	Хүчдэл В	Тоо, ш	Нийт чадал	Ажиллах хугацаа	Хэрэглээ кВт/ц	Үнэ, ₮
1	Арьс нэхий зүлгэх машин	2	380	1	2.2	1	2	1,370,000
2	Хуурай нэхий элдэх машин	3	220/380	1	3	1	3	4,700,000
3	Талхих барабан	3	220/380В	1	3	1	3	15,600,000
4	Гэрэлтүүлэг	0,03	12В	12	0.4	8	3	540,000
5	Салхин турбин	3		ком				10,035,200
6	Нарны цахилгаан үүсгүүр	5		ком				8,838,800
7	Нийт				8.6		11	41,084,000

Зураг 4-д Арьс нэхий боловсруулах үйлдвэрийг харуулав.



Зураг 4. Арьс элдэх үйлдвэрлэлийн зураг

Хүснэгт 5-д Малчин өрхийн сард үйлдвэрлэх нэхийг зах зээлд нийлүүлэх үнийн судалгааг үзүүлэв. Нэхий үйлдвэрлэх технологийн процесс нь нийт 15 хоногт явагддаг учраас сард хурганы арьс бол 400 ширхэг, хонины нэхий 50 ширхэгийг үйлдвэрлэнэ.

Хүснэгт 5-д нэхийний үйлдвэрийн сарын орлогыг харуулав.

Нэхийний үйлдвэрийн сарын орлого

№	Бүтээгдэхүүний нэр	Нэгжийн үнэ ₮	Хэмжих нэгж	Тоо, 15 хоногт	Олох орлого	Тайлбар
1	Хонины илгэн нэхий	50000	ш	25	1250000	Дотоодын зах зээлд нийлүүлэх
2	Хурганы элдсэн нэхий	25000	ш	100	2500000	Дотоодын зах зээлд нийлүүлэх
3	Хонины илгэн нэхий	100000	ш	25	2500000	Гадаадын зах зээлд нийлүүлэх
4	Хурганы элдсэн нэхий	50000	ш	100	5000000	Гадаадын зах зээлд нийлүүлэх
5	Нийт орлого				11,250,000	

IV. HOMER ПРОГРАММ АШИГЛАН ХИЙСЭН ТООЦОО

HOMER-(Hybrid Optimization of Multiple Electric Renewables).

HOMER тархсан системийг загварчилах ажлыг хялбарчилдаг - янз янзын зориулалтаар ашиглах боломжтой.

The HOMER програм нь эдийн засгийн хувьд үр ашигтай, уламжлалт аргаар болон сэргээгдэхээр үүсгэгдсэн эрчим хүч, хураагуур ба ачаалалыг агуулсан найдвартай микро сүлжээг загварчилахад хялбар болгож өгдөг. 193 орнуудад 120,000 гаруй

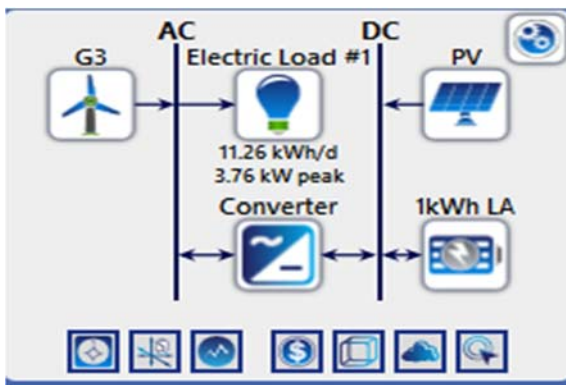
хэрэглэгчтэй HOMER нь микро сүлжээний загварыг оновчтой болгодог ба оновчлол хийдэг.

Сэргээгдэх эрчим хүчнээс гадна системтэй хослон ажиллах хувилбаруудыг төрөл бүрээр хийдэг бөгөөд энэ нь тоног төхөөрөмжийн үнийн харьцуулалт, цахилгааны үнийн харьцуулалт хийн аль ашигтай боломжийг сонгох зэрэг давуу талуудтай юм.



Зураг 5. HOMER Программ

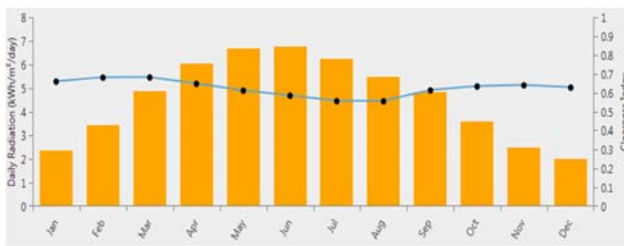
Сүлжээнд холбогдоогүй сэргээгдэх эрчим хүчний систем энэ суурин газарт ашиглагдсан ба салхин турбин, нарны панел, хураагуур болон AC/DC хувиргуураас бүрдэнэ. Homer программ дээрх сүлжээнд холбогдоогүй схемийн бүтцийг бураг 6-д үзүүлэв.



Зураг 6. Homer сүлжээний схем.

Homer программ дээр тооцоо хийхэд шаардлагатай тухайн сонгосон газрын нарны энергийн нөөц.

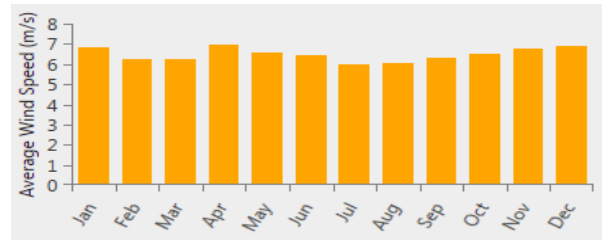
Баянхонгор аймгийн Богд сумын нарны цацрагийн тодорхой мэдээллийн өргөрөг: 45°20', уртраг: 100°75' градусын Зураг 7. Баянхонгор аймгийн Богд сумын салхины энергийн нөөц дагуу NASA –аас авсан болно. Зураг 7-д 22 жилийн нарны цацрагийн үеийг харуулав.



Зураг 7. Нарны энергийн жилийн дундаж утга

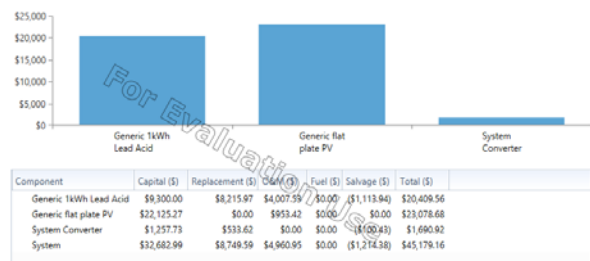
Homer программ дээр тооцоо хийхэд шаардлагатай тухайн сонгосон газрын салхины нөөцийг дараах байдлаар зураг 8-д үзүүлэв.

Салхины дундаж хурдыг газраас дээш 50 метрийн өндөрт хэмжсэн бөгөөд 10 жилийн хугацаанд сар бүрээр гаргасан.



Зураг 8. Салхины нөөцийн жилийн дундаж утга

Баянхонгор аймгийн Богд сумын салхины энергийн нөөцийн үзүүлэлтийг NASA эх сурвалжаас авлаа.



Зураг 9. Зардалын төрлөөр ангилагдсан бэлэн мөнгөний урсгал

ДҮГНЭЛТ

Малын түүхий эдийг бүтээгдэхүүн болгох нэг арга зам нь илгэн нэхий бүтээгдэхүүний үйлдвэрлэлийг дэмжих юм. Малчин өрх бүрт үйлдвэрлэл явуулах хамгийн хүндрэлтэй нөхцөл нь цахилгаан хангамжийн найдвартай эх үүсвэр байдаг. Энэхүү судалгааны ажилд арьс нэхийг боловсруулах технологийн дагуу цахилгаанаар ажиллах тоног төхөөрөмжүүдийн нэгдсэн ачааллын тооцоо, үнийн судалгааг гаргасан.

Тухайн объектийн байршлаас хамааран нарны 5кВт-ын үүсгүүрийн цогц шийдэл ба салхины 3кВт-ын үүсгүүрийн хосолмол системийг сонгон авлаа.

Малчин өрхийн жижиг дунд үйлдвэрлэлийн технологийн схемийг боловсруулж цахилгаан хангамжийг сэргээгдэх эрчим хүчээр шийдэх тооцоог хийхэд тухайн авсан өрхөд анхны оруулсан хөрөнгө оруулалтыг 5 сарын дотор нөхөн.

HOMER программ нь нарны панел болон салхин турбин хосолсон микро сүлжээг эдийн засгийн хамгийн үр ашигтай байлгахар симуляци хийлээ.

Ашигласан материал

1. Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ ба энергийн хуримтлуур Улаанбаатар 2016 он
2. Монгол хонины нэхийний шинж чанарын судалгааны үр дүнг хувцас зохион бүтээлтэнд тусгах нь Пүрэвсүрэн А, Улаанбаатар 2015 он
3. Terbumtan.com.
4. www.Malchingroup.mn.
5. <http://homerenergy.com/company/index.html>
6. Mongolian political map, <http://ontheworldmap.com/mongolia/mongolia-political-map.html>
7. www.nco.mn

ХОСОЛСОН ХӨДӨЛГҮҮРТ ТЭЭВРИЙН ХЭРЭГСЛЭЛИЙН УТААНЫ ХИЙ ДЭХ БОХИРДУУЛАГЧ БОДИСЫН СУДАЛГАА

Б.Мөнхжин*, З.Баттогтох*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Улаанбаатар хотын замын хөдөлгөөнд нийт 120 мянга гаруй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашин оролцож байгаа бөгөөд тэд тус бүр 1 км явахад хүйтний улиралд нийт 21 орчим тонн нүүрсхүчлийн хий (CO₂), 0,66 тонн угаарын хий (CO), 95 тонн хүхэрлэг хий (SO₂), 32 тонн азотын давхар исэл (NO₂), 3,6 тонн нүүрс устөрөгчийн нэгдэл (CH) гаргаж Улаанбаатар хотын агаарын бохирдолд нөлөөлж байна [1]. Хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины ялгаруулж буй бохирдуулагч бодисуудын хэмжээг бууруулахын тулд юуны өмнө хөдөлгөөнд оролцож буй тээврийн хэрэгслийн бүрэн бүтэн байдлыг хангах нь гол нөлөө үзүүлэх юм.

Түлхүүр үг. Тээврийн хэрэгсэл, хосолсон хөдөлгүүр, агаарын бохирдол, шатахуун зарцуулалт, бохирдуулагчид.

ОРШИЛ

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд оролцож байгаа хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын тээврийн хэрэгслийн агаарт гаргаж буй бохирдуулагч бодисуудын хэмжээг тодорхойлох нь энэхүү судалгааны ажлын үндсэн зорилго болно.

Нийслэлийн агаарын бохирдолын 10 орчим хувийг автозамын хөдөлгөөнд оролцож байгаа автотээврийн хэрэгслийн дотоод шаталтын хөдөлгүүрээс утааны хийтэй хаягдаж буй нүүрсхүчлийн хий (CO₂), угаарын хий (CO), хүхэрлэг хий (SO₂), азотын давхар исэл (NO₂), нүүрс устөрөгчийн нэгдэл (CH) бохирдуулагч бодисууд эзэлж байна [2].

2018 оны 10-р сарын байдлаар Монгол улсын тээврийн хэрэгслийн бүртгэлд нийт 862019 тээврийн хэрэгсэл бүртгэлтэй байгаагаас 633787 нь суудлын тээврийн хэрэгсэл байна [1].

Хүснэгт 1

Монгол улсын тээврийн хэрэгслийн бүртгэлд бүртгэлтэй тээврийн хэрэгсэл (төрлөөр) [1]

Төрөл	Тоо	Эзлэх хувь
Суудал	633787	73,52
Ачаа	198088	22,97
Автобус	6649	0,77
Тусгай зориулалт	23495	2,72
Нийт	862019	100,00

Тээврийн хэрэгслийн бүртгэлд бүртгэлтэй нийт 633787 суудлын автомашинаас 474278 буюу 75 орчим хувь нь хөдөлгөөнд идэвхтэй оролцож байна. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд хөдөлгөөнд оролцож буй тээврийн хэрэгслийн идэвхтэй эсэхийг тухайн тээврийн хэрэгслийн үйлдвэрлэгч, загвар, үйлдвэрлэсэн болон Монгол улсад импортлогдсон он зэргийг харгалзаж загвар бүрээр ангилж тодорхойлсон болно (Жишээ нь: Зөвлөлт Холбоот Улсад үйлдвэрлэгдэж байсан 2886 ширхэг Волга ГАЗ-24/2410 загварын автомашин тээврийн хэрэгслийн бүртгэлд байгаа боловч тухайн автомашин Улаанбаатар хотын

хөдөлгөөнд идэвхтэй оролцдоггүй). Нийт хөдөлгөөнд оролцож буй суудлын автомашиныг улсын дугаараар (УБх, УНх, ДКх, НАх, серийн улсын дугаартай) шүүж Улаанбаатар хотод бүртгэлтэй 329906 суудлын тээврийн хэрэгслийг ангилж судалгааны дүн шинжилгээ хийхэд суурь болгон ашигласан. Улаанбаатар хотод хөдөлгөөнд оролцож буй суудлын автомашины 37 орчим хувь нь хосолсон хөдөлгүүртэй байна (2018 оны 1-10 сард импортлогдсон нийт суудлын 57631 автомашины 40 орчим хувь нь хосолсон хөдөлгүүртэй автомашин эзэлж байна) [1].

Хүснэгт 2

Улаанбаатар хотод хөдөлгөөнд идэвхтэй оролцож буй суудлын тээврийн хэрэгсэл (шатахууны төрлөөр)

Шатахуун	Тоо[1]	Эзлэх хувь
Бензин	174838	53.00
Дизель	24026	7.28
Цахилгаан	58	0.02
Хосолсон	120466	36.52
Хий	10518	3.19
Нийт	329906	100.00

Хосолсон хөдөлгүүртэй автомашины эзлэх хувь сүүлийн жилүүдэд огцом нэмэгдэж байгаад дараах хүчин зүйл нөлөөлж байна:

- Хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины онцгой албан татварын хэмжээ хөнгөлөлттэй [3];
- Японы дотоодын зах зээлээс харьцангуй бага гүйлттэй, үйлдвэрлэсэн он залуу, тээврийн хэрэгсэл худалдан авч Монгол улсруу импортлох дэд бүтэц, логистик тогтолцоо бүрдсэн;
- Toyota Prius автомашин загварын хувьд маш сайн загвар болсон.
- Хосолсон хөдөлгүүртэй машин нь хэрэглэгчийн гол шалгуур үзүүлэлтэнд нийцдэг (шатахуун зарцуулалт харьцангуй бага).

Хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины 98 орчим хувийг нь Toyota-ийн загварууд эзлэж байна.

Хүснэгт 3

Улаанбаатар хотод хөдөлгөөнд идэвхтэй оролцож буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын тээврийн хэрэгсэл (үйлдвэрлэгчээр)

Үйлдвэрлэгч	Тоо[1]	Эзлэх хувь
Toyota/Lexus	117706	97.7
Honda	2594	2.2
Nissan	79	0.1
Бусад	87	0.1
Нийт	120466	100.0

Хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины 81 орчим хувь нь Toyota Prius (NHW10, NHW11, XW20, XW30, XW40/41, XW50) загварууд байна [1].

ҮНДСЭН ХЭСЭГ

Автомашинны дотоод шаталтын бензин хөдөлгүүр ажиллахдаа шатахуун хүчилтөрөгчийн харьцааг (Зохистой харьцаа хүчилтөрөгч/шатахуун: 14.7/1 [4]) зохих түвшинд шатахууны чанар (октаны тоо); машины бүрэн бүтэн байдал зэргээс шалтгаалсны улмаас барьж ажиллаж чададгүйн улмаас дутуу шаталт үүсгэн агаарт нүүрсхүчлийн хий (CO₂), 0,66 тонн угаарын хий (CO), 95 тонн хүхэрлэг хий (SO₂), 32 тонн азотын давхар исэл (NO₂), 3,6 тонн нүүрс устөрөгчийн нэгдэл (CH) ялгаруулдаг.

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд оролцож буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины шатахуун зарцуулалтын хэмжээг тодорхойлж тооцоолохын тулд тухайн автомашины хөдөлгүүрийн загварыг үйлдвэрлэгчийн мэдээлэл дээр тулгуурлан тодруулсан болно (Зарим автомашин нэг загварын хэдий ч үйлдвэрлэсэн он, борлуулагдаж буй зах зээлээс хамаарч өөр өөр загварын хөдөлгүүр ашигладаг [5]).

Хүснэгт 4

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд орж буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашин (загвар, хөдөлгүүрийн загвараар, 500-аас олон загварын хувьд)

Үйлдвэрлэгч	Загвар	Загварын код[6]	Хөдөлгүүрийн загвар[6]	Хөдөлгүүрийн багтаамж (см ³)[5]	Тоо[1]	Хувь
Toyota	Prius20	XW20	1NZ-FXE	1496	63463	52.68
Toyota	Prius30	XW30	2ZR-FXE	1797	17912	14.87
Toyota	Prius11	XW11	1NZ-FXE	1496	8662	7.19
Toyota	Prius10	XW10	1NZ-FXE	1496	6405	5.32
Toyota	Alphard	AH10	2AZ-FXE	2362	2305	1.91
Toyota	Aqua	NHP10	1NZ-FXE	1496	1687	1.40
Honda	Insight	ZE2	LDA-MF3	1330	1519	1.26
Toyota	Sai	AZK10	2AZ-FXE	2362	1456	1.21
Lexus/Toyota	RX450H/Harrier	AL10	2GR-FSE	3490	1456	1.21
Toyota	Crown	S200	2GR-FSE	3456	1006	0.84
Toyota	Crown		VVT-i	2990	544	0.45
Lexus/Toyota	RX400H/Harrier	XU30	3MZ-FE	3300	3480	2.89
Toyota	Estima	XR30	2AZ-FXE	2362	3480	2.89
Honda	Civic	FA1	LDA	1330	975	0.81
Toyota	Highlander	XU40	3MZ-FE	3300	788	0.65
Toyota	Kluger	XU20	3MZ-FE	3310	554	0.46
Бусад					4774	3.96
Нийт					120466	100,00

Улаанбаатар хотын замын хөдөлгөөний дундаж хурд, автомашины бүрэн бүтэн байдал, цаг агаарын нөхцөл, ашиглаж буй бензиний чанар зэрэг нь Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд оролцож буй автомашины шатахууны бодит хэрэглээ автомашин үйлдвэрлэгчийн болон гадаадын хөндлөнгийн сорилт хийдэг байгууллагуудын тогтоосон шатахууны хэрэглээнээс их байдагт нөлөөлж байна.

Хөдөлгөөнд оролцож буй хосолсон хөдөлгүүртэй автомашины шатахуун зарцуулалт, ялгаруулж буй нүүрсхүчлийн хийний хэмжээг үйлдвэрлэгчийн боон хөндлөнгийн сорилтын байгууллагуудын мэдээлэл дээр тулгуурлан тооцоолж тодорхойлсон болно.

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд оролцож буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины шатахууны бодит хэрэглээ, хоногт явдаг зай ашигладаг бензиний төрөл зэргийг тодруулах зорилгоор 2019 оны 1-р сарын 20-ны өдрөөс 2-р сарын 5-ны хооронд Улаанбаатар хотод хөдөлгөөнд оролцож буй суудлын автомашины жолооч нараас сурвалжлагын асуулгын аргачлалаар цахим төхөөрөмж ашиглан мэдээлэл цуглуулсан.

Хүснэгт 5

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд орж буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины шатахууны зарцуулалт, ECE R83, R84, R101, WLTP сорилуудын аргачлалаар, [10]

Үйлдвэрлэгч	Загвар	Загварын код [6]	Шатахуун зарцуулалт хотод (л/100км, үйлдвэрлэгчийн) [6]
Toyota	Prius20	XW20	4.9
Toyota	Prius30	XW30	4.6
Toyota	Prius11	XW11	4.5
Toyota	Prius10	XW10	5.6
Toyota	Alphard	AH10	14.7
Toyota	Aqua	NHP10	4.9
Honda	Insight	ZE2	5.9
Toyota	Sai	AZK10	6.7
Lexus	RX450H	AL10	7.4
Toyota	Crown	S200	10.7
Toyota	Crown	230hp	10.8
Lexus	RX400H	XU30	8.7
Toyota	Estima	AHR20	10.7
Honda	Civic	FA1	6.0
Toyota	Highlander	XU40	11.5
Toyota	Kluger	XU20	8.7

Энэхүү судалгааны мэдээллийн хязгаарлагдмал байдал:

- Судалгаанд хамрагдсан жолооч нар ашиглаж буй шатахууны хэмжээгээ шатахуун түгээх станцын шахуургын заалтыг үндэслэн явдал;
- Хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины 96 хувьд дүн шинжилгээ хийсэн (500-аас олон загварын хувьд).

Тус судалгааны түүврийн хэмжээг нийт автомашины 16 загварыг үндэслэн тооцоолсон [7].

Хүснэгт 2

Судалгааны түүвэр (үйлдвэрлэгч, загвараар, 500-аас олон загварын хувьд)

Үйлдвэрлэгч	Загвар	Загварын код	Түүврийн тоо
Toyota	Prius20	XW20	138
Toyota	Prius30	XW30	137
Toyota	Prius11	XW11	136
Toyota	Prius10	XW10	136
Toyota	Alphard	AH10	131
Toyota	Aqua	NHP10	128
Honda	Insight	ZE2	127
Toyota	Sai	AZK10	127
Lexus/Toyota	RX450H/Harrier	AL10	127
Toyota	Crown	S200	122
Toyota	Crown	S210	111
Lexus/Toyota	RX400H/Harrier	XU30	133
Toyota	Estima	AHR20	133
Honda	Civic	FA1	122
Toyota	Highlander	XU40	118
Toyota	Kluger	XU20	111
Нийт			2037

Судалгааны түүвэрлэлтийн төлөөлөх чадвар [7]

Итгэлцэлийн түвшин: 90%;

Алдааны магадлал: 7%;

$$E = \sqrt{\frac{(N - n) \times n}{N(N - 1)}}$$

E-алдааны магадлал; n- түүврийн хэмжээ; N-олонлогын хэмжээ; r-тодорхойлсон хариултын эзлэх хэмжээ;

Z(c/100)-итгэлцэлийн түвшингийн утга=90%

$$x = Z \left(\frac{c}{100} \right)^2 r (100 - r)$$

$$n = \frac{N \times x}{(N - 1) E^2 + x}$$

Судалгааны явцад цуглуулсан тоон мэдээллийг SPSS програм хангамж ашиглан дүн шинжилгээ хийсэн.

Улаанбаатар хотод замын хөдөлгөөнд оролцож буй хосолсон болон бензин хөдөлгүүртэй суудлын автомашины бодит шатахуун зарцуулалт нь үйлдвэрлэгчийн болон хөндлөнгийн сорилын байгууллагийн хэмжээнээс ялгаатай байгаад дараах хүчин зүйл нөлөөлж байна:

- Улаанбаатар хотын хөдөлгөөний дундаж хурд үйлдвэрлэгч болонсорилын байгууллагуудын хэмжилт хийхэд ашигладаг стандартаас бага;
- Улаанбаатар хотын хүйтний улирлын хоногдундаж температур бага тул машин халаах хугацаа удаан;
- Улаанбаатар хотод борлогдож буй бензины чанар тогтмол биш (октаны тоо нэрлэсэн хэмжээндээ хүрдэггүй);
- Жолооч нар автомашины үйлдвэрлэгчийн заасан октантай бензин ихэнх тохиолдолд ашигладаггүй. (Жишээлбэл Toyota Prius 30 загварын автомашин

95 октантай бензин ашиглахаар үйлдвэрлэгч заасан байхад 92 октантай бензин ашигладаг);

- Хөдөлгөөнд оролцож буй автомашины бүрэн бүтэн байдал хангагдаагүй (каталик конвэртор бөглөрсөн ажиллагаагүй болсон, O₂мэдрэгч ажилладаггүй, ажиллагаа доголдсон зэрэг).

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд оролцож буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автоташини нүүрсхүчлийн хийний бодит ялгарулалтыг дараах томъёо ашиглан тооцоолсон болно.

A-шатахуун зарцуулалт (100 л/км,үйлдвэрлэгчийн мэдээлэл); B- CO₂ хэмжээ (үйлдвэрлэгчийн мэдээлэл г/км); C- шатахуун зарцуулалт (100 л/км, судалгааны явцад цуглуулсан мэдээлэл; X- CO₂хэмжээ (г/км);

$$\frac{A}{B} = X$$

Хүснэгт 7

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд орж буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины бензин зарцуулалт (хэрэглэгчдийн бодит үнэлгээгээр)

Үйлдвэрлэгч	Загвар	Загварын код	Шатахуун зарцуулалт (л/100км, бодит хөдөлгөөнд) [1]
Toyota	Prius20	XW20	8,79
Toyota	Prius30	XW30	5,87
Toyota	Prius11	XW11	7,55
Toyota	Prius10	XW10	8,1
Toyota	Alphard	AH10	15,8
Toyota	Aqua	NHP10	7,23
Honda	Insight	ZE2	9,27
Toyota	Sai	AZK10	8,2
Lexus	RX450H	AL10	16,33
Toyota	Crown	S200	15,81
Toyota	Crown	S210	16
Lexus	RX400H	XU30	11,55
Toyota	Estima	AHR20	12,4
Honda	Civic	FA1	8,25
Toyota	Highlander	XU40	17,2
Toyota	Kluger	XU20	11,55

Хүснэгт 8

Улаанбаатархотын хөдөлгөөнд орж буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины хүйтний улиралд хөдөлгөөнд оролцож байхдаа утааны хийтэй агаарт хаяж буй бохирдуулагчид (үйлдвэрлэгчийн гаргасан)

Үйлдвэрлэгч	Загвар	CO ₂	CO	CH	NO ₂	SO ₂
		[8]	[9]	[9]	[9]	[9]
(г/км, үйлдвэрлэгчийн гаргасан)						
Toyota	Prius20	104	8.3	1.5	0.17	0.061
Toyota	Prius30	92	8.3	1.5	0.17	0.061
Toyota	Prius11	120	8.3	1.5	0.17	0.061
Toyota	Prius10	120	8.3	1.5	0.17	0.061
Toyota	Alphard	200	11.7	2.1	0.24	0.071
Toyota	Aqua	104	8.3	1.5	0.17	0.061
Honda	Insight	105	8.3	1.5	0.17	0.061
Toyota	Sai	104	11.7	2.1	0.24	0.071
Lexus/Toyota	RX450H/Harrier	145	11.7	2.1	0.24	0.071
Toyota	Crown S200	180	11.7	2.1	0.24	0.071
Toyota	Crown S210	215	11.7	2.1	0.24	0.071
Lexus/Toyota	RX400H/Harrier	192	11.7	2.1	0.24	0.071
Toyota	Estima	116	11.7	2.1	0.24	0.071
Honda	Civic	139	8.3	1.5	0.17	0.061
Toyota	Highlander	235	11.7	2.1	0.24	0.071
Toyota	Kluger	192	11.7	2.1	0.24	0.071

Хүснэгт 3

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд орж буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины хүйтний улиралд хөдөлгөөнд оролцож байхдаа утааны хийтэй агаарт хаяж буй бохирдуулагчид

(хэрэглэгчдийн бодит үнэлгээгээр)

Үйлдвэрлэгч	Загвар	CO ₂	CO	CH	NO ₂	SO ₂
		(г/км, бодит хөдөлгөөнд)				
Toyota	Prius20	186.56	5.19	28.71	253.36	706.08
Toyota	Prius30	117.40	3.25	18.00	158.84	442.66
Toyota	Prius11	201.33	4.09	22.65	199.85	556.97
Toyota	Prius10	173.57	5.47	30.24	266.82	743.61
Toyota	Alphard	214.97	19.85	110.60	967.75	3271.27
Toyota	Aqua	153.45	4.27	23.62	208.39	580.77
Honda	Insight	164.97	6.59	36.46	321.72	896.61
Toyota	Sai	126.90	4.71	26.24	229.60	776.11
Lexus/Toyota	RX450H/Harrier	322.16	10.26	57.16	500.11	1690.50
Toyota	Crown S200	266.21	14.45	80.48	704.20	2380.41
Toyota	Crown S210	318.5	14.77	82.29	720.00	2433.80
Lexus/Toyota	RX400H/Harrier	254.90	8.59	47.85	418.69	1415.28
Toyota	Estima	134.43	11.34	63.18	552.83	1868.73
Honda	Civic	191.13	5.96	33.00	291.18	811.48
Toyota	Highlander	351.5	16.91	94.19	824.17	2785.92
Toyota	Kluger	254.90	8.59	47.85	418.69	1415.28

Хүснэгт 4

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд орж буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автомашины хүйтний улиралд хөдөлгөөнд оролцож байхдаа утааны хийтэй агаарт хаяж буй бохирдуулагчид

(хэрэглэгчдийн бодит үнэлгээгээр нийт машины тоогоор)

Үйлдвэрлэгч	Загвар	CO ₂	CO	CH	NO ₂	SO ₂
		(кг/км, бодит хөдөлгөөнд)				
Toyota	Prius20	11839.7	329.4	1822.02	16079.0	44810.0
Toyota	Prius30	2102.87	58.21	322.42	2845.14	7928.93
Toyota	Prius11	1743.92	35.43	196.19	1731.10	4824.47
Toyota	Prius10	1111.72	35.04	193.69	1708.98	4762.82
Toyota	Alphard	495.51	45.75	254.93	2230.66	7540.28
Toyota	Aqua	258.87	7.20	39.85	351.55	979.76
Honda	Insight	250.59	10.01	55.38	488.69	1361.95
Toyota	Sai	184.77	6.86	38.21	334.30	1130.02
Lexus/Toyota	RX450H/Harrier	469.06	14.94	83.22	728.16	2461.37
Toyota	Crown S200	267.81	14.54	80.96	708.43	2394.69
Toyota	Crown S210	173.26	8.03	44.77	391.68	1323.99
Lexus/Toyota	RX400H/Harrier	887.05	29.89	166.52	1457.04	4925.17
Toyota	Estima	467.82	39.46	219.87	1923.85	6503.18
Honda	Civic	186.35	5.81	32.18	283.90	791.19
Toyota	Highlander	276.98	13.33	74.22	649.45	2195.30
Toyota	Kluger	141.21	4.76	26.51	231.95	784.07
Нийт		20857.5	658.6	3650.9	32143.9	94717.2

ГОВИЙН БҮСИЙН УСНЫ НӨӨЦ, АШИГЛАЛТ, ЦААШДЫН ХАНДЛАГА

Б.Ялалтбаяр*, З. Баттогтох*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Говийн бүс нь хүн ам багатай, зам харилцаа төдийлөн сайнгүй боловч өргөн уудам газар нутагтай, эрдсийн асар их баялагтай дотор нүүрс, зэсийн томоохон орд газруудтай нутаг юм.

Хур тунадас, гадаргын ус хязгаарлагдмал говь нутагт газрын доорхи ус хамгийн чухал нөөцийн нэг бөгөөд Өмнөговь, Дорноговь, Дундговь,

II. ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хотын хөдөлгөөнд оролцож буй хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автоташин болгон 1 км явахад нийт 21 орчим тонн нүүрсхүчлийн хий, 0.66 тонн угаарын хий, 95 тонн хүхэрлэг хий, 32 тонн азотын давхар исэл, 3,6 тонн нүүрс устөрөгчийн нэгдэл агаарт хаяж байна.

Хосолсон хөдөлгүүртэй суудлын автоташин оронд бензин хөдөлгүүртэй (харьцуулагдах ангиллын) машин байсан бол агаарт хаягдах бохирдлын хэмжээ 30-40 хувиар их байх байсан.

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдолд хосолсон хөдөлгүүртэй автомашины оруулж буй хувь хэмжээг бууруулахын тулд дараах асуудлуудад илүүтэй анхаарвал зүйтэй болно.

- Техникийн улсын үзлэгийн явцад машины O₂ мэдрэгч, каталик ковертор, очлуурын хэвийн ажиллагааг шалгах, бүрэн бүтэн байдлыг хангахыг шаардлага болгох;
- Борлуулагдаж буй бензиний найрлага, октаны хэмжээг стандартад нийцүүлэх;
- Жолооч нарт өөрийн автомашинд тохирох октаны тоотой бензин ашиглах талаар мэдээлэл хүргэх.

АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

1. МЭК ХХК, “BASELINE STUDY OF SELECTED HYBRID CARS AND THEIR ALTERNATIVES IN MONGOLIA for Global Climate Partnership Fund”
2. <http://www.agaar.mn/files/article/664/Agaariin%20bohirdiin%20tuhai%20tovchhon.pdf>
3. <https://www.legalinfo.mn/law/details/12719?lawid=12719>
4. <https://shinhe.ru/mn/management/the-principle-of-the-lambda-sensor-oxygen-sensors-detailed-manual/>
5. <https://www.stcars.sg/singapore-car/cars/toyota-sai-hybrid-4103/specification>
6. <https://www.car.info/en-se>
7. <http://www.raosoft.com/samplesize.html>
8. <https://car-emissions.com>, <https://car-emissions.com/cars/index/honda+insight>,
9. Квашнин, И. М. Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация / И. М. Квашнин. – М.:АВОК-ИРЕСС, 2005. – 392с. Хуудас 43-46, 356-357.
10. <https://wiki.unece.org/pages/viewpage.action?pageId=2523179>

Баянхонгорын урд хэсэг, Говь-Алтайн урд хэсгийг хамруулдаг. Говийн 3 аймаг болох Дорноговь, Дундговь, Өмнөговь аймгуудын нийт нутаг 350,000км² талбайтай, 165,455 хүн амтай.

Хур тунадасны хэмжээ маш бага энэхүү нутагт үйлдвэржилт болон хотжилтын эрчимтэй хөгжил явагдаж байгаагаас шалтгаалан усны хэрэглээ, усны

нөөцийн асуудал анхаарал татсан чухал сэдвийн нэг болоод байна.

Энэхүү асуудал дээр үндэслэн “Говийн бүсийн усны нөөц, ашиглалт, цаашдын хандлага” сэдвийг сонгон авч Дорноговь аймгийн төв Сайншанд сумын ус хангамжийн газар “Чандмань Илч” ОНӨХХК болон оршин суугчидтай уулзаж сэдэвтэй холбогдуулан судалгаа авлаа.

Судалгааны ажлын үр дүн тодорхой түвшинд ахицтай, үнэн бодит мэдээллийг агуулж чадсанаараа онцлог болж цаашдын судалгаанд нэмэр болно хэмээн таамаглаж байна.

Түлхүүр үг: Хур тунадас, гадаргын ус, гүний ус, ус хангамж.

1. ОРШИЛ

Монгол орны усны нийт нөөц нь дэлхийн усны нөөцийн 0.00004 хувийг, гол мөрний усны нөөц нь дэлхийн гол мөрний усны нийт нөөцийн 1.63 хувийг эзэлдэг. Мөн ашиглаж болох боломжит усны нийт нөөц 34.6 км.куб бөгөөд үүний 70 гаруй хувийг гадаргын, 30 хүрэхгүй хувийг газрын доорх ус эзэлдэг [1]. Гэвч манай орны нийт нутаг дэвсгэрийн 69.1 хувийг эзэлдэг говь, хээрийн бүсэд гадаргын усны сүлжээ бараг байхгүйгээс газрын доорх усны багахан нөөцөөс нийт ус хэрэглээний 80 хувийг хангаж байгаа юм.

Түүнчлэн манай орон усны нөөцөөр багавтар орны тоонд ордог бөгөөд усны нөөцийн тархац нь жигд биш учраас нэг хүнд ногдох усны нөөц Хэнтий, Сэлэнгэ, Хөвсгөл, Булган аймагт 45-55.2 шоо.м байгаа нь дэлхийн дунджаас 4-5 дахин их байхад говийн бүсэд нэг хүнд ногдох усны нөөц дэлхийн дунджаас 10 дахин бага байдаг байна.

Мөн дэлхийн дунджаар 800 мм тунадас унадаг байхад манайд дөнгөж 250 мм, харин говь цөлийн бүсэд 50-150 мм ордог байна [2].

Говь гэдэг үгийг үгсийн санд “усгүй газар нутаг” гэж тодорхойлсон байдаг. Говь нь хайрга, элсэрхэг гадарга, шохойжсон бор саарал хөрс, тачир сийрэг ургамалтай, гадарга дээрээ усан сүлжээ байхгүй, эрс тэс уур амьсгалтай нутаг ба олон сая жилийн өмнө далайн ёроол байсан нутаг билээ.

Газрын доорх ус нь өмнөд говийн бүсэд одоогийн ба ирээдүйн ус хангамжийн гол эх үүсвэр юм. Энэхүү усны ихэнх хэсэг нь маш бага тэжээлтэй эсвэл тэжээлгүй дарагдмал ус байдаг. Бүс нутгийн газрын доорхи ус нь тэжээмжээ бага буух хур тунадаснаас (дунджаар 115-150 мм/жил) авдаг бөгөөд 1 мм/жил гэж тооцдог. Энэ усны ихэнх нь дээд талын сайрын уст давхаргад /0-20м/ эргэлтэд орж бага хэсэг нь бага гүний уст давхаргад /20-50м/ нэвчиг гүнд орших уст давхаргад /50-ээс их/ тэжээл болж очдог хэмээн шинжээчид таамагласан байдаг.

Говьд гадаргын ус нэн ховор. Хаяа ордог түр зуурын бороо, уруйн ус хуурай сайраар урсаж тойромд хуримтлах боловч удалгүй ууршин алга болдог. Малчид хайлааст сайрыг хадуулан бага гүнтэй худаг гарган ашиглах нь түгээмэл байдаг ба техник хагарлын шугам, ан цав дагаж гардаг цөөн булаг бий. Гадаргын ус ховор учраас энэ бүс нутгийн хотгоруудад зөвхөн газар доорх усыг унд ахуй, мал аж ахуйн ус хангамжид ашиглаж ирсэн байна.

Говийн бүс дэх газрын доорх усны ордууд усны нөхөн сэлбэгдэх чадвар муутай, хэрэв усны нөөцийг урт удаан хугацаанд тасралтгүй шавхаж ашиглах юм бол усны түвшин нь буурах, шавхагдах эрсдэлтэй, усны ууршилт өндөртэй. Ийм эрсдэл нь цаашид бүс нутгийн хэмжээнд хуурайшилт бий болох, цөлжих аюулыг дагуулна хэмээн судлаачид үздэг байна.

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд говийн гурван аймгийн төлөөлөл болгож Дорноговь аймгийг сонгож авсан. Тус аймаг нь 109.5 мянган км² нутаг дэвсгэртэй, 14 сум, 61 багтай. Аймгийн төв Сайншанд сум бөгөөд 2018 оны эцэст Сайншанд сум засаг захиргааны хувьд төвийн 6 баг, алслагдсан Зүүнбаян баг нийт 7 багтай. Тус сум 7369 өрхийн 24772 хүн амтай [3].

2. Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгааг Дорноговь аймгийн Сайншанд сумын усны аж ахуйн удирдах газарт ажиллаж байсан, одоо Галба-Өөш, Долоодын говийн сав газрын захиргаанд ажиллаж буй ахмад гидрогеологи Д.Гансүхээс ярилцлагын аргаар авлаа. Мөн Сайншанд сумын нийт оршин суугчдын төлөөлүүлэн төвлөрсөн шугам, гүний худаас унд ахуйн усаа авдаг хэрэглэгчдээс асуулга бөглүүлэх аргаар мэдээлэл цуглуулсан.

Монгол Улс, ОХУ, Унгар улсын судлаачдын олон арван жилийн судалгааны мэдээллийг боловсруулан 1963-1965 онд улсын бэлчээр усжуулалтын төсөл, 1975 онд БНМАУ-ын усны нөөцийг нэгдэмл ээр ашиглах, хамгаалах ерөнхий схем, сав нутгийн цуврал схемүүдэд анх удаа нөөцийн тооцоог сав нутаг, засаг захиргааны нэгжээр зохион хэвлүүлсэн байдаг. Говийн бүсийн гидрогеологийн нөхцөл нь:

1. Ай савын хэмжээнд дөрөвдөгчийн настай аллюви, эоловийн сэвсгэр хурдас бүхий элс, хайрга, сайрга, элсэнцэр, шавранцрын үе бүхий уст давхрагууд харьцангуй бага гүнд ус агуулсан байх ба худгийн ундрага 1л/с байна.
2. Ус агуулсан неогени, Палеогени, Дээд цэрдийн настай эх газрын сэвсгэрдүү хурдаст дахь бүрдэл нь уулс хоорондын хотгор, хөндийгөөр болон уулын бэл хормойгоор тархсан байх бөгөөд шавранцар, шаврын үе мишэл бүхий элс, элсжин харгажин, хөрзөн зэрэг хурдасаас тогтдог. Ус агуулсан цэрдийн хурдас нь ус агууламж өндөртэй байх нь бий.
3. Ус агуулсан доод цэрд, юра-ийн настай терригени гаралтай хурдас, чулуулаг дахь бүрдэл нь нилээд өргөн тархсан байна. Ийм хурдасын усжилт зарим хэсэгт сайн байдаг[4].

Артезийн ус дунд ба шинэ төрмөлийн хурдсанд хааяа тохиолдоно. Артезийн сав газрын уст давхаргууд жигд зузаантай, үргэлжилсэн том талбайд тархдаггүй, дээгүүрээ ус үл нэвтрүүлэх үеэр хучигдсан байдгаас борооны усны тэжээл нэн бага, харин хүрээлэн буй уулсын ан цавын хөрсний усаар тэжээгддэг. Судалгаагаар 1970-2012 оны төгсгөл хүртэл газрын доорх усны нийт 82 ордыг илрүүлэн тогтоож, тэдгээрийн 556412 м³/хоног (6440 л/с) нөөцтэй ба уг ордуудын 62 нь 280595 м³/хоног (3248 л/с) цэнгэг усны нөөцтэй, 275817 м³/хоног (3192 л/с) нөөцтэй 20 ордын ус химийн найрлагын хувьд эрдэсжилт, хатуулаг ихтэй гэж тус судалгаагаар үнэлж тогтоосон байна. Монгол орны газрын доорх ус, говийн бүсийн

усны тэжээлийн судалгааг анх Монгол, Оросын судлаачид (Романов, Цэрэндорж.З нар) Монголын зүүн ба төвийн районы газар доорх усны насыг 24 цэгт тритиумийн агууламжаар тодорхойлжээ.

Дорноговь аймгийн хэмжээнд нөөц тогтоогдсон 15орд газар байдаг. Энэ ордуудын нийлбэр нөөц 1686.6 л/сек, энэ хэмжээгээр ашиглахад 21-25 жил ашиглахаар тооцоологдсон байдаг. Сүүлийн жилүүдэд говийн бүсийн усны түвшин доошилж байгаа бөгөөд энэ хур тунадаснаас их хамаардаг. Сайншанд сумын ус хангамжийн гол эх үүсвэр нь сумын төвөөс урагш 15 км-т байх Зээгийн хөтөл гэх газарт 1982 онд нөөц нь тогтоогдсон орд байдаг. 70-150 м гүнтэй 3 худгаас ус татаж ашигладаг [5].

Энэхүү 3 худгийн 2 нь ашиглагдаж байгаа бөгөөд үлдсэн 1 нь нөөцөд байдаг байна. мөн Сайншанд сумын төвд сумын төвийн ус хангамжид зориулан ашиглаж байсан 3 худга, мөн төмөр замын ус хэрэглээнд зориулсан 6 худга, аж ахуйн нэгж, иргэдийн хувийн эзэмшлийн 20 орчим худга байдаг.

Өмнийн говийн усны нөөц, цэвэр усны бохирдлын асуудалд хамгийн ихээр нөлөөлж байгаа зүйл бол уул уурхайн үйлдвэрлэл, аж ахуйн нэгжүүдийн буруутай үйл ажиллагаа юм. Энэ бүсийн гол хэрэглэгч нь зэс-молибденийн Цагаан суварга, зэс-алтны Оюу толгой, хүрэн нүүрсний Шивээ овоо, чулуун нүүрсний Таван толгой, Овоот толгой, нарийн сухайт зэрэг ордууд барласан орчны нутаг орж байна.

Цагаан суварга одоогийн ашиглалт явуулж байгаа Шивээ овоо болон Сайншанд орчмын уул уурхайн усны хэрэглээ 40,000 м³/хон хэмээн тодорхойлсон байдаг. Энэхүү усны хэрэглээ төлөвлөгөөт уурхайн хөгжил болон ашиглалттай холбоотойгоор эрс өсөж 2020 онд 300,000 м³/хон-т хүрч магадгүй гэсэн судалгаа гарсан байна [6].

Уул уурхайн үйлдвэрийн хөгжлийг хангахад зориулагдах ус нь уухайлан олборлосон түүхий эдийг боловсруулах /зэс, молибден, төмрийн хүдрийн баяжмал гаргах, нүүрс угаах/, тоос дарах, эрчим хүч гаргах зэрэгт зонхилон ашиглагдах юм. Таван толгой, Энержи ресурс, Оюу толгойн усны нөөцийг Терра энержи гэж байгууллага бодож усны нөөцийн зөвлөлөөр батлуулсан байдаг.

Дорноговь аймгийн нутаг дэвсгэрт нийт 15 газрын доорх усны орд илрүүлсэн байдаг. Цагаан суварга зэсийн орд газрын орчмын усны нийт нөөц 25920м³/хон, Сайншандын аж үйлдвэрийн цогцолборын ойролцоох усны нөөц 92000 м³/хон байгаа юм. Уул уурхайн хөгжлийн улмаас хүн ам өсөж, уурхайн орчмын үйлдвэрлэл, худалдаа, хөдөө аж ахуйн хөгжил түргэсэн мөн усны хэрэгцээ ч нэмэгдэнэ. Эдийн засаг, хүн ам зүйн төлөвлөлт тодорхой бус учир усны нөөцийн бодит хэрэгцээг тодорхойлоход төвөгтэй байдаг байна.

Сүүлийн жилүүдэд өмнийн говийн агаар хуурайшилт ихтэй болоод байгаа хэмээн холбогдох мэргэжлийн хүмүүс ярьж байсан юм. Энэхүү агаарын хуурайшилт нь тоосжилтоос болж байгаа. Харин тоосжилт нь иргэн аж ахуйн нэгжийн зохисгүй хэрэглээнээс болж байна.

Аймгийн төв, сумын төв голдуу төвлөрсөн шугамаас, тэр төвлөрсөн шугам нь гүний худгаас усаа авдаг. Түүнчлэн энэ бүс нутагт 2000 гаруй худгууд цахилгаан насостой болчихсон байгаа бөгөөд энэ нь

ажлыг хөнгөвчилж байгаа хэдий ч иргэд гүний усыг хүссэнээ хэрэглэж усны гамгүй хэрэглээг нэмэгдүүлэх шалтгаан болдог.

3. Судалгааны үр дүн

Энэхүү судалгаанд 17-84 насны 150 хүнийг хамруулсан бөгөөд 9 асуулгаас бүрдсэн 5 асуулт нь хариулж бичихээр байсан юм.

Эхний асуулт “Та амьдарч буй нутаг орныхоо усны нөөцийн талаар хэр мэдэх вэ?” асуулгад сайн мэднэ-18, ерөнхийдөө барагцаална-50, сайн мэдэхгүй- 60, огт мэдэхгүй-22 хариулсан. Тэдгээр хүмүүс өдөрт дунджаар 10-100 л ус хэрэглэдэг хэмээн бөглөсөн ба энэ нь өдөрт хэрэглэж байгаа өрхийн хэрэглээний усыг бүрэн хангадаг хэмээн 142 хүн, хангадаггүй гэж 8 хүн хариулжээ.

Судалгаанд оролцсон хүмүүсийн 78 нь төвлөрсөн шугамаас, 62 нь зөөврийн худгаас, 10 нь өөрийн хашаан дахь худгаас усаа авч хэрэглэдэг гэж бөглөсөн. “Уул уурхайнуудын усны хэрэглээ говийн бүсийн ард иргэдэд хэрхэн нөлөөлж байна вэ?” гэсэн асуултанд 80 хүн их нөлөөлж байна, 45 хүн нөлөөлөлгүй гэсэн бол 20 хүн бага нөлөөлөлтэй, 5 хүн мэдэхгүй гэж хариулсан байна. Мөн судалгаанд оролцогсдын олонх нь сүүлийн жилүүдэд гүний ус багассан энэ нь уул уурхай болон хүний буруу үйл ажиллагаатай холбоотой гэж хариулж байсан юм.

“Говийн бүсийн усны чанар таны бодлоор” гэсэн асуултад ихэнх нь хатуулаг ихтэй, давс хужиртай, фтортой, үүний улмаас шүд цоорох, шарлах, үс унах, бөөр, ходоод гэдэсний өвчлөл үүсдэг хэмээн бөглөсөн байна.

4. Хэлэлцүүлэг

Энэхүү судалгаанаас үзвэл, Дорноговь аймгийн ард иргэд нутаг орныхоо усны нөөцийн талаар төдийлөн сайн мэддэггүй нь ажиглагдаж байгаа бөгөөд говийн бүсийн усны нөөцийн түвшинд уул уурхай ихээр нөлөөлж байгаа хэмээн үздэг байна.

Эдгээр хүмүүсийн өмнө тулгарч байгаа асуудал нь усны чанарын асуудал байдаг бөгөөд тэдний ихэнх нь унд ахуйн зориулалтаар усаа хэрэглэхийн тулд 19 л цэвэршүүлсэн усыг 2000 төгрөгөөр авдаг байна.

Амьдарч буй нутаг орныхоо усны нөөцийн талаар мэдэхгүй бол цаашдаа чандмань эрдэнэ болсон усаа хайрлаж гамнах сэтгэлгээ хүмүүст төрөхгүй. Энэ нь судалгааны үр дүнгээс харагдаж байгаа тул Дорноговь аймаг болон говийн бусад аймгуудын удирдлага энэхүү асуудлыг анхааралдаа авч иргэн хүн бүрт нутаг орныхоо усыг нэмэгдүүлэх, хайрлаж гамнах сэтгэлгээ төрүүлхүйц мэдээлэл өгөх нь чухал юм.

ДҮГНЭЛТ

Усны нөөц бүрэлдэх, нэмэгдэх үйл ажиллагаа нь олон жилийн үр дүнд бий болдог асуудал билээ. Дорноговь 70 орчим мянган хүн амтай. Цаашлаад өсөн нэмэгдэх хүн амын унд ахуйн хэрэглээ түүнээс гадна уурхайнууд, баяжуулах үйлдвэрүүдийн хэрэглээг тооцоолох хэрэгтэй юм.

Усны зөв хэрэглээ хүмүүсийн ухамсраас их хамаарна. Усны нөөцийг нэмэгдүүлэхийн тулд хэрэглээгээ зохистой болгож, мод тарих, усны эхийг хамгаалах хэрэгтэй. Говийн бүс нутагт хайлаас, жигд зэрэг говийн үндсэн ургамал таримлаар сайн ургадаг байна.

Мөн Сайншанд хотын хэрэглэсэн бохир усыг тунгаагуураар тунгааж байгальд хаядаг. Энэ нь эргэн ашиглагддаггүй.

Сум суурингийн ус хангамж, томоохон уурхай, баяжуулах үйлдвэрийн ус хангамжийг олж илрүүлэх хүрээнд Дорноговь аймагт 15 орд тогтоогдсон байдаг бөгөөд тэдгээрийн хүртээмж, цаашдын нөөцийн өөрчлөлт, ашиглалтын байдалд байнгын хяналт тавьж өөр эх үүсвэрийг нэмж хайх, гадаргын усыг татан ашиглах, мөн түүнчлэн хаягдал усыг дахин ашиглах зэрэг томоохон төсөл хэрэгжүүлэх шаардлагатай юм.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Монгол орны усны нөөц, М.Гантөмөр, Х.Надмид, Н.Чагнаа, Я.Юндэн, П.Цэнд-Ядам, 1989 он

УЛААНБААТАР ХОТЫН АГААРЫН ЧАНАРЫН ХАРУУЛУУДЫН ХЭМЖИЛТИЙН ҮР ДҮНГИЙН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Л.Мөнхмандах*, Ё.Энх-Амгалан*, З.Баттогтох*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Улаанбаатар хотын хүн ам өсөн нэмэгдэж төвлөрөлт ихэссэнээс хүн ам зүйн бодлого алдагдаж үүнийгээ дагаад хотын захын дүүргүүдэд гэр хорооллууд нэмэгдэж байгаагаас агаарын бохирдлын түвшин сүүлийн жилүүдэд харьцангуй нэмэгдэж байна. Агаарын бохирдол эрс ихэссэнтэй холбоотойгоор Улаанбаатар хотын агаарын чанар болоод агаарын чанарын индекс өнөөгийн байдлаар ямар түвшинд байна вэ, агаарын бохирдол хүн амын эрүүл мэндэд хэрхэн нөлөөлж байна вэ, гол бохирдлын эх үүсвэрүүд юу байна вэ гэдэг асуудлуудад хариулт өгөхийг зорьлоо.

Түлхүүр үг. Агаарын чанарын индекс, агаарын бохирдол, эх үүсвэр, эрүүл мэнд.

I. ОРШИЛ

Дэлхийн улс орнууд өөрсдийн хот суурин газрын агаарын бохирдлыг тодорхойлох агаарын чанарын индексчлэлтэй. Энэ нь тухайн улсын уур амьсгал, бүс бүсчилэл, хүн амын нягтаршил, хотжилт, үйлдвэржилт зэрэг олон асуудлуудтай хамаатай. Агаарын чанарын индекс гэдэг нь хот суурийн газрын хүрээлэн байгаа агаар дахь бохирдуулах бодисын тухайн үеийн агууламжийг түүний стандартад заагдсан хүлцэх хэм хэмжээнд харьцуулсан үзүүлэлтийг хэлдэг. Агаарын чанарын индексийг Монгол улсад агаар дахь түгээмэл тархалттай үндсэн бохирдуулагч 6 бодисоор тооцдог [1].

- Хүхрийн давхар исэл (SO₂)
- Азотын давхар исэл (NO₂)
- 10мкм-ээс бага хэмжээтэй том ширхэглэгт тоосонцор (PM₁₀)
- 2.5мкм-ээс бага хэмжээтэй нарийн ширхэглэгт тоосонцор (PM_{2.5})
- Нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO)
- Озон (O₃)

2. Говийн бүсийн уур амьсгалын өөрчлөлт, 2005 он
3. Дорноговь аймгийн статистикийн мэдээлэл, Дорноговь аймгийн Статистикийн хэлтэс, 2018 он
4. Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл. МУШИТИС, 2013
5. Сайншанд сумын усны нөөц, ус хангамж, ус хэрэглээ, Галба-Өөш, Долоодын говийн сав газрын захиргаа, 2017
6. Галба-Өөш, Долоодын говийн сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө боловсруулахад зориулсан суурь судалгааны эмхтгэл, техникийн хураангуй, “Дунар Од” ХХК, 2018 он.

Хүснэгт 1
Монгол улсад мөрдөгдөж буй стандарт
MNS4585:2016 [2]

Үзүүлэлтийн нэр	Хэмжилтийн дундаж хугацаа	Хүлцэх агууламж
Химийн нөлөөлөл		
Хүхэрлэг хий (SO ₂)	20 Минутын дундаж	450 мкг/м ³
	24 цагийн дундаж	50 мкг/м ³
	Жилийн дундаж	20 мкг/м ³
Нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO)	20 Минутын дундаж	60000 мкг/м ³
	1 цагийн дундаж	30000 мкг/м ³
	8 цагийн дундаж	10000 мкг/м ³
Азотын давхар исэл (NO ₂)	20 Минутын дундаж	200 мкг/м ³
	24 цагийн дундаж	50 мкг/м ³
	Жилийн дундаж	40 мкг/м ³
Озон O ₃	8 цагийн дундаж	100 мкг/м ³
Нийт тоосонцор	20 минутын дундаж	500
	24 цагийн дундаж	150
	Жилийн дундаж	100
PM 10 тоосонцор	24 цагийн дундаж	100
	Жилийн дундаж	50
PM 2,5 тоосонцор	24 цагийн дундаж	50
	Жилийн дундаж	25
Хар тугалга (Pb)	24 цагийн дундаж	1
	Жилийн дундаж	0,25
Бенз-а-пирен (C ₂₀ H ₁₂)	24 цагийн дундаж	0,001
Физикийн нөлөөлөл		
Дуу шуугиан Өдрийн (07-22) Шөнийн (22-07)	16 цагийн дундаж	60
	8 цагийн дундаж	45

II. Агаарын чанарын индекс тооцох аргачлал
Агаарын чанарын индексийг тооцохдоо агаар дахь бохирдуулах бодис тус бүрд тооцох ба бохирдуулах бодисын агууламжийг тухайн бохирдуулах бодисын

стандарт дахь хүлцэх хэм хэмжээнд харьцуулж доорхи томъёогоор олно.

$$АЧИ = \frac{ББА}{XXX} \times 100$$

АЧИ-Агаарын чанарын индекс; ББА-Агаар дахь бохирдуулах бодисын агууламж; XXX-Агаарын чанарын стандарт дахь тухайн бохирдуулах бодисын хүлцэх хэм хэмжээ;

Бохирдуулах бодис тус бүрт тооцсон индексийн хамгийн өндөр тоон үзүүлэлтээр тухайн үеийн агаарын чанарыг Агаарын чанарын индексийн ерөнхий үнэлгээгээр тогтоодог [3].

Агаарын чанарыг индексээр 6 түвшинд ангилах ба түвшин тус бүрт харгалзах индексийн тоон үзүүлэлт, бохирдлын түвшин мөн хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөллийг хураангуй байдлаар харуулна.

Хүснэгт 2

Улаанбаатар хотод мөрдөгдөж буй агаарын чанарын индекс [3]

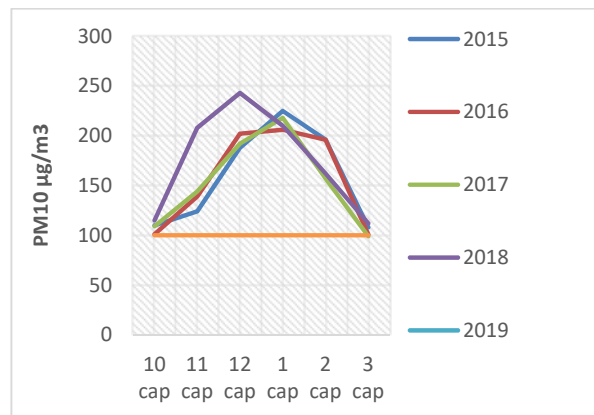
Агаарын чанарын индекс	Агаарын чанарын ангилал	Тэмдэглэгээ өнгөөр	Эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөлөл
0-50	Цэвэр	Ногоон	Хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлэхгүй.
51-100	Хэвийн	Шар	Агаарын чанар шаардлага хангах боловч, зарим бохирдуулах бодисын нөлөөлөлд хэт мэдрэг хүмүүс өртөж болно.
101-250	Бага зэргийн бохирдолтой	Улбар шар	Хэт мэдрэг хүмүүсийн эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөлөл илэрнэ. Зүрх судас амьсгалын замын архаг өвчтэй, ялангуяа гуурсан хоолойн багтраа өвчтэй хүмүүс нөлөөлөлд илүү өртөнө.
251-400	Дунд зэргийн бохирдолтой	Ягаан	Нийт хүн амын эрүүл мэндэд бага зэргийн сөрөг нөлөөлөл илэрч эхэлнэ. Хэт мэдрэг хүмүүсийн эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөлөл хүндээр илэрнэ.
401-500	Их бохирдолтой	Хүрэн	Удаан хугацаагаар гадаа байхад нийт хүн амын эрүүл мэндэд мэдэгдэхүйц хэмжээгээр сөрөг нөлөөлөл илэрнэ.
500<	Маш их бохирдолтой	Улаан	Удаан хугацаагаар гадаа байхад нийт хүн амын эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөлөл илэрнэ.

III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

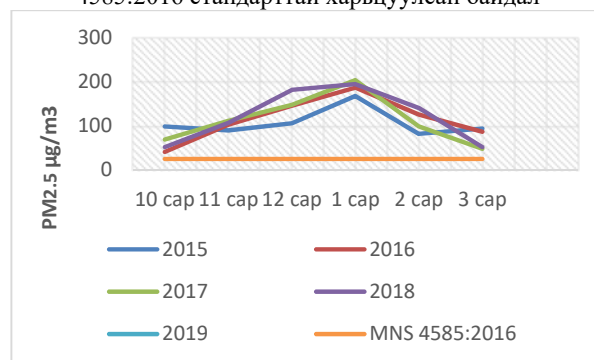
Улаанбаатар хотын хувьд өнөөдрийн байдлаар нийт 13 суурин харуул ажиллаж байна.

- Толгойт (АББГ-1)
- Телевиз (АББГ-2)
- Амгалан (АББГ-3)
- Нисэх (АББГ-4)
- Дамбадаржаа (АББГ-5)
- Баянхошуу (АББГ-6)
- Мишээл экспо (УБ-1)
- Баруун дөрвөн зам (УБ-2)
- Бөхийн өргөө (УБ-4)
- Зуун айл (УБ-5)
- Монгол газар (УБ-7)
- Ургах наран (УБ-8)
- Америкийн нлчин сайдын яам

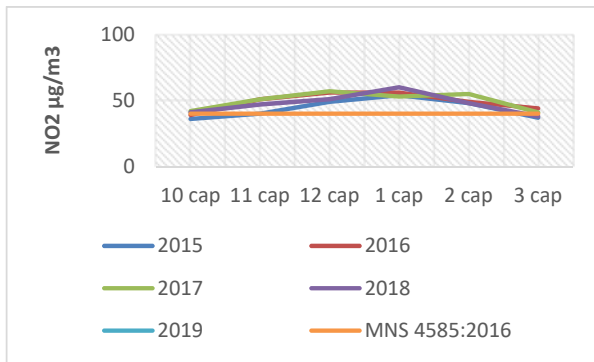
Эдгээр суурин харуулуудын ашиглалтад орсон хугацаа өөр өөр тул 2015-2019 оны хооронд ажиллаж байсан суурин харуулуудын дундаж утгыг ашигласан. Мөн хамгийн бохирдол ихтэй хүйтний улирал 10-3 сарын утгууыг сонгон авч судалгаанд ашигласан.



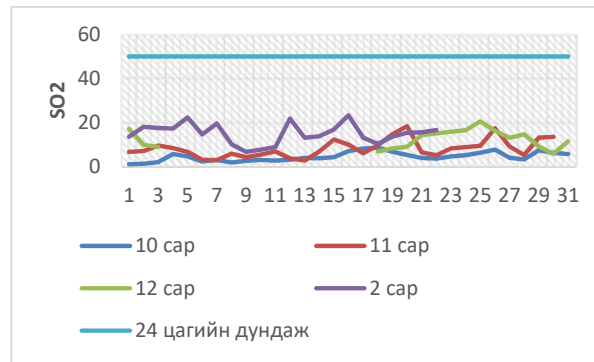
Зураг 1. PM₁₀ 2015-2019 оны дундаж агууламж MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



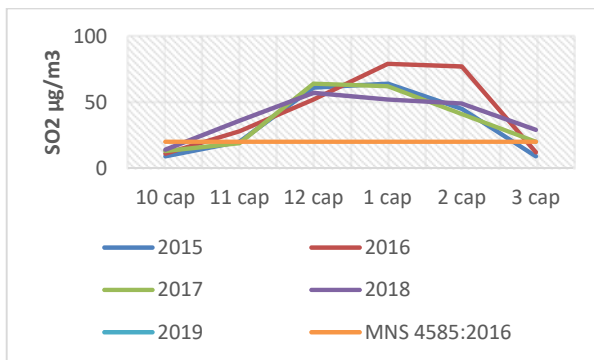
Зураг 2. PM_{2.5} 2015-2019 онуудын дундаж агууламжийг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



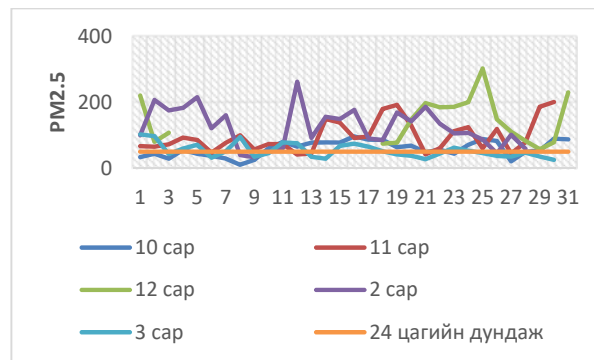
Зураг 3. Азотын давхар ислийн 2015-2019 онуудын дундаж агууламжийг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



Зураг 6. Нисэх орчим хүхрийн давхар ислийн 24 цагийн дундаж утгыг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал

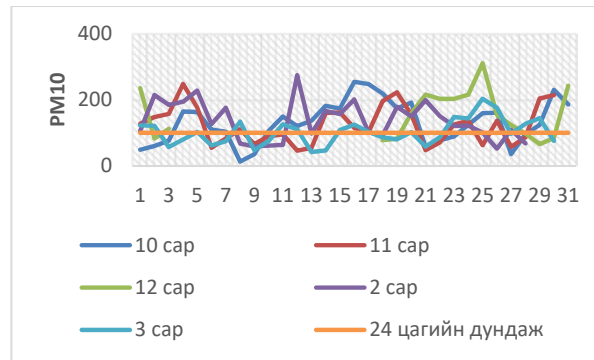


Зураг 4. Хүхрийн давхар ислийн 2015-2019 онуудын дундаж агууламжийг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан судалгаа



Зураг 7. Нисэх орчим жижиг ширхэглэт тоосонцорын 24 цагийн дундаж утгыг MNS4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал

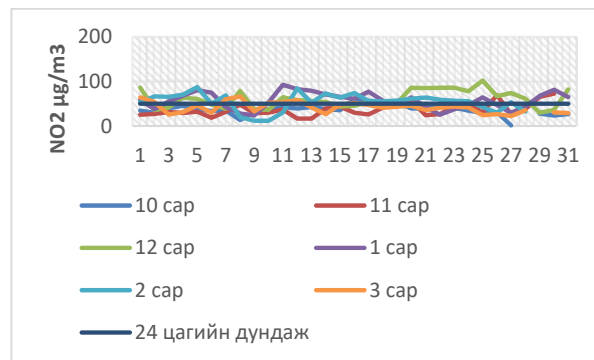
Онцлон бохирдол ихтэй бүсээс Телевиз болон Баянхошуунд байрлах 2 суурин харуул, бохирдол багатай бүсээс Нисэх-д байрлах суурин харуулуудыг сонгон авч 2017-2018 оны хамгийн бохирдол ихтэй сарууд болох 10-3-р саруудын хэмжилтийн 24 цагийн дундаж утгуудыг сонгон авч монгол улсад мөрдөгдөж буй стандарттай харьцуулалт хийлээ.



Зураг 7. Нисэх орчим том ширхэглэгт тоосонцорын 24 цагийн дундаж утгыг MNS4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



Зураг 5. Нисэх орчим Азотын давхар ислийн 24 цагийн дундаж утгыг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



Зураг 8. Телевизэд байрлах суурин харуулын азотын давхар ислийн 24 цагийн дундаж утгыг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



Зураг 9. Телевизэд байрлах суурин харуулын том ширхэглэгт тоосонцорын 24 цагийн дундаж утгыг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



Зураг 13. Баянхошунд байрлах суурин харуул, жижиг ширхэглэгт тоосонцорын 24 цагийн дундаж утгыг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



Зураг 10. Телевиз орчим жижиг ширхэглэгт тоосонцорын 24 цагийн дундаж утгыг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



Зураг 11. Баянхошунд байрлах суурин харуул, хүхрийн давхар исэлийн 24 цагийн дундаж утгыг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал



Зураг 12. Баянхошунд байрлах суурин харуул, том ширхэглэгт тоосонцорын 24 цагийн дундаж утгыг MNS 4585:2016 стандарттай харьцуулсан байдал

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаас дараах дүгнэлтэд хүрлээ. Онцлон Баянхошуу, Телевиз, Нисэхэд байрлах суурин харуулуудын 2017-2018 оны бохирдол ихтэй 10-3 сарын 24 цагийн дундаж утгыг сонгон авч хэмжилт хийсэн. Үүнд:

- Баянхошуунд байрлах суурин харуул-хүхэрлэг хийн агууламж хамгийн өндөр нь 12 сард 150 мкг ба энэ нь MNS4585:2016-д заасан зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс 3 дахин их байна.
- Хамгийн бага нь 10 сард, 4,65 мкг/м³.
- Нийт 181 хэмжилтийн утгаас 79 нь зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс хэтэрсэн байна.
- Том ширхэглэгт тоосонцор 1 сард хамгийн өндөр буюу 755,4 мкг/м³ байгаа нь стандартаас 7,4 дахин их байна.
- Хамгийн байга нь 10 сард 20,76 мкг/м³г байна.
- Жижиг ширхэглэгт тоосонцор нь 1 сард хамгийн өндөр 827,4 мкг/м³ ба энэ нь стандартаас 13 дахин их.
- Хамгийн бага нь 10 сард 6,48 мкг.
- Телевиз том ширхэгт тоосонцор мкг/м³ нь 11 сард 247,6 мкг/м³ байгаа ба энэ нь стандартаас 2 дахин их байна.
- Хамгийн бага нь 35,1 мкг/м³ байна.
- Жижиг ширхэгт тоосонцорын нийт 181 хэмжилтээс 160 нь стандартаас давсан байна.
- Нисэх жижигт ширхэгт тоосонцорын хамгийн өндөр нь 229,67 мкг/м³ стандартаас 4 дахин их байна.
- Хамгийн бага нь 28,89 мкг/м³ байна.

Нийт судалгаа хийсэн 3 харуулаас том ширхэглэгт тоосонцор хамгийн өндөр нь 755,4 мкг/м³ Баянхошуунд байрладаг. Энэ нь MNS 4585-2016 стандартаас 7,5 дахин их байна. Жижиг ширхэгт тоосонцор хамгийн өндөр байгаа нь Баянхошуу, 704,26 мкг/м³ ба энэ нь стандартаас 14 дахин хэтэрсэн байна. Хүхэрлэг хий мөн Баянхошуунд хамгийн өндөр буюу 187,36 мкг/м³ энэ стандартаас дахин их байна.

Ашигласан ном, материал

1. <http://www.agaar.mn/article-view/76>
2. Агаарын чанар техникийн ерөнхий шаардлага MNS 4585:2016.
3. Байгальорчин, ногоонхөгжлийн сайдын 2014 оны 09 дүгээр сарын 17-ны өдрийн А-327 тоотгушаалын 1 дүгээр хавсралт, Хүснэгт 1.
4. <http://www.ub-air.info/ub-air/about/air-quality-standard.html>

АХУЙН БОХИР УСЫГ УРГУУЛЭН АШИГЛАХ БОЛОМЖ, СУДАЛГАА

Б.Ялалтбаяр*, 3. Баттогтох*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Дэлхий нийтэд усны хомсдол үүсэж буй өнөө үед бохир усыг цэвэршүүлэн дахин ашиглалт өндөр хөгжилтэй, хөгжиж буй орнуудад ихээхэн хурдацтай хөгжиж байна. Манай улсын хувьд томоохон үйлдвэр уурхайн газруудын ихэнх нь говийн бүст ажилладаг бөгөөд хаягдал усаа үйлдвэрлэлийн процесст эргүүлэн ашиглаж, хомсдож буй цэвэр усны нөөцөө хэмнэж байна. Хэдий хаягдал усыг үйлдвэрлэлд дахин ашиглах хэмжээ жил ирэх тусам нэмэгдэж байгаа ч хот суурин газруудад бохир усаа бүрэн цэвэрлэж чадахгүй, саарал ус болгон дахин ашиглах талаар дорвитой арга хэмжээ авч чадахгүй байгаа юм.

Өндөр хөгжилтэй орнуудад хотуудын бохир усыг цэвэрлэн, саарал ус буюу цэвэрлэсэн хаягдал ус болгож үйлдвэр, ногоон байгууламжийн усалгаа, суултуурийн цэвэрлэгээний усанд ашиглаж байна.

Энэхүү өгүүлэлд Сайншанд сумын төвийн орон сууцны барилгын гал зуухны өрөөний хаягдал усыг орон сууцанд нь бага оврын шүүлтүүрээр дамжуулан цэвэрлэж суултуурын цэвэрлэгээний ус болгон ашиглах боломжийн талаар авч үзнэ.

Түлхүүр үг. Бохир ус, саарал ус, усны нөөц, газрын доорх ус.

1.ОРШИЛ

Дорноговь аймаг Монгол орны зүүн өмнөд хэсэгт Өмнөговь, Говьсүмбэр, Сүхбаатар аймаг, БНХАУлстай хиллэдэг говийн бүсийн аймаг. Дорноговь аймгийн төв Сайншанд сум засаг

захиргааны хувьд төвийн 6 баг, алслагдсан Зүүнбаян баг нийт 7 багтай. Тус сум 7369 өрхийн 24772 хүн амтай[1]. Нийт хүн амын 90 хувь төвлөрсөн суурин газарт суурьшдаг тэдгээрийн 40 хувь төвлөрсөн ус, дулаан хангамж, ариутгах татуургын шүлжээнд холбогдсон орон сууцны хороололд амьдарж байна.

Мөн Сайншанд суманд газрын тос олборлох “Доншин газрын тос Монгол” ХХК, УБТЗ-ын Сайншанд зангилаа, 3 дулааны станц, 2 бетон зуурмагийн үйлдвэр, ус цэнгэгжүүлэх 5 үйлдвэр зэрэг томоохон ус ашиглагч аж ахуйн нэгжүүд үйл ажиллагаа явуулдаг.

Тус сумын ус хангамжийн үндсэн эх үүсвэр нь газрын доорх ус юм.

2.Сайншанд сумын ус хангамж

Сайншанд сумын бүс нутагт 1954 онд “Шар худаг” нэртэй 517, 518 дугаартай анхны цооногууд нь 70 м гүнтэй, усны тогтсон түвшин 17-18м, 3,0-6,0м түвшингийн бууралтад 6,0-9,3 л/с ундаргатай байсан /усны динамик/түрц/6,6м/. 1969 онд эдгээр цооногийн дэргэд (цооног №169) өрөмдөж 89-132 м-ийн хоорондох уст үеийг шинээр илрүүлсэн байна /усны статик түвшин 16,8м/. 1975 онд 90 м гүнтэй цооног гаргахад статик түвшин 37,7 м, түвшингийн 8,8 м бууралтад 6,9 л/с ундарга өгч, усны түрц 12,35м. Мөн 1983-1985 онуудад Монгол Оросын хамтарсан геологийн экспедиц Зээгийн хөтөлийн орчимд хайгуул хийж 4968 м³/хон ундрага бүхий ордыг олж илрүүлэн түүнээс хойш тус сумын ус хангамжийг энэ ордоос хангаж ирсэн /хүснэгт 1/[2].

Хүснэгт 1

Сайншанд сум орчмын газрын доорх усны нөөц

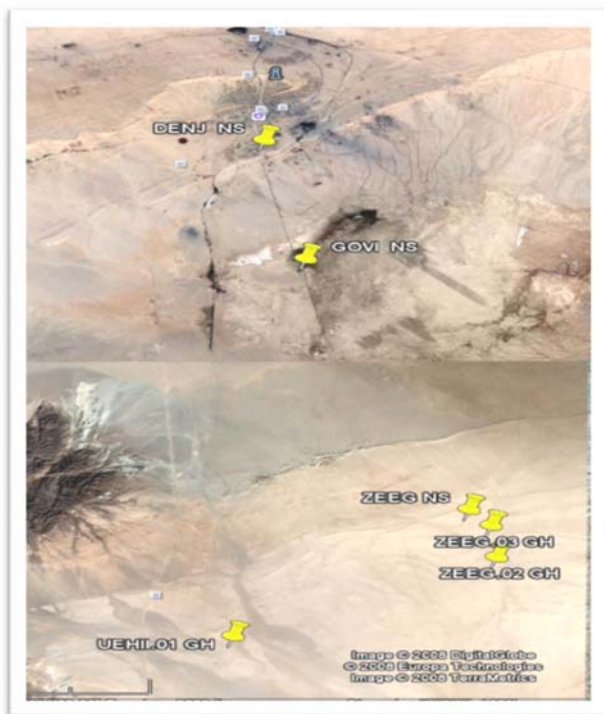
№	Ордын нэр	Судал сан он	Уст үеүдийн нийлбэр нөөц (л/с)	Нөөц (м ³ /хон)	Ашиглах жил	Усны эрдэсжилт	Ус өгөөмж (°)	Шүүрэлгийн коэффициент (м/хонго)	Уст давхаргын зузаан (м)	Ус дамжуулах чадвар (м ³ /хонго)	Ордын талбай (км ²)
1	Долоодын говь	1992		22982							256
2	Зээгийн хөтөлийн орд	1983-1985	57,5	4968	27	0,6-1,0	0,09	6,4	40	2,9x10 ⁴	25
3	Шанаган могойт	1985	20,4	864	27	1,8	0,07	9	32	7,1x10 ³	14
4	Сайншанд			2376							
5	Бор хөөвөр	2012	98,0	27925.2	25	0,8-1	0,0066	3,58	59,3	3,2x10 ⁴	494,7

Сайншанд сум нь төмөр замын хотхоны болон өвөршандын усан хангамжийн 2 тусдаа системтэй [3].

Төмөр замын хотхоны усан хангамжийн систем нь 8 гүний худаг, 6 ус түгээх цэг, 400 м³ багтаамжтай усан сан 1 ш, 250 м³ багтаамжтай усан сан 1ш, болон усан хангамжийн сүлжээнээс бүрддэг.

Хоёр гүний худаг нь Сайншанд сумаас урагш 45 км-т Зүүнбаян багт байрладаг бөгөөд усны хэрэглээ өдөрт дунджаар 24 м³ орчим байдаг. Төмөр замын хотхоны усан хангамжийн сүлжээ нь өдөрт дунджаар 440 м³ орчим ус хэрэглэдэг. Энэ сүлжээний гүний худагуудын 3 нь байнга ажиллаж үлдсэн 3 нь нөөцөнд байдаг. Ус түгээх цэгүүд нь усан хангамжийн сүлжээндээ холбоотой ажилладаг. Байнга ажилладаг 3 худгаас өдөрт олборлох усны нийт хэмжээ 1700 м³/хон хүчин чадалтай. Өвөршандын төвлөрсөн системд холбогдсон айл өрх, албан байгууллагуудын ундны усны эх үүсвэр нь Зээгийн хөтөлд байх 3 гүний худаг юм. Өвөршандын усан хангамжийн систем нь 3 худаг, 3 өргөх станц, 1000 м³-ийн багтаамжтай 2 усан сан болон усан хангамжийн далд сүлжээнээс бүрдэнэ /зураг 1/.

Өвөршандын усны хэрэгцээг үндсэндээ тус хотоос урагш 22-27 км-т байрладаг Өехийн 1 ба Зээгийн 2 худгаас хангадаг. Өвөршандын усны хэрэгцээ өдөрт 1300 орчим м³, дулааны станц болон сүлжээнд холбогдоогүй, ус түгээх цэгүүдийн нийт усны хэрэгцээ 500 м³/хон орчим ба Сайншанд сумын нийт усны хэрэгцээ 3000 м³/хон орчим байна. Өвөршандын гэр хорооллын усан хангамжийн хувьд төвлөрсөн шугам сүлжээнд холбогдсон 10, холбогдоогүй 6, хувийн эзэмшлийн 4 ус түгээх цэг байдаг.



Зураг 1. Сайншанд сумын ус хангамжийн бүдүүвч зураг



Зураг 2. Сайншандын нэгдсэн ус хангамжийн системийн бүдүүвч

3. Ус хэрэглээ, хаягдал ус

Цэвэр ус, бохир ус татуургын төвлөрсөн шугам сүлжээнд холбогдсон 3037 өрх[1], 8976 хүн, 5 дулааны станц, 6 цэвэр усны үйлдвэр, 2 бетон зуурмагийн үйлдвэр, 5 авто угаалгын газар, 6 халуун усны газар, 1 усан спорт сургалтын төв, төрийн үйлчилгээний болон, ахуйн үйлчилгээний байгууламжууд, мөн гэр хорооллын айл өрхүүдэд төвлөрсөн шугамд холбогдсон болон зөврийн ус түгээх байраар ус хангамжийг хүргэдэг.

Хүснэгт 2

Ус хэрэглээ, м³/жил [4]

	ААНБ	Айл өрх	Эрчим хүчний үйлдвэрлэл	Нийт
“Чандмань илч” ОНӨХХК	96200	190200	34500	320900
ЭХУХ-ын 2-р анги	54093	83533	31155	168781

Дээрх ус хэрэглээнээс орон сууцны өрх буюу 3037 өрх дунджаар 15185 м³/сар (182220м³/жил) усыг ашигладаг байна [5].

Бохир ус татуурга

Сайншанд сум бохир ус зайлуулах хоёр системтэй бөгөөд тус тусдаа цэвэрлэх байгууламжтай боловч ажиллахгүй. Харин гэр хорооллын айлууд зарим буудал, үйлчилгээний газрууд хашаандаа уламжлалт аргаар стандартын бус жорлон, муу усны цооног гарган ашиглаж бохироо зайлуулдаг. Төмөр замын хотхоны бохир ус цэвэрлэх байгууламж 1986 онд байгуулагдсан өдөрт 250 м³ бохир цэвэрлэх чадалтай байсан. Тус бохир ус зайлуулах систем нь 12.0 км гаруй урт, 395 бохирын шугамын хяналтын худагтай. Цэвэрлэх байгууламж 1990 онд эвдэрснээс хойш 12 шүүх цөөрөмд зөвхөн зуны улиралд цэвэрлэгээ хийж байгаа. Өнөөдрийн байдлаар хоногт 1,200 м³ бохир ус ямар цэвэрлэгээгүйгээр байгальд хаягдаж байна. Өвөршанд хот нь 14 км урт бохир ус зайлуулах сүлжээтэй бөгөөд өдөрт 1,400-2,700 м³ бохир ус цэвэрлэх чадалтай цэвэрлэх байгууламжийг 1987 онд байгуулсан ба 1997 он хүртэл хэвийн ажилласан. Өнөөдрийн байдлаар 2008 оноос хойш 13 шүүх

цөөрөм зөвхөн зуны улиралд ажилладаг. Эдгээр цөөрөмд өдөрт 1,400 м³ бохир ус хүлээж авдаг ба ямар ч цэвэрлэгээ хийж чадалгүй байгальд хаяж байгаль орчныг бохирдуулж байна.

Судалгааны хэсэг

Сайншанд сумын 1980-2000 онуудад баригдсан орон сууцны барилгын гал зуухны өрөө, ариун цэврийн өрөөний ус хангамжийн систем, бохир ус зайлуулах систем тусгаа шугам хоолойтой баригдсан байдаг. Миний судалгааны объектод эдгээр орон сууцнууд орж байгаа бөгөөд нэг орон сууц буюу 58 айлын судалгааг үндэслэх юм.

Тус орон сууцанд 61 өрхийн 261 хүн амьдардаг [7].

Уг орон сууцыг цэвэр усаар хангагч “Чандмань Илч” ОНӨХХК-ийн ус түгээлтийн тоолуурын заалтын сүүлийн 3 жилийн бичилтийг судалгаанд авч үзэв.

Судалгаанаас үзэхэд тус орон сууц жилд дунджаар 4560 м³ ус хэрэглэдэг бөгөөд 1153 м³ усыг гал зуухны хэрэглээнд ашигласан байна.

Хүснэгт 3

Судалгааны объектын ус хэрэглээ, 2016-2018 он дундаж, м³/сар [6]

Сар	1	2	3	4	5	6
Гал зуух	70	75	106	105	108	95
Ариун цэврийн өрөө	223	230	323	330	331	276
сар	7	8	9	10	11	12
Гал зуух	103	96	113	106	96	80
Ариун цэврийн өрөө	295	279	303	298	263	256

Суултуурын ус хэрэглээнд 1 удаагийн таталтаар дунджаар 10 л ус хэрэглэдэг, 1 хүн дунджаар 10 удаа шуултуур ашиглана гэж үзвэл.

Тус байр сард дунджаар 1083м³ усыг суултуурын усанд ашигладаг байна.

Эндээс үзэхэд тус байрны гал зуухны хэсгийн хаягдал усыг дахин ашигласнаар суултуурын усыг саарал усаар бүрэн хангах боломжтой тооцоолол гарч байна.

Гал зуухны хаягдал усны найрлагад угаалгын бодис, хоол, цайны хаягдал, бага хэмжээний элс шороо байдаг.

ТРАНЗИЕНТ ЭЛАСТОГРАФИЙН ТӨХӨӨРӨМЖӨӨР ЭЛЭГНИЙ ГОЛОМТОТ ӨӨРЧЛӨЛТИЙГ СУДАЛСАН ЗАРИМ ҮР ДҮНГЭЭС

Э.Должинсүрэн*, А.Амаржаргал**

*Эх Хүүхдийн Эрүүл Мэндийн Үндэсний Төв

**Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Элэгний фиброз өөрчлөлт, өөхжилтийг өндөр нарийвчлалтай үнэлдэг инвазив бус орчин үеийн шижилгээний арга бол фиброскан буюу транзиент эластографийн шинжилгээ юм. Гепатит вирустай хүмүүст элэгний уян хатан чанарыг транзиент эластографийн аргаар тодорхойлж, элэгний сорвижилтийг (fibrosis) хэмжин, тоон үнэлгээг хийх нь элэгний сорвижилт ба элэгний хатуурлын зэргийг

Иймд тухайн орон сууцны гал зуухны хаягдал цуглуулах шугамд бага оврын механик хольц шүүх төхөөрөмж суурилуулж цэвэршүүлэн суултуурын усны хэрэглээг шийдвэрлэх бүрэн боломжтой юм.

ДҮГНЭЛТ

Нийт усны хэрэглээгээ газрын доорхи усны хязгаарлагдмал нөөцөөр хангадаг говийн бүсийн хувьд бохир усны хаягдлаа цэвэрлэх, саарал усыг дахин ашиглах дэд бүтэц, байгууламж нэн шаардлагатай байгаа хэдий ч хөрөнгө оруулалт дутмаг өнөөгийн нийгэмд өртөг хямд шийдлээр усыг дахин ашиглах шаардлага тулгарч байна.

Миний судалгааны ажлын дүнгээс харахад нэг орон сууц буюу 58 өрхийн гал зуухны сард хаягдах хаягдал ус 1153 м³ усыг тухайн орон сууцанд нь шүүх замаар дахин ашиглаж тус орон сууцны суултуурын усыг шийдвэрлэснээр цэвэр усны хэрэглээг 25 хүртэл хувь бууруулах боломж юм.

Энэ нь цаашлаад Сайншанд сумын бүх орон сууц, цаашид баригдах барилга байгууламжийн суултуурын усыг саарал усаар шийдвэрлэх бүрэн боломжтой бөгөөд жилд дунджаар 60 мянга орчим м³ цэвэр усыг хэмнэх юм.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Дорноговь аймгийн статистикийн мэдээлэл, Дорноговь аймгийн Статистикийн хэлтэс, 2018 он.
2. Сайншанд сумын усны нөөц, ус хангамж, ус хэрэглээ, Галба-Өөш, Долоодын говийн сав газрын захиргаа, 2017.
3. <http://sainshand.do.gov.mn>
4. “Чандмань Илч” ОНӨХХК, УБТЗ-ын ЭХУХ-ын 2-р ангийн ус ашиглуулах дүгнэлт, БОАЖЯ, 2015-2019 он.
5. “Чандмань Илч” ОНӨХХК, ЭХУХ-ын 2-р ангийн ус түгээлтийн мэдээ, 2015-2018 он.
6. “Чандмань Илч” ОНӨХХК-ийн орон сууцны усны тоолуурын заалтын бичилтийн мэдээ, 2016-2018 он.
7. Хүн амын бүртгэл, Сайншанд сумын 2-р багийн ажлын алба, 2018 он.
8. Галба-Өөш, Долоодын говийн сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө боловсруулахад зориулсан суурь судалгааны эмхтгэл, техникийн хураангуй, “Дунар Од” ХХК, 2018 он.

тогтоох, эмчилгээний үр дүнг хянахад олон улсад өргөнөөр ашиглаж байна.

Fibroscan®502 маркийн транзиент эластографийн төхөөрөмж ашиглан шилжилтийн долгион тархах хурд ба нягтаас хамаарах уян харимхайн модулиар элэгний хатуурал ба сорвижилтийн заагийг тодорхойлсон талаар өгүүлсэн болно. Улмаар элэгний эмгэг

өөрчлөлт ямар шатанд байгааг эрт илрүүлэх оношлогооны ач холбогдолтой.

Түлхүүр үг. Транзиент эластограф, фиброскан, элэгний хатуурал.

I. ОРШИЛ

Манай орны хүн амын дунд элэгний вирусын тархалт өндөр гепатит В вирус (HBV) -13%, гепатит С вирус (HCV)-11 %, В вирусын гадаргуугын эсрэг төрөгч (HBsAg) илэрсэн хүмүүсийн 13.6% -д нь Д вирус (HDV) эсрэг бие илэрсэн байдаг [1]. Үүнтэй холбоотой вирусын шалтгаант элэгний өвчин, элэгний цирроз, элэгний өөхжилт, элэгний сорвижилт хүн амын өвчлөлийн дотор тэргүүлэх байр эзэлж нас баралтын үндсэн шалтгаан болж байдаг. ДЭМБ-ийн судалгаагаар элэгний өвчлөлөөр Монгол улс дэлхийд нэгдүгээрт бичигдэж байна [2, 3]. Элэгний голомтот өөрчлөлтийг одоогоор хэт авиан шинжилгээ, магнитрезонанс томографи, компьютер томографи зарим тохиолдолд элэгний эдийн шинжилгээг (биопси) ашиглаж байгаа ба эдгээр нь элэгний эмгэг тэр дундаа элэгний хатуурал, элэгний өөхжилтийн зэргийг тодорхойлж тоон үзүүлэлт гаргах боломж муутай, өртөг өндөр, өвчтөнд зарим тохиолдолд өндөр эрсдэлтэй шинжилгээнүүд байдаг.

Иймд хүн амд үзүүлэх эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээг сайжруулахын тулд шинэ дэвшилтэт технологи бүхий орчин үеийн оношлогоо шинжилгээний тоног төхөөрөмж зайлшгүй шаардлагатай байна. Элэгний хатуурлыг тодорхойлох үндсэн стандарт болох биопсийн шинжилгээтэй фиброскан аппаратаар оношлосон үр дүнг харьцуулсан судалгаануудад өвөрмөц болон мэдрэг чанар нь 85% - аас дээш байдаг. Уг шинжилгээг

биопсын шинжилгээтэй харьцуулахад өртөг бага, даган судлах, хянах боломжтой, хэрэглэгчдэд зовиургүй.

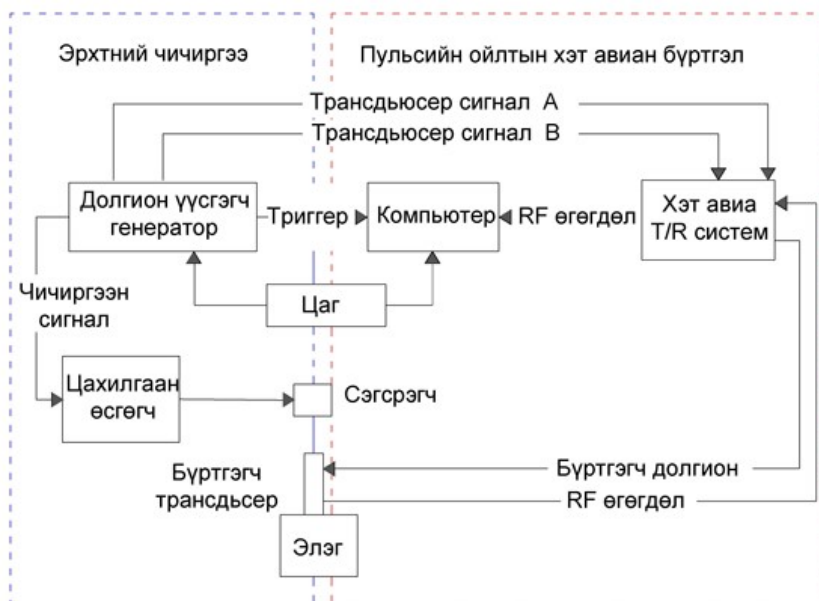
Хүснэгт 1

2018 оны ДЭМБ-ын Элэгний хавдарын судалгаа

Байр	Улс	Үзүүлэлт (100,000 хүн тутамд)
1	Монгол	93.7
2	Египт	32.2
3	Гамбия	23.9
4	Вьетнам	23.2
5	Лаос	22.4
6	Камбуж	21.8
6	Гвиней	21.8
8	Тайланд	21.0
9	Хятад	18.3
10	Өмнөд Солонгос	17.3

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Фиброскан (Fibroscan) буюу Транзиент эластографи нь 1990-ээд оны эхэн үед эд эрхтэний хатуурлыг мэдрэх дүрслэлийн технологи гэж тодорхойлсон [7]. Сүүлийн жилүүдэд эд эрхтэний хатуурлын зэргийг өндөр нарийвчлалтай тоон үнэлгээ хийн боловсруулж хөгжүүлсээр байна. Эластографийн аргууд нь өвөрмөц эмгэг болон физиологийн процессоос үүссэн зөөлөн эдийн өөрчлөлтийн уян хатан байдлын тоон мэдээллийг боловсруулна [8]. Тухайлбал олон тооны хавдар нь эрүүл эд эсээс механикаар ялгаатай байдаг. Элэгний архаг өвчлөлтэй тохиолдолд инвазив бус аргаар хэвийн эд эстэй харьцуулан хатуурал болон өөхжилтийн мэдээлэлд тоон боловсруулалт хийнэ.



Зураг 1. Транзиент эластографийн төхөөрөмжийн бүтцийн схем

Зураг 1-т үзүүлсэнээр эрхтэнд нөлөөлөх вибраторын (vibration) хэсэг нь долгион үүсгэгч генератор, цахилгаан өсгөгч, трансдюсер (2 МГц), механик вибратораас бүрдэнэ. Долгион үүсгэгч генератор нь тусгай чичиргээт сигналыг үүсгэсэний дараа эдийг өдөөх механик чичиргээг удирдахын тулд

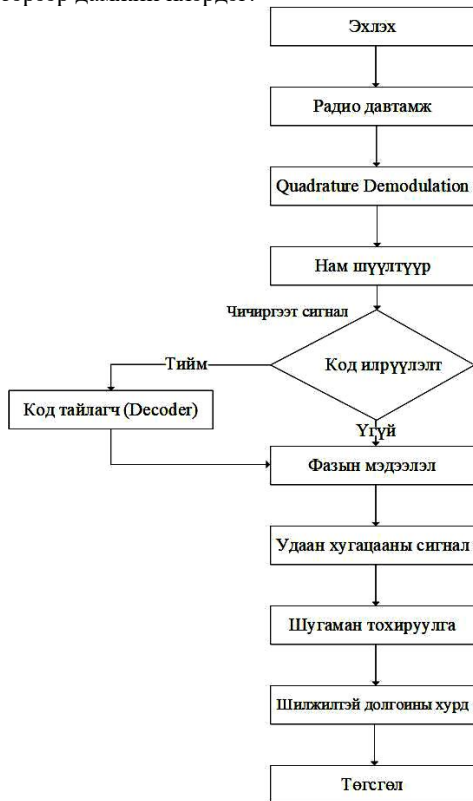
цахилгаан өсгөгч ашиглана. Жижиг механик вибраторын гүйдлийн давтамжийн хүрээ 18 кГц байна [4]. Долгион үүсгэгч генератор нь тухайн эд эрхтэнд шаардагдах чичиргээт долгионыг үүсгэнэ. Тухайлбал нэг мөчлөгтэй синусоид долгионыг эдийг цочроох янз бүрийн давтамжаар ашиглаж болох бөгөөд энэ нь

эдийг гэнэт цохихтой ижил юм. Тасралтгүй чичиргээт долгион эсвэл синус пульсийн N циклийг ашиглаж болно. Чичиргээт долгионы янз бүрийн хэлбэр нь эдийн олон төрлийн шилжилттэй долгионыг өдөөдөг бөгөөд энэ нь эдийн уян хатан (viscoelasticity) байдлыг хэмжихэд тохиромжтой байдаг.

Хэт авиан пульсийн илрүүлэлт нь долгион үүсгэгч генератор, хэт авиан T/R (transmit-receiver) систем, трансдюсер, мэдээлэл бүртгэх систем ба компьютерээс бүрдэнэ. Долгионы генератор нь хувиргагчийг удирдахын тулд хоёр дохио үүсгэдэг. Радио давтамжийн (RF) дохиог трансдюсер хүлээн авч, өгөгдөл цуглуулах системээр бүртгэгдэнэ. Түүвэрлэсэн радио давтамжийн өгөгдлийг боловсруулна.

Доплер хэт авиан системд дамжуулагч импульс нь синусын долгионы хэд хэдэн цикл агуулсан бөгөөд давтамж нь хувиргагч төхөөрөмжийн давтамжтай ижил байдаг. Гэсэн хэдий ч доплер хэт авиан систем дэх кодчилсон өдөөлт нь модуляцлагдсан фазын долгион эсвэл давтамжтай-долгионы хэлбэрт шилжинэ. Долгионы хэлбэрийн генератор нь модуляцлагдсан фазын долгионы хэлбэрийг үүсгэхээр сонгоно. Импульсийн хэт авиа илрүүлэгч нь 2 МГц давтамжтайгаар 4 синусын циклийг ялгаруулна. Импульсийн давталттай давтамж 7.4 кГц байна [5].

Транзиент эластографийн өгөгдлийн боловсруулалт: Шилжилтийн долгионы хурдыг Фиброскан системд хэрэглэдэг янз бүрийн оргил хугацаанд тооцоолдог [6,10]. Зураг 2-г кодчилсон өдөөлтийн горимыг хэрэглэх үед шүүлгүүрийг декод хийхээр зориулж сонгох ба дараалал болон хэт авианы корреляцийн тооцоолол нь үржүүлгийн болон нийлбэрээр дамжин илэрдэг.



Зураг 2. Өгөгдөл боловсруулах процедур

Зураг 1-т үзүүлсэнээр эрхтэний чичиргээт хэсэг ба импульсийн хэт авиа илрүүлэх хэсгүүд буюу систем бүхэлдээ 8 МГц давтамжтай ижил цагын үүсгүүрт ажиллана. Энэ нь долгионы хэлбэрийн генератор болон өгөгдөл олж авах системд хугацааны сигналыг хангаж өгдөг. Эдийн чичиргээт сигнал, датчкны удирдах сигнал, өгөгдөл бүртгэх системийн триггер сигналууд бүгд долгион үүсгэгч генератораар тэжээгдэнэ [13].

Эластографийн физик үндэс. Хэт авиан эластографийн физик зарчим нь эд эсийн уян хатан чадварыг тодорхойлох бөгөөд энэ нь хүчийг гажсаны дараа хэв гажилтын анхны хэлбэрийг үргэлжлүүлэхийн тулд эд эсийн эсэргүүцэх чадварыг үнэлдэг. Материал бүхэлдээ уян харимхай, түүний хэв гажилтын үед хугацаанаас хамааралгүй (зууралдамтгай чанар) гэж үзвэл мэдрэмжийг Гуукийн хуулийн дагуу тодорхойлно:

$$\sigma = \Gamma \cdot \varepsilon \quad (1)$$

Энд, σ – Даралт, кПа (Н/м²).

ε – Ачаалал.

Γ – Уян харимхайн модуль, кПа.

Даралтыг нэгж талбайд үйлчлэх хүчний хэмжээгээр, ачаалалыг нэгж урт дахь орон зайн хэмжээгээр тус тодорхойлно. Уян харимхайн модуль нь ачаалал дахь даралтаас хамаарна. Деформацийн аргаар тодорхойлсон гурван төрлийн уян харимхайн модуль байна. Үүнд: Юнгийн модуль (E), шилжилтийн модуль (G), багтаамжийн модуль (K) тус тус байна.

1. Юнгийн модуль (E) – ийг хэвийн ачаалал үүсгэн хэвийн даралттай үед дараах тэгшитгэлээр тооцно. Хэвийн гэдэг нь гадаргуутай перпендикуляр байна.

$$\sigma_n = E \cdot \varepsilon_n \quad (2)$$

Энд, σ_n – Хэвийн даралт, кПа (Н/м²).

E – Юнгийн модуль, кПа.

ε_n – Хэвийн ачаалал.

2. Шилжилтийн модуль (G) – ийг шилжилтийн ачаалал (ε_s) үүсгэн шилжилтийн даралттай (σ_s) үед дараах тэгшитгэлээр тооцно. Шилжилттэй үед гэдэг нь гадаргуутай тангенс өнцөг үүсгэнэ.

$$\sigma_s = G \cdot \varepsilon_s \quad (3)$$

Энд, σ_s – Шилжилтийн даралт, кПа.

ε_s – Шилжилтийн ачаалал.

3. Төвийн (bulk) модуль (K) – ийг эзэлхүүний өөрчлөлт эсвэл төвийн ачааллыг үүсгэн хэвийн дотогш чиглэсэн хүч болон даралттай үед дараах тэгшитгэлээр тооцно.

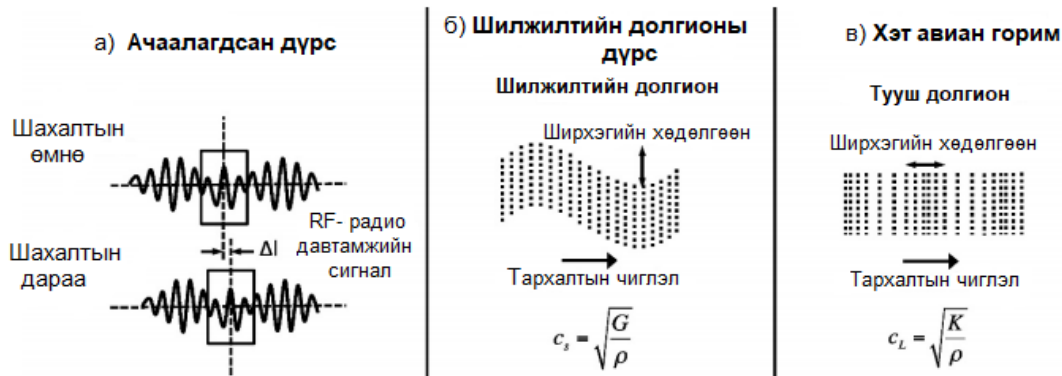
$$4. \quad \sigma_b = K \cdot \varepsilon_b \quad (4)$$

Энд, σ_b – Төвийн (bulk) даралт, кПа.

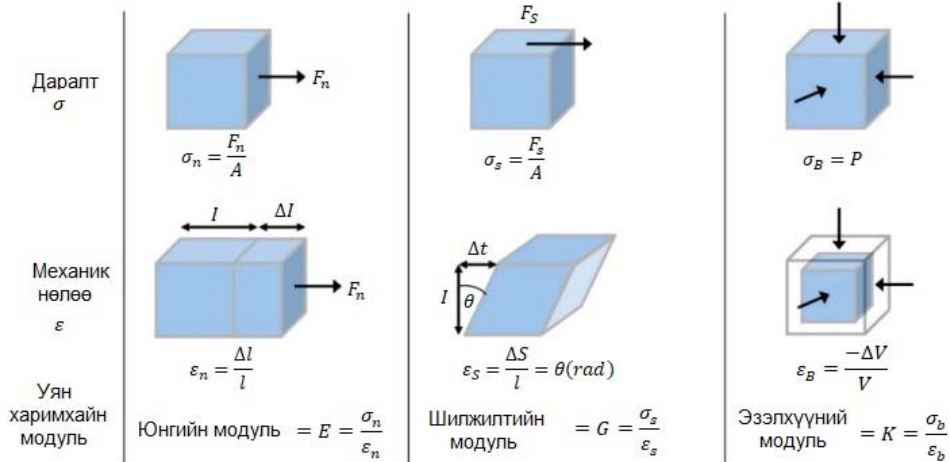
K – Төвийн (bulk) модуль.

ε_b – Төвийн ачаалал.

Уян харимхай модулиуд (Γ) өндөр байх нь деформацийг эсэргүүцэх материал их байх хандлагатай ба энэ нь хөшүүн чанарыг нэмэгдүүлэх боломжтой гэж тооцогддог.



Зураг 3. Транзиент эластографийн физик зарчим ба деформацийн загвар



Зураг 4. Хэт авиан эластографийн хэмжилтийн аргууд

Ачаалагдсан дүрсийн хэвийн ачаалалыг (2) томъёонд тайлбарласаны дагуу Юнгийн модуль (E) –г тооцоолж, хэвийн даралтыг хэрэглэсний дараа хэмжинэ. Статик деформацийг дүрсэлсэн дээрх тэгшитгэлүүдээс гадна уян харимхайн модуль (Г) долгионы тархалтын хурдыг тодорхойлдог:

$$c = \sqrt{\frac{\Gamma}{\rho}} \quad (5)$$

энд, ρ - материалын нягт, $\text{кг}/\text{м}^3$, c - долгионы хурд, $\text{м}/\text{с}$.

Уян харимхай материалуудын статик деформацийг даралт (σ -нэгж талбайд үйлчлэх хүч), ачаалал (ϵ -нэгж уртад үйлчлэх тэлэлт) ба уян харимхайн модуль (Г) тодорхойлно. Энэ нь хэт авиа эластографид хэрэглэгддэг хэвийн (гадаргуутай перпендикуляр, эхний багана), шилжилттэй (гадаргуутай тангенс, хоёрдугаар багана), балк (хэвийн дотогшоо даралттай, гурав дахь багана) хүчийг хэрэглэнэ.

а) Ачаалагдсан дүрс – Эд эсийн шилжилтийг шахалтын өмнө ба дараагийн төлөвт хайлтын цонхнуудын хоорондох RF хэт авиан сигналын корреляцаар хэмждэг.

б) Шилжилтийн долгионы дүрс – Бөөмийн хөдөлгөөн долгионы тархалтын чиглэлтэй перпендикуляр бөгөөд шилжилтийн долгионы хурд нь шилжилтийн модуль G- ээс хамаарна.

с) Бөөмийн хөдөлгөөн нь долгионы тархалтын чиглэлтэй параллель, тууш долгионы хурд (C_L) төвийн модулиас хамаарна.

III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Бид ретроспектив агшингийн судалгааны загвараар 2018 оны 10 дугаар сараас 2019 оны 01 дүгээр сарын хооронд NB эмнэлгээр үйлчлүүлсэн элэгний архаг эмгэгтэй өвчтөнүүдийн лабораторийн болон транзиент эластографийн төхөөрөмжийн хариуг ашиглан судалгаагаа явуулсан. Транзиент эластографийн шинжилгээ нь Хаппи Веритас төвийн Fibroscan®502 маркийн төхөөрөмжөөр хийгдсэн.

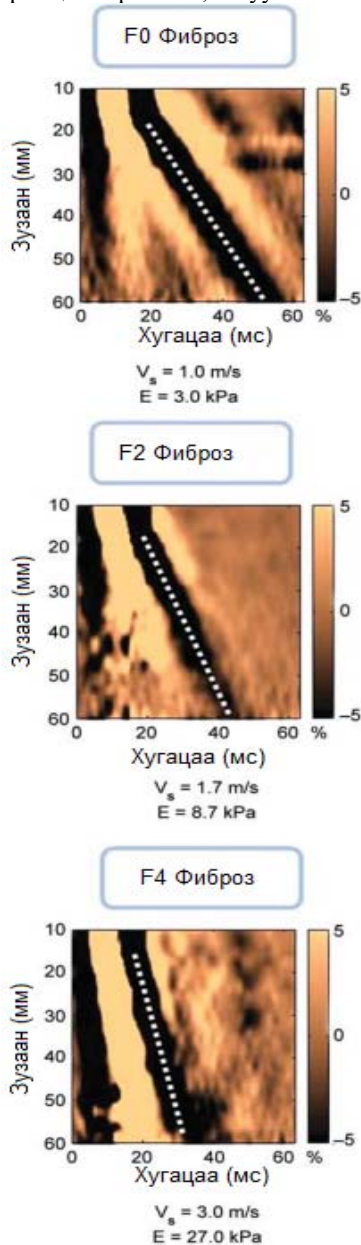
Элэгний сорвижилтийн (фиброз) тоон нарийвчлалыг тодорхойлохын тулд METAVIR үнэлгээний системийн дагуу шилжилтийн долгион тархах хурдаар тооцолно. Тоон нарийвчлалын үнэлгээг уян харимхай модуль (E) илэрхийлнэ.

$$E = 3\rho V^2 \quad (6)$$

энд: ρ – эрхтэний нягт (тогтмол), $\text{кг}/\text{м}^3$. V – долгион тархах хурд, $\text{м}/\text{с}$.

Долгион тархах шилжилт нь хурдан байх тохиолдолд сорвижилт (фиброз) байхгүй, хурд 1 $\text{м}/\text{с}$, уян харимхайн модуль 3.0 кПа, F0 сорвижилтийн түвшинд хамаарна. Мөн долгионы хурд 3.0 $\text{м}/\text{с}$, уян харимхайн модуль 27.0 кПа тохиолдолд F4 түвшний элэгний хатуурлын зэрэгтэй байна (зураг 5). Элэгний хатуурал ба сорвижилтийн (фиброз) үнэлгээг тодорхойлох стандарт үзүүлэлтийг ашиглан судалгаанд оролцогчдын шинжилгээний өгөгдлийг METAVIR үнэлгээний системээр ангилан хүснэгт 3-г харуулав.

- (METAVIR \geq F1) мэдрэг чанар 88%, өвөрмөц чанар 77.8%, хатуулаг 4.95 кПа.
- (METAVIR \geq F2) мэдрэг чанар 92.9%, өвөрмөц чанар 65.7%, хатуулаг 6.25 кПа.
- (METAVIR \geq F3) мэдрэг чанар 95%, өвөрмөц чанар 89.2%, хатуулаг 10.1 кПа.
- (METAVIR \geq F4) мэдрэг чанар 91.7%, өвөрмөц чанар 98.3%, хатуулаг 17.15кПа.



Зураг 5. Элэгний хатуурлын түвшинг тоон утгаар (кПа) илэрхийлсэн байдал

Эрүүл мэндийн хөгжлийн төвийн эм, эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн албаны 2018 оны эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн бүртгэлийн судалгааг ашиглан монгол улсад ашиглагддаг транзиент эластографийн (фиброскан) төхөөрөмжийг судласан. Статистик боловсруулалт ба өгөгдлийн шинжилгээг EVIEWES 10 программ ашиглан загварчилав.

Судалгаанд 31-70 (47.7 ± 8.9) насны эрэгтэй 11 (64.7%), эмэгтэй 6 (35.3%) нийт 17 хүмүүсийн мэдээллийг ашигласан. Эдгээрээс элэгний гепатит В вирус 10 (59%), В болон Дельта вирусын хавсарсан

халдвартай 7 (41%) хүн байсан. Бүх хүмүүсийн элэгний үйл ажиллагааны шинжилгээ (ALT, AST) хэвийн үзүүлэлтээс ихэссэн байсан. Эмнэлзүйн лабораторийн шинжилгээний хариуг хүснэгт 2-г үзүүлэв.

Хүснэгт 2

Судалгаанд хамрагдсан хүмүүсийн лабораторийн шинжилгээний үзүүлэлтүүд

Ферментүүд	Хариу (дундаж)	Стандарт хазайлт
АСАТ (U/mLg)	46.34	38.4
АЛАТ (U/mL)	67.7	34.6
Альбумин (гм/дл)	4.7	0.3
Цусны бүлэгнэлт-INR	1.09	0.2
Альфа фетапротейн (нг/дл)	7.1	10.5
Ялтас эс Platelet count (эс/мл)	219×10^5	62×10^5

Хүснэгт 3

METAVIR үнэлгээний систем ашиглан судалгаанд оролцогчдын шинжилгээний үр дүнгийн статистик загвар

Үе шаг	Өвчтөний тоо	Элэгний хатуурлын хэмжилт (кПа) дундаж	Стандарт хазайлт	Элэгний Өөхжилт (дб/м)	Стандарт хазайлт
F1	4	5.85	0.227	200.75	6.7
F2	2	6.5	1.000	220.5	0.7
F3	7	12.3	3.796	219	27.09
F4	4	28.45	35.75	245.5	30.38

Транзиент эластографийн шинжилгээнд 17 хүнээс 4 нь элэгний хатуурал F4, элэгний сорвижилт (фиброз) 13 (F1-4, F2-2, F3-7) оношлогдсон. Элэгний өөхжилт 13- дунд, 2-хөнгөн, 2-хүнд зэргийн өөрчлөлтийг үнэлсэн.

Олон улсын эрдэмтдийн судалгаатай жишиж үзэхэд Европын болон АНУ-д транзиент эластографийн төхөөрөмжийн хүн амд ноогдох хэмжээ хүртээмжтэй байна. 2017 оны байдлаар дэлхий даяар 80 гаруй улс орон ашиглаж байгаагаас АНУ болон Европын орнуудад транзиент эластографийн төхөөрөмжөөр элэгний архаг өвчлөлийн 700 сая гаруй тохиолдол бүртгэгдсэн байна [15].

Монгол улсын хэмжээнд транзиент эластографийн төхөөрөмж нь цөөн тооны хувийн хэвшлийн эмнэлгүүдэд ашиглагдаж байгаа нь улсын эмнэлгүүдийн энэхүү төрлийн оношлогоонд хэрэглэхэд хүртээмж муу байна. Улсын эмнэлгүүдэд инвазив бус аргаар ашиглагдах орчин үеийн дэвшилтэт оношлогооны тоног төхөөрөмжийг хүртээмжтэй болгосноор элэгний архаг өвчнөөс урьдчилан сэргийлэх, эрт илрүүлж эмчлүүлэх боломжийг олгоно.

ДҮГНЭЛТ

Транзиент эластографийн төхөөрөмж нь элэгний архаг эмгэгийн (элэгний фиброз, элэгний хатуурал) оношлогоонд өндөр ач холбогдолтой байна. Манай орны хүн амын дунд элэгний голомтот өөрчлөлтийн эмгэг тархалт өндөр байгаа нь уг өвчний эрт үед илрүүлэх (screening) шинэ техник, технологийн нэвтрүүлэх шаардлагатай байна. Улмаар дэлхий

нийтэд хүлээн зөвшөөрөгдсөн, орчин үеийн оношлогооны техник, технологийг нэвтрүүлж, нутагшуулах тус төхөөрөмжийн засвар үйлчилгээ, хяналт, тохиргоог гүйцэтгэх нь эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн инженерүүдийн өмнөө тавьсан гол зорилтуудын нэг билээ.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Монгол улсын үндэсний статистикийн хороо., Монгол улсын статистикийн эмхтгэл., Улаанбаатар., 2018
2. Эрүүл мэндийн хөгжлийн төв, ЭМЯ., Эрүүл мэндийн үзүүлэлт., Улаанбаатар., 2018;8:92-93.
3. Власов В.В. Эффективность диагностических исследований. М 1988: 245.
4. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global Cancer Statistics 2018.
5. Catheline S, Thomas JL, Wu F, Fink MA. Diffraction field of a low frequency vibrator in soft tissues using transient elastography. IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control. 1999;46:1013.
6. Zheng Y, Chen S, Zhang X, Greenleaf JF. Detection of shear wave propagation in an artery using pulse echo ultrasound and Kalman filtering. In: ultrasonics symposium, vol. 1252; 2004. p. 1251–53.
7. Catheline S, Thomas JL, Wu F, Fink MA. Diffraction field of a low frequency vibrator in soft tissues using transient
8. Elastography. IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control. 1999;46:1013.
9. Gennisson JL, Deffieux T, Fink M, Tanter M. Ultrasound elastography: principles and techniques. Diagnostic and interventional imaging. 2013; 94:487-95.
10. Shiina T, Nightingale KR, Palmeri ML, Hall TJ, Bamber JC, Barr RG, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology. Ultrasound in medicine & biology. 2015; 41: 1126-47.
11. Catheline S, Fink M. A solution to diffraction biases in sonoelasticity: the acoustic impulse technique. J Acoust Soc Am. 1999;105:294.
12. Jung KS, Kim SU. Clinical applications of transient elastography. Clin Mol Hepatol 2012;18:163–73.
13. Meng F, Zheng Y, Zhang Q, Mu Z, Xu X, Zhang H, et al. Noninvasive evaluation of liver fibrosis using real-time tissue elastography and transient elastography (FibroScan). J Ultrasound Med 2015;34:403–10.
14. Catheline S, Fink M. A solution to diffraction biases in sonoelasticity: the acoustic impulse technique. J Acoust Soc Am. 1999;105:2941.
15. Castera L, Forns X, Alberti A. Non-invasive evaluation of liver fibrosis using transient elastography. J Hepatol. 2008;48:835–847. doi: 10.1016/j.jhep.2017.02.008.

ТӨРИЙН САНГААС САНХҮҮЖДЭГ УЛААНБААТАР ХОТЫН БАЙГУУЛЛАГУУДЫН ДУЛААНЫ ХЭРЭГЛЭЭ, ТООЛУУРЖУУЛАЛТЫН СУДАЛГАА

А.Болормаа*, Д.Үлэмж*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Судалгаанд Улаанбаатар хотын төвлөрсөн дулаан хангамжийн системд барилга объект нь холбогдон дулааны эрчим хүчээр хангагддаг улс болон нийслэлийн төсвөөс санхүүждэг нийт 252 байгууллагын тоолууржуулалтын түвшинг дүүрэг тус бүрээр гарган, цаашид тоолууржуулах шаардлагатай хэрэглэгчдийн тоо, тоолууржуулахад шаардагдах хөрөнгийн хэмжээ, тоолууржуулснаар гарах эдийн засгийн хэмнэлт, ач холбогдол зэргийг тодорхойлов.

Судалгаанд хамрагдсан төсөвт байгууллагын 40 буюу 15,8 % нь дулааны тоолуургүй, задгай буюу хэмжүүргүй эх үүсвэрийн тарифаар тооцоход 37.3 сая төгрөг зарцуулсан байна. Дулааны тоолуур, хэмжүүр суурилуулалтын үйлчилгээ эрхэлдэг байгууллагуудаас авсан дулааны тоолуурын үнэ, суурилуулалтын үйлчилгээний хөлс зэрэг судалгаанд тулгуурлан эдгээр 40 байгууллагыг тоолууржуулахад ойролцоогоор 152,6сая төгрөг шаардлагатай гэсэн тооцоо гарч байна.

Түлхүүр үг. Төсвийн байгууллага, тоолуур, эрчим хүчний зардал.

I. ОРШИЛ

Монгол Улсын Засгийн газрын 2017 оны 274 дүгээр тогтоолоор баталсан “Эрчим хүч хэмнэх үндэсний хөтөлбөр”-ийн 3.1.8, 3.1.9, 3.1.13-т заасан

зорилтуудыг хэрэгжүүлэх, төсвөөс санхүүждэг байгууллагуудын дулааны эрчим хүчний зардлыг бууруулах, эрчим хүчний үр ашгийг дээшлүүлэх боломжийг тодорхойлохыг зорьсон.

Дэлхийн дулаарал, эрчим хүчний үндсэн эх үүсвэрийн хомсдол, агаарын бохирдол, хүлэмжийн хий гээд дэлхий нийтийн өмнө тулгамдаад байгаа амин чухал асуудлуудыг шийдэх алхамуудын нэг бол яахын аргагүй эрчим хүчний зүй зохистой хэрэглээ ба түүний үр ашиггүй зарцуулалт, алдагдлыг бууруулах эрчим хүчний хэмнэлтийн технологийг нэвтрүүлэхэд чиглэж байна.

Хэрэглэгчдийг эрчим хүчийг хэмнэлттэй хэрэглэх хэрэглэнд хэвшүүлэх эдийн засгийн хөшүүрэг бол автомат тохируулгын хэрэгслээр тоноглох, тоолууржуулах асуудал юм.

Хамрах хүрээ: “Улаанбаатар дулааны сүлжээ” ХК-тай дулааны эрчим хүч худалдах, худалдан авах гэрээ байгуулж дулааны эрчим хүчээр хангагддаг төсөвт байгууллагууд хамрагдсан.

Судалгааг дараах үе шаттайгаар хийж гүйцэтгэсэн. Үүнд:

- Төрийн сангаас санхүүждэг байгууллагуудын дулааны тоолуурын түвшин;
- Тоолуургүй хэрэглэгчдийг тоолууржуулахад шаардагдах хөрөнгийн хэмжээг гаргах;

• Тоолууржуулснаар гарах санхүүгийн хэмнэлтийн судалгаа хийн, дүгнэлт боловсруулах;

II. УЛААНБААТАР ХОТЫН ТӨРИЙН САНГААС САНХҮҮЖҮҮЛДЭГ БАЙГУУЛЛАГУУДЫН ДУЛААНЫ ТООЛУУРЖУУЛАЛТЫН ТҮВШИН

Үндэсний статистикийн хорооны мэдээллээр нийслэлийн хэмжээнд төсөв нь санхүүждэг нийт 252 байгууллага бүртгэгдсэн байна.

Үүнээс дээрх төсвийн байгууллагуудыг хэмжүүртэй болон хэмжүүргүй эх үүсвэрээр ангилж хүснэгт 1-д харуулав.

Хүснэгт 1

Хэмжүүртэй эх үүсвэр

ҮААН (м3)	Талбай (м2)	Технологийн халуун ус (Гкал)	Салхивч (Гкал)	2018 онд төлсөн ДЭХ-ний төлбөр (төгрөг)
5'202'090	51'356.09	22'369.13	8'400.02	7'915'126'719

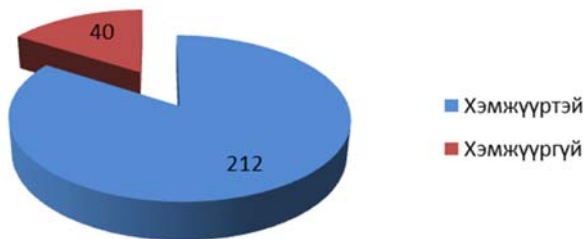
Судалгаанд хамрагдсан нийт 252 байгууллагын 40 буюу 15,8% нь тоолуургүй, 212 нь буюу 84,2% нь тоолууртай байна.

Хүснэгт 2

Хэмжүүргүй эх үүсвэр

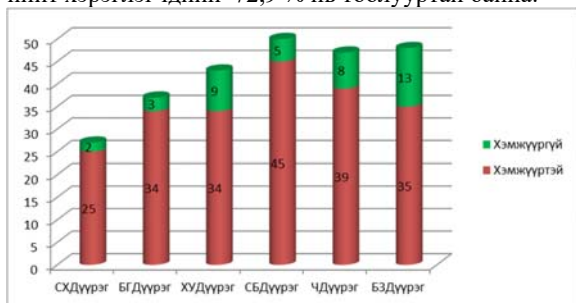
ҮААН (м3)	Талбай (м2)	Технологийн халуун ус (Гкал)	Салхивч (Гкал)	2018 онд төлсөн ДЭХ-ний төлбөр (төгрөг)
63'813.83	951.73	409.47	0	37'306'863

Тоолууржуулалтын түвшин



Зураг 1. Тоолууржуулалтын түвшин

Доорх графикт тоолууржуулалтын байдлыг нийслэлийн дүүрэг тус бүрээр ялган харууллаа. СБД-т тоолууржуулалт хамгийн өндөр 90 хувьтай бол БЗД-т нийт хэрэглэгчдийн 72,9% нь тоолууртай байна.



Зураг 2. УБ хотын дүүрэгүүдийн хэмжүүртэй болон хэмжүүргүй хэрэглэгчдийн судалгаа

Дээрх судалгаанаас үзэхэд БЗДүүрэг бусад дүүргүүдийг бодвол харьцангуй их буюу 13% нь тоолуургүй хэрэглэгчид дулаанаар хангагдаж байна.

Цаашлаад задгай болон тоолууртай хэрэглэгчийн дулааны эрчим хүчний зардлын харьцуулалт хийж үзвэл:

Хүснэгт 3

Хэмжүүртэй Хэмжүүргүй хэрэглэгчийн харьцуулалт

Хэрэглэгчийн нэр	Байршил	Эзэлхүүн/м³	2018 оны халаалтын халаалтын хэмжээ/сая.төг/	Хэмнэлт /сая.төг/	Төлбөрийн төрөл
ХӨСҮТ	БЗД	145374м3, 1370Гкал /хху/,	282.3	457.45	Тоолуур-аар
		1021,68Гкал /салх/	739.75		Заддгай-аар

Уг хэрэглэгч дулааны тоолуур суурилуулснаар халаалтын улиралд дулааны эрчим хүчний зардалтайгаар төлж байсан төлбөрөөс 457.45 сая төгрөг буюу 2.62 дахин хэмнэсэн байна.

Хүснэгт 4

2018 оны халаалтын улирал дахь зардлын тооцоо /задгайгаар тооцоход

Дулааны ачаалал	Нэгж	Гэрээнд тусгагдсан эх үүсвэр	Тариф /төгрөг/	Халаалтын улирлын хугацаа /сар/	2018 оны халаалтын улирал дахь зардал /төгрөг/
Халаалт	м3	145374	429	7	480,213,934
Хэрэглээний халуун ус	Гкал/сар	1370	14093	7	148,667,057
Салхиуулга	Гкал/сар	1021.7	14093	7	110,868,729
Нийт зардал					739,749,720

Хүснэгт 5

2018 оны халаалтын улирал дахь зардлын тооцоо /тоолуураар тооцоход/

2018 оны халаалтын улиралд хэрэглэсэн ДЭХ /гкал/	Нэгж	Тариф /төгрөг/	Халаалтын улирлын хугацаа /сар/	2018 оны халаалтын улирал дахь зардал /төгрөг/
8827.44	Гкал/төг	27692	7	282,339,136

III. Тоолууржуулахад шаардагдах хөрөнгө, тоолуурын хэмжээ гаргах

Дэлхий нийт эрчим хүч, усны хэрэглээний ихэнх хувийг хязгаарлагдмал эх үүсвэрээс хангадаг нь айл гэр, аж ахуйн нэгж, байгууллагуудыг зохистой, хэмнэлттэй хэрэглэх зүй ёсны шаардлага болж хэмнэх асуудлыг хэрэгжүүлэхийн тулд хангагч болон хэрэглэгч нь бүх төрлийн тоолуурыг эх үүсвэр, түгээх сүлжээ болон эцсийн хэрэглэгч, айл өрхүүд дээр суурилуулах, хэрэглээгээ бодитоор тодорхойлох асуудал хөндөгдөж байна.

Хэрэглээг тоолуураар тооцсоноор хэрэглэгчдэд хэрэглэсэн хэрэглээндээ тааруулан төлбөрөө төлдөг болох, эрчим хүчээ хэмнэх, зөв зохистой хэрэглэх сэдлийг төрүүлэх, барилга объектын дулаан алдагдлыг бууруулах арга хэмжээ төлөвлөж хэрэгжүүлэх, эрчим хүчний хэмнэлттэй тоног төхөөрөмж нэвтрүүлэх, байгуулагын дулааны эрчим хүчний зардлаа хянах, бууруулах бодит боломж бүрдэх юм.

Дулааны тоолуур, хэмжүүр суурилуулалтын үйлчилгээ эрхэлдэг байгууллагуудаас авсан тоолуурын үнэ, суурилуулах ажлын үнийн судалгаанд тулгуурлан дээр дурдсан тоолуургүй 40 объектыг тоолууржуулахад ойролцоогоор 152,6 сая төгрөг шаардлагатай гэсэн тооцоо гарч байна.

Зах зээл дээр дулааны тоолуур худалдан борлуулах үйлчилгээ эрхлэгчдээс авсан судалгаануудыг нэгтгэн тоолуурын үнэ, угсралтын үйлчилгээний хөлс зэргийг хүснэгт 4-д үзүүлэв.

Хүснэгт 6

Дулааны тоолуурын үнийн судалгаа

Диаметр /мм/	Тоолуурын үнэ /төгрөг/	Угсралтын үнэ /төгрөг/	Нийт үнэ /төгрөг/
20	2,002,000	385,000	2,387,000
25	2'575'000	385,000	2,960,000
40	3,355,000	462,000	3,817,000
50	3,580,000	506,000	4,086,000
65	3,960,000	528,000	4,488,000
80	4,800,000	572,000	5,372,000
100	5,300,000	605,000	5,905,000
150	11,395,000	660,000	12,055,000

IV. Тоолууржуулсны дараах ач холбогдол, санхүүгийн хэмнэлтийн судалгаа

Тоолуургүй хэрэглэгчийг тоолууржуулснаар дараах үр дүн гарна. Үүнд:

- Хэрэглэгч хэрэглэснээрээ дулааны төлбөр тооцоог хийх
- Хэмнэлт хийх, зардлаа бууруулах боломж бүрдэх
- Төсвийн зардал бодитоор төлөвлөх
- Дулааны хэрэглээний хувийн зарцуулалтыг нормт хэмжээнд хүргэхэд чиглэсэн арга хэмжээг хэрэгжүүлэх, үр дүнг тооцох
- Хангагч байгууллага зуух, тоног төхөөрөмжийн үр ашгаа сайжруулах, санхүүгийн сахилга бат бүхий үр ашигт тулгуурласан үйл ажиллагаа явуулах шаардлага бий болох
- Барилга байгууламжийг дулаалах, сайжруулах нөхцөл бий болох

Олон жилийн настай дулаалаагүй, нэгж талбайд зарцуулагдах дулааны хувийн зарцуулалтын нормт утгаас өндөр хэрэглээтэй барилга байгууламж, хэрэглэгчдийг тоолууржуулснаар төсвийн зардал бодитоор шууд буурахгүй ч дулааны хэрэглээг

бодитоор тооцох, гадна агаарын температурын зөрүүнээс хамаарч хавар, намрын улиралд дулааны зардлаа бууруулах, цаашлаад гадна хаших хийцийг дулаалах, хаалга, цонхыг солих арга хэмжээ авснаар эрчим хүчний бодит хэмнэлт бий болох нөхцөл бүрдэх юм.

Жишээ болгон Нийслэлийн 41-р дунд сургуулийн барилгад тооцоо судалгаа хийсэн үр дүнг хүснэгт 7-д харуулав.

Хүснэгт 7

41-р сургуулийн барилгад хийсэн тооцоо, судалгаа

Хэмнэлтийн арга хэмжээ	Жилийн бодит эрчим хүчний хэрэгцээ /квт*ц/жил/	Эрчим хүчний хэмнэлт /%/	Дулааны төлбөр /төгрөг/	Хэмнэж болох зардал /төгрөг/
Одоогийн бодит байдал /64см тоосгон хана/	599.240,7	-	129.046.5	-
Зөвхөн ханыг EPS-р 15см дулаалахад	390.168,9	34,9%	84.022.8	45.023.6
Зөвхөн дээвэр шалыг дулаалахад	494.286,67	17,5%	106.444.6	22.604.9
Хаалга, цонх солиход	462.904,27	22,8%	99.686.4	29.360.1
Цогц арга хэмжээ авсаны дараа	152.565,41	74,5%	32.854.96	96.191.5

Ү. ДҮГНЭЛТ

Нийслэлийн хэмжээнд төсвөөс санхүүждэг байгууллагуудын 15,8%-нь тоолуургүй, задгайгаар тооцон төлбөр тооцоог хийж байна.

Иймд Нийслэл хотын төсвөөс санхүүждэг байгууллагуудын барилга, объектуудыг нэн тэргүүнд тоолууржуулах, эрчим хүчний хэмнэлтийг дэмжсэн урамшууллын тогтолцоог бий болгох, зардлын хэмнэлт, хүрсэн үр дүнгээс хамааруулан урамшууллын хэмжээ, шалгуур үзүүлэлтийг тодорхойлж эрчим хүчний хэмнэлтээс бий болгосон жилийн урсгал зардлын хэмнэлтийн тодорхой хувийг эрчим хүчний үр ашгийг дээшлүүлэх дараагийн үйл ажиллагаанд зарцуулах тогтолцоог бүрдүүлэх зэргээр төсвийн байгууллагуудад зардлаа хэмнэх сэдэл, санаачилгыг төрүүлэх, төсөвт үзүүлэх дарамтыг багасгах, улмаар улс орны эдийн засгийн тогтвортой хөгжлийн бодлогын хэрэгжилтийг зохих түвшинд хангах шаардлагатай байна.

VI. Ашигласан материал

1. Эрчим хүч хэмнэх үндэсний хөтөлбөр - 2018-2022 он.
2. <http://ubds.energy.mn> УБДСүлжээ ХК.
3. Б.Намхайням. “Дулаан хангамжийн систем”. УБ, 2015 он.
4. Инженерийн лавлах (боть – I), (Хүрээлэн буй орчны салбар), УБ 2014 он, 595х (106-107х).
5. <http://erc.gov.mn/erchim-huchnii-une-tarif> /Эрчим хүчний зохицуулах хороо үнэ тарифийн тухай/
6. <https://www.masm.gov.mn/mn/images/7Таны%20хэрэгцээнд/Мэдээлэл%20арга%20зүй/Dulaaani%20tooluur.pdf> /Стандарт хэмжил зүйн газар/

УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ГАЗАРДУУЛАХ БАЙГУУЛАМЖИЙН УЛИРЛЫН КОЭФФИЦИЕНТ ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГАА

Б.Нацагдорж*, Я.Содбаяр**, Ц.Эрдэнэтуяа**

*УБЦТС ТӨХК-ийн РХТТА-ны ХТ-ын инженер

**Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Газардуулах байгууламжийн газардуулгын эсэргүүцлийн утгуудыг тооцоолохдоо жилийн сар, улирлын нөлөөлөл, газрын хөрсний хөлдөлт, гэсэлтийг зайлшгүй тогтоох шаардлагатай. Жилийн дөрвөн улирлын туршид цаг агаарын нөхцөл, хөрсний температур, хөрсний чийглэг, хөрсөнд агуулагдах давс, хүчлийн хэмжээ байнга өөрчлөгдөх тул хөрсний хувийн эсэргүүцлийн утгууд нь мөн өөрчлөгдөнө.

Түлхүүр үг. Улирлын коэффициент, хөрсний хувийн эсэргүүцэл, хөрсний температур, хөлдөлт, гэсэлтийн гүн, олон жилийн цэвдэг.

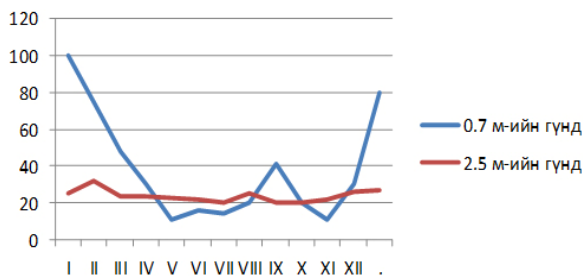
Товч танилцуулга: “УБЦТС” ТӨХК нь Улаанбаатар хотын 9 дүүрэг, Төв аймгийн 16 сумын нутаг дэвсгэрт байрлах 19 мянга гаруй аж ахуйн нэгж, 132 мянга орчим айл өрх, 193 мянга гаруй орон сууцны цахилгаан хэрэглээг хангаж ажилладаг.

Хөрсний эсэргүүцлийн улирлын коэффициент, цаг уурын мужлал

Жилийн дөрвөн улирлын туршид хөрсний хувийн эсэргүүцэл харьцангуйгаар хэрхэн өөрчлөгдөхийг зураг 1-д дундажлан харуулав.

Өвлийн 1-р сард хөрсний 0.7 м-ийн гүнд харгалзах эсэргүүцлийг 100% гэж авсан байна.

Хавар, намрын улирлуудад цас хайлах, хур тунадас ихэссэний улмаас хөрсний чийгшил нэмэгдэж хувийн эсэргүүцэл нь буурч байна. Өвлийн улиралд хөрс хөлдсөний улмаас, зуны улиралд нар шарж хөрсний дээд хэсэгт хуурайшилт үүссэнээс хөрсний эсэргүүцлүүд ихэссэн байна. Энэ өөрчлөлт нь ялангуяа хөрсний хөлдөлт, хуурайшилт эрчимтэй явагддаг хөрсний дээд хэсэг 0.7 м-ийн гүнд хүчтэй ажиглагдаж байгааг зураг 1-ээс харж болно.



Зураг 1. Хөрсний хувийн эсэргүүцэл, жилийн сар, улирлаас хамаарах байдал

Харин хөрсний 2.5 м ба түүнээс доош гүнд жилийн туршид эсэргүүцлийн өөрчлөлт маш бага байгаа нь газардуулагч электродуудыг энэ хэмжээний гүнд суулгах шаардлагатай болохыг харуулж байна. Хөрсний хөлдөлтийн гүнээс доош түвшинд суулгасан электродууд нь газардуулах байгууламжийн

эсэргүүцлийг тогтвортой байлгахад чухал үүрэг гүйцэтгэнэ.

Хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь жилийн туршид байнга өөрчлөгдөх учраас газардуулах байгууламжийн төсөл тооцоог хийхдээ эсэргүүцлийн хамгийн их утгыг авч тооцох шаардлагатай.

Тооцооны үр дүнг зөв зүйтэй болгохын тулд хөрсний хувийн эсэргүүцлийг хэмжилт хийж тодорхойлно. Хэмжилтийг өвлийн улиралд хийх боломж муутай тул ихэвчлэн хавар (5-р сар), намар (10-р сар)-ын саруудад хэмжилтийг явуулна. Хөрсний эсэргүүцлийн хэмжилтийн утгуудыг тооцооны утгуудад шилжүүлэхдээ түүний улирлын коэффициентээр үржүүлж доор заасан байдлаар тооцно.

$$\rho_{\text{Тооц}} = \rho_{\text{Хэмж}} \cdot \psi$$

энд: $\rho_{\text{Тооц}}$ – Хувийн эсэргүүцлийн өвлийн улиралд харгалзах тооцооны утга, Ом*м; $\rho_{\text{Хэмж}}$ – Хэмжилтийн утга, Ом*м; ψ – Хөрсний эсэргүүцлийн улирлын коэффициент;

Хөрсний эсэргүүцлийн улирлын коэффициент нь өвлийн улиралд хөрсний эсэргүүцэл хавар, намрын улирлын эсэргүүцлээс хэд дахин ихсэхийг харуулах тооцооны үзүүлэлт юм. Улирлын коэффициент ψ нь хөрсний температур, хөлдөлтийн гүн, байгаль цаг уурын нөхцөл зэргээс ихээхэн хамаарах тул тухайн газар нутгийн хөрсний хувийн эсэргүүцлийн хэлбэлзлэлээс ихээхэн хамаарна.

Олон үет хөрсөнд байрлуулсан электродуудын улирлын коэффициентийн утгуудыг хэмжилт хийсэн болон хийхийн өмнөх өдрүүдэд хэвийн хэмжээнээс их бороо хур орсон бол чийглэг ихтэй, удаан хугацаанд хэвийн хэмжээнээс илүү хуурай байсан бол чийгшил багатай үе гэж тооцно.

Монгол улсын хэмжээнд, түүний дотор хүн ам, үйлдвэр үйлчилгээ хамгийн ихтэй Улаанбаатар хотын хувьд хөрсний цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжээ болон газардуулах байгууламжийн эсэргүүцэл жилийн, сар, өдрөөр хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг системтэй хэмжиж судалсан материал огт байхгүй байдаг.

Энэхүү хэмжилт судалгааны ажлын зорилго нь Улаанбаатар хотын хэмжээнд хөрсний эсэргүүцлийн мужлалын карт гаргах мөн газардуулах байгууламжийн эсэргүүцлийн улирлын коэффициентийг сар бүрийн хэмжилт туршилтаар тооцоолж гаргах явдал байв.

ОХУ-ын инженерийн тооцооны баримт бичигт бүс нутгийг хөрсний цахилгаан шинж чанараас нь хамааруулан (I, II, III, IV) гэсэн 4 мужлалд хуваадаг байна. Улирлын коэффициентийг тодорхойлох ОХУ-ын цаг уурын мужлалуудын үндсэн үзүүлэлтүүдийг хүснэгт 1-д харуулав.

ОХУ-ын дүрэм заавруудад зааснаар нэгэн төрлийн хөрсөнд суулгасан босоо ба хэвтээ электродуудын

улирлын коэффициентийн утгуудыг хүснэгт 2-д хөрсний чийглэгийн түвшингээс нь хамааруулан үзүүлэв.

Мөн олон үет хөрсөнд байрлуулсан электродуудын улирлын коэффициентийн утгуудыг хүснэгт 3-д дэлгэрүүлэн харуулсан болно.

Хүснэгт 1

Хөрсний эсэргүүцлийн улирлын хэлбэлзлэлээр бүс нутгийг ангилах үндсэн үзүүлэлтүүд

Цаг уурын үзүүлэлтүүд	Цаг уурын мужлал			
	I	II	III	IV
1-р сарын дундаж температур, °C	-20 ÷ -15	-14 ÷ -10	-10 ÷ 0	0 ÷ +5
7-р сарын дундаж температур, °C	+16 ÷ +18	+18 ÷ +22	+22 ÷ +24	+24 ÷ +26
Жилийн дундаж тундасны хэмжээ, см	~ 40	~ 50	~ 50	30 - 50
Гол, горхины хөлдүү байх хугацаа, (өдөр/жилд)	190 - 170	~ 150	~ 100	0

Хүснэгт 2

Нэгэн төрлийн хөрсний улирлын коэффициент ψ -ийн утгууд

Цаг уурын мужлал	Хэмжилтийн үеийн хөрсний чийглэг		
	Их	Хэвийн	Бага
I	3 м урттай босоо электрод		
	1.9	1.7	1.5
	1.7	1.5	1.3
	1.5	1.3	1.2
II	5 м урттай босоо электрод		
	1.5	1.4	1.3
	1.4	1.3	1.2
	1.3	1.2	1.1
III	10 м урттай хэвтээ электрод		
	9.3	5.5	4.1
	5.9	3.5	2.6
	4.2	2.5	2.0
IV	50 м урттай хэвтээ электрод		
	7.2	4.5	3.6
	4.8	3.0	2.4
	3.2	2.0	1.6
V			
	2.2	1.4	1.12

Хүснэгт 3

Олон үет хөрсний улирлын коэффициент ψ -ийн утгууд

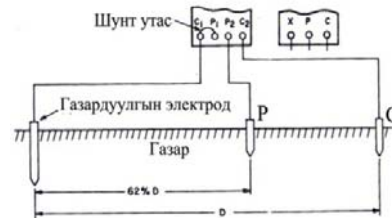
Цаг уурын мужлал	Улиралын өөрчлөлтийн гүн, м	Хэмжилтийн үеийн хөрсний чийглэг		
		их	Хэвийн	Бага
I	2.2	7.0	4.0	2.7
II	2.0	5.0	2.7	1.9
III	1.8	4.0	2.0	1.5
IV	1.6	2.5	1.4	1.1

Цахилгааны газардуулах байгууламжийн эсэргүүцлийг хэмжих үндсэн аргууд

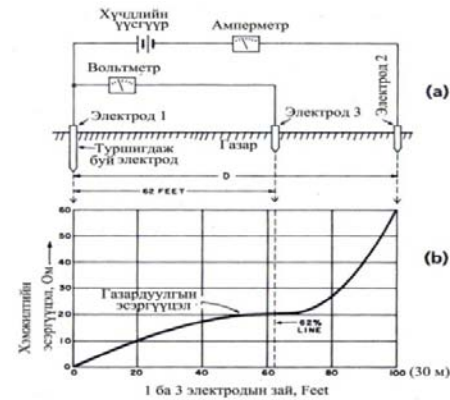
1. Потенциалийн уналтын арга буюу 3 электродтой хэмжилт.
2. Булмал газардуулгыг ашиглах арга.
3. Гүйдлийн трансформатор бүхий хавчаарын арга.

Потенциалын уналтын арга:

4 залгууртай хэмжүүрээр хэмжих үед R_1 ба C_1 үзүүрүүдийг нэгтгэн холбож, X цэгт холбоно.



Зураг 2. Потенциалийн уналтын аргын үед электродуудыг холбох байршуулах байдал



Зураг 3 Газардуулгын эсэргүүцлийг хэмжих потенциалын уналтын зарчим

Энэхүү X цэг нь хэмжиж байгаа электродын систем буюу 1-р электрод болох ба үүний дээр нэмэлтээр 2-р электрод (потенциалын электрод P гэж тэмдэглэнэ) 3-р электрод (гүйдлийн электрод C гэж тэмдэглэнэ) шаардах болно.

Потенциалийн уналтын аргаар 1-р электрод (X)-ийн газардуулгын эсэргүүцлийг хэмжих зарчмын схемийг ашиглан хүчдлийн үүсгүүрээс амперметрээр дамжуулан электрод 2 (C), электрод 1(X) хэлхээгээр гүйдэл гүйлгэнэ. Энэ үед X электродын эргэн тойронд потенциалын тархалт үүсч, энэ потенциалын хэмжээг вольтметрээр хэмжинэ. Хэмжилтийн үр дүнд ердийн Ом-ийн хуулийг ашиглан X электродын газардуулгын эсэргүүцлийг дараах илэрхийллээр

$$R_{\text{газ}} = \frac{U}{I}$$

гэж тооцоолон олно.

P электрод, C электродийг зөв байршуулах нь хэмжилтийн үр дүнд нөлөөлдөг гол үзүүлэлт болох нь графикаас харагдаж байна.

Улаанбаатар хот орчмын дэвсгэр нутаг дээрх газардуулах байгууламжийн цахилгааны эсэргүүцлийн өөрчлөлтийн улирлын коэффициентийг тогтоосон ажлын үр дүн

Эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай өвлийн хамгийн бага температур нь -49.0 °C хүрдэг, зуны хамгийн их температур нь +39.4 °C хүртэл, хур тунадас харьцангуй багатай жилд 233-271 мм-ийн тунадас унадаг, хөрсний хөлдөлтийн гүн нь 1.5 –3.5 м хэмжээнд хэлбэлздэг, салхины дундаж хурд нь 1.3 – 4.4 м/сек байх Улаанбаатар хот орчмын бүс нутгийн хувьд цахилгааны газардуулах байгууламжийн цахилгаан эсэргүүцлийн жилийн хэлбэлзлэлийн хязгаарыг тогтоож, зураг төсөл, ашиглалтын практикт ажиллах нь нэн чухал ач холбогдолтой техникийн асуудал юм.

Төрөл бүрийн газардуулах байгууламжийн найдвартай горим ажиллагаа, хүмүүсийн аюулгүй байдлыг бүрэн хангах эсэх нь газардуулах байгууламжийн цахилгаан үзүүлэлт, тэдгээрийн параметруудийн жилийн турших хэлбэлзлэлээс ихээхэн хамаарах ба энэ төрлийн судалгаа, хэмжилт туршилтын энэхүү гэрээт эрдэм шинжилгээний ажлын хүрээнд Монгол улсад анх удаа хийгдсэн.

Улаанбаатар хотын хөрс нь зун, хавар, намрын улиралд үндсэндээ нэгэн төрлийн бүтэцтэй байх ба харин өвлийн улирал, ялангуяа 1 ба 2-р саруудад хөрсний дээд хэсэг дундажаар 1.5–3.5 м-ийн гүнд хөлдөх тул дээд хэсгийн хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь өвөлдөө $\rho=5000$ Ом.м-ээс дээш болтлоо ихсэж үндсэндээ хөрсний хөлдүү дээд хэсэг нь бараг тусгаарлах шинж чанартай болж байна.

Иймд Улаанбаатар хотын хувьд өвлийн улиралд газардуулах байгууламжуудын хөрсний зөвхөн 2 м-ээс доош байрласан хэсгүүдээр гүйдэл гүйж, эргэн тойронд нь потенциалын тархалт үүсч, газардуулгын системийн цахилгаан хэлхээ битүүрэх боломжтой юм.

Улаанбаатар хотын Амгалан, Буянт-Ухаа, Дамбадаржаа, МУИС, Морин, Тахилт, Улаанхуаран, Хүрэл тогоот гэсэн 8 цэгт байрлах ус цаг уурын станцуудын мэдээллээс газардуулгын үзүүлэлтэд нөлөөлөх үндсэн хүчин зүйлүүдийг харьцуулан тооцож, эдгээр хэсэг мужлал бүрээр цахилгааны газардуулах байгууламжийн улирлын коэффициентуудыг харьцуулан бодож гаргав.

Улирлын коэффициентууд нь газардуулгын байгууламжийн дээд хөлдөлтийн хэсэг 0.8 – 1.0 м-ийн гүнд байрлах хэвтээ электродуудад харьцангуй өндөр байх ба харин хөлдөлтийн гүнээс доош 3 – 4 м-ийн гүнд байрлах босоо электродуудад харгалзах газардуулгын эсэргүүцлийн улирлын өөрчлөлтүүд нь харьцангуй бага байх зарчимтай тул хөрсний өнгөн хэсэгт байрласан газардуулгын хэвтээ электродууд болон хөрсний гүнд байрлуулсан босоо электродуудад улирлын коэффициентуудыг ялгавартайгаар тогтоосон болно.

Газардуулах байгууламжийн газардуулгын эсэргүүцлийн улирал сар бүрийн хэмжилтийн үр дүн, мөн хөрснөөс доош 4 метрийн гүнд байрласан туршуул электродуудын эсэргүүцлийн сар бүрийн хэмжилт судалгааг үндэслэн Улаанбаатар хотын цаг агаарын үндсэн бүсүүдэд харгалзах янз бүрийн гүнд байрласан газардуулах байгууламжуудын эсэргүүцлийн улирлын коэффициентийн тооцооны утгыг тогтоосон бөгөөд түүнийг хүснэгт 5-д үзүүлэв.

Хүснэгт 5

Улаанбаатар хотын цаг агаарын станцуудын ажиглалтын үндсэн үзүүлэлтүүд ба тэдгээр хэсгүүдэд харгалзах газардуулгын эсэргүүцлийн өөрчлөлтийн улирлын коэффициентийн тооцооны утгууд

Уур амьсгалын үндсэн үзүүлэлтүүд	Амгалан	Буянт-Ухаа	Дамбадаржаа	МУИС	Морин-Уул	Тахилт	Улаан хуаран	Хүрэл-тогоот
Агаарын жилийн дундаж температур, °C	-1.2°	-2.6°	-2.1°	-0.5°	-1.3°	-0.6°	-1.7°	-2.5°
1-р сарын дундаж	-22.2°	-25.7°	-23.1°	-21.2°	-18.3°	-21.7°	-21.7°	-18.9°
7-р сарын дундаж	+16.2°	+17.2°	+15.6°	+17.5°	+15.5°	+17.8°	+16.5°	+14.5°
Агаарын үнэмлэхүй их температур	-	+39.4°	-	+33.8°	+32.8°	+36.2°	+33.5°	+31.6°
Агаарын үнэмлэхүй бага температур	-	-49.0°	-	-36.0°	-39.2°	-39.6°	-39.0°	-36.3°
Гадна агаарын тооцооны температур, °C								
Хамгийн хүйтэн үеийн 1 хоног	-	-36.7°	-35.7°	-31.4°	-28.3°	-31.8°	-33.7°	-30.5°
Хамгийн хүйтэн үеийн 3 хоног	-	-35.3°	-34.6°	-30.3°	-27.3°	-30.5°	-32.7°	-29.3°
Хамгийн хүйтэн үеийн 5 хоног	-	-34.2°	-33.6°	-28.9°	-26.2°	-29.4°	-31.6°	-27.8°
Агаар сэлгэлтийн температур, °C	-	-29.9°	-25.8°	-25.0°	-18.1°	-21.0°	-23.0°	-21.0°
Хамгийн халуун нэг хоногийн температур, °C	-	+25.8°	+24.1°	+26.4°	+22.7°	+25.8°	+24.7°	+22.5°
Хур тунадас, мм. Жилд унах дундаж хэмжээ	-	248.8	-	271.2	233.1	269.2	245.2	413.7
Хоногт унах хамгийн их	-	74.9	-	53.8	38.2	79.7	68.6	72.5
Жил сарын салхины хурд, м/сек	-	2.3	-	1.3	4.4	2.4	-	-
Цасан бүрхүүлийн норматив ачаалал, кг/м ²	50	50	50	50	50	60	70	70
Салхины шахац, кг/м ²	50	35	35	35	50	35	35	27
Галалгааны хугацааны тооцооны үзүүлэлтүүд:								
Галлагаа эхлэх өдөр	15.IX	15.IX	11.IX	17.IX	15.IX	18.IX	15.IX	15.IX
Галлагаа дуусах өдөр	13.Y	12.Y	13.Y	8.Y	15.Y	8.Y	13.Y	17.Y
Үргэлжлэх хоног	240	239	244	233	242	232	240	244
Усны хөлдөлтийн үргэлжлэх хугацаа	210	210	210	210	210	210	210	210
Төв нь газрын гадаргаас доош 0.7-0.8 м-ийн гүнд байхаар байрлуулсан 3м-ийн урттай босоо электродуудын газардуулгын эсэргүүцлийн улирлын өөрчлөлтийн коэффициентийн утга: K ₁	1,3	1,7	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
0.8-1.0 м-ийн гүнд байрлуулсан хэвтээ электродуудын газардуулгын эсэргүүцлийн улирлын өөрчлөлтийн коэффициентийн утга: K ₂	4,1	7,0	4,1	4,5	4,2	5,5	4,5	4,8

ДҮГНЭЛТ

1. УБЦТС ТӨХК-ийн Улаанбаатар хот орчмын хөрсний хувийн эсэргүүцэл ба газардуулах байгууламжийн цахилгаан эсэргүүцлийн улирлын өөрчлөлтийг сар, улирал бүрээр, 4 төрлийн хэмжүүрийн багажаар нийт 210 цэгт тодорхойлсон нь эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай нутаг дэвсгэрт жилийн 4 улиралд хөрсөн доор явагдах цахилгааны процессийг судлах, тэдгээрийн ашиглалтын онцлог, аюулгүй ажиллагааны нөхцлийг тодорхойлоход чиглэгдсэн Монгол улсад анх удаа хийгдсэн шинэ ажил боллоо.
2. Хөрсний хувийн эсэргүүцлийг хэмжих арга аргачлалуудаас туршуул электрод (4м-ийн гүн)-ийн хэмжилтийн арга, босоо цахилгаан орныг ашиглах Вернерийн 4 электрод (ВЭЗ)-ийн аргуудыг хэмжилтэнд хослуулан ашигласан нь хэмжилтийн алдааг багасгаж, цахилгаан соронзон зохицолтой багажуудаас Улаанбаатар хотын бүс нутаг, цахилгаан соронзон нөлөөллийн орчимд зөв зүйтэй сонгож цаашид хэмжилт явуулан ашиглалтын практикт хэрэглэхэд үр дүнгээ өгөх юм.
Хөрсний эсэргүүцлийн судалгааны ажлын тооцооны үр дүнгээр үзүүлсэн Улаанбаатар хот орчмын хөрсний цахилгаан шинж чанарын төрөл ангиллууд, тэдгээрт харгалзах хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн тооцооны утгуудыг харьцуулан гаргасан нь Улаанбаатар хотод баригдах эрчим хүч, холбоо, мэдээллийн барилга байгууламжийн зураг төсөл, ашиглалтын дүрэм заавруудад ашиглах материал болж чадсан болно.
3. Дэд станцын газардуулгын сар улирлын хэмжилтийг явуулахад Япон, Орос, Хятад, АНУ-д хэрэглэгддэг багажуудаас гадны нөлөөлөл шуугианд тэсвэртэй, тогтвортой заалттай багаж нь АНУ-ын Megger (DET4TC2) маркын тоон хэмжүүр, ОХУ-д үйлдвэрлэгдэж ашиглагдаж байгаа Ф4103-М1 маркын зүүн хэмжүүрт багаж байлаа.

УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ХӨРСНИЙ ХУВИЙН ЭСЭРГҮҮЦЛИЙН МУЖЛАЛ

Т.Чүлтэмжамц*, Я.Содбаяр*, Ц.Эрдэнэтуяа*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Улаанбаатар хот нь далайн түвшнөөс дээш 1200-1500 метр өндөрт байрлах бөгөөд хамгийн нам газар нь Туул голын эрэг Сонгино орчим 1200 метр, хамгийн өндөр цэг Богд уулын Цэцээ гүн оргил далайн түвшнөөс дээш 2256,3 метр болно.

Түлхүүр үг. Хөрсний төрөл, ангилал, хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл, газардуулгын эсэргүүцэл, хөрсний эсэргүүцлийг хэмжих, улирлын өөрчлөлт хэлбэлзлэл, хөрсний нягт, чийглэг, хөрсний гэсэлт, хөлдөлт.

ОРШИЛ

Улаанбаатар хотын нутаг нь уулын ой тайга болон хээрийн бүсийн зааг дээр оршдог. Хөрсний газарзүйн мужлалтаар Улаанбаатар хот нь хөрс-био уур амьсгалын Хангайн их мужийн Хэнтийн өмнөх тойрогт багтах бөгөөд Туул голын өргөн хөндий,

4. Улаанбаатар хотын дэвсгэр нутаг дээрхи 42 дэд станцын улирал, саруудын харьцуулсан хэмжилтийн үр дүн, Улаанбаатар хотын цаг уурын ажиглалтын 8 газрын олон жилийн хэмжилтийн үр дүн, ул хөрсний хөлдөлт гэсэлтийн өдөр хоногийн тоог харгалзан тооцож харьцуулалт хийсэн.

5. Улаанбаатар хотын хэмжээнд дэд станцуудын орчимд ихээхэн хөдөлмөр зарцуулалт гаргаж газрын доор 4 м-ийн гүнд зоосон туршуул электродууд нь цаашдын судалгаанд жил бүр ашиглаж болох үл хөдлөх хяналтын цэгүүд болох болно.

Ном зүй

1. Цэрэндорж З, Эрдэнэтөгс Ц, Аянга хамгаалалт, газардуулга Үндсэн сурах бичиг. Улаанбаатар ШУТИС. 2018 он
2. Типы грунтов республики Казахстан и их удельные электрические сопротивления (карта), Алматы .2006.г. www.zandz.kz ГОСТ Р 50571-2013
3. Бээжинхүү.Т, Улаанбаатар хотын бүс нутгийн инженер-геологийн нөхцөл. Улаанбаатар. 2015 он
4. Правила устройства электро-установок. Москва. 2008г.
5. Крайкин.П.Н. “Заземляющие устройства электроустановок” Справочник. Москва. 2002г.
6. Марченко.М.Н, Вертикальное электрическое зондирование. МГУ. Москва. 2013г.
7. Tagg.G.F “Earth resistances” George Newnes Limited. London. (1964)
8. “Recommended Guide for Measuring Ground Resistance and Potential Gradients in the Earth” AIEE (IEEE) №81.
9. Curdts.E.B “Some of the Fundamental Aspects of Ground Resistance Measurement.” AIEE (IEEE) Paper №58-106 transactions, v 0177, 1958.

Хэнтийн нурууны салбар уулын энгэр хажуугаар ихэвчлэн хар хүрэн хөрс зонхилно. Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн хойд хэсгээр ойн хөрс, уулын хар шороон, ам хөндийгөөр нуга-намгархаг хөрстэй байхад урд хэсгээр уулын хар хүрэн хөрс голчлон тархана. Өндөр уулархаг газар ойн хилээс дээш хад асганы хооронд хүлэрлэг бараан, чулуурхаг хөрс тархана. Уулын ар хажуугийн ой тайгатай газраар тайгын ширэгт, тайгын цэвдэгт, ойн бараан хөрс тогтворжино. Ойн хилээс доош нугат хээрийн ургамалшилтай газраар хар шороон хөрстэй.

Энэ хөрс 40-60 см-ийн зузаан ялзмагт давхаргатай, органикийн агууламж их, карбонатгүй үржил шимийн түвшин өндөр болно.

Улаанбаатар хотын хөрсний бүтэц, гарал үүслийн хувьд:

Өндөр уулын хөрс
Ойн хөрс

Уулын хээрийн хөрс
Хээрийн хөрс
Чийгт гарлын хөрс
Давсархаг хөрс
Голын татмын хөрс

Олон жилийн цэвдэг чулуулаг хөрс гэсэн ангилалуудад хуваах бөгөөд эдгээр хөрсний цахилгаан дамжуулах шинж чанрын судалгаа одоог хүртэл монгол улсад хийгдээгүй явж ирсэн, цахилгааны газардуулах байгууламжийн тооцоо судалгааг хийхдээ ОХУ-ын норм, дүрэм журмыг барьж хийж өнөөдрийг хүрсэн байна.

Улаанбаатар хот орчмын хөрсний төрөл ангиллыг түүний цахилгаан дамжуулах шинж чанраар нь олон улсын жишгээр ангилж, тэдгээрийн төрөл бүрт харгалзах цахилгааны эсэргүүцлийг хэмжилт, туршилтаар жилийн дөрвөн улирал бүрт тодорхойлох зорилт тавин энэхүү ажлыг гүйцэтгэв.

Газардуулах байгууламжийн төрлүүд

Цахилгаан техникийн зориулалттай газардуулгын системүүдийг ерөнхийд нь дараах үндсэн төрөл, ангилалд хувааж үздэг. Үүнд:

1. Өндөр хүчдлийн цахилгаан сүлжээний саармаг цэгийн газардуулга
2. Өндөр хүчдлийн цахилгаан тоног төхөөрөмжийг хамгаалах газардуулга
3. Нам хүчдлийн түгээх сүлжээний газардуулгын системүүд

Аянга хамгаалалтын бүх төрлийн газардуулгууд зэрэг болно.

Цахилгаан шугам сүлжээний
хамгаалах газардуулга

Өндөр ба нам хүчдлийн тоног төхөөрөмжийн тусгаарлага гэмтэж нэг фазын газардлага үүсэх үед ажиллаж байгаа хүмүүсийн амь насыг хамгаалах зорилгоор хамгаалах газардуулгыг ашиглана. Тоног төхөөрөмжийн металл эх биеийг газрын гадаргуу дээр тархсан газардуулах байгууламжинд сайтар холбож өгөхийг хамгаалах газардуулга гэж ойлгоно.

Газардлага үүссэн тоног төхөөрөмжийн эх бие хүн хүрэхэд газрын гадаргуугийн потенциалыг тэгшитгэж хүрэх хүчдэл ба алхмын хүчдлийн утгын зөвшөөрөгдөх хэмжээнд хүртэл бууруулах зарчмаар хүмүүсийн амь насыг хамгаална. Энэ үеэр газардуулах байгууламжаар харьцангуй багавтар гүйдэл гүйж, газардуулгын талбай дээр потенциалын тархалт үүснэ. Хамгаалах газардуулгыг цахилгаан машин, хөдөлгүүр, тоноглолуудад заавал тавих шаардлагатай.

“УБЦТС” ТӨХК нь Улаанбаатар хотын 9 дүүрэг, Төв аймгийн 16 сумын нутаг дэвсгэрт байрлах 19 мянга гаруй аж ахуйн нэгж, 132 мянга орчим айл өрх, 193 мянга гаруй орон сууцны цахилгаан хэрэглээг хангаж ажилладаг. Цахилгаан энерги түгээх хуваарилах өндөр хүчдлийн төхөөрөмжүүдийн хувьд 35кВ-ын дэд станц 50 гаруй, 6/10кВ-ын дэд станц 4500 орчим, 6,10кВ-ын хуваарилах байгууламж 70 орчим ашиглагдаж байгаагаас гадна 6-35кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын нийт урт 2500 гаруй км, 6,10,35кВ-ын кабель шугамын нийт урт нь 10000 шахам км-т хүрсэн байна.

Хөрсний бүтэц ба түүний цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжээнд нөлөөлөх хүчин зүйлүүд

Хөрсний бүтэц, найрлага нь харилцан адилгүй байх тул түүний цахилгаан эсэргүүцэл нь өргөн хязгаарт хэлбэлзэж өөрчлөгдөнө. Хөрсний цахилгаан шинж чанарын үндсэн үзүүлэлт нь түүний хувийн эсэргүүцэл ρ (Ом·м)-ийн утга юм.

Хөрс нь цахилгаан дамжуулах чадвараар харьцангуй доогуур байх бөгөөд зэс дамжуулагчийн хувийн эсэргүүцэл нь $\rho_{зэс}=175 \cdot 10^{-10}$ Ом·м (20°C үед) байдаг бол хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь дундажаар $\rho=10^2$ Ом·м байна.

Энэ нь цахилгаан дамжууламжаар зэснээс даруй 5.7 миллиард дахин доогуур байгааг харуулж байна. Хөрс нь бүтцийн хувьд **хий, шингэн, хатуу** гэсэн үндсэн гурван хэсгээс тогтоно.

Хөрсний дотоод бүтцийг зураглалыг Зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1. Хөрсний
дотоод бүтэц

1. Хатуу хэсэг
2. Гадаргуугийн ус
3. Чөлөөт ус
4. Хийн агууламж

Хатуу хэсэг нь янз бүрийн эрдэс, уулын чулуулгуудын жижиг ширхэг, тоосонцорууд, хөрсний органик хэсгүүдээс голчлон тогтох ба ширхэгийн хэмжээ нь хөрснийхөө төрлөөс хамаарч хэдхэн микроноос хэд хэдэн миллиметр хүртэлх хязгаарт хэлбэлзэнэ.

Хөрсний шингэн хэсэгт түүний доторхи бүх төрлийн ус ба усан уусмалууд багтана. Хөрсөн дэх усыг **гадаргуугийн ус, чөлөөт ус** гэж 2 хэсэгт хуваана.

Хөрсний хатуу хэсгүүдийн гадаргуу дээр татагдаж тодорхой хэмжээний хүчээр гадаргууд наалдсан усны давхрагыг гадаргуугийн ус гэж нэрлэнэ.

Хөрсний хатуу хэсгүүдийн хоорондын завсар зайлахад оршиж, чөлөөтэй хөдөлж байгаа усыг чөлөөт ус гэх ба энэ төрлийн усны найрлага, бүтцээс хөрсний хувийн эсэргүүцэл ихээхэн хамаарна.

Хөрс нь гарал үүслээсээ хамаарч шавар, шаваранцар, элс, элсэнцэр, хар шороо, ойн ба цэцэрлэгийн хөрс, чулуутай ба хадтай гэх мэтээр олон төрөлд хуваагдана.

Янз бүрийн хөрс, мөн далай тэнгис, гол мөрний усны хувийн эсэргүүцлийн хэлбэлзэх хязгаар болон дунд зэргийн 10-20%-ийн чийглэгтэй байх үеийн хувийн эсэргүүцлийн дундаж утгуудыг Хүснэгт 1-д харьцуулан үзүүлэв.

Хүснэгт 1
Янз бүрийн хөрсний хувийн эсэргүүцлийн
хэлбэлзэх хязгаарууд, ρ Ом·м

Хөрсний төрөл	Хувийн эсэргүүцлийн хэлбэлзэх хязгаар	10-20 % чийглэгтэй үеийн хувийн эсэргүүцэл
Шавар	8-70	40
Шаваранцар	40-150	100
Элс	400-700	700
Элсэнцэр	150-400	300
Хүлэр	10-30	20
Хар шороо	9-53	20
Цэцэрлэгийн хөрс	30-60	40
Чулуулаг хөрс	500-800	-
Хайрга	10 ³ -10 ⁴	-
Хадан хөрс	10 ⁴ -10 ⁷	-
Далайн ус	0.2-1	-
Гол мөрний ус	10-100	-
Цөөрмийн ус	40-50	-
Хөрсний ус	20-70	-
Гол горхийн ус	10-60	-

Хөрсний цахилгаан шинж чанарын ангилал ба олон улсын туршлага, стандартчилал

1. ОХУ ба СНГ-ийн орнуудын туршлага:

ОХУ ба хуучин социалист гэгдэж байсан орнууд (СНГ)-ийн туршлага, хөрсний ангилал, мөн ОХУ-ын 1980-2000 он хүртэл хийгдэж байсан хэмжилт судалгааны ажлын үр дүнг тоймлон нэгтгэж Хүснэгт 2-д харьцуулан үзүүлэв.

2. Казахстан улсын инженерийн практикт нэвтэрсэн үзүүлэлтүүд:

Далай тэнгисээс хол, Монгол улстай ойролцоо бүс нутаг, уур амьсгалтай Казахстан улсын хэмжээнд мөрддөг газардуулах байгууламж байрлуулах хөрсний төрөл ангиллын мужлалууд хөрсний төрлүүдэд харгалзах цахилгааны хувийн эсэргүүцлийн тооцооны утгуудыг судалгаанд мөн нэгтгэн ашигласан болно.

3. АНУ-ын цахилгаан болон электроникийн инженерийн тооцооны үзүүлэлтүүд:

АНУ-ын хэмжээнд тус улсын цахилгааны болон электроникийн инженерүүдийн институт (IEEE) гэж байх бөгөөд энэ институт, хүрээлэнгээс гаргасан IEEE std 142-1991 гэсэн стандартуудад заасан хөрсний төрөл үзүүлэлтүүдийг харгалзан үзэж, судалгааны үр дүнг гаргасан байдаг

Хүснэгт 2

ОХУ болон ХНО-ийн зарим орнуудын судлаачдын хөрсний ангилал ба хөрсний эсэргүүцлийн тооцооны утгууд (1980-2000 он)

Хөрсний төрлүүд	Хөрсний хувийн эсэргүүцлийн утгууд ρ (Ом·м)						
	Инженер-геологийн лавлах	Харьковын политехникийн дээд сургууль	Геологийн төв фонд	“Строй электромонтаж” трест	“Энерго сеть” институт	Киргизийн ЭШИ, Новочеркас Политехник ДС	Тооцоонд авч болох дундаж утгууд
1. Шавар	1÷10	8÷95	5÷50	-	1÷30	8÷70	50
2. Чийглэг шавар	-	-	-	20	1÷30	-	50
3. Чулуутай шавар	-	50÷150	-	-	-	100	150
4. Элстэй шавар	-	-	25÷140	-	70÷200	-	150
5. Шавранцар	40÷100	30÷90	20÷150	-	20÷40	20÷120	100
6. Хүлэр	-	20	-	-	-	20	20
7. Элсэнцэр	-	230÷370	-	-	50÷150	150÷400	300
8. Элсэнцэр (чийглэг)	-	-	10÷23	-	20÷70	150÷400	150
9. Элс (хуурай)	1.000	-	1.000÷1.500	1.200	-	400÷1.000	1.000
10. Элс (чийгтэй)	100÷1.000	100÷1.100	-	-	150÷2.000	400÷1.000	600
11. Усанд түрэгдсэн элс	10÷100	-	-	270	80÷100	-	150
12. Идэвхитэй орчинтой элс	0,1÷10	-	-	20÷100	-	-	70
13. Голын хайрга	-	-	-	-	200÷1.000	-	1.000

Хөрсний хувийн эсэргүүцлийг хэмжих аргууд

Хөрсний хувийн эсэргүүцлийг тухайн цэгт нь хэмжиж, улирлын коэффициентоор нь үржүүлэн тооцооны анхны өгөдлүүдийг сонгож авах нь алдаа багатай, бодит байдалд нийцсэн төсөл хийх бололцоог олгоно.

Хөрсний хувийн эсэргүүцлийг хэмжихдээ туршуул электрод хэрэглэх арга, босоо цахилгаан орныг ашиглах ВЭЗ-ийн (ВЭЗ-Вертикальное Электрическое Зондирование) арга гэсэн хоёр аргыг өргөн ашиглана.

1. Туршуул электродын арга

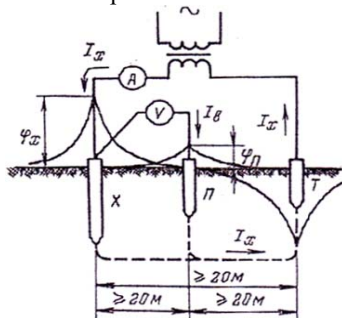
Энэ аргын үед d=4-5 см голчтой, хурц үзүүртэй электродыг ι гэсэн гүнд тусгайлан суулгаж түүний газардуулгын эсэргүүцлийг хэмжинэ. Хэмжилтээр гарсан газардуулгын эсэргүүцэл нь $R_{\text{хэмж}}$ (ом) гэж үзвэл тухайн хөрсний хувийн эсэргүүцлийг дараах илэрхийллээр тооцоолно.

$$\rho_{\text{хэмж}} = R_{\text{хэмж}} \cdot \frac{2\pi \iota}{\ln(4\iota/d)}$$

Үүнд: $R_{\text{хэмж}}$ - Туршуул электродын хэмжилтээр гарсан газардуулгын эсэргүүцлийн хэмжээ, Ом; ι - Туршуул электродыг суулгасан гүн, м; d- электродын

голч, м; $R_{хэмж}$ - тухайн хэмжилтийн үеийн хөрсний хувийн эсэргүүцэл, Ом·м;

Туршуул электродын газардуулгын эсэргүүцлийг зураг 2-д заасан схемээр хэмжинэ.



Зураг 2 Туршуул электродын газардуулгын эсэргүүцлийг хэмжих вольтметр-амперметрийн арга.

X- туршуул электрод, П-потенциалийн электрод, Т-гүйдлийн туслах электрод.

Зурагт зааснаар хэмжүүрийн багажуудад вольтметр, амперметрийг ашигласан байна. Эдгээр багажуудын оронд газардуулга хэмжихэд зориулагдсан M416, Ф4103/М1 маркийн электрон хэмжүүрүүдийг ашиглаж бас болно. M416 багаж нь энгийн хийцтэй, ашиглахад маш хялбар боловч $R=1000$ Ом хүртэл эсэргүүцлийг хэмжих бололцоотой. Харин Ф4103/М1 багаж нь хэмжилтийн алдаа багатайгаас гадна $R_{хэмж}=30000$ Ом хүртэл эсэргүүцлийг хэмждэг, сүүлийн үеийн төхөөрөмж юм.

АНУ-ын инженерийн практикт Megger DET4TC2 багаж ашиглагддаг.

Хэмжүүрийн багажуудад тавигдах гол шаардлага нь нарийвчлал сайтай байхаас гадна, потенциалын хэмжүүрийн (вольтметрийн) оролтын эсэргүүцэл аль болох өндөр байх шаардлагатай. Потенциалын хэмжүүр нь X ба П электродын хооронд залгагдаж тэдгээрийн потенциалын ялгаварыг хэмжих зориулалттай учир хэрэв дотоод эсэргүүцэл нь бага байвал I_v гэсэн гүйдэл ихэсч, П электрод дээрхи хүчдлийн уналт φ_n ихэссэний улмаас хэмжилтэнд алдаа гарч эхэлнэ. Иймд вольтметр-амперметрийн аргаар хэмжилт хийх үед V гэсэн вольтметрийн дотоод эсэргүүцэл маш өндөр байх шаардлагатай.

Схемд үзүүлснээр бууруулах трансформатороос багавтар (50-100В орчим) хүчдлийг X ба Т электродуудад өгөхөд хэлхээгээр I_x гэсэн гүйдэл гүйнэ.

Т электродыг **гүйдлийн туслах электрод** гэж нэрлэнэ. I_x гэсэн гүйдэл нь зурагт заасан замаар гүйж туршилтын X электрод дээр φ_x гэсэн потенциалыг бий болгоно. Энэ потенциалын хэмжээг V гэсэн вольтметр хэмжих үүрэгтэй. Үүний тулд П гэсэн нэмэлт электрод шаардлагатай болох ба энэ электродыг **потенциалын электрод** гэнэ.

Хэмжилтийн алдааг багасгахын тулд X, П, Т электродууд нь хоорондоо 20 м-ээс дээш зайтай байх шаардлагатай.

П ба Т гэсэн туслах электродуудыг заавал гүн суулгах шаардлагагүй, 50-70 см гүнд суулгахад хангалттай.

Хүснэгт 3

Хамгийн их зузаан (м)	Хөрсний төрөл ангилал	Өнгө гэмдгээл	Физик шинж чанарын үзүүлэлтүүд		Цахилгаан үзүүлэлтүүд		
			Байгалийн чийг	Нягт, г/см	Хөрсний хувийн эсэргүүцлүүд ρ , Ом·м		
					W %	г	Доод
5.2	Шавар Цайвар шаргалаас бор шаргал өнгөтэй шавар	①	(0.654-0.118)/0.214	(2.23-1.78)/2.01	60	487	110
16	Шавранцар Хөх саарлаас улаан хүрэн өнгөтэй шавранцар	②	(0.216-0.062)/0.134	(2.27-1.63)/2.11	40	180	96
>10	Элс Хольц багатай элс	③	(0.168-0.014)/0.085	(2.38-1.93)/2.15	40	400	49
9	Элсэнцэр Цайвар шаргалаас бор шаргал өнгөтэй хайргархаг элсэнцэр	④	(0.185-0.018)/0.103	(2.33-1.64)/2.14	150	800	135
21.5	Хайр хайрга Бор шаргал өнгөтэй хайр хайрга	⑤	(0.209-0.026)/0.116	(2.33-1.91)/2.15	90	241	110
25.6	Сайр сайрга Бор шаргалаас цайвар шаргал өнгөтэй, элсэнцэрээр чигжигдсэн сайр сайрга	⑥	(0.197-0.010)/0.083	(2.39-1.92)/2.22	200	1000	330
200	Чулуу чулуулаг Бор шаргал улаан хүрэн өнгөтэй шавранцараар чигжигдсэн сайр сайрга, хайр хайрга, бул чулуутай	⑦	(0.171-0.012)/0.095	(2.36-2.02)/2.24	50	320	156
16	Цэцэрлэгийн хөрс Асгамал хөрс	⑧			40	316	142

Хамгийн их зузаан (м)	Хөрсний төрөл ангилал	Өнгө тэмдэглэл	Физик шинж чанарын үзүүлэлтүүд		Цахилгаан үзүүлэлтүүд		
			Байгалийн чийг	Нягт, г/см	Хөрсний хувийн эсэргүүцлүүд ρ, Ом·м		
				Хөрсний нягт	Хязгаар		Дундаж утга
W %	г	Доод	Дээд				
	Хар шороон хөрс				10	60	30
	Хадан хөрс				5000	50000	20000
	Хөлдүү цэвдэг хөрс				2000	20000	5000
	Туул голын ус	Тэрэлж					166
		Гачуурт					120
		Амгалан					100
		ТЭЦ-3					36
		Сонгино					20
	Цөөрмийн ус	Ногоон нуур					23
	Гол горхины ус	Бэлх					38
		Сэлбэ, МУБИС					30

Омын хууль ёсоор туршуул электродын газардуулгын эсэргүүцлийг дараах илэрхийллээр тооцоолно.

$$R_{\text{хэмж}} = \frac{\phi_x}{I_x}$$

ϕ_x - туршуул электрод дээрх потенциал, В. I_x - мөн электродоор гүйж байгаа газардлагын гүйдэл, А.

Улаанбаатар хот орчмын хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцлийг “УБЦТС” ТӨХК-ний эзэмшлийн 42 дэд станцыг сонгон 4 улирлын турш, 4-н төрлийн багажаар хэмжиж боловсруулалт хийсэн.

Багажууд

1. Earth Resistance & Resistivity Tester (JAPAN)
2. Ф4103-М1-Измеритель сопротивления заземления (Russia)
3. Megger DET4TC 4 Pole Earth Tester (USA)
4. MODEL DY4100 (CHINA)

Хэмжилтэнд 4 метрийн гүнд суулгасан туршуул электродыг хэрэглэсэнээс гадна босоо цахилгаан орныг ашиглан хөрсний 1м, 3м, 6м –ийн гүнд 4 электродтой ВЭЗ-ийн аргаар мөн сар бүрт хэмжилтийг явуулсан болно.

ДҮГНЭЛТ

Улирлын коэффициентууд нь газардуулгын байгууламжийн дээд хөлдөлтийн хэсэг 0.8 – 1.0 м-ийн гүнд байрлах хэвтээ электродуудад, харьцангуй өндөр байх ба харин хөлдөлтийн гүнээс доош 3 – 4 м-ийн гүнд байрлах босоо электродуудад харгалзах газардуулгын эсэргүүцлийн улирлын өөрчлөлтүүд нь харьцангуй бага байх зарчимтай тул хөрсний өнгөн хэсэгт байрласан газардуулгын хэвтээ электродууд болон хөрсний гүнд байрлуулсан босоо электродуудад

улирлын коэффициентуудыг ялгавартайгаар тогтоосон болно.

Газардуулах байгууламжийн газардуулгын эсэргүүцлийн улирал сар бүрийн хэмжилтийн үр дүн, мөн хөрснөөс доош 4 метрийн гүнд байрласан туршуул электродуудын эсэргүүцлийн сар бүрийн хэмжилт судалгааг үндэслэн Улаанбаатар хотын цаг агаарын үндсэн бүсүүдэд харгалзах янз бүрийн гүнд байрласан газардуулах байгууламжуудын эсэргүүцлийн улирлын коэффициентийн тооцооны утгыг тогтоосон.

Ном зүй

1. Цэрэндорж З, Эрдэнэтөгс Ц, Аянга хамгаалалт, газардуулга Үндсэн сурах бичиг. Улаанбаатар ШУТИС. 2018 он.
2. Типы грунтов республики Казахстан и их удельные электрические сопротивления (карта), Алматы .2006.г. www.zandz.kz ГОСТ Р 50571-2013.
3. Бээжинхүү Т. Улаанбаатар хотын бүс нутгийн инженер-геологийн нөхцөл. Улаанбаатар. 2015 он.
4. Правила устройства электро-установок. Москва. 2008г.
5. Краякин.Р.Н. “Заземляющие устройства электроустановок” Справочник. Москва. 2002г.
6. Марченко.М.Н. Вертикальное электрическое зондирование. МГУ. Москва. 2013г.
7. Tagg.G.F. “Earth resistances” George Newnes Limited. London. (1964).
8. “Recommended Guide for Measuring Ground Resistance and Potential Gradients in the Earth” AIEE (IEEE) №81.
9. Curdts.E.B. “Some of the Fundamental Aspects of Ground Resistance Measurement.” AIEE (IEEE) Paper №58-106 transactions, v 0177, 1958.

ДУЛААНЫ IV-Р ЦАХИЛГААН СТАНЦИЙН ХИМИ ЦЕХИЙН УСНЫ ХЭРЭГЛЭЭ БА БОДИС СААРМАГЖУУЛАЛТ

Н.Бямбажаргал*, З.Баттогтох*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Хүн төрөлхтөн үүсэж бий болсон цаг үеэс эхэлж техник технологи шат шатаар ахиж дэвжих болсон билээ. Түүний нэг томоохон жишээ бол тог цахилгаан бий болгосон явдал юм. Тог цахилгаан нь лаа, шүдэнзийг бодвол олон талын давуу талуудтай. ДЦС-ууд үүсэж бий болсноор дулаан болон цахилгаанаар хэрэглэгчдийг тасралтгүй найдвартай хангах болсон. ДЦС-ын цахилгаан болон дулаан үйлдвэрлэх процесст олон цех алба хэлтэсүүд тус тусын үүрэгтэй оролцдог ба тэр дундаа Хими цехийн усны хэрэглээ болон бодис саармагжуулалтын талаар авч үзэх болно. Хими цех нь 2014 онд ХБНГУ-ын засгийн газрын буцалтгүй тусламжаар ,гүйцэтгэгч байгууллагаар БНХАУ-ын NARI групп ажиллаж ус бэлтгэлийн шинэ технологи болох Эсрэг осмосын төхөөрөмжийг суурилуулан ажиллаж байгаа ба энэ нь өмнөх төхөөрөмжөөс олон талын давуу талуудтай ба Эсрэг осмосын төхөөрөмжийг суурилуулснаар хэрэглэгдэж байгаа химийн бодис болон өмнөх төхөөрөмжийн ашиглаж байсан бодисуудыг харьцуулан харуулсан. Мөн нэмэлтээр Хими цехийн 2018 оны уур усны зарцуулалтын тооцоо, реагентийн /химийн бодисын/ зарцуулалтын харьцаа, давсны хувийн зарцуулалт жилээр, давсны хувийн зарцуулалт сараар, үүсгэвэр усны хатуулаг, станцын ажиллагаа гэх мэтийг графикаар харьцуулан харуулсан.

Түлхүүр үг. Эсрэг осмос, химийн бодис, химийн бодисын ашиглалт.

I. ОРШИЛ

Сүүлийн жилүүдэд дэлхий даяар ус боловсруулалтын Эсрэг осмосын технологи нь онолын болон технологийн хувьд хурдацтай хөгжиж байгаа салбар юм. Эсрэг осмосын төхөөрөж нь усыг хагас давсгүйжүүлдэг бол түүний дараагийн төхөөрөмж болох Цахилгаан деионизацийн төхөөрөмж нь усыг бүрэн давсгүйжүүлдэг. Эсрэг осмосын төхөөрөмжийг хэрэглэдэг олон салбарууд байдаг газрын тос, цахилгаан эрчим хүч, төмөрлөг, химийн үйлдвэрлэлийн усыг шүүх, нэхмэлийн, хүнсний бүтээгдэхүүний, ундаа, ундны ус, рашаан усны үйлдвэр, бассейн, усыг дахин ашигладаг үйлдвэрлэлийн ус, бохир усыг шүүхэд, загас үржүүлэх цөөрөм ногоорч, замаг үүсэхэд усыг шүүх зэрэгт өргөнөөр хэрэглэдэг. Эсрэг осмосын төхөөрөж нь ус боловсруулалтын хамгийн сүүлийн үеийн дэвшилтэт технологи бөгөөд ус боловсруулалтын уламжлалт технологиос дараах хэд хэдэн давуу талуудтай овор хэмжээ багаж, тоног төхөөрөмжийн өртөг бага, реагентын хэрэглээ бага, хорт хаягдал бага, ажиллагааны зардал бага, өндөр чанартай ус боловсруулах бөгөөд хүний оролцоо бага автомат ажиллагаатай бөгөөд цаг завьг хэмнэх боломжтой. Эсрэг осмосын төхөөрөмж нь нийт 27 модультай бөгөөд ус боловсруулах үе шат нь дээрх 27 модулиар 2

үе шаттай явагддаг. Дээрхи төхөөрөмжийн ус боловсруулалтанд нийт 5 төрлийн бодисыг тогтмол ашиглаж байна. Эдгээр химийн бодисын талаар тодорхой мэдээлэл сайн байдаггүй учир дээрх бодисуудын ашиглалт хор нөлөө, хүний биед үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл гэх мэтийн талаар авч үзэх болно.

II. Химийн бодис

Химийн бодис гэдэг нь биднийг хүрээлэн байгаа материаллаг зүйлсийг бүрдүүлэгч бүхий л зүйлсийг хэлдэг.

Дулааны 4-р цахилгаан станцын Хими цех нь технологи үйл ажиллагаандаа нийт 8 төрлийн химийн бодис ашиглаж байна.

Үүнд: 1.Гипохлорид натри, 2.Натрийн бисульфид, 3.Хаг хурдас удаашруулагч /Mas 208/, 4.Давсны хүчил 5.Идэмхий натри, 6.Аммиак, 7.Гидразин, 8.Фосфат.

Дээрх химийн бодисуудыг хаана ямар үүрэг зориулалттай дозлодогийг дурдьяа:

Эсрэг осмосын тэжээлийн усанд нийт 3 төрлийн химийн бодис тогтмол дозолж өгч байна. Үүнд:натрийн бисульфит,идэмхий натри буюу шүлт ,хаг хурдас удаашруулагч буюу Mas 208 юм.

Натри бисульфитийг эсрэг осмосыг исэлдүүлэх чөлөөт хлороос сэргийлж тогтмол дозолдог.

Хаг хурдас удаашруулагчийг эсрэг осмосын концентрацитай усан талд хаг хурдас үүсэхээс сэргийлж тогтмол дозолдог.

Шүлтийг тэжээлийн усны PH-ийг тохируулахад хэрэглэнэ. Тэжээлийн усан дахь харьцангуй өндөр CO₂-ыг тооцон зөв хэмжээний шүлт нэмэн эсрэг осмосын усны PH-ийг ойролцоогоор 7,9 хүргэж CO₂-ыг HCO₃ болгон хувиргаж эсрэг осмосын системээс зайлуулна.

Гипохлорид натри, давсны хүчлийг Ультра шүүлтүүрийн угаалтанд дозолдог. Ультра шүүлтүүрийн ашиллагааны үед тус төхөөрөмжид наалдаж үлдсэн бактери,нян вирусыг устгах зорилгоор /тодорхой хэмжээний буюу 24ш усан угаалт явсаны дараа/ угаалтын үед дозолдог

Гидразин, аммиак 2-ыг зуухны тэжээлийн усанд тогтмол дозолж өгдөг.

Гидразинийг шугам хоолойг зэврэлтэнд оруулдаг O₂-ыг зайлуулахад тогтмол дозолдог.

Аммиакийг мөн адил шугам хоолойг зэврэлтэнд оруулдаг CO₂-ыг зайлуулахад тогтмол дозолж байна.

Фосфатийг зуухны халах гадаргууд хаг хурдас үүсгэхээс сэргийлж дозолдог.

Эдгээр бодисын шинж чанар ,хүний биед үзүүлэх хор нөлөөг авч үзье.

Станцын дотоод циклийн ус бэлтгэлд хэрэглэгдэж байгаа химийн бодистой ажиллах:

Станцын дотоод циклийн ус бэлтгэлд хэрэглэгддэг химийн бодисуудын шинж чанар ,хүний биед үзүүлэх нөлөөлөл авах арга хэмжээ /эсрэг осмос/:

1. Гипохлорид натри-өнгөгүй хүчтэй исэлдүүлэгч тогтворгүй талст бодис. 95.2 хувь хлор агуулдаг моляр масс нь 74.4 г/моль нягт нь 1.574 г/см³ 24.4°С-т хайлдаг. 30.9 хувийг натри, 47.6 хувийг хлор, 21.5 хувийг хүчилтөрөгч эзэлдэг.

Нүдэнд орвол нүдний салст бүрхүүлийг цочроож сохрох аюултай. Арьсанд хүрсэн тохиолдолд химийн түлэгдэлт үүсгэдэг. Уг бодисыг 35°С-с дээш халаавал хлорат болон хүчилтөрөгч болон задардаг. Органик болон шатамхай бодисуудтай нэгдвэл шатах галын аюултай.

Гипохлорид натриг ажиллах хүмүүс нь хамгаалах хувцас нүдний хамгаалах шил, резинен бээлий, хормогч, В болон ВКФ маркын хорт хийн баг хэрэглэнэ.

Арьсанд хүрсэн тохиолдолд урсгал усаар 10-12 минутын турш угаана. Нүдэнд орсон үед их хэмжээний урсгал усаар угааж, эмчид яаралтай хандана. Шатах буюу гал гарсан тохиолдолд ус, элс, нүүрсхүчлийн хий гал унтраагуураар унтраана. Асгарсан тохиолдолд усаар сайтар угааж цэвэрлэнэ.

Гипохлорид натрийг тусгай цистернд, полиэтилен болон хуванцар торх саванд тээвэрлэнэ. Хадгалахдаа тусгай резинен хамгаалалттай, болон зэврэлтэнд тэсвэртэй материалаар бүрсэн саванд нарны тусгалаас хол хадгална. Торхтой гипохлорид натрийг халаалтгүй, битүү скаладанд хадгална.

2. Натрийн бисульфид-хүхрийн ислийн сул үнэртэй, усанд маш сайн уусдаг бүдүүн ширхэгтэй. Амьсгалын замд орвол хоолой боогдох байдлаар ажиглагдаж болно. Их хэмжээгээр залгих үед дотор муухайрах, гэдэс гүйлгэх, ходоод гэдсээр өвдөх, зүрх судасны үйл ажиллагаа алдагдах, төв мэдрэлийн систем цочирлол орох байдлууд илэрнэ.

10 гр тун нь үхэлд хүргэх аюултай. Арьсыг цочроож хүрэлцсэн хэсэгт улайж загатнах ба өвдөнө.

Нүдэнд орсон тохиолдолд цаашид эмчлэгдэхээргүй гэмтлийг учруулж болно.

Ширхэгтэй цагаан өнгийн үрэл нягт нь 1.48 г/см³ 150°С-т хайлдаг.

Залгих ба амьсгалахад хортой. Амьсгалын замын харшлыг үүсгэнэ. Арьс нүд болон амьсгалын замын эрхтнүүдийг цочрооно. Хүчил ба устай урвалд орж хортой хүхэрлэг хийг ялгаруулдаг.

Амьсгалын замын эрхтнүүдийг цочрооно. Ханиалгах ба амьсгал давчдах байдлаар хордлогын шинж тэмдгүүд илэрнэ. Мэдрэмтгий хүмүүсийн хувьд харшлын шинж үйлчилгээг үзүүлнэ. Залгисан үед хүхэрлэг хүчил үүссэний улмаас ходоод гэдсийг Нүдээр хатгуулж өвдөх, нулимс гоожих, улайх хавдах ба сохрох аюулд ч хүргэж болно.

Элэг, бөөр, цусны өвчтэй хүмүүс энэ бодистой ажиллахдаа илүү анхаарах хэрэгтэй.

Арьсанд хүрэлцэх үед-Бохирдсон гутал хувцасыг тайлсны дараа арьсны бохирдсон хэсгийг их хэмжээний усаар угаана.

Залгих тохиолдолд: Эмчийн зааврын дагуу албадан бөөлжүүлэх хэрэгтэй. Ухаан алдсан хүнд амаар нь юм хэрхэвч өгч болохгүй. Эмнэлгийн тусламж яаралтай үзүүлэх хэрэгтэй.

Амьсгалах тохиолдолд: Цэвэр агаарт гаргана. Хэрэв амьсгалахгүй бол хиймэл амьсгал хийнэ. Амьсгалахад хүнд байгаа тохиолдолд хүчилтөрөгчөөр

амьсгалуулна. Эмнэлгийн тусламж яаралтай үзүүлэх хэрэгтэй.

Тэсрэх болон галын аюулгүй. Хэрэв гал гарвал гарын доорх дурын гал унтраах хэрэгсэл ашиглаж болно. Асгарч гоожсон үед тухайн талбайг сайтар агааржуулах хэрэгтэй. Агаарт аль болох тоос үүсгэхээргүй байдлаар цэвэрлэгээг хийнэ. Эсвэл их хэмжээний усаар угааж цэвэрлэнэ. Энэ үед үүсэх хүхрийн ислээс болгоомжлохын тулд агааржуулах системийг сайтар ажиллуулах хэрэгтэй.

3. Хаг хурдас удаашруулагч: Эсрэг осмос, нано фильтр болон электро диализийн системд зориулагдсан олон үйлдэлт хаг хурдас сааруулагч юм. Үүнийг мембран үйлдвэрлэгч гол компанууд хүлээн зөвшөөрсөн бөгөөд ус үйлдвэрлэлийн эсрэг осмос, нанофильтр болон электродиализийн системд зориулсан ANSI/NFS Standart 60 стандартын багтамж олгосон байдаг.

DEQUEST*MAS 208 нь тунгалаг, цайвар шар өнгөтэй PH-10-12 100 °С-ээс дээш температурт буцалдаг харьцангуй нягт нь 1,15-1,35 шатдаггүй усаархаг уусмал юм.

DEQUEST*MAS 208-ийг тасралтгүйгээр, тэжээлийн усны зарцуулалттай хамааралтайгаар дозлох хэрэгтэй.

DEQUEST*MAS 208 нь хоргүй ангилалд багтдаг. Хэвийн нөхцөлд 2 жил хадгална.

4. Давсны хүчил: Цэвэр давсны хүчил нь 1,19г/см³ нягттай өнгөгүй шингэн, 37 % орчим хлортустөрөгч агуулсан байна. Агаарт ил байх үед агаарт утаа гардаг. Энэ нь муухай үнэртэй, амьсгалахад амьсгалах эрхтний дээд замд цочрол өгч ханиалгах ба хоолой аргааж сөөнө. Арьсанд хүрээд удвал 3-р зэргийн түлэгдэл үүсгэнэ. Техникийн давсны хүчил нь шар өнгөтэй, амьсгал давхцуулахаар үнэртэй, 27.5 %-н хлорт устөрөгч агуулдаг.

Давсны хүчилтэй ажиллах үед хэрэглэх хамгаалах хэрэгсэл нь хүхрийн хүчилтэй ажиллахад хэрэглэгдэгтэй адилхан.

Биед давны хүчил хүрвэл их хэмжээний усаар угааж 5 % содын уусмалаар саармагжуулна.

Нүдэнд орвол их хэмжээний усаар угааж 2 % содын уусмалаар угааж, эмчид яаралтай очино.

5. Идэмхий натри: Идэмхий натри нь цагаан өнгөтэй, тунгалаг биш, чийг сайн шингээдэг хүчтэй суурь бодис. 1 %-ийн усан уусмалын PH нь 13 тэнцэнэ.

Хатуу байдалтай болон их хүчтэй уусмал нь арьсыг маш гүн түлдэг.

Арьсан дээр хүрсэн үед их хэмжээний усаар угааж, 5 % бор, нимбэгний хүчлээр буюу 1 стакан усанд хоолны халбага идэшний цуу хийсэн уусмалаар угаах буюу жин тавина.

2018 оны уур усны зарцуулалтын тооцоо

Үзүүлэлт			Жилийн дүн	Биелэлт %	2018/2017 оны харьцуулалт	
Химийн цэвэрлэсэн ус	БЗК-д	2017	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	418339 435493	104,1 % 17154 тн	24,6 % + 107144 тн
		2018	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	418339 542637	129,7 % 124298 тн	
	ППУ-д	2017	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	444235 424041	95,4 % - 20194 тн	- 12,6 % - 53579 тн
		2018	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	447511 370462	82,7 % -77049 тн	
	Бүгд	2017	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	862574 859534	99,6 % - 3040 тн	6,2 % 53565 тн
		2018	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	865850 913099	5,4 % 47249 тн	
ДШС-ний нэмэлт ус	2017	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	211724 202645	95,7 % - 90794 тн	4,8 % 98469 тн	
	2018	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	220511 212492	96,3 % -80190 тн		
Зуухны тэжээлийн ус	2017	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	13 325 945 13 964 012	104,7% 638067 тн	-1,95% 272 666 тн	
	2018	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	13 557 956 13 691 346	100,9 % 133 390 тн		
Уур	2017	Төл.тн Гүйцэтгэл. тн	33268 32883	98,8 % - 385 тн	22,8 % 7498 тн	

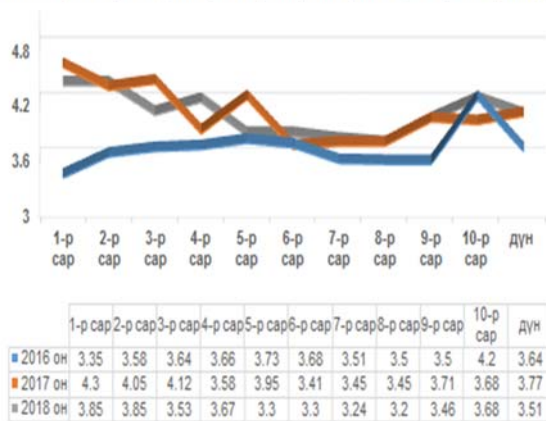
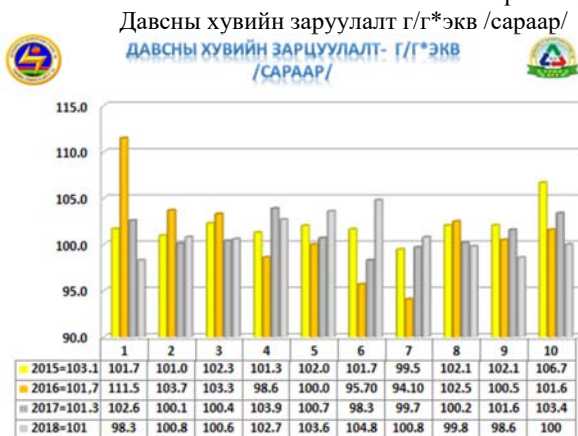
Реагент зарцуулалтын харьцаа

Д/Д	Реагентийн нэр	Зарцуулалт, кг		Харьцуулалт 2018/2017
		2017	2018	
1	Аммиак	300	322.7	7,5 % 22,7 кг – аар өссөн
2	Гидразин	1730	1412	18,3 % 318 кг – аар буурсан
3	Хүхрийн хүчил	-	990	990 кг-аар өссөн
4	фосфат	1750	1434	18,5 % 316 кг – аар буурсан
5	Шүлт	9000	7710	14,3 % 1290 кг –аар буурсан
6	Давс	7689 48	8395 66	9,1% 70618 кг –аар өссөн
7	Бисульфит натри	1600	160	90 % 1440 кг-аар буурсан
8	Хаг хурдас удаашруулагч	1930	2103	8,9 % 173 кг-аар өссөн
9	Na CLO	0	1140	1140 кг аар өссөн
10	HCL	2805	780	72 % 2025 кг-аар буурсан
11	Нимбэгний хүчил	800	645.5	19,3 % 154,5 кг-аар буурсан
12	Идэвхжүүлсэн нүүрс	0	1000 0	100%-иар буурсан
13	Анионит	0	1000 0	10000 кг өссөн
14	Техникийн сод	75	50	33,3% 25 кг-аар буурсан



Зураг 1. Давсны хувийн заруулалт (г/г*эква, жилээр)

Хүснэгт 3.



Зураг 2. Үүсгэвэр усны хатуулаг, мг-экв/кг.

Хүснэгт 4.

Станцын ажиллагаа

Он	Уур усны алдагдал	Ажилласан зуухны тоо
2015	4,47%	5,19
2016	4,31%	5,05
2017	4.98	4.95
2018	4.33	4.94

БАРИЛГЫН ДУЛААНЫ АЛДАГДАЛ, СИМУЛЯЦИ ХИЙХ АРГАЧЛАЛЫН СУДАЛГАА

О.Тодгэрэл*, Д.Цэрэндолгор*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Энэхүү өгүүллэгт барилгын дулааны алдагдал, түүнийг хэрхэн багасгах, нэмэлт дулаалгын үр дүнд дулааны урсгал болон температурын тархалтын өөрчлөлтийг цахим орчинд симуляци хийн харуулсан болно.

Эрчим хүчний үйлдвэрлэл түүний үнэ өртөг, найдвартай байдал нь улс орны хөгжил, ард түмний амьдралын тохь тухтай байдлыг хангах амин чухал

ДҮГНЭЛТ

Дэлхий даяар хүн төрөлхтөн өсөн нэмэгдэхийн хэрээр техник технологи улам бүр хурдацтай хөгжиж түүнийг дагаад ус боловсруулах технологи ч мөн адил өсөн нэмэгдэж байна. Ус боловсруулалтын найдвартай ажиллагааг явуулахын тулд дээрх химийн бодисууд өндөр үүрэгтэй байсаар байна. Энэхүү ажилд ус боловсруулалтанд хэрэглэж байгаа химийн бодисууд тэдгээрийн шинж чанар хүний биед үзүүлэх нөлөөллийн үр дүнг харуулсан. ЭО-ын технологи нэвтрүүлсэнээр 2017, 2018 онуудад БЗК-д /зуухны тэжээлийн усанд/ боловсруулж өгсөн усны зарцуулалт төлөвлөсөн хэмжээнээс хэтрүүлж биелүүлсэн. Тухайлбал 2017 онд 418339 тн ус боловсруулна, гэж авсанаас 435493 тн-оор, 2018 онд 418339 тн ус боловсруулна, гэж авсанаас 542637 тн-оор давуулан биелүүлж 24.6 %, +107144 тн илүү үр ашигтай ажилласан. Химийн бодисын хэрэглээний хувьд хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлдөг хүхрийн хүчил ашиглахаа больсон.

Нөгөө талаар ППУ-д /үйлдвэрийн уур/ 2017 онд 444235 тн ус боловсруулан гэж авсанаас 2017 онд 424041 тн-р дутуу биелүүлсэн. 2018 онд 447511 тн боловсруулан гэж авсанаас 2018 онд 370462 тн ус боловсруулж өгсөн нь төлөвлөсөн төлөвлөгөөнөөс илүү их ус ашигласнаар төлөвлөгөөгөө биелүүлж чадаагүй байна. ЭО тасралтгүй ажиллагаанд явснаар ЭО-ын ажиллагааны үед тогтмол дозолж өгдөг хаг хурдас удаашруулагч 2017 онд 1930 кг хэрэглэсэн бол 2018 онд 2103 кг болж өссөн, гипохлорид натри 2017 онд 0 кг хэрэглэсэн бол 1140 кг болж өссөн байна.

Уг үр дүнгээс харахад ус боловсруулалтын Эсрэг осмосын технологи ДЦС-IV Хими цехэд амжилттай хэрэгжсэн ба түүнийг цаашид урт хугацаанд ашиглах боломжтой нь харагдаж байна. Цаашлаад УБ хотын бүх ДЦС-уудад нэвтрүүлэх боломжтой юм.

Ашигласан ном зохиол

1. Б.Цэнджав. “Ус бэлтгэл”. УБ хот. 2008 он.
2. “Цахилгаан станц, дулааны шугам сүлжээний дулаан – механикийн тоноглолын ашиглалтын үеийн аюулгүй ажиллааны дүрэм”.
3. Химийн бодистой ажиллах аюулгүй ажиллагааны заавар.
4. ДЦС-4 ХК-ийн Хими цехийн 2018 оны тайлан.

үзүүлэлтүүдийн нэг болж байдаг. Энэ ч утгаараа эрчим хүчний байнга өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээг найдвартай хангах, үнэ өртгийг бууруулах үүнтэй холбоотойгоор эрчим хүчний зүй зохистой, хэмнэлттэй хэрэглээг хэвшүүлэх, шинэ норм, дүрэм, заалтыг бий болгож мөрдүүлэх асуудал чухлаар тавигдаж байна.

1990-д оноос эхлэн манай улсын барилгын салбар эрчимтэй хөгжиж ялангуяа Улаанбаатар хотод өдрөөс өдөрт олон арван шинэ барилга байгууламж баригдан ашиглалтад орсоор ирсэн. Эх үүсвэрийн болон төвлөрсөн дулаан хангамжийн системийн хүчин чадал дулааны эрчим хүчний өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээг найдвартай хангахад хүндрэлтэй болж байгаагаас шинээр баригдаж байгаа барилга байгууламжуудыг эрчим хүчний шаардлага хангахуйц түвшинд барьж ашиглалтад оруулах мөн хуучин барилгуудын дулаан алдагдлыг багасгах, эрчим хүч багасгах, эрчим хүч хэрэглэх тоног төхөөрөмжийн хүчин чадлыг зөв сонгох тооцох нь барилгын өрөө тасалгаанд хүмүүсийн ажиллаж амьдрах дулааны тохиромжтой горимыг бүрдүүлэхэд болон дулааны эрчим хүчийг хэмнэлттэй зарцуулахад чухал нөлөөтэй юм. Ийм учир шинэ болон хуучны барилга байгууламжуудын бодит дулаан алдагдалд үнэлгээ хийх, харьцуулах асуудал зайлшгүй чухал шаардлагатай болж байгаа юм.

Монгол орны хувьд хатуу түлшний нөөц ихтэй, энэ ч утгаараа хамгийн хямд түлш нь нүүрс болж байдаг. Нүүрсийг түлшинд ашигласнаар өвлийн улиралд агаар дахь түлшний дутуу шаталтаас үүдэлтэй бохирдлын хэмжээ зөвшөөрдөх хэмжээнээс олон дахин ихсэж байна. Үйлдвэрлэж буй дулааны эрчим хүчний 70 гаруй хувийг дан ганц орон байрны дулаацуулгад хэрэглэдэг. Ийм учир барилгын дулааны алдагдлыг багасгаснаар түлшний зарцуулалтыг тэр хэмжээгээр бууруулж, сүүлийн жилүүдэд тулгамдсан асуудлуудын нэг болж байгаа агаарын бохирдлыг ч багасгах боломж бүрдэнэ.

Эрчим хүчийг хэмнэх олон аргуудаас барилгын хаших хийцийг дулаалснаар халаалтад зарцуулж буй түлшийг хамгийн ихээр хэмнэх боломжтой.

Манай орны хувьд барилгын хашлага хийцийн дулаан хамгаалалтад тавигдах шаардлагын дагуу хөөсөнцөр хавтангаар нэмэлт дулаалга хийн барилгын дулаан алдагдлыг бууруулах аргыг ихээхэн ашиглаж байна.

Нэмэлт дулаалгын үр дүнг инженерийн программын тусламжтайгаар симуляци хийн дүрсэлж болно. Дулааны симуляци хийх нь тухайн барилга байгууламж нь стандартад нийцсэн эсэхийг янз бүрийн хувилбаруудын харьцуулалтыг хийн тодорхойлох боломжийг олгодог. Мөн цаашлаад энэ нь цаг хугацаа хэмнэж, нөөц бололцоог урьдчилан харах нөхцөлийг олгохоос гадна, санхүүгийн болон болзошгүй эрсдэлийг бууруулах гол зорилго оршино.

Түлхүүр үг. Барилгын дулааны алдагдал, хашлага хийц, симуляци.

I. ОРШИЛ

Барилга бол эрчим хүчийг хамгийн их хэрэглэдэг хэрэглэгч юм. Дэлхий даяар хэрэглэгдэж байгаа эрчим хүчний 40 гаруй хувийг барилгын дулаан болон хөргөлтөд хэрэглэдэг. Ялангуяа манай орны хувьд жилийн 4 улиралтай бүсэд хамаардаг, тэр дундаа өвлийн улирал урт болдгоороо барилгын дулаацуулгад бүр ч их эрчим хүч зарцуулж, зардал гаргаж байна.

Монгол орны хувьд хэрэглэж байгаа дулааны эрчим хүчний 80 гаруй хувийг зөвхөн орон байрны дулаацуулгад ашигладаг. Ийм учир барилгын дулааны

алдагдлыг бууруулж чадвал эрчим хүчний салбарт ихээхэн үр ашиг гарна.

Барилгын дулааны алдагдлыг зөвхөн хэмжилт туршилтаар үнэн зөв тодорхойлох боломжтой. Үүний нэг арга нь хэт улаан туяаны камер ашиглан гадаргуугийн температурын тархалтыг тодорхойлон дулааны алдагдлыг тооцоолох явдал юм.

Хэт улаан туяаны хэмжүүр ашиглах. Барилгын хаших хийцийн гадаргуугийн температурыг хэт улаан туяаны хэмжүүрээр зайнаас хэмжих өгөгдлийг ашиглан дулааны алдагдлыг тодорхойлох арга юм. Уг хэмжүүр нь гадаргуугын бүх цэгийн температурыг хэмжих санах байгууламжид хадгалахаас гадна температурын тархалтыг фото зураг байдлаар үзүүлнэ.

Уг хэмжилт дээр үндэслэн түүний дулааны урсгалын тархалтыг инженерийн программд дүрсэлж болно.

Симуляци: Бодит системийн моделийг бүтээх ба тус процессын үйлдлийг ойлгохын тулд модель дээрээ туршилт хийх болон эсвэл үйл ажиллагааны төрөл бүрийн стратеги боловсруулах процессыг хэлнэ.

Ийнхүү тухайн орчныг симуляци хийхийн тулд юуны түрүүнд загвараа байгуулах ёстой бөгөөд гол шинж чанар, логик, үйл хөдлөлүүдийг оруулж өгсөний үндсэн дээр анализ хийж болдог.

Дулааны загварчлал хийх нь барилгын дулааны үзүүлэлтийг судлах, мөн барилгын архитектур болон чанарыг үнэлэх хамгийн орчин үеийн дэвшилтэд арга юм.

Тасалгаан дахь дулааны нормал \тав тухтай\ байдлын үнэлгээ нь хүний ажлын бүтээмж, агаарын температур, цацрагийн дундаж температур, агаарын урсгалын хурд, орчны агаар дахь уурын даралт зэрэг олон хүчин зүйлсээс хамаарна. Тэдгээрийг барилгын тодорхой байршилд бүх утгыг хэмжих, нарийн тодорхойлох нь төвөгтэй юм. Ийм учир барилга дахь дулааны үзүүлэлтийг шинжлэх нэг арга бол эдгээр утгыг үнэн зөв тооцоолж дулааны урсгалыг дүрслэх зорилготой дулааны загварчлалыг ашиглан явуулах юм.

II. ТУРШИЛТ СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

БЗДүүрэг 3-р хорооны нутаг дэвсгэрт байрлах “Сансар хороолол”-ыг судалгааны объект болгон авлаа.

Тус хороололд хөөсөнцөр хавтангаар нэмэлт дулаалга хийсэн дараах айллыг сонгон авав.

- Баруун тийш харсан байрлалтай, наран талдаа 9 давхар орон сууцны 4 давхарт байрлах айл

Туршилтын багаж хэрэгсэл

1. Хэт улаан туяаны камер

Testo885 дулааны камер



Уг камер нь янз бүрийн термографийн аппликейшнд ашиглагдах боломжтой дулааны хэт улаан туяаны камер юм. Хэт улаан туяаны нягтрал 320 x 240 пиксел, 1200°C хүртэл өндөр

температурт хэмжилт хийх боломжтой.

А. Туршилтын хэсэг.

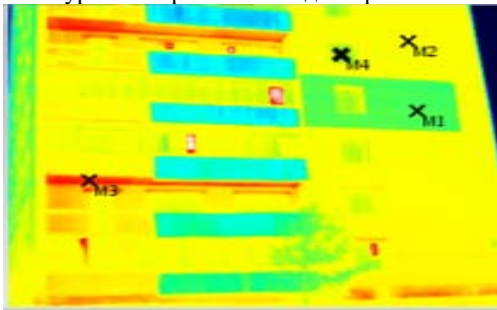
Орон байрны дулааны алдагдал нэмэлт дулаалга хийсэн үед хэрхэн буурсныг тодорхойлох зорилгоор

сонгон авсан объектын гадаргуугын температурын тархалтыг Testo 885 дулаан камер ашиглан фото зураг аван тодорхойлсон.

Авсан хэмжилтийг testo885 программ ашиглан, дурын цэгүүд сонгон авч температурыг тодорхойлон үр дүнг боловсруулав.



Зураг 1. Наран талын 4 давхарын айл



Зураг 2. Гадаргуугын температурын тархалтыг хэт улаан туяаны камераар авсан байдал

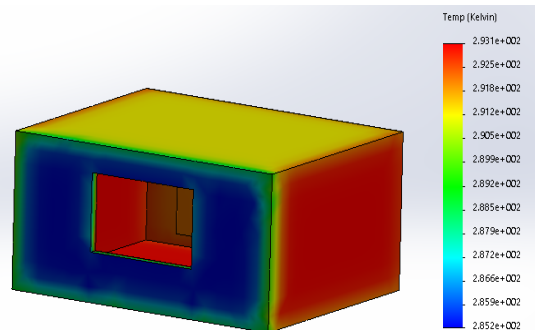
Уг хэмжилтийг хийхэд гадна агаарын температур 8°C байсан.

Дараах сонгон авсан цэгүүдэд:

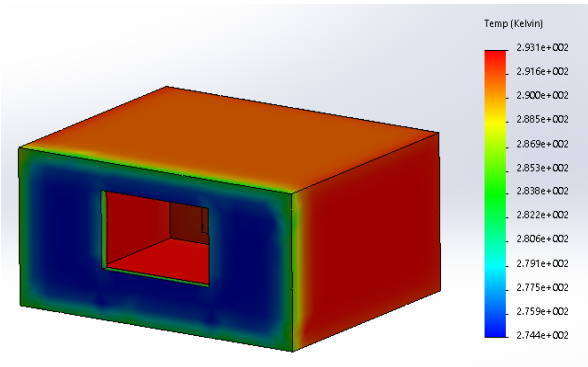
- M1-1.8 °C
- M2- 5.9 °C
- M3-12.5 °C
- M4- 3.3 °C тус тус байв.

Хэмжилтийн үр дүнд нэмэлт дулаалга хийсэн (M1 цэг дээрхи) үеийн болон нэмэлт дулаалгагүй үеийн (M2 цэг дээрхи) дулааны урсгалын тархалтыг “SOLIDWORKS” хэмээх инженерийн программаар загварчилан дүрслэв.

Симуляци хийхдээ нэг өрөөний зохион байгуулалтаар объектийг хийсвэрлэн авч үзсэн болно. Мөн зөвхөн гадна талын дулааны урсгалаар тодорхойлсон. Симуляцийн программын тусламжтайгаар тухайн объектийн дурын аль ч хэсгийн гадаргуугын температурыг тодорхойлох боломжтой юм.



Зураг 3. Нэмэлт дулаалгатай үеийн дулааны урсгалын симуляци



Зураг 4. Нэмэлт дулаалгагүй үеийн дулааны урсгалын симуляци

III. ДҮГНЭЛТ

Тус барилгын хувьд нэмэлт дулаалга хийгдсэн болон хийгдээгүй үеийн температурын тархалтаар хэт улаан туяаны камерийн тусламжтай тодорхойлсон бөгөөд уг хэмжилтийн үр дүнд M2 цэг (нэмэлт дулаалга хийгдээгүй айл) дээрхи гадаргуугын температур 5.9°C, M1 цэг (нэмэлт дулаалга хийсэн айл) дээрхи гадаргуугын температур 1.8 °C байгаа нь хөөсөндөр хавтангаар дулаалга хийсэн айлын дулааны алдагдал харьцангуй бага буюу ойролцоогоор 60-аад хувиар буурсныг харуулж байна.

Уг хэмжилтийн үндсэн дээр инженерийн программд симуляци хийх нь тухайн туршилтийн физик мөн чанарыг ойлгоход илүү дөхөм болохоос гадна орчны тухайн цэг бүр дээрх утгуудыг тодорхойлоход илүү дөхөм болж байгаа билээ. Цаашдаа урьдчилсан байдлаар симуляци хийх нь цаг хугацаа, эдийн засагт хэмнэлттэй, аливаа санаанд шийдвэр гаргахад баталгаатай байдлыг нэмэгдүүлээс гадна эрчим хүчний салбар нэг шат ахих дэвшил болж болох юм.

IV. Ашигласан материал

1. A.W.M. (Jos) van Schijndel (2012) “BES with FEM: Building Energy Simulation using Finite Element Methods”, 5p.
2. Б.Намхайням. “Дулаан хангамжийн систем” УБ, 2015 он. (Гурав дахь хэвлэл).
3. Инженерийн лавлах (боть – I), (Хүрээлэн буй орчны салбар), УБ 2014 он, 595х.
4. М.Доржпалам “Барилгын дулааны алдагдлыг тодорхойлох шаардлага, тооцох аргачлал”, УБ 2008 он, 56х.
5. Jaakko Viholaa,*, Jaakko Sorria, Juhani Heljoa, Paavo Keroa (2015) “Heat loss rate of the Finnish building stock”, 8p.
6. Yan Gao (2014), “Building dynamic thermal simulation of low-order multi-dimensional heat transfer”, 2p.
7. S.Yang (2018), “Volume element model for 3D dynamic building thermal modeling and simulation”, 19p.
8. Yudi Nugraha Bahar , Christian Pere, Jérémie Landrieu and Christophe Nicolle (2013) “A Thermal Simulation Tool for Building and Its Interoperability through the Building Information Modeling (BIM) Platform”, 19p.
9. <https://www.testo.com/en-US/testo-885-2/p/0563-0885-V2>

ДСЦТС” ХК-ИЙН 6/10 кВ-ИЙНН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ГАЗАРДЛАГЫН ГҮЙДЛИЙН ТООЦОО

Б.Даваабаяр*, Г.Бэхбат*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. “Дархан Сэлэнгийн Цахилгаан Түгээх Сүлжээ” ХК-ийн үйлчлэх хүрээний 6/10 кВ-ийн шугам сүлжээний газардлагын гүйдэлийн тооцоо цаашлаад “Цахилгаан Дамжуулах Үндэсний Сүлжээ” ТӨХК-ийн Төвийн бүсийн салбарын 110/6 кВ-ийн Үйлвэр дэд станц, 110/6 кВ-ийн Бурхант дэд станц, 110/6 кВ-ийн Давхар дэд станц, 110/6 кВ-ийн Тосгон дэд станц, 110/35/6 кВ-ийн Хөтөл дэд станц, 110/35/6 кВ-ийн Сүхбаатар дэд станцуудын секцүүдийн газардлагын гүйдэл хэвийн хэмжээнд байгаа эсэх, нейтралийн горим өөрчлөх эсэхд дүгнэлт хийхэд оршино.

Түлхүүр үг: НФГ-/нэг фазын газардлага/, саармаг цэгийн горим, газардлага, бодит эсэргүүцэлийн горим.

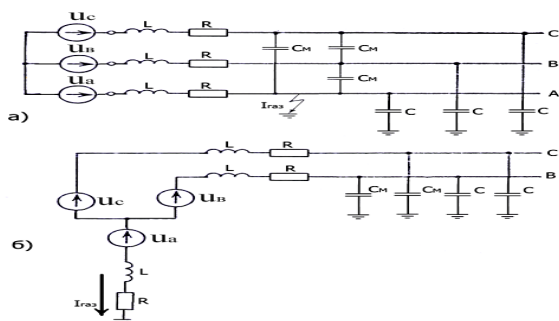
III. ОРШИЛ

Монгол орны нөхцөлд 6,10,35 кВ-ийн шугам сүлжээ нь тусгаарлагдсан саармаг цэгийн горимд ажиллана. Саармаг цэгийн ийм горимд ажилладаг шугам сүлжээнд нэг фазын газардлага гарахад богино залгааны гүйдэл шууд гүйхгүй бөгөөд газардсан цэгээр эрүүл фазуудын газартай харьцангуй багтаамжийн гүйдэл гүйнэ.

Ийм шугам сүлжээний аль нэг фазад газардлага гарахад зөвхөн газардлагын дохиолол ажиллаж мэдээлэл өгөх ба гарсан газардлага өөрөө арилахгүй буюу газардлагыг арилгаж чадахгүй бол 2 цагийн дотор шугам сүлжээг гар ажиллагаагаар таслах ёстой.

Тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй шугам сүлжээнд газардлага гарахад гүйх гүйдлийн хэмжээ, хэт хүчдэл үүсэх эсэх нь тухайн шугам сүлжээний ажлын хүчдэл, фазуудын газартай харьцангуй багтаамжаас ихээхэн хамаарна.

Дээрх шугам сүлжээний орлуулгын ерөнхий бүдүүвч, нэг фазын газардлага гарсан үеийн тооцооны схемүүдийг зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1. Тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй 3 фазын хэлхээний ерөнхий бүдүүвч (а), нэг фазын газардлагын тооцооны схем (б)

Зурагт u_a, u_b, u_c – эр фазуудын хүчдлийг, L болон R – эр фазуудын утасны индукцлэл ба идэвхитэй эсэргүүцлийг, C – эр фазуудын газартай харьцангуй багтаамжийг, мөн C_M – эр фаз хоорондын багтаамжуудыг тус тус дүрслэн харуулсан байна.

Зураг 1^б-д А фазад нэг фазын газардлага гарсан үед харгалзах тооцооны схемийг харуулав.

А фазад газардлага гарахад эрүүл фазууд (В, С)-ын газартай харьцангуй багтаамж нь А фазтай харьцангуй үүсэх фаз хоорондын багтаамж C_M -тэй тус бүр зэрэгцээ холбогдож байгааг бас анхаарах хэрэгтэй.

Газардлагын гүйдлийн хэмжээ нь ажлын хүчдэл ба фазуудын багтаамжаас хамаарч дараах илэрхийллээр тодорхойлогдоно.

$$I_{\text{газ}} = U_{\phi} \cdot 3 \cdot \omega \cdot C$$

Үүнд: U_{ϕ} - фазын хүчдлийн утга, В; ω - өнцөг давтамж, $f=50$ Гц үед $\omega=314$; C - иугам сүлжээний газартай харьцангуй нийт багтаамж, Ф;

Газардлагын гүйдлийн хэмжээг нарийвчлан тогтооход газартай харьцангуй багтаамжийг зөв тооцоолох нь чухал ач холбогдолтой.

Шугам сүлжээний кабель ба агаарын шугамуудын газартай харьцангуй нийлбэр багтаамжийг дараах илэрхийллээр тооцоолно.

$$C = \sum_{i=1}^n C_{o.k.i} \cdot l_{k.i} + \sum_{j=1}^m C_{o.a.j} \cdot l_{a.j}$$

Үүнд: $C_{o.k.i}$ - i дугаар кабелийн нэгж уртын багтаамж, мкФ/км; $C_{o.a.j}$ - j дугаар агаарын шугамын нэгж уртын багтаамж, мкФ/км; $l_{k.i}$ - i дугаар кабелийн урт, км; $l_{a.j}$ - j дугаар агаарын шугамын урт, км; n - уийт кабель шугамын тоо; m - Нийт агаарын шугамын тоо;

Кабель шугамын нэгж уртын багтаамж нь кабелийн тусгаарлагыг хийсэн материал, утасны хөндлөн огтлол, ажлын хүчдэл зэргээс ихээхэн хамаарах ба дундажаар $C_{o.k}=0.2 \div 0.4$ мкФ/км хэмжээнд байна.

Харин агаарын шугамын багтаамж нь харьцангуй бага байх бөгөөд утасны хөндлөн огтлолоос бараг үл хамаарч, 6,10 кВ-ийн шугаманд $C_o=0.005$ мкФ/км, 35кВ-ийн шугаманд $C_o=0.0041$ мкФ/км байхаар тооцоонд авна.

Кабель шугамуудын нэгж уртад харгалзах багтаамж нь кабелийн тусгаарлагын төрөл, ангилал, ажлын хүчдлийн түвшингөөс ихээхэн хамаарна.

Уламжлалт цаас-тосон тусгаарлагатай кабелиудын багтаамж нь сүүлийн үед гарсан полиэтиленэн тусгаарлагатай кабелийнхаас харьцангуй бага байх ба харин хүчдлийн түвшин дээшилэхэд тусгаарлагын зузаан нэмэгдэх тул кабелийн нэгж уртад харгалзах багтаамж багасдаг онцлогтой.

Цаас-тосон тусгаарлагатай 6,10 кВ-ийн кабелиудын нэгж багтаамжийн хэмжээ нь дамжуулагч утасныхаа хөндлөн огтлолоос хамаарч хэрхэн өөрчлөгддөг болохыг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1.

6-10кВ-ийн цаас-тосон тусгаарлагатай кабелиудын нэгж уртад харгалзах хувийн багтаамжуудын хэмжээ (мкФ/км)

Хөндлөн огтлол, мм ²	С _т , 1км-г харгалзах хувийн багтаамж, мкФ/км	
	6кВ	10кВ
25	0.137	0.109
35	0.158	0.124
50	0.183	0.142
70	0.214	0.165
95	0.247	0.192
120	0.278	0.215
150	0.311	0.238
185	0.343	0.262
240	0.383	0.292

Мөн өндөр хүчдлийн полиэтиленэн тусгаарлагатай кабелиудын нэгж багтаамжийг хүснэгт 2-д дэлгэрүүлэн харуулав.

Хүснэгт 2.

Полиэтиленэн тусгаарлагатай өндөр хүчдлийн кабелиудын нэгж уртад харгалзах багтаамжийн утгууд, мкФ/км

Хүчдэл, кВ	Утасны хөндлөн огтлол, мм ²													
	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800	1000	1200
6	0.3	0.340	0.390	0.420	0.450	0.500	0.560	0.610	0.62	0.67	0.75	0.84	0.930	1.04
6/10	0.255	0.289	0.328	0.351	0.384	0.423	0.468	0.516	0.569	0.630	0.700	0.792	0.880	0.983
10/10	0.226	0.254	0.288	0.307	0.336	0.370	0.410	0.450	0.493	0.550	0.610	0.680	0.757	0.845
15	0.207	0.230	0.262	0.280	0.305	0.325	0.369	0.405	0.445	0.492	0.548	0.615	0.680	0.759
20	0.179	0.200	0.225	0.240	0.260	0.285	0.313	0.343	0.376	0.414	0.460	0.515	0.568	0.633
35	0.130	0.143	0.159	0.168	0.181	0.196	0.214	0.230	0.253	0.277	0.305	0.339	0.371	0.411

Инженерийн хялбарчилсан тооцоонд агаарын шугамтай үед газардлагын багтаамжийн гүйдлийг $I_C = U \cdot L_{a,ш}/350$. кабель шугамтай үед $I_C = U \cdot L_{k,ш}/10$ гэсэн илэрхийллүүдээр тус тус тооцоолож болох ба үүнд: U- шугамын хүчдэл, кВ; L_{a,ш}, L_{k,ш}-агаарын ба кабель шугамын нийт урт, км-ээр тус тус илэрхийлэгдэнэ.

Шугам сүлжээний газартай харьцангуй нийлбэр багтаамжийг тооцоолохдоо хоорондоо цахилгаан холбоотой бүх кабель ба агаарын шугамуудын нийлбэр хэлбэрээр тодорхойлохоос гадна хүчний трансформаторын багтаамжуудыг бас тооцож болно.

Шугам сүлжээнд залгагдаж ашиглагдаж байгаа 6, 10, 35 кВ-ийн хүчний трансформаторуудын үүсгэх багаамж C_{тp}-ийн хэмжээг дараах илэрхийллээр тооцно.

$$C_{тp} = C_1 + \frac{C_2 \cdot C_{12}}{C_2 + C_{12}}$$

Үүнд: C₁ – трансформаторын өндөр талын ороомгийн эх биетэйгээ үүсгэх багтаамж; C₂ - трансформаторын нам талын ороомгийн багтаамж; C₁₂ – өндөр ба нам талын ороомог хоорондын багтаамж;

Хүчний трансформаторуудын ороомгуудын багтаамжуудыг дараах туршилтын томъёонуудаар тооцоолж болно.

$$C_1 = 0.07 \frac{S^{0.35}}{U_1^{0.175}}, \text{ нФ}$$

$$C_2 = 1.3 \frac{\sqrt{S}}{U_2 + 13 + 0.2\sqrt{S}}, \text{ нФ}$$

$$C_2 = \frac{\sqrt{S}}{U_1}, \text{ нФ}$$

Үүнд: S – Трансформаторын чадал, кВА; U₁, U₂ – Өндөр ба нам талын хүчдэл, кВ;

Эдгээр илэрхийллүүдийг ашиглан 6, 10, 35 кВ-ийн хүчний трансформаторуудын ерөнхий багтаамжийн хэмжээг бодож, хүчдэл ба чадлаас нь хамааруулан хүснэгт 3-д хавсаргав.

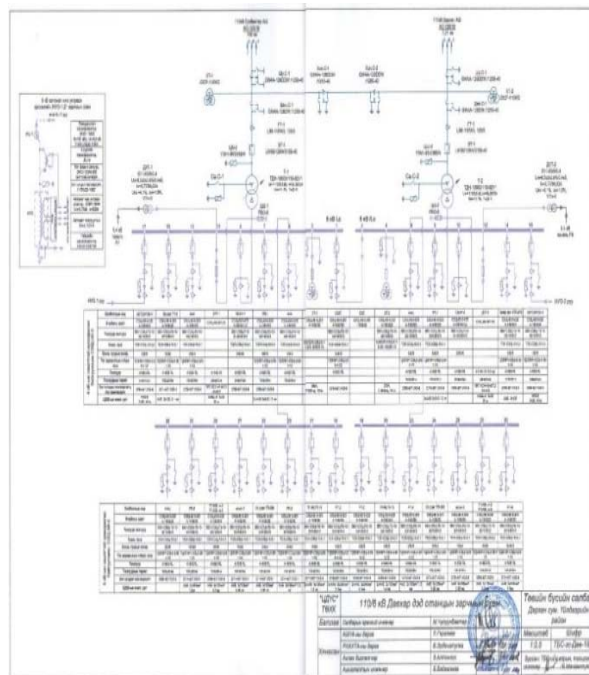
Хүснэгт 3

6, 10, 35 кВ-ийн хүчний трансформаторуудын C_{тp}(пикоФарад) багтаамжийн тооцооны үр дүн

Трансформаторын бүрэн чадал, кВА	Хэвийн хүчдэл, кВ		
	6/0.4 кВ	10/0.4 кВ	35/0.4 кВ
40	552	467	274
63	671	568	470
100	816	692	403
160	995	818	489
250	1195	1018	590
400	1448	1236	714
630	1732	1486	869
1000	2066	1781	1052

ДСЦТС ХК нь ЦДҮС ТӨХК-ийн 110/35/6 кВ, 110/6 кВ-ийн дэд станцуудын 6 кВ-ийн 12 секцүүдээс гарсан бүх агаарын болон кабель шугамуудын газартай харьцуулсан багтаамжийн хэмжээ, шугам бүрийн үүсгэх нэг фазын газардлагын гүйдлийг нарийвчлан тооцоолсон болно.

Тооцооны жишээ болгон 6 кВ-ийн секцийн газардлагын гүйдэл хамгийн өндөр гарсан 110/6 кВ-ийн Давхар, 110/6 кВ-ийн Бурхант дэд станцуудын секцүүдийн газардлагын гүйдлийг болон үр дүнгийн хүснэгийг дэлгэрэнгүйгээр нь хүснэгт 4, хүснэгт 5-д үзүүлэв.



Зураг 2. “ЦДҮС ТӨХК”-ийн 110/6 кВ-ийн Давхар дэд станцын схем

ДЭД СТАНЦЫН ГАЗАРДУУЛГЫН ТООЦООНЫ АРГАЧЛАЛ БА АЛГОРИТМ БОЛОВСРУУЛАХ

М.Даваажанцан*, Ш.Гантөмөр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Цахилгаан Дамжуулах Үндэсний Сүлжээний 110/220 кВ-ийн дэд станцуудын ашиглалтын хугацаанд судалгаа хийж үзэхэд 20-30 жил ажиллаж байгаа тоноглол 37 %, 30-40 жил ажиллаж байгаа тоноглолууд 31 % байна. Эдгээр дэд станцуудын хувьд үндсэн тоноглолуудад шинэчлэл хийгдэж байгаа боловч цахилгаан тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагааг бүрэн хангадаг газардуулах байгууламжид шинэчлэл хийгдэхгүй байна. Мөн газардуулах байгууламжийн төмөр хийцүүдийн ашиглалтын хугацаа нь эрдэмтдийн тооцоо судалгаагаар 20-30 жил ашиглагдсан тохиолдолд газардуулах байгууламжийн төмөр хийцүүд зэврэлт, элэгдэл, хуучралтанд орж ЦБД-д заасан зөвшөөрөгдөх эсэргүүцлийн хэмжээ ихсэж, реле хамгаалалтын ажиллагаанд сөрөг нөлөө үзүүлэхээс гадна сүүлийн үеийн микропроцессорын төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон нийцүүлэлтийн техникийн шаардлагыг хангаж чадахгүй байна. Ийм учраас газардуулах байгууламжийг шинэчлэх зайлшгүй шаардлагатай.

Түлхүүр үг. 220/110/35 кВ дэд станцын газардуулга, IEEE Std 80-2000.

ОРШИЛ

Уг судалгааны ажлаар олон үет хөрст газардуулгыг судалж, 220/110/35кВ-ийн дэд станцыг судалгааны ажлын объектоор сонгож, IEEE Std 80-2000 стандартаар харьцуулсан газардуулгын тооцоог гүйцэтгэж, гүний газардуулгын системийг өнөөгийн монгол улсад хэрэглэгдэж байгаа газардуулгын системийг 220/110/35 кВ хүчдлийн түвшинд шинээр нэвтрүүлэх зорилго тавьсан.

Судалгааны ажлын практик ач холбогдол

Монгол улсын Эрчим хүчний салбарт IEEE Std 80-2000 стандартыг ашигласнаар газардуулах байгууламжийн хэлбэр хийцийн сонголт өөрчлөгдөж, дэд станцын газардуулах байгууламжийн ашиглалтын хугацаа, цахилгаан тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагаа, реле хамгаалалтын төхөөрөмжийн хэвийн ажиллагаа, хүмүүсийн амь нас, аюулгүй ажиллагаанд эерэг үр дүн үзүүлж, орчин үеийн электрон төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон нийцүүлэлтийг бүрэн хангах боломжтой.

Судалгааны ажлын шинэлэг тал

IEEE стандарт дурьдсан тооцооны хялбаршуулсан аргачлалтай харьцуулан хийсэн судалгааны үр дүнгээр IEEE Std 80-2000 стандартын газардуулгын тооцооны хялбаршуулсан аргыг эрчим хүчний салбарын зураг төслийн байгууллагуудад ашиглаж мөн IEEE-гийн стандартыг монгол стандарт хөрвүүлж ашиглах боломжтой.

Уг стандартыг мөрдсөнөөр газардуулах байгууламжийг гүйцэтгэдэг эрх бүхий

байгууллагуудын угсралтын ажил гүйцэтгэж байх явцад хяналтыг сайжруулснаар газардуулах байгууламж, цахилгаан болон электрон төхөөрөмжүүдийн найдвартай ажиллагаа бүрэн хангагдана.

Дэд станцын газардуулах байгууламжийн тооцоо хийх аргачлал

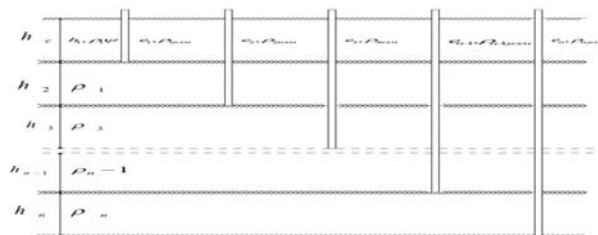
Газардуулгын тооцоо хийхийн тулд бүх газардуулгын электродын урт ба өргөн, диаметр, газардуулгын талбай, электродын газарт суулгах гүн, хөрсний хувийн эсэргүүцэл, газардлагын богино залгааны гүйдэл зэрэг нь мэдэгдэж байх ёстой. Хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь хөрсний гүн, хөрсний нягт, найрлага, бүтэц, чийгшил, температур зэргээс хамаарч янз бүр байна. Хөрс хэдий нягтралтай байна төдий чинээ багасдаг. Хөрсний нягтралыг ихэсгэхэд хөрсөнд байх нүх сүвний хэмжээ багасч гүйдэл дамжуулах талбайн ихсэн хөрсний дамжуулах чадвар дээшилнэ. Дамжуулах чадвар дээшилбэл, эсэргүүцэл нь буурна. Иймд газардуулагч электродыг суулгахдаа тухайн газрын хөрсийг нягтруулж өгөх нь материалын хэмнэлтийг ихэсгэнэ. Цаг уурийн байдлаас хамаарч хөрсний ус чийгийн байдал, түүнд ууссан хүчлийн хэмжээ, хөрсний температур зэрэг нь өргөн хязгаарт өөрчлөгддөг тул хөрсний хувийн эсэргүүцлийн хэмжээ мөн өргөн хязгаарт өөрчлөгднө.

Өвлийн цагт хөрс хөлдөх бөгөөд зуны цагт хөрсний ус чийг ууршдаг тул хөрсний эсэргүүцлийн хэмжээ ихэсдэг. Хавар намрын улиралд хөрсөнд ус чийг нилээд хуримтлагдах тул хөрсний эсэргүүцэл багасна.

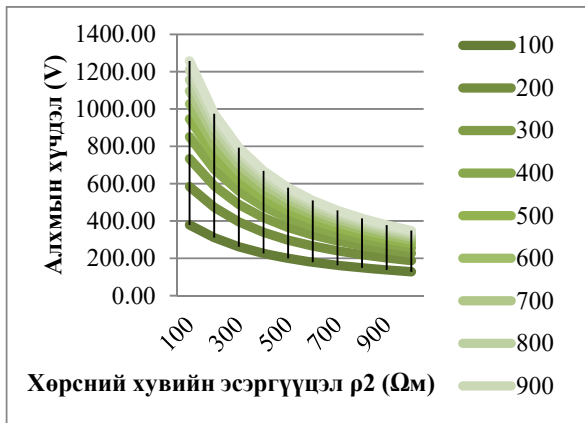
Иймд газардуулагч электродыг хэдий гүнд суулгавал тэр үеийн хөрсний хувийн эсэргүүцэл төдий чинээ тогтмол байна.

Хэмжилт туршилтаас үзэхэд жилийн болон улирлын турш хөрсний хувийн эсэргүүцэл өвлийн цагт буюу 1 сард 0,7 м гүнд өндөр харин дулааны улиралд 5-10 сард 2,5 м гүнд хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь маш бага тогтмол байдаг учир хөрсийг дээд ба доод 2 үед хувааж үзэж болох юм.

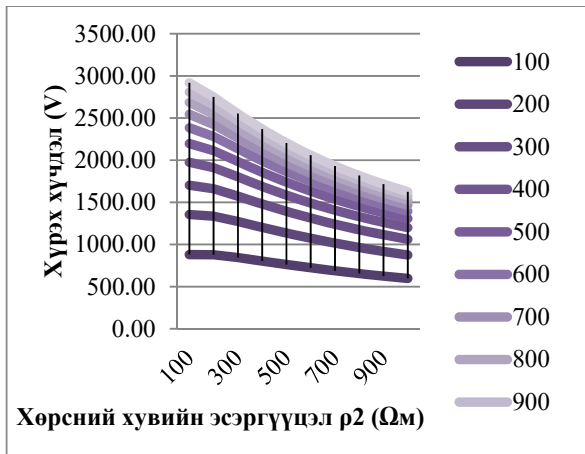
Олон үет хөрсийг эквивалент 2 үет хөрсөнд шилжүүлэх хөрсний эсэргүүцлийг тодорхойлох Хөрсний эсэргүүцлийг хэмжихдээ янз бүрийн урттай зонд электродыг хөрсөнд босоогоор суулгаж, эсэргүүцлийг томъёогоор олно. Янз бүрийн гүн дэх хөрсний хувийн эсэргүүцлийг тодорхойлсны дараа давхрага үе тус бүрийн эсэргүүцлийг тодорхойлно.



Зураг 1.



Зураг 3. Хөрсний доод үеийн хувийн эсэргүүцлээс алхмын хүчдлийн хамаарах хамаарамж



Зураг 4. Хөрсний доод үеийн хувийн эсэргүүцлээс хүрэх хүчдлийн хамаарах хамаарамж

IEEE STD 80-2000 стандартаар газардуулгын тооцоо хийх тооцооны анхдагч өгөгдөл болон дэс дараалал:

1. Тооцооны анхны өгөгдлүүдийг тодорхойлно. Үүнд:
 - Хөрсний эсэргүүцэл
 - Хөрсний дээд үеийн эсэргүүцэл
 - Газардлагын гүйдлийн үйлчлэх утга
 - Газардлага гарах хугацаа
 - Дамжуулагчийн зөвшөөрөгдөх хамгийн их температур
 - Хөрсний дээд үеийн зузаан
 - Газардуулгын хүрээ суулгах гүн

Газардуулгын материал хэмжээг сонгох:

Газардуулга хийх материалаа сонгож, тухайн материалын хувийн эсэргүүцэл, дулааны коэффициент, даах хамгийн өндөр температур гэх мэт өгөгдлүүдийг цуглуулж, тооцоо хийн дээр заагдсан газардлагын гүйдлийг даах хэмжээ буюу хөндлөн огтлолын талбайг сонгоно.

Дамжуулагчийн хөндлөн огтлолын талбайг олох илэрхийлэл:

$$Amm^2 = \frac{I}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \times 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

I -газардлагын гүйдэл (кА); Amm^2 - дамжуулагчийн хөндлөн огтлолын талбай (mm²); T_m - зөвшөөрөгдөх температурын хамгийн их утга (°C); T_a - орчны температур (°C); α_r - Заагдсан температур дахь дулааны коэффициент (1/°C); ρ_r - материалын хувийн эсэргүүцэл (μΩ·cm); K_0 - α_r -ийн урвуу хэмжигдэхүүн (°C); t_c - газардлагын гүйдэл гүйх хугацаа (s); $TCAP$ - материалын дулаан багтаамж (cm³·°C);

Хүснэгт 5.

Материалын тогтмолууд (IEEE Std 80-2000)

Материалууд	Материалын дамжууламж (%)	20°C дахь ρ_s коэффициент	K_0 (0°C үе дэх ρ_s урвуу хэмжигдэхүүн)	T_m (Зөвшөөрөгдөх температурын хамгийн их утга (°C))	ρ_s (20°C үе дэх хувийн эсэргүүцэл (μΩ·cm))	TCAP Дулаан багтаамж (μJ/cm ³ ·°C)
Зэс электрод	100	0,00393	234	1083	1,72	3,42
Зэс электрод	97	0,00381	242	1084	1,78	3,42
Зэс бүрхүүлтэй ган утас	40	0,00378	245	1084	4,4	3,85
Зэс бүрхүүлтэй ган утас	30	0,00378	245	700	5,86	3,85
Зэс бүрхүүлтэй ган электрод	20	0,00378	245	1084	8,62	3,85
Aluminium EC Grade	61	0,00403	228	657	2,86	2,56
5005 Хөнгөн цагааны хайлш	53,5	0,00353	263	652	3,22	2,6
6201 Хөнгөн цагааны хайлш	52,5	0,00347	268	654	3,28	2,6
Хөнгөн цагаан бүрхүүлтэй ган утас	20,3	0,0036	258	657	8,48	3,58
Ган, 1020	10,8	0,0016	605	1510	15,9	3,28
Зэвэрдэггүй ган электрод	9,8	0,0016	605	1400	17,5	4,44
Цайрдаг ган электрод	8,6	0,0032	293	419	20,1	3,93
Зэвэрдэггүй ган, 304	2,4	0,0013	749	1400	72	4,03

3. Хүрэх болон алхмын хүчдлүүдийн зөвшөөрөгдөх хязгаарыг тооцох

Хүрэх болон алхмын хүчдлүүдийг дараах илэрхийллүүдээр тооцно.

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s}$$

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2hs + 0.09}$$

C_s - хүрэх болон алхмын хүчдлийн коэффициент;
 K - хөрсний эсэргүүцлийн зэргийн коэффициент;
 ρ_s - хөрсний дээд үеийн эсэргүүцэл (Ω·m);
 ρ - доод үеийн хөрсний эсэргүүцэл (Ω·m);
 h_s - хөрсний дээд үеийн зузаан (m);

70 кг жинтэй хүний алхмын хүчлийг олох илэрхийлэл:

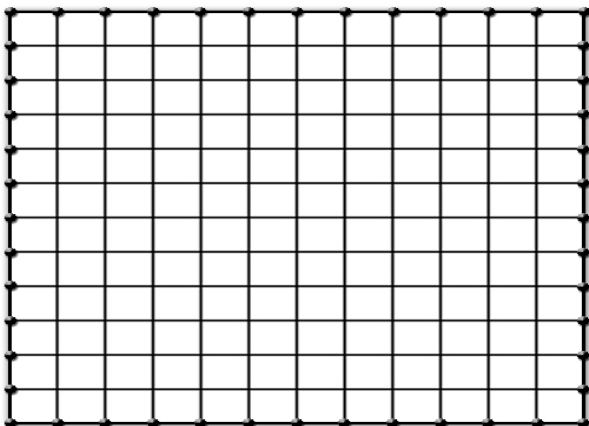
$$E_{step70} = (1000 + 6C_s \times \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

Хүснэгт 6.

Хүрэх болон алхмын хүчдлийн зөвшөөрөгдөх утга (IEEE Transaction on Power Delivery, vol18)

Улирлаас хамаарсан хөрсний эсэргүүцэл (Ωm)	Хөрсний дээд үетэй		Хөрсний дээд үетэй	
	Алхмын хүчдэл (V)	Хүрэх хүчдэл (V)	Алхмын хүчдэл (V)	Хүрэх хүчдэл (V)
10	152,5	146	3123	888,8
40	178,4	152,5	3130,8	890,6
100	230,2	165,5	3148,1	894,9
200	316,5	187	9130,6	2389,9
500	575,5	251,8	9208,3	2410,1
1200	1179,8	402,9	9396,1	2456,9
5000	4460,3	1223	10412,6	2711,1

4. Газардуулгын моделийн загвар гаргах Ямар хэмжээтэй талбайд, хэдэн метрийн урттай, хэдэн ширхэг босоо электрод, нийт хэдэн метр урт хэвтээ электрод орох, моделийн нэг талд харгалзах нүдний тоо, түүний зай зэргийг тооцно.



Зураг 5. 220/110/35 дэд станцын газардуулгын тооцооны хялбаршуулсан загвар

Газардуулгын электродын эсэргүүцлийг тооцох Зориудын газардуулах байгууламжийн ерөнхий эсэргүүцлийг дараах илэрхийллээр тооцно.

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

A - Газардуулгын хүрээний нийт талбай;
 R_g -Газардуулгын эсэргүүцэл;

Газардуулгаар гүйх хамгийн их гүйдлийн хэмжээг тооцох:

$$I_G = D_f \times I_g$$

I_G - Газардлагын хамгийн их гүйдэл (A);
 D_f - Газардлага явагдах хугацаанаас хамаарах коэффициент (s);
 I_g - Газардлагын гүйдлийн үйлчлэх утга (A);

Газардлагын потенциалыг тооцох:

$$GPR = I_G \times R_g$$

GPR - Газардлагын потенциал (V);

I_G - Газардлагын хамгийн их гүйдэл (A);

R_g - Газардуулгын эсэргүүцэл (Ω);

Хүрэх хүчдлийн хамгийн их утгыг тооцох:

$$Emesh(Design) = \frac{\rho \times I_G \times K_m \times K_i}{L_C + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \times L_R}$$

K_i - Гүйдлийн коэффициент;

$$K_i = 0.644 + 0.148n$$

$$n = n_a \times n_b \times n_c \times n_d$$

$$n_a = \frac{2 \times L_T}{L_P} dsf$$

L_T - нийт электродуудын урт (м); L_P -хүрээний урт (м);
 n_b -хүрээний нүд квадрат үед 1 гэж авна. n_c -хүрээний нүд квадрат үед 1 гэж авна. n_d -хүрээний нүд квадрат үед 1 гэж авна. K_m -Хүрэх хүчдлийн алслалтын коэффициент.

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left[\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right] + \frac{K_{ii}}{Kh} \ln \left[\frac{8}{\Pi(2n-1)} \right]$$

D -хэвтээ электрод хоорондын зай, м;

h -хэвтээ электродыг суулгасан гүн, м;

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \times n)^n}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{ho}}$$

Алхмын хүчдлийн хамгийн их утгыг тооцох;

$$Estep(Design) = \frac{[(K_s \times K_i \times \rho \times I_G)]}{[0.75 \times L_C + 0.85 \times L_R]}$$

K_s -Алхмын хүчдлийн алслалтын коэффициент;

K_i -Гүйдлийн коэффициент;

ρ -Доод үеийн хөрсний хувийн эсэргүүцэл (Ом м);

I_G -Газардлагын хамгийн их гүйдэл (A);

L_C -Хэвтээ электродуудын нийт урт (м);

L_R -Босоо электродуудын нийт урт (м);

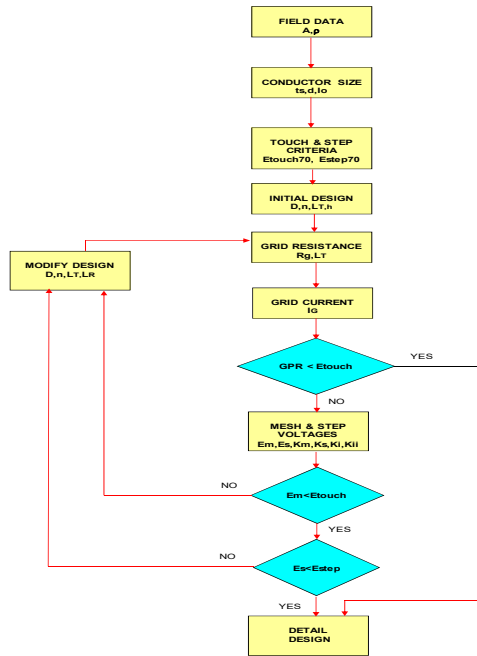
Алхмын хүчдлийн алслалтын коэффициент:

$$K_s = \frac{1}{\Pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \left(\frac{1-0.5^{n-2}}{D} \right) \right]$$

D -хэвтээ электрод хоорондын зай;

h -хэвтээ электродыг суулгасан гүн;

IEEE Std 80-2000 стандартын газардуулгын тооцооны алгоритмыг доорх зурагт үзүүлэв.



Зураг 6. Газардуулгын тооцоо хийх алгоритм

Хүснэгт 7

IEEE STD 80-2000 газардуулгын тооцоо

ρ	Кернэл дээд үеийн эсэргүүцэл Кернэл дээд үеийн эсэргүүцэл	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
K	$K = \frac{\rho - \rho_0}{\rho + \rho_0}$	0.00	0.33	0.50	0.60	0.67	0.71	0.75	0.78	0.80	0.82
C_s	$C_s = \frac{0.06(1 - \frac{\rho}{\rho_0})}{2\rho + 0.08}$	1.00	1.31	1.61	1.82	2.22	2.53	2.84	3.14	3.45	3.76
E_{touch}	$E_{touch} = (1000 + 6C_s \rho) \sqrt{\frac{0.137}{\rho}}$	385.23	395.03	406.81	417.58	518.38	556.16	593.94	642.72	691.50	722.28
E_{step}	$E_{step} = (1000 + 1.5C_s \rho) \sqrt{\frac{0.137}{\rho}}$	256.34	265.53	275.73	285.82	356.12	386.31	416.51	456.70	496.90	514.08
R_g	$R_g = \rho \sqrt{\frac{1}{L} \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{250 \rho} \right)}$	0.25	0.51	0.76	1.02	1.27	1.53	1.78	2.04	2.29	2.55
$GPR = I_g \times R_g$		2400.2	4900.4	7200.8	9600.7	12000.9	14401.1	16801.2	19201.4	21601.6	24001.8
E_m	$E_m = \frac{GPR \times K + E_{step} \times C_s}{0.75 + L \times 0.837 + L \times C_s}$	201.42	402.84	604.26	805.68	1007.10	1208.53	1409.95	1611.37	1812.79	2014.21
E_{step}	$E_{step} = \frac{E_{step} \times C_s}{L \times 0.837 + L \times C_s} + E_{step}$	388.22	376.45	1164.87	1862.88	1941.12	2328.34	2717.56	3106.78	3494.01	3882.23

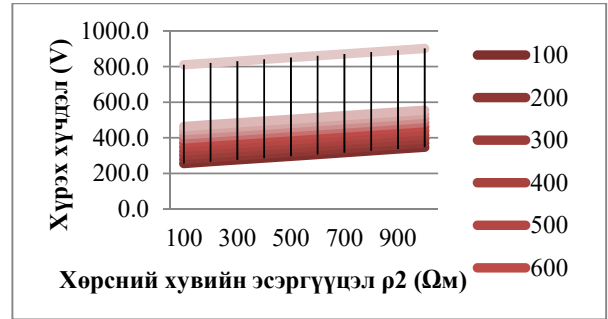
IEEE Std 80-2000 стандартын газардуулгын тооцоо дээд үеийн хөрсний эсэргүүцэл 100Ωм.

Хүснэгт 8.

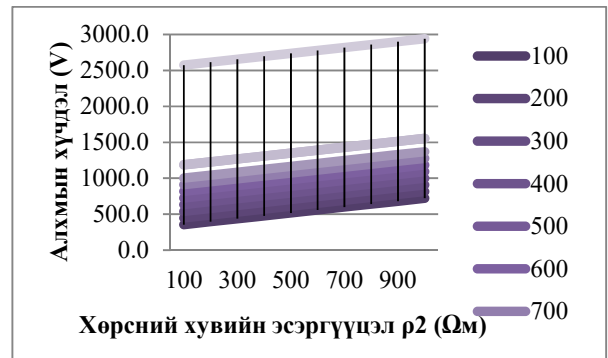
Тооцооны үр дүн

ρ_1		ρ									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
100	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	355.3	395.0	436.8	477.6	518.4	559.2	599.9	640.7	681.5	722.3
	U_{xpr}	255.3	265.5	275.7	285.9	296.1	306.3	316.5	326.7	336.9	347.1
200	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	447.7	488.5	529.3	570.0	610.8	651.6	692.4	733.2	773.9	814.7
	U_{xpr}	278.4	288.6	298.8	309.0	319.2	329.4	339.6	349.8	360.0	370.2
300	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	540.1	580.9	621.7	662.5	703.3	744.0	784.8	825.6	866.4	907.2
	U_{xpr}	301.6	311.8	321.9	332.1	342.3	352.5	362.7	372.9	383.1	393.3
400	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	632.6	673.3	714.1	754.9	795.7	836.5	877.3	918.0	958.8	999.6
	U_{xpr}	324.7	334.9	345.1	355.3	365.4	375.6	385.8	396.0	406.2	416.4
500	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	725.0	765.8	806.6	847.3	888.1	928.9	969.7	1010.5	1051.3	1092.0
	U_{xpr}	347.8	358.0	368.2	378.4	388.6	398.8	409.0	419.2	429.4	439.6
600	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	817.4	858.2	899.0	939.8	980.6	1021.3	1062.1	1102.9	1143.7	1184.5
	U_{xpr}	370.9	381.1	391.3	401.5	411.7	421.9	432.1	442.3	452.4	462.6
700	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	909.9	950.7	991.4	1032.2	1073.0	1113.8	1154.6	1195.3	1236.1	1276.9
	U_{xpr}	394.0	404.2	414.4	424.6	434.8	445.0	455.2	465.4	475.6	485.8
800	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	1002.3	1043.1	1083.9	1124.7	1165.4	1206.2	1247.0	1287.8	1328.6	1369.3
	U_{xpr}	417.1	427.3	437.5	447.7	457.9	468.1	478.3	488.5	498.7	508.9
900	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	1094.8	1135.6	1176.3	1217.1	1257.9	1298.7	1339.4	1380.2	1421.0	1461.8
	U_{xpr}	440.2	450.4	460.6	470.8	481.0	491.2	501.4	511.6	521.8	532.0
1000	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	1187.2	1228.0	1268.8	1309.6	1350.3	1391.1	1431.9	1472.7	1513.4	1554.2
	U_{xpr}	463.3	473.5	483.7	493.9	504.1	514.3	524.5	534.7	544.9	555.1
2500	R	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
	U_{alk}	2573.8	2614.6	2655.3	2696.1	2736.9	2777.7	2818.4	2859.2	2900.0	2940.8
	U_{xpr}	810.0	820.2	830.4	840.6	850.7	860.9	871.1	881.3	891.5	901.7

Тайлбар: R-тооцож олсон эсэргүүцэл, U_{xpr} -хүрэх хүчдлийн хэмжээ, U_{alk} -алхмын хүчдлийн хэмжээ.

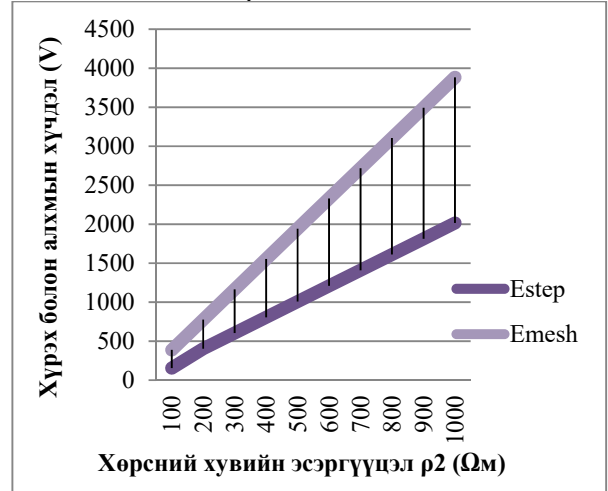


Зураг 7. Хөрсний доод үеийн хувийн эсэргүүцлээс хүрэх хүчдлийн зөвшөөрөгдөх утгын хамаарах хамаарамж



Зураг 8. Хөрсний доод үеийн хувийн эсэргүүцлээс алхам хүчдлийн зөвшөөрөгдөх утгын хамаарах хамаарамж

Зураг 7 болон зураг 8-д IEEE Std 80-2000 стандартын газардуулгын тооцооны аргаар бодож олсон хүрэх болон алхмын хүчдлүүдийн тооцооны үр дүнгийн график байна. Эндээс үзэхэд ЦЭИХ-ийн стандартаар тооцоо хийхэд хөрсний доод үеийн эсэргүүцэл багасахад хүрэх болон алхмын хүчдлүүдийн зөвшөөрөгдөх хэмжээ багасаж байна. Гадаргуу буюу дээд үеийн хөрсний эсэргүүцлийг ихэсгэхэд эдгээр хүчдлүүдийн зөвшөөрөгдөх хэмжээ нөлөөлж байна нь хүний ажиллах нөхцөлд сайнаар нөлөөлж байна гэсэн үг.



Зураг 1.4 Хөрсний доод үеийн хувийн эсэргүүцлээс хүрэх болон алхмын хүчдлийн хамаарах хамаарамж

Дээрх зургаас харахад хүрэх хүчдлийн хэмжээ хөрсний доод үеийн эсэргүүцэлтэй шууд хамааралтай өсч байна. Хүрэх хүчдлийн хэмжээ өсч байгаа ч зураг 3 болон зураг 4 үзүүлсэн хүрэх болон алхмын хүчдлийн зөвшөөрөгдөх дээд утганд хүрэхгүй байна.

Зориудын газардуулах электродууд нь ихэвчлэн хүрээ хэлбэрийн байрлалтай байх ба дэд станцын талбай дээрх потенциалын тархалтыг жигдрүүлэхийн тулд хүрээний дунд хэсэгт хэвтээ электродуудыг тор хэлбэрээр хэрж суурилуулна.

Босоо электродуудыг хүрээний гадна хэсгээр тараан байрлуулна. Хөрсний эсэргүүцэл онцгой өндөртэй хад, асгатай газруудад шаардагдах бага хэмжээний газардуулгын эсэргүүцлийг гарган авахад нэн хүндрэлтэй байх тул газардуулах байгууламжийг хөрсний эсэргүүцэл аль багатай газруудад суурилуулан хийж, газардуулгын потенциалыг тусгай дамжуулагч утсаар татаж объектой холбох аргыг хэрэглэж болно. Ийм газардуулгыг зөөгдсөн газардуулга гэж нэрлэнэ.

Хүрээ газардуулгын босоо электродуудад 5-6 см голчтой, ханын зузаан нь 3.5 мм –ээс багагүй төмөр хоолойнууд, мөн 40 x 40 ÷ 60 x 60 мм–ийн булан төмрүүдийг 2.5 ÷ 3.0 м-ийн урттайгаар суулгаж өргөн хэрэглэнэ. Мөн 10 мм-ээс багагүй голчтой бөөрөнхий төмрүүдийг 10 м хүртэл урттайгаар тайрч гүний газардуулга болгон бас хэрэглэнэ.

Хэвтээ электродуудад 4 x 12 мм-аас дээш хэмжээтэй туузан төмөр, 6 мм-аас багагүй голчтой бөөрөнхий төмрүүдийг ихэвчлэн ашиглана.

Газардуулах электродуудыг байрлуулахад анхаарах зүйлүүд:

- Газардуулах байгууламжийн гадна хүрээ болон потенциал тэгшитгэх тор төмрүүд нь барилга байгууламж, тоног төхөөрөмжийн сууринаас 0.8-1.0 м–ийн зайнд байрлал тохиромжтой байдаг .
- Потенциал тэгшитгэх торыг 0.5-0.7 м-ийн гүн суурилуулах ба тоног, төхөөрөмжүүдийг газардуулах байгууламжинд холбосон холбоос төмрүүд нь 0.3 м-аас багагүй гүнд суурилуулагдана.
- Потенциал тэгшитгэх торыг байрлуулахдаа хүрээний гаднаас дотогш чиглэлд торны нүдний хэмжээс нь ихэсч байхаар суурилуулна. Тухайлбал хүрээний гаднаас 4:5:6:7.5:9:11:13.5:16:20 м гэсэн зайнуудад торны нүдийг байрлуулна. Торны нүдний хэмжээс 30 м-аас илүү байхыг хориглоно.
- Хүчний трансформаторын саармаг цэг, богино холбогчуудыг холбосон хэсэгт торны хэмжээс 6x6м-ээс ихгүй байх шаардлагатай.
- Газардуулах байгууламж нь дэд станцын хашаан дотор байрласан тохиолдолд хашааны орох, гарах хаалгууд дээр потенциал тэгшитгэх нэмэлт электродуудыг суулгаж, газардуулах байгууламжтай холбоно. Энэ зорилгоор 3-5 м-ийн урттай хос босоо электродуудыг хаалганы хоёр талд суурилуулна.
- Дэд станцын гадна талын төмөр хашааг газардуулах байгууламжинд холбох шаардлагагүй. Харин дэд станцаас 110 кВ буюу түүнээс дээшхи хүчдлийн агаарын шугам гарсан тохиолдолд хашааг 20-50 м тутамд нь 2-3 м–ийн урттай нэмэлт босоо электродоор газардуулна.

- Дэд станцын хашаа ба газардуулах байгууламжийн хоорондоо ойртох зай нь 2 м-ээс багагүй байх шаардлагатай.
- Дэд станцын хашааны дээр суурилуулсан 1000 В хүртэлх хэрэглэгчдийг тусгаарлах трансформатораар дамжуулан тэжээнэ.

Дэд станцын хашаатай холбоотой дээрх шаардлагууд аль нь ч хэрэгжих боломжгүй бол хашааг газардуулах байгууламжтай холбож болно. Энэ үед хүрэх хүчдэл, алхмын хүчдлийг багасгах зорилгоор хашаанаас гадагш 1м-ийн зайнд хөрсөн доор 1 м-ийн гүн хэвтээ электродуудыг суурилуулж, газардуулах байгууламжтай нь 4-оос доошгүй цэгээр холбох хэрэгтэй болно.

Газардуулгын технологийн харьцуулалт

Монгол улсад хэрэглэж байгаа газардуулгын технологи нь төмөр электродыг 5 хүртэлх метрийн гүнд суулгадаг. Энэ нь хөрсний хоёр дахь үе хүртэл электродыг зоодог. ЦЭИХ-ийн стандартад электродын материал маш чухал бөгөөд хөнгөн цагаан зэс цайр гангийн хайлшуудыг ашигладаг. Газардуулгын электродыг хөрсний гуравдагч үе хүртэл суулгадаг. Хөрсний гуравдугаар үеэс эхлэн хөрсний эсэргүүцэл мэдэгдэхүйц буурдаг ба гаднын нөлөө буюу температур, чийг, цаг уурын нөлөө бага байдаг.

Хүснэгт 9

Тооцооны харьцуулалт

	Монгол стандарт	IEEE стандарт
1 Газардуулгын электродууд	$R_s = \rho \left[\frac{1}{\sqrt{3}} + \frac{\rho}{L_{eq} + n \cdot l_{eq}} \right]$ $R_s = \frac{R_{eq} \cdot R_{eq}}{R_{eq} \cdot n_{eq} + R_{eq} \cdot n_{eq} \cdot n_{eq}}$	$R_s = \rho \left[\frac{1}{L_s} + \frac{1}{\sqrt{3} \cdot d} \left(1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{3} \cdot d} \right) \right]$
2 Хүрэх хүчдэл	$U_{eq} = \rho_1 \cdot a_1 \cdot \frac{R_s}{R_s + R_{eq}} = \rho_1 \cdot a_1 \cdot a_2$	$E_{max} = (1000 + 1.5C_s \cdot \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{f}}$ $E_{mesh} = \frac{\rho \cdot L_s \cdot K_s \cdot K_r}{L_s + 1.55 + 1.22 \left(\frac{L_s}{\sqrt{L_s + l_s}} \right) \times L_s}$
3 Алхмын хүчдэл	$U_{eq} = \rho_1 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2$	$E_{max} = (1000 + 6C_s \cdot \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{f}}$ $E_{step} = \frac{[K_s \cdot K_r \cdot \rho \cdot L_s]}{[0.75 \cdot L_s + 0.85 \cdot L_s]}$

Хүрэх болон алхмын хүчдлүүдийг дээрх илэрхийлэлээр тооцон хүснэгтийн утгатай харьцуулан уг утгаас тооцооны утга байвал стандартыг хангаж байна гэж үздэг. IEEE стандартаар хүрэх болон алхмын хүчдлүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд утгуудыг тухайн тохиолдол бүрт тооцож олж дараа нь хүрэх болон алхмын хүчдлүүдийг тооцдог. Тооцож олсон утгууд нь зөвшөөрөгдөх дээд утгуудаас бага байвал стандартыг хангаж байна гэж үздэг.

ДҮГНЭЛТ

Монгол улсын Эрчим хүчний салбарт IEEE Std 80-2000 стандартыг ашигласнаар газардуулах байгууламжийн хэлбэр хийцийн сонголт өөрчлөгдөж, дэд станцын газардуулах байгууламжийн ашиглалтын хугацаа, цахилгаан тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагааг бүрэн хангаж, реле хамгаалалтын хэвийн

ажиллагаа сайжирч, цахилгаан болон соронзон орны нийцүүлэлтийг бүрэн хангах боломжтой юм.

Монгол улсын газардуулгын тооцооны аргачлалуудыг, IEEE стандарт дурьдсан тооцооны хялбаршуулсан аргачлалтай харьцуулан хийсэн судалгааны үр дүнгээр IEEE Std 80-2000 стандартын газардуулгын тооцооны хялбаршуулсан аргыг эрчим хүчний салбарын зураг төслийн байгууллагуудад ашиглаж мөн IEEE-гийн стандартыг орчин үеийн тоног төхөөрөмжүүдэд нийцсэн Монгол стандарт болгон хөрвүүлж ашиглах боломжтой.

Уг стандартыг мөрдсөнөөр газардуулах байгууламжийг гүйцэтгэдэг эрх бүхий байгууллагуудын угсралтын ажил гүйцэтгэж байх явцад хяналтыг сайжруулж, газардуулах байгууламж, цахилгаан болон электрон төхөөрөмжүүдийн найдвартай ажиллагаа бүрэн хангагдана.

Ашигласан материал

1. З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэтуяа “Өндөр хүчдлийн техник III Аянга хамгаалалт газардуулга” Улаанбаатар хот 2011 он

2. IEEE std 80-2000 guide for safety in ac substation grounding
3. Bogajewski, W., Dawalibi, F., Gervais, Y., and Mukhedkar, D., “Effects of sustained ground fault current on concrete poles,” IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-101, no. 8, pp. 2686–2693, Aug. 1982.
4. Dalziel, C. F., “Dangerous electric currents,” AIEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 65, pp. 579–585, 1123–1124, 1946.
5. Wenner, F., “A method of measuring earth resistances,” Bulletin of the Bureau of Standards, Report no 258, vol. 12, no. 3, pp. 469–482, Feb. 1916.
6. Долин П.А “Основы техники безопасности в электроустановках” Москва 1984
7. Долин П.А “Справочник по технике безопасности” Москва 1984
8. Карякин Р.Н , “Заземляющие устройства электроустановок” Справочник, Москва 2002
9. Бургсдорф В.В, Якобс А.И, “Заземляющие устройства электроустановок” Москва 1987
10. Ш. Гантөмөр, “Цахилгаан станц, дэд станц”, Улаанбаатар, 2011.

МАТЛАБ ПРОГРАММ АШИГЛАН C2000 МИКРОПРОЦЕССОР ПРОГРАММЧЛАХ

Ё.Молом *, Б.Нямбаяр*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Энэ өгүүллээр Матлаб-Симулинк орчинд бичигдсэн симуляцийн програмаас микропроцессорт ачаалагдах боломжтой C код үүсгэх, тус C кодоор TMS320F027F микроконтроллэрыг програмчлах талаар өгүүлнэ.

Түлхүүр үг: Матлаб, симулинк, embedded coder, микроконтроллёр, C2000 микропроцессор.

I. ОРШИЛ

Орчин үеийн бүх электрон эд хэрэгсэл дотроо микропроцессор агуулсан байдаг ба тус бүр өөрийн гэсэн програм хангамжийн дагуу ажиллаж байдаг. Микропроцессорт зориулсан програм хангамжийг хөгжүүлэх маш олон арга, хэрэглүүр байдгаас ихэнх хүмүүс C код ашиглан програм хөгжүүлж байна. Гэвч C код нь хүнд математик тооцоололтой алгоритм, програм бичих үед маш олон мөр код болж цаг шаардсан ажил болдог.

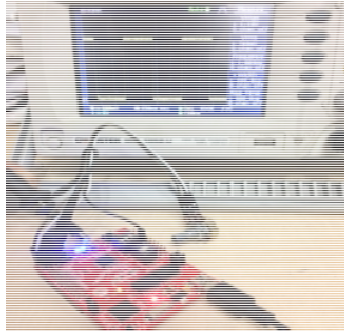
Матлаб симулинк бол дэлхий даяар олон мянган судлаач, инженерүүд ашигладаг өөрсдийн санаа шийдлийн математик тооцоо, үр дүнг хөрсөн дээр буулгахдаа хэрэглэдэг хүчирхэг програм хангамж юм [1]. Ембэдэд кодер (Embedded Coder®) нь Матлаб програмын дэд програм ба симулинк болон матлаб орчинд бичигдсэн кодыг уншигдахуйц, бага хэмжээтэй эмбедэд процессорт зориулсан C болон C++ код болгон хувиргаж гаргадаг. Дан ганц C код гаргахаас гадна програм хангамжийн стандарт шаардлагад нийцсэн үүссэн кодны хайлтын системтэй тайланг мөн үүсгэдэг. Тус үүссэн кодыг ашиглан дурын

микропроцессор програмчлан өөрсдийн санаа шийдлийг түргэн хугацаанд хэрэгжүүлэх боломж нээгдэх юм. Судалгаа шинжилгээ хийж шинийг бүтээж буй залуусд цаг хугацаа хэмнэсэн хүчирхэг хэрэгсэл алхам тутамд шаардлагатай болдог. Одоогоор энэхүү график орчинд програмчилдаг эмбэдэд кодер ашигласан маш олон төслүүд амжилттай хэрэгжсээр байна.

II. Туршилтын платформ

Launchxl-f Энэ удаагийн туршилтанд Texas instruments компаний туршилтын хавтан 28027 микроконтроллэрыг ашиглалаа. Энэ нь C2000 төрлийн TMS320F28027F MCU дээр суурилсан, 60 MIPS төв процессор, 64 KB дотоод санах ой, 8ш өндөр нарийвчлалтай PWM сувагтай, 12 бит 4.6 MSPS ADC, цуваа мэдээллийн холболт гэх зэрэг боломжуудтай. Өөр дээрээ USB оролттой тул програмчлах нэмэлт төхөөрөмж шаардахгүй програм хуулах, цуваагаар мэдээлэл солилцох боломжтой юм.

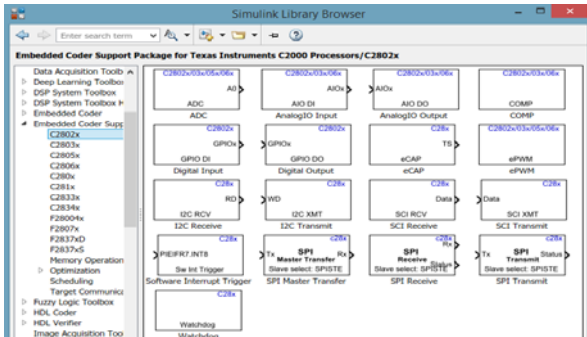
Үйлдвэрлэгчийн санал болгож буйгаар тус микроконтолэрыг хөдөлгүүрийн удирдлагад голчлон ашигладаг ба энэ удаагийн судалгааны ажлаар тус микроконтроллёр дээр хэрхэн үр дүнтэй найдвартай програм зохиох талаар голчлон судлаж үр дүнг орууллаа.



Зураг 1. F28027F Launchpad туршилтын хавтан

II. Програм хангамж (Matlab supported package TI C2000 processors)

Матлаб симулинок дотроо инженерийн маш олон салбарын тооцоо туршилтын загвар гаргахад хэрэг болох блокыг агуулж байдаг. Цахилгаан эрчим хүч, электроник, механик бүр санхүүгийн загвар гаргаж тооцоолол хийх боломжтой. Харин симулинкийн загвараа TI C2000 төрлийн микропроцессорт шаардлагатай кодруу хөрвүүлэхэд Матлаб програм дээр нэмэлтээр дараах “Embedded coder Supported Package for Texas Instrument C2000” гэх дэд програмыг нэмж суулгах шаардлагатай болно. Зааврын дагуу дэд програмыг суулгасан тохиолдолд симулинок цэс дотор зураг 2- т үзүүлсэн нэмэлт цэс бий болно.



Зураг 2. Матлаб симулинок C2000 процессорын блок агуулсан нэмэлт цэс

Нэмэлт цэс дотор C2000 төрлийн микропроцессорын бүх төрлийн функцүүдийг илэрхийлсэн блокууд байх ба шаардлагатай блокуудыг цуглуулан моделоо бүтээж програмын орчинд загварчлан оновчлоод микроконтроллэрт шаардлагатай C кодыг үүсгэж хэрэглэх юм [2] [3].

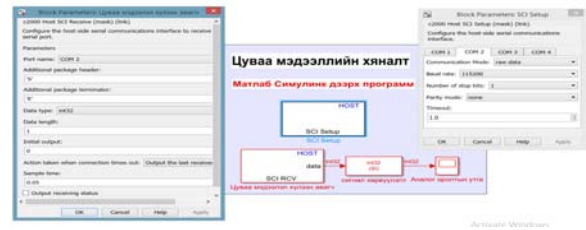
III. Симулянк загвар, туршилтын үр дүн

Матлаб симулинок дээр 2 тусдаа загвар гаргасан ба эхний загвар нь C кодлуу хөрвөж F28027F микроконтроллэрт дээр ажиллана. 2 дахь загвар нь Windows-ийн орчинд симулинок дээрээ ажиллаж цуваагаар микроконтроллэртэй холбогдож мэдээлэл уншиж үр дүнг дэлгэцээр үзүүлж ажиллах юм. Микроконтроллэрт дээр ажиллах програм нь аналог оролтын мэдээллийг уншиж түүнийгээ тоон утгуудтай харьцуулан туршилтын хавтан дээрх 4 LED гэрлийн алийг асаахаа тооцоолхоос гадна аналог оролтын утгыг цуваагаар компьютерлуу дамжуулах юм.



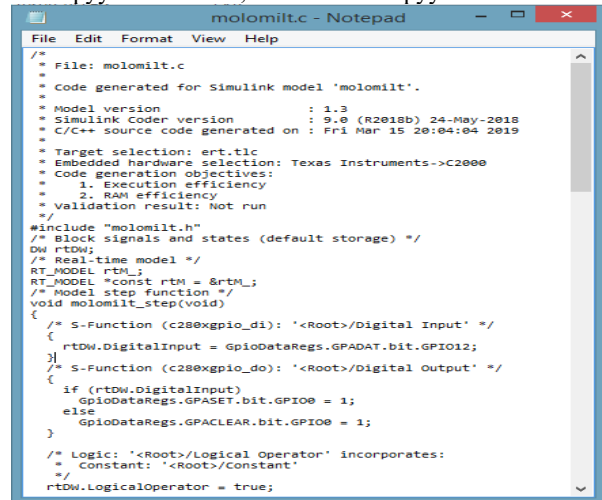
Зураг 3. Микроконтроллэрт дээр ажиллах симулинок загвар

Зураг 3-т микроконтроллэрт дээр ажиллах симулинкийн загварыг үзүүлэв. Симулинок загвараас аналог, дижитал оролтуудыг блок байдлаар дүрсэлж хооронд нь холболт хийж зарим мэдээлэл дээр математик үйлдлүүдийг ойлгомжтой хялбар хийж буйг харж болно [4].

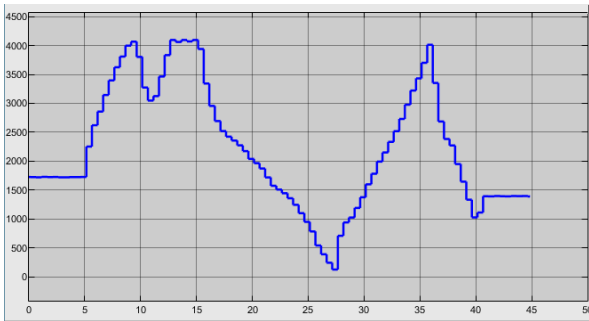


Зураг 4. Windows орчинд ажиллах симулинок загвар

Windows орчинд ажиллах симулинкийн загварыг зураг 4-т үзүүлэв. Тус загвараас харахад компьютерийн COM2 цуваа мэдээлэл дамжуулах оролтыг ашиглан микроконтроллэроос ирсэн мэдээллийг уншиж аваад “аналог оролтын утга” гэсэн хугацааны диаграмд мэдээллийг үзүүлэхээр байна [5]. Зураг 6-д хугацааны диаграмд микроконтроллэроос орж ирсэн мэдээллийг дүрслэн үзүүлэв. Аналог оролтын утга 0 В байх үед 0 утга авч, 3,3 В байх үед 4096 гэсэн утга авах ба зураг 1-д үзүүлсэн бодит туршилтын хавтанд үзүүлсэн хувьсаагч эсэргүүцлийн тусламжтай аналог оролтын утгыг хугацаанаас хамааруулан ихэсгэж, багасгаж тохируулав.



Зураг 5. Үүссэн C код



Зураг 6. Матлаб програм дээрх цуваа мэдээллийн утга

ДҮГНЭЛТ

Аливаа удирдлага хийхэд зарим тооцоолол шаардлагатай болдог энэ тооцооллыг Матлаб симулинк дээр хэрэгжүүлэхэд маш хялбар байдаг. Дан ганц тооцоолол хийхээс гадна заавал бодитоор биш симуляцийн түвшинд олон дахин турших үр дүнг оновчлол боломжийг симулинк олгож өгдөг. Үүн дээр нэмээд өөрийн симуляцийн програмыг шууд бодит микроконтроллер дээр ямарч алдаа гаргалгүйгээр ажиллуулах, түүнд зориулсан үйлдвэрлэлийн түвшний код гаргаж авсан энэхүү судалгааны ажил олон

АГААРЖУУЛАЛТЫН ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ГОРИМЫН ТОХИРУУЛГЫН СУДАЛГАА

Э.Мөнхжаргал*, О.Пүрэвжал*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Агааржуулалтын төхөөрөмжийн ажиллагаа,
өнөөгийн байдал

Манай орны хувьд одоогийн байдлаар дулаан түгээлтийг хэрэгцээний халуун ус хангамжийн тоноглолын шаардлагат хамгийн бага температур болох 60-70 °C-д хугаралтай байх халаалтын температурын графикаар хангаж байна. Дулаан түгээлтийн график 70 °C-д хугаралтай үед агааржуулалтын болон кондиционерийн систем нь зайлшгүй температурын автомат тохируулгатай байх ёстой.

Агааржуулалтын системийг зүгшрүүлэлтийн хувьд авч үзвэл үйлдвэрийн болон нийгэм ахуйн барилгын халаалт агааржуулалтын дулааны ачааллын ихэнхийг агаар халаах төхөөрөмжийн ажиллагаа хааж байдаг. Дулаан хангамжийн системийн зүгшрүүлэлтийн ажлаас хамгийн их хөдөлмөр зарцуулалт ихтэй, хүндрэлтэй нь агаар халаах тоноглолын горимын тооцоо, тохируулга, туршилтын ажил байдаг.

Тооцооны үндсэн дээр горимыг зөв тогтоосноор халаалт-салхивчийн системийн ажиллагааг сайжруулах, сүлжээний буцах усны температур, агаар халаах төхөөрөмжөөс гарах агаарын температурыг зураг төсөлд заасан буюу зөвшөөрөгдөх утганд тохируулж ажилласанаар эдийн засгийн үр ашигтай, найдвартай ажиллагааг хангах юм.

Зорилго: Энэхүү ажлын гол зорилго нь агааржуулалт-салхивчийн системийн зүгшрүүлэлтийн ажлын горимын тооцоо хийхэд ашигладаг томъёогоор параметрийн утгыг олоход олон дахин давтагддаг итерацийн аргаар бодоход маш хүндрэлтэй байдаг.

судлаач, зохион бүтээгчдэд шинэ санаа өгнө гэдэгт найдаж байна.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Gautam Iyer “An introduction to Texas instruments C2000 Real – time control microcontrollers: Covering Launchxl-F28027 Launchpad in detail with step-by-step Lab sessions with TI-CCS and Mathworks simulink” ISBN: 978-15207242498.
2. Steve Barrett, Daniel Pack and Dung Dang “Embedded Systems Design with the Texas Instrument MPS432™ 32 bit Processor”.
3. Dingyu Xue, Yang Chen “System simulation techniques with MATLAB and Simulink” ISBN: 978-1-118-69437-4, 2013, p – 488.
4. Jim Ledin “Embedded Control Systems in C/C++, an introduction for Software developers using Matlab”, ISBN: 978-1578201273.
5. [Nannan He](#) ; [Han-way Huang](#) “Use of model-based design to teach embedded systems programming” 14-17 May 2017.

Дээрх хүндрэлийг хялбарчлахын тулд агааржуулалт-салхивчийн системийн зүгшрүүлэлт хийхэд зориулсан ном, сурах бичиг, товхимолуудад номограмм, таблиц, график ашиглан тооцоо хийх аргуудыг хэрэглэсэн нь тооцооны үр дүн нарийвчлал багатай гардаг. Иймээс орчин үед компьютерийн техник тоног төхөөрөмж ашиглан тооцооны аргаар горимын тооцоо хийх аргыг боловсруулахыг зорьсон болно.

Калориферийг агааржуулалтын систем, агаар халаалт, кондиционер, агаарын хөшгөөр агаарыг халаахад ашигладаг. Агаар халаалт нь зөвхөн халаалтын улиралд байх бөгөөд гадна агаарын тооцоот температураас хамаарч 3 бүлэгт хуваагдана.

А бүлэгт: Орон сууц, нийгэм ахуйн барилга, түүнчлэн хорт хий, уур, тоос ялгаруулдаггүй үйлдвэрийн барилга хамаарна. Энэ бүлгийн агааржуулалтын системийн зураг төслийг агааржуулалтын гадна агаарын тооцоот температур ($t_{нв}^{\prime}$)-аар хийнэ.

Б бүлэгт: Гадагшлуулж байгаа агаарыг тэнцвэржүүлэх болон агаарын бохиртой тэмцэх зориулалтаар ашигладаг нийт агаарыг сэлгэх агааржуулалтын систем болох агаарын халаалт, агаарын хөшиг, кондиционерийн систем хамаарна. Агааржуулалтын системийг халаалтын гадна агаарын тооцоот температураар ($t_{но}^{\prime}$) тооцно.

В бүлэгт: Технологийн параметрийг шаардлагат хэмжээнд нь барих зориулалттай кондиционерийн систем хамаарна. Энэ бүлэгт тооцооны температур болгож гадна агаарын хамгийн бага температурыг ($t_{но}^{min}$) авна.

Калориферийн төхөөрөмж нь нэг ба олон явалттай гэж хуваагддаг. Усан дулаан зөөгчтэй үед олон явалтат калориферийг хэрэглэх нь тустай бөгөөд хоолойн байрлалыг хэвтээ байрлалд тоноглоно (угсарна). Харин босоо байрлалд тоногловол дээд цэгт нь агаар (хий) гаргах, доод цэгт нь ус юүлэх шугам гагнаж, хаалт угсрах болно. Усаар халааж байгаа үед калориферийн төхөөрөмж дэх ганц болон бүлэг калориферийг хөлдөхөөс хамгаалж таслах боломжийг урьдчилан авсан байна. Калориферийн төхөөрөмжийг зориулалтаар нь:

- Халаалтын төхөөрөмж (ОА), агаарын хөшиг (ВЗ), агааржуулах төхөөрөмж ба кондиционерийн агаар халаагуур гэж хуваадаг (ПУ).

Халаалтын агрегатыг дулаан зөөгчийн орох, гарах температурын өгөгдсөн утганд тохирсон дулааны ачаалалтай загвараар (ТИП) үйлдвэрлэдэг. Барилгын

дотор агаарыг халаалтын агрегатад дахин халаах (рециркуляци) агаарын температур 25-55°C байхаар паспортанд нь заасан байдаг.

- Агаар үлээх калориферийн төхөөрөмж нь гаднаас өгч байгаа агаарыг өрөөний дотор агаарын заагдсан температурт (16-25°C) халаах зориулалттай. Мөн заагдсан хамгийн өндөр температурт агаарыг халаахаас гадна халаалтын үүрэг гүйцэтгэнэ.
- Агаарын хөшигний хувьд халаах агаарын температур гадна хаалганд 50°C-ээс, технологийн зориулалттай хаалга, гарцанд 70°C-ээс ихгүй байна. (Хэрвээ технологийн шаардлагаар өөр температур заагаагүй бол)
- Кондиционерийн агаар халаах төхөөрөмж нь тухайн орчны эрүүл ахуй, технологийн шаардлагатай уялдуулж агаарыг заагдсан температурт халаах зориулалттай.

Калориферийн төхөөрмжийг агаарын явалтын хувьд 1,2 ховор тохиолдолд 3 эгнээгээр холобх бөгөөд, эгнээндээ 1 төрлийн хэд хэдэн 1-12 хүртэл калориферийн бүрдэлтэй байж болно. 1 эгнээний калориферүүдийг хооронд зай завсаргүй нягт холбох шаардлагатай. 1 эгнээний калориферүүд нь тагны дээд болон хажуу хэсгээрээ холбогдохдоо зай завсар гарсан тохиолдолд металл цит болон тоосгон хана хийнэ.

Дулаан зөөгчийн хувьд цуваа холбогдсон калориферүүдийн хэд хэдэн зэрэгцээ хэсгүүдийг хооронд нь цуваа, зэрэгцээ болон холимог схемээр холбоно.

Хамгийн үр ашигтай нь цуваа холболт бөгөөд үүнийг дулаан зөөгчийн калориферийн тоноглолд унах даралт нь өмнөх түрэлтээсээ бага байх тохиолдолд холбож болно. Боломжит түрэлт нь хангалтгүй бол холимог холболтыг хэрэглэнэ. Гидравлик эсэргүүцлийн хувьд 1 явалтат калориферийг 12-15 ширхэгээс илүүгүйг цуваа холбож болно.

Калориферийн төхөөрөмжийн тооцооны анхдагч өгөгдлүүд

Калориферийн төхөөрөмжийн тооцоо гэж тухайн төхөөрөмжийн дулааны тооцоот хүчин чадал Q_p , халсан агаарын тооцоот температур t_{1p} , дулаан зөөгчийн тооцоот зарцуулалт G_p , болон төхөөрөмжөөс гарах түүний температурыг τ_{2p} -ийг тодорхойлох юм.

Калориферийн төхөөрөмжийн тооцоо хийхэд дараах өгөгдлүүд тодорхой байх ёстой. Үүнд:

- Төхөөрөмжийн дулаан техник болон гидроаэродинамик шинж чанарт хамааралтай техникийн өгөгдөл,
- Калориферээс гарах агаарын эзлэхүүний L (m^3/c) буюу жингийн $L\rho$ ($кг/ц$) тооцоот зарцуулалт,
- Калориферт орох агаарын тооцоот температур t_{2p}
- Сүлжээний өгөх τ_{1p} , буцах τ_{2p} тооцоот температур,

Калориферийн төхөөрөмжийн дулаан техникийн характеристик нь халах гадаргууг F m^2 ба дулаан дамжуулалтын коэффициент k -ийн хамаарлаар тодорхойлогдоно.

Калориферийн гидродинамикийн характеристик нь агаар дайрч өнгөрөх f_b ба дулаан зөөгчийн f_r урсгалын хөндлөн огтлолын талбай, калориферт өгөх усны холболтын схемээр тодорхойлогдоно.

Агаарын эзлэхүүний зарцуулалт L (m^3/c) өгөгдсөн байвал түүнийг агаарын тооцоот температурт харгалзах агаарын нягтаар үржүүлж жингийн зарцуулалтыг $L\rho$ ($кг/ц$) тодорхойлно. Харин агаарын зарцуулалт өгөгдөөгүй бол туршилтаар тодорхойлно.

Агааржуулалтын төхөөрөмжийн ажиллагааг шинжлэх Хэрвээ калориферийн төхөөрөмжийн тооцоот дулааны хүчин чадал өгөгдсөн бол тооцоогоор тодорхойлох параметр нь:

- Халсан агаарын тооцоот температур t_{1p}
- Калориферийн дараа буцах усны тооцоот температур τ_{2p}
- Сүлжээний усны буюу халаах усны тооцоот зарцуулалт G_p

Калориферийн төхөөрөмжөөс гарах агаарын тооцоот температур $t_{1p} > 50^\circ C$ буюу зураг төсөлд заасан тооцоот температураас бага $t_{1p} > t_{1np}$ тохиолдолд $t_{1p} = 50^\circ C$ буюу $t_{1p} = t_{1np}$ гэж үзэж дулааны ачааллыг Q_p шинээр тодорхойлно.

Хэрэв t_{1np} -ийн утга тодорхойгүй бол $t_{1p} = 20^\circ C$ гэж авна. Хэрэв төсөлд заасан дулааны Q_p буюу бодож олсон дулааны ачаалал Q_p -ын утганд сүлжээний буцах усны тооцоот температур $t_{2p} > 70^\circ C$ байвал $\tau_{2p} = 70^\circ C$, харин $\tau_{2p} < 40^\circ C$ байвал $\tau_{2p} = 40^\circ C$ гэж авах бөгөөд Q_p , t_{1p} -ын утгыг дахин тооцно. Хэрвээ t_{1p} -ын шинэ утга дээр заагдсан хязгаараас хэтэрвэл тухайн калориферийн төхөөрөмж нь агаарын тухайн зарцуулалтанд тохирохгүй байна гэж үзээд түүний ажиллах параметрийг хангах өөрчлөлт хийх шаардлагатай.

Калориферийн төхөөрөмжийн тооцоот дулааны ачааллын зураг төслийн өгөгдөлгүй үед дараах томъёогоор тодорхойлж болно.

$$Q = \left[\frac{4.22}{(L\rho)_p} + \frac{2}{K \cdot F \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2} \right]^{-1} \cdot (\tau_{1p} + \tau_{2p} - 2\tau_p) \cdot 10^{-6}$$

Гкал/ц (1)

энд: α_1 -калориферийн дотор хоолойн гадаргуугийн бохирдолтыг тооцсон коэффициент, $\alpha_1 = 0.8 \div 1.0$ гэж авна.

α_2 -эгнээнд цуваа холбогдсон калорифер байгаатай холбоотой агаарын явах замд унах температурын бууралтыг тооцсон коэффициент бөгөөд дараах байдлаар авна.

Хүснэгт 1.

Төхөөрөмжийн калориферийн тоо	< 6	6..	..8	10	12	16	18
α_2	1	0.96	0.94	0.9	0.85	0.72	0.65

Калориферийн төхөөрөмжийн дулааны ачааллыг тодорхойлохдоо калориферийн халах гадаргуун үр ашигт талбайг ашигладаг.

$$F_3 = F \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \quad (2)$$

Калориферийн төхөөрөмжөөс гарах агаарын температур нь төхөөрөмжийн тооцоот дулааны ачааллын их, багыг заах бөгөөд буцах усны температурыг $40^\circ\text{C} \leq t_{\text{р}} \leq 80^\circ\text{C}$ хязгаарт байхаар ихэсгэж багасгаж болох боловч 70°C -ээс хэтэрч болохгүй.

$t_{2\text{р}}$ -ын дээрхи утганд калориферийн төхөөрөмжөөс гарах агаарын температур $t_{1\text{р}} > 50^\circ\text{C}$ буюу $t_{1\text{р}} < 20^\circ\text{C}$ байвал калориферийн төхөөрөмж нь агаарын тооцоот зарцуулалттай тохирохгүй байна гэж үзэж шинэчлэх шаардлагатай.

Калориферийн дулаан дамжуулалтын коэффициентийг дараах томъёогоор тодорхойлогддог.

$$K = A \cdot (v \cdot \rho)^n \cdot \omega^m \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ц} \cdot ^\circ\text{C}) \quad (3)$$

энд: А-тоон коэффициент (нэг төрлийн калориферт тогтмол); n ба m-өгөгдсөн калориферийн дулааны болон аэродинамикийн шинж чанарыг харуулсан зэргийн илтгүүр; ω -калориферийн шугам хоолой дахь дулаан зөөгчийн хурд, м/с;

Калориферийн бодит хөндлөн огтлол дахь агаарын жингийн хурдыг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$v \cdot \rho = \frac{L \cdot \rho}{3600 \cdot f_{\text{в}}}; \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с} \quad (4)$$

энд: $f_{\text{в}}$ - калориферийн төхөөрөмжийн агаар нэвтрэх бодит хөндлөн огтлол, м^2

Дулаан дамжуулалтын коэффициент К нь тодорхойлоход ω ба $v \cdot \rho$ -оос хамааралтай байна. Иймд дараах итерацийн аргаар гүйцэтгэнэ. Эхлээд ойролцоогоор 1 явалттай калориферт $w^{(0)} = 0.1$ м/с, олон явалттай калориферт $w^{(0)} = 0.8 \div 1.0$ м/с гэж аваад К-г тодорхойлоод үүний дараа (5) томъёогоор усны хурдны шинэ утгыг $w^{(1)}$ -ийг, дулааны ачааллыг (1) томъёогоор олно.

$$w^{(1)} = \frac{0.278 \cdot Q}{f_{\text{T}}(t_{1\text{р}} - t_{2\text{р}})} \text{ м}/\text{с} \quad (5)$$

энд: f_{T} -дулаан зөөгч өнгөрөх калориферийн труба хоолойн хөндлөн огтлол, м^2 ;

Хэрвээ $w^{(1)} \neq w^{(0)}$ бол $w^{(0)}$ -ын утгыг $w^{(1)}$ гэж үзээд үйлдлийг дахин давтана. Усны хурдны (ω) утгын харьцангуй зөрүү $\pm 5\%$ хэтрэхгүй болсон үед тооцоог температурыг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$t_{1\text{р}} = t_{2\text{р}} + \frac{4.22 \cdot 10^6}{L \cdot \rho} \cdot Q \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

Агааржуулалтын төхөөрөмжийн горимын тооцооны аргачлал

Туршилтын үеийн калориферийн төхөөрөмжийн дулааны ачааллыг дараах томъёогоор олно.

$$Q_{\text{вн}} = G_{\text{вн}} \cdot c_{\text{в}}(t_{2\text{и}} - t_{1\text{и}}) \text{ ккал}/\text{ц} \quad (7)$$

Сүлжээний усны зарцуулалт:

$$G_{\text{Tн}} = \frac{Q_{\text{вн}}}{(\tau_{1\text{и}} - \tau_{2\text{и}})} \text{ кг}/\text{ц} \quad (8)$$

Усаар халдаг агаарын калориферийн хувьд дараах хамааралтай байдаг.

$$\kappa \cdot F = E \cdot W_{\text{в}}^n \cdot W_{\text{T}}^m \quad (9)$$

энд: К-дулаан дамжуулалтын коэффициент [ккал/ $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$];

$$\kappa = A \cdot (v \cdot \rho)^n \cdot W_{\text{T}}^m \quad (10)$$

Усны урсгалын хурдыг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$W_{\text{T}} = \frac{G_{\text{Tр}}}{3600 \cdot c_{\text{Tр}} \cdot \rho} \text{ м}/\text{с} \quad (11)$$

$\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ - усны нягт; $W_{\text{в}}$, W_{T} - агаар болон усны эквивалент зарцуулалт;

$$W_{\text{в}} = c_{\text{в}} \cdot L_{\text{р}} \quad W_{\text{T}} = c_{\text{T}} \cdot G_{\text{T}} \quad (12)$$

энд: $c_{\text{в}}$; c_{T} -халсан агаар болон дулаан зөөгч усны дулаан багтаамж, ккал/кг $^\circ\text{C}$; $L_{\text{р}}$; G_{T} -агаар ба усны жингийн зарцуулалт, кг/ц;

(9) тэгшитгэлийг хувиргалт хийсний дараа ус-агаарын нэг калориферт дулааны тодорхойломжийг дараах томъёогоор олно.

$$E = N \cdot \frac{F}{f_1^n \cdot (1000 \cdot f_{\text{н}})^m} \text{ ккал}/\text{ц} \cdot ^\circ\text{C} \quad (13)$$

энд: N-тухайн төрлийн калориферт тогтмол тоон утга.

$$N = \frac{A}{3600 \cdot c_{\text{в}}^n \cdot c_{\text{T}}^m} \quad (14)$$

энд: f_1 , f_2 -калориферийн төхөөрөмжөөр өнгөрөх агаар ба усны бодит хөндлөн огтлолын талбай, м^2 ;

Калориферийн дулааны тодорхойломжийг сүлжээнд холбогдсон схемээс нь хамааруулан хэд хэдэн бүлэг калориферээс бүрдэж байвал дараах байдлаар тодорхойлно.

• Зэрэгцээ холболтын үед:

$$E = N \cdot \frac{F \cdot S^{1-n} \cdot Z^{1-m}}{f_1^n \cdot (1000 \cdot f_2)^m \cdot T^m} \quad (15)$$

• Цуваа холболтын үед:

$$E = N \cdot \frac{F \cdot S^{1-n} \cdot Z}{f_1^n \cdot (1000 \cdot f_2)^m} \quad (16)$$

• Холимог холболтын үед(зэрэгцээ-цуваа):

$$E = N \cdot \frac{F \cdot S^{1-n} \cdot Z}{f_1^n \cdot (1000 \cdot f_2)^m \cdot T^m} \quad (17)$$

энд: S -Нэг эгнээнд байрлах калориферийн тоо; Z -холбогдсон калориферийн эгнээний тоо; T -усны зэрэгцээ урсгалын тоо.

Агаарын зарцуулалт өгөгдсөн үед калориферийн төхөөрөмжийн параметрийг дараах томъёогоор тодорхойлно. Энэхүү параметр нь тухайн калориферт тогтмол байна.

$$\Phi_1 = \frac{E}{W_{\text{в}}^{1-n} \cdot W_{\text{T}}^m} \quad (18)$$

Калориферийн төхөөрөмжийн тооцоог хийхийн тулд дулааны ачааллыг Е.Я.Соколовын характеристик иэжшитгэлийг ашиглана.

$$Q = \Sigma W_m \cdot \nabla$$

Энэхүү тэгшитгэлээр дулааны нэгжгүй хувийн ачааллыг тодорхойлохын тулд ус болон агаарын эквивалент зарцуулалтын аль нь бага болохыг мэдэх шаардлага гардаг. Иймээс тэгшитгэлийг дараах байдлаар бичиж тодорхойлно.

Хэрэв $W_m \geq W_T$ үед:

$$\varphi = \frac{Q}{W_{\text{в}} \cdot (\tau_1 - \tau_2)} = \frac{t_1 - t_2}{\tau_1 - \tau_2} = \frac{1}{0.425 + 0.65 \left(\frac{W_{\text{в}}}{W_{\text{T}}} + \frac{(W_{\text{в}}/W_{\text{T}})^m}{\Phi_1} \right)} \quad (19)$$

$$\psi = \frac{Q}{W_T(\tau_1 - t_2)} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1 - t_2} = \frac{1}{0.425\left(\frac{W_T}{W_B}\right) + 0.65 + \frac{(W_T/W_B)^{1-m}}{\Phi_1}} \quad (20)$$

Хэрэв $W_m \leq W_T$ үед:

$$\varphi = \frac{1}{0.425\left(\frac{W_B}{W_T}\right) + 0.65 + \frac{(W_B/W_T)^m}{\Phi_1}} \quad (21)$$

$$\psi = \frac{1}{0.425 + 0.65\left(\frac{W_T}{W_B}\right) + \frac{(W_T/W_B)^{1-m}}{\Phi_1}} \quad (22)$$

Дээрх тэгшитгэлийг бодохын тулд ус болон агаарын эквивалент зарцуулалт мэдэгдэж байгаа. Тооцоот нөхцөлд ψ_p , φ_p -ийг дараах байдлаар тодорхойлно.

Сүлжээний буцах усны температур τ_2 өгөгдсөн үед:

$$\psi_p = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1 - t_2}$$

Халсан агаарын температур t_1 өгөгдсөн үед:

$$\varphi_p = \frac{t_1 - t_2}{\tau_1 - t_2}$$

Ингээд дээрх тэгшитгэлийг бодохын тулд сүлжээний буцах усны температур өгөгдсөн үед ψ_p ба Φ_{lu} мэдэгдэж байх тул (W_T/W_B) -ын харьцааг өгөх замаар итерацийн аргаар бодно. (19) ба (20) тэгшитгэлийг хувиргалт хийвэл (23.а) ба (24.а) тэгшитгэл гарна.

$$\varphi_p \cdot \left[0.425 + 0.65 \left(\frac{W_T}{W_B} \right) + \frac{(W_B/W_T)^m}{\Phi_1} \right] = 1 \quad (23.a)$$

$$\psi_p \cdot \left[0.425 \left(\frac{W_T}{W_B} \right) + 0.65 + \frac{(W_T/W_B)^{1-m}}{\Phi_1} \right] = 1 \quad (24.a)$$

(24.а)-д итерацийг эхлэхийн тулд $\frac{W_T}{W_B} = 1$ гэж өгөөд тэгшитгэлийг бодоход гарсан шийд (x) нь $x \geq 1$ гарч байвал эквивалент зарцуулалтын харьцааг тодорхой алхмаар нэмэх замаар тооцоог үргэлжлүүлж $x=1$ гартал итерацийг бодно. Эндээс өгсөн $\frac{W_T}{W_B}$ -ын харьцааг авч сүлжээний усны зарцуулалтыг олно.

Хэрэв $\frac{W_T}{W_B} = 1$ гэж өгөхөд (24.а) тэгшитгэлийн шийд $x < 1$ гарч байвал (22) тэгшитгэлээр итераци бодогдоно.

Халсан агаарын температур өгөгдсөн тохиолдолд φ_p ба Φ_{lu} -ийн утга мэдэгдэж байгаа учир $\frac{W_B}{W_T}$ -ын харьцааг өгөх замаар итераци бодогдоно. Энэ тохиолдолд (23.а) тэгшитгэлээр итерацийг эхлэж бодно. $\frac{W_B}{W_T} = 1$ гэж өгсөн харьцааны шийд нь $x < 1$ гарвал (21) тэгшитгэлд шилжинэ.

τ_1 – калориферт орох сүлжээний усны температур;
 τ_2 – калориферээс гарах сүлжээний усны температур;
 t_1 – калориферээс халаагдаад гарах агаарын температур;
 t_2 – калориферт орох агаарын температур;

Дулааны туршилтын өгөгдлөөр бодлогыг 2 төрөлд хуваадаг. Үүнд:

1. Тооцоот нөхцөлд дахь агаарын жингийн тоо хэмжээ ($G_{вр}$) нь туршилтын үеийн жингийн тоо хэмжээтэй ($G_{вн}$) тэнцүү байх;
2. Тооцоот нөхцлийн агаарын жингийн зарцуулалт нь туршилтын үеийнхээс ялгаатай байх;

Бодлогын хэлбэр бүр нь 2 тохиолдолд ангилагддаг.

1. $G_{вр}$, τ_{1p} , τ_{2p} , t_{2p} өгөгдсөн $Q_{вр}$, G_T , t_{1p} -ийг тодорхойлох;
2. $G_{вр}$, τ_{1p} , t_{1p} , t_{2p} өгөгдсөн $Q_{вр}$, G_T , τ_{2p} -ийг тодорхойлох;

Тохируулгын тооцоонд калориферийг сонгох:

1. Агаар халаах агрегат

Агаар халаах агрегатын техникийн характеристик нь каталог дээр өгөгдсөн байдаг. Хэрвээ дулаан зөөгч болон агаарын тооцооны параметр нь паспортын өгөгдлөөс ялгаатай байгаа тохиолдолд агаарын зарцуулалт өөрчлөгдөхгүй ба ачааллын өөрчлөлтийн тооцоог дараах аргаар хийнэ. Агаар ба усны температурын хамгийн ях ялгаатай 1°C -д харгалзах хувийн дулааны ачаалал дараах томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$q = \frac{Q}{\tau_1 - t_1} \quad \text{ккал/кг} \quad (25)$$

энд: Q -агрегатын дулааны ачаалал, ккал/ц (паспортын); τ_1, t_1 -ус ба агаарын эхний температур, $^{\circ}\text{C}$ (паспортын);

Дулааны ачааллын анхдагч өгөгдлөөс хамаарч шинэ тооцооны нөхцөлд дараах томъёогоор бодно.

Усны эхний параметр өгөгдсөн үед (τ_1'):

$$Q_p = q(\tau_1' - t_1) \quad \text{ккал/ц} \quad (26)$$

Агаарын эхний температур өөрчлөгдсөн үед (t_1'):

$$Q_p = q(\tau_1 - t_1') \quad \text{ккал/ц} \quad (27)$$

Ус ба агаарын температур өөрчлөгдсөн үед:

$$Q_p = q(\tau_1' - t_1') \quad \text{ккал/ц} \quad (28)$$

2. Калориферийн төхөөрөмж

Калориферийн халаах гадаргуун сонголт нь калориферийн дулаан техникийн характеристикийг ашиглахгүй (сонгох аргаар) болон тэдгээрийг ашиглах гэсэн 2 аргаар хийгддэг.

Эхний аргын тооцоо нь дараах зарчмаар хийгдэнэ. Калориферийн төрөл, зүйл, иж бүрдлүүлэлт болон калориферийн усанд холбогдо схемийг сонгон авна. Энэ нь каталогийн өгөгдлөөр халаах гадаргуу F (м^2), усны нэвтрэх хоолойн (f_{Tp}), м^2 болон агаар нэвтрэх (f_b), м^2 бодит хөндлөн огтлолын талбайг тодорхойлно. Дараа нь тооцоот нөхцөлд агаар халаах дулааны зарцуулалтыг ($Q_{вр}$, ккал/ц) (7) томъёогоор тодорхойлно.

Тооцоот нөхцөл дахь сүлжээний усны зарцуулалт:

$$G_{Tp} = \frac{Q_{вр}}{c(\tau_{1p}^B - \tau_{2p}^B)} \quad \text{кг/ц} \quad (29)$$

энд: τ_{1p}^B, τ_{2p}^B - сүлжээний өгөх, буцах усны салхивчийн тооцоот температур;

Калориферийн төхөөрөмжийн бодит хөндлөн огтлолоор өнгөрөх агаарын жингийн хурд:

$$v_p = \frac{G_{вр}}{3600 \cdot f_b} \quad \text{м/с} \quad (30)$$

Калориферийн төхөөрөмжийн шугам хоолой дахь усны хурд:

$$\omega = \frac{G_{Tp}}{3600 \cdot f_{Tp}} \quad \text{м/с} \quad (31)$$

Калориферийн төхөөрөмжийн тооцоот халаах гадаргуу:

$$F = \frac{Q_{вр}}{k(\tau_{cp} - t_{cp})} \quad \text{м}^2 \quad (32)$$

энд: k -калориферийн дулаан дамжуулалтын коэффициент, ккал/ч м^2 $^{\circ}\text{C}$; (v_p ба ω -ээс хамаарсан хүснэгтээс авна.) τ_{cp}, t_{cp} - сүлжээний ус болон агаарын дундаж температурын ялгавар, $^{\circ}\text{C}$;

$$\tau_{cp} - t_{cp} = \frac{\tau_{1p}^B + \tau_{2p}^B}{2} - \frac{t_{1p} + t_{2p}}{2} \quad (33)$$

Калориферийг сонгох 2-р арга нь хамгийн ашигтай. Энэ аргаар бодоходоо калориферийн төхөөрөмжийн тооцоот дулааны характеристикиг тооцно.

$$E = \frac{Q_{вп}}{W_B^n \cdot W_{п}^m (\tau_{cp} - t_{cp})} \quad (34)$$

(3.58) томъёог хөрвүүлснээр дараах хэлбэртэй болно.

$$E = W_B^{1-n-m} \frac{t_2 - t_1}{\tau_{cp} - t_{cp}} \cdot \left(\frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_1} \right) \quad (35)$$

ӨНДӨР ХҮЧДЭЛИЙН ШУГАМЫН АЯНГЫН ТАСРАЛТ БА ТУЛГУУРЫН ГАЗАРДУУЛГЫН ЭСЭРГҮҮЦЛИЙН ХАМААРЛЫН СУДАЛГАА

Н.Золбоо*, Т.Чүлтэмжамц*, Ц. Эрдэнэтуяа*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Монгол орны нутаг дэвсгэр нь аянгийн идэвхижилийн 4 бүсд хуваагдах бөгөөд говийн өмнөт бүсүүдээс бусад аймгуудад жилд аянгатай байх цагийн тоо нь 20 цагаас дээш 80 цаг хүртэл өндөр байдаг онцлогтой.

Аянгийн идэвхижил харьцангуй өндөртэй эдгээр бүс нутгуудад 110, 220 кВ-ийн агаарын цахилгаан дамжуулах шугамыг барихдаа ихэвчлэн аянга хамгаалалтын тростой барьж байгуулж ирсэн ба хамгаалалтын трос нь фазуудын утасны дээгүүр татагдаж 20-25°-ийн хамгаалалтын өнцгийг үүсгэнэ.

Шугаманд аянга буух үед аянгийн ниргэлэгийн суваг нь фазуудын утсан дээр биш, харин түүний дээгүүр татагдсан газардуулагдсан хамгаалалтын трос дээр буух магадлал өндөртэй болж, аянгийн хүчтэй ниргэлэгээс үүдэн шугаманд богино холбоос үүсч шугам автомат хамгаалалтаараа тасрах тоо эрс багасна.

Шугамын тусгаарлаганд үүсэх аянгийн хэт хүчдлийн энэхүү аюулыг эрс багасгахын тулд тростой агаарын шугамын тулгуур бүрийг шаардлага хангасан газардуулах байгууламжаар нэг бүрчлэн сайтар газардуулах шаардлагатай болдог.

Эх газрын эрс, тэс, хуурай сэрүүн уур амьсгалтай манай орны нутаг дэвсгэрт эсэргүүцэл багатай газардуулах байгууламжийг барьж байгуулахад ихээхэн хүндрэлтэй бөгөөд үлэмж хэмжээний металлын зарцуулалт, зардал хүч хөдөлмөр шаардсан бүтээн байгуулалтын нэмэлт ажил болдог.

Тулгуурын газардуулгын эсэргүүцэл зохих хэмжээнээс хэт ихэссэн тохиолдолд шугаманд үүсэх аянгийн хэт хүчдлийн түвшин мэдэгдэхүйц ихсэж шугамын аянгийн тасралтын тоо нэмэгдэн цахилгаан хангамжийн найдвартай байдалд доголдол үүсдэг аюултай.

Олон улсын практикт 110, 220 кВ-ийн агаарын шугамын 100 км уртад жилд ноогдох аянгийн тасралтын тоо нь хэлхээний тооноосоо хамаарч 1,0-2,0 байхыг зөвшөөрөх бөгөөд тухайн газар нутгийн аянгийн гүйдлийн онцлог үзүүлэлтүүдэд тохирсон тулгуурын газардуулгын эсэргүүцлийн норм хэмжээг тогтоох явдал практикт чухал ач холбогдолтой юм.

Монгол орны аянгийн идэвхижил болон аянгийн ниргэлэгийн өвөрмөц үзүүлэлтүүдэд тохирсон 110, 220 кВ-ийн тулгуурын газардуулгын эсэргүүцлийн зохистой түвшин хэмжээг тогтооход энэхүү судалгааны ажил чиглэгдсэн болно.

Түлхүүр үг. Аянгийн ниргэлэг, ниргэлэгийн суваг, аянгийн гүйдлийн үзүүлэлтүүд, аянгийн идэвхижил, аянгийн тасралт тросны хамгаалалтын өнцөг, аянгийн

хэт хүчдэл, вольт-секундийн хамаарамж, оч үүсэх магадлал, очоос нуманд шилжих магадлал.

Шугаманд жилд буух аянгийн ниргэлэгийн тоог тодорхойлох

Үүлнээс газар руу чиглэн буух аянгийн суваг нь шугамын тэнхлэгээс хоёр хажуу тийш ойролцоогоор 3-h гэсэн зайнд орж ирмэгц шугамын утас руу чиглэж, шугаманд шууд аянга буух нөхцөл бүрддэг.

Үүнээс гадагш зурваст харгалзах аянгийн суваг нь шууд газар руу буюу өөр объект руу ниргэх тул шугаманд аюул багатай болно.

Иймд агаарын шугам нь өөрийн тэнхлэгээс хоёр тийш тус бүр 3-h буюу нийтдээ $2 \cdot (3-h) = 6h$ гэсэн өргөнтэй, уртаараа шугамын урт $L_{ш}$ -тэй тэнцүү хэмжээний талбайтай зурвас газарт буух аянгыг өөр дээрээ татан авч буулгана гэж үзэж болох юм.

Ийм маягаар шугамын дагуу аянга буух талбайн хэмжээг тодорхойлбол:

$S = 2 \cdot 3 \cdot h \cdot L_{ш} \cdot 10^{-3}$ (км²) болно. Энэ нь ийм хэмжээний талбайд буух байсан аянгыг шугам өөр дээрээ татаж авна гэсэн юм.

Хэрэв 1 км² талбайд, нэг цаг аянгатай байх үед харгалзах аянгийн тоог 0.067 гэж үзвэл шугаманд жилд буух аянгийн тоо $N_{аянга}$ нь дараах илэрхийллээр тодорхойлогдоно.

$$N_{аянга} = 0.067 \cdot n_{а.ц} \cdot 6 \cdot h \cdot L_{ш} \cdot 10^{-3} = 0.4 \cdot n_{а.ц} \cdot h \cdot L_{ш} \cdot 10^{-3}$$

энд: h- шугамын утасны тооцооны дундаж өндөр, м; $L_{ш}$ - шугамын урт, км; $n_{а.ц}$ - тухайн газар нутагт харгалзах жилд аянгатай байх цагийн тоо;

Шугамын утас ба тросны тооцооны дундаж өндрийн хэмжээг дараах илэрхийллүүдээр тодорхойлно. Үүнд:

а) Тросгүй агаарын шугамын хувьд бол утасны унжилтыг тооцсон, шугамын утасны дундаж өндөр шугамын габарит хэмжээ гэж нэрлэнэ.

Шугамын габарит хэмжээг хүн амын нягтралаас нь хамааруулан цахилгаан төхөөрөмжийн дүрмэнд заасан хэмжээгээр тооцоонд авна. Хүн ам оршин суудаггүй газар нутагт байрласан 110-220 кВ-ийн шугаманд энэ хэмжээ 6-7 м, харин хүн ам суурьшсан нутагт бол габарит хэмжээ нь 7-8 м-ээс тус тус багагүй байхаар заасан байдаг.

б) Аянга хамгаалалтын тростой шугамуудын хувьд утасны дундаж өндөр гэдэгт тросны тооцооны дундаж өндрийг авч тооцох бөгөөд тросны унжилт нь утасныхаа унжилтаас 1.0-1.5 метр бага байдаг онцлогийг тусгаж, дараах байдлаар тооцоолно.

$$h_{\text{тр.дунд}} = h_{\text{тр}} - \frac{2}{3} \cdot f_{\text{тр.тооц}}$$

энд: $h_{\text{тр}}$ - тросны бэхлэгдсэн өндөр, м; $f_{\text{тр.тооцоо}}$ - тросны тооцооны унжилт, м; $f_{\text{тр.тооцоо}} = 0.8 f_{\text{утас.мах}} - (1.0-1.5 \text{ м})$; $f_{\text{утас.мах}}$ - утасны хамгийн их унжилт, м;

Тростой шугамын аянгын тасралтыг тооцоолох зарчим

Шугамын аянгын тасралтыг эрс багасгах үндсэн арга нь шугаманд аянга хамгаалалтын тросыг суурилуулах явдал юм.

35 кВ-ийн шугамын хувьд дэд станцуудын оруулга дээр 1-3 км зайнд аянга хамгаалалтын тросыг заавал байрлуулах ба 110 кВ буюу түүнээс дээшхи хүчдлийн шугамуудад аянга хамгаалалтын дан буюу давхар тросуудыг ашиглана.

Тростой шугаманд аянгын шууд ниргэлэг болох дараах үндсэн гурван зам байна. Үүнд:

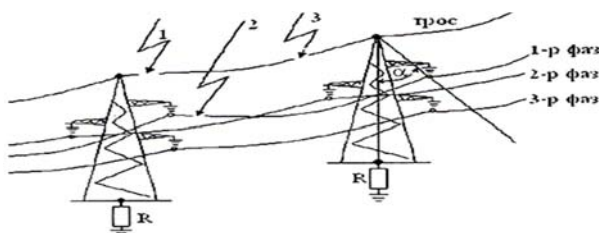
1. Тулгуурын орой орчимд аянга буух
2. Тросны хажуугаар шууд утсан дээр аянга буух
3. Зэрэгцээ тулгууруудын хооронд тросон дээр аянга буух

Эдгээр замуудын байрлалыг тулгуурын газардуулгын эсэргүүцлүүдийн хамт зураг 1-д үзүүлэв. Зурагт аянга хамгаалалтын тросны хамгаалалтын өнцөг α -г хэрхэн тодорхойлохыг мөн харуулсан байна.

Тросны хамгаалалтын өнцөг α нь тросноос газарт перпендикуляр буулгасан шулуун, трос ба фазын утасуудыг дайруулан татсан шулуун хоёрын хооронд үүсэх өнцөг юм. Энэхүү өнцөг нь шугаманд шууд аянга буух үед трос хэр зэрэг найдвартай хамгаалахыг харуулах нэг чухал үзүүлэлт юм. Тросны хажуугаар утсан дээр шууд аянга буух магадлалыг ОХУ-ын эрдэмтдийн судалснаар дараах туршилтын илэрхийллээр тодорхойлно.

$$\lg P_{\alpha} = \frac{\alpha^{\circ} \sqrt{h_{\text{тулгуур}}}}{90} - 4$$

энд: P_{α} - тросны хажуугаар утсан дээр шууд аянга буух магадлал; α° - тросны хамгаалалтын өнцөг (градус); $h_{\text{тулгуур}}$ - тулгуурын өндөр, м;

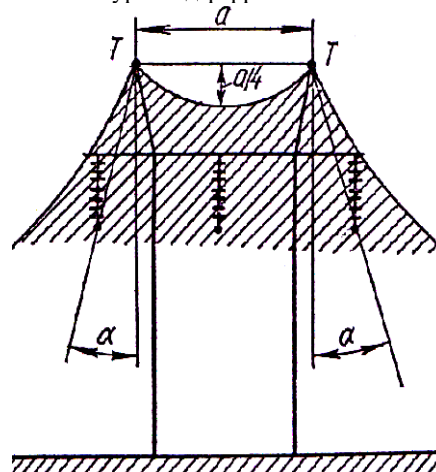


Зураг 1. Тростой шугаманд аянга буух замууд.

1. тулгуурын орой орчимд аянга буух, 2. тросны хажуугаар утсанд аянга буух, 3. зэрэгцээ тулгууруудын хооронд тросон дээр аянга буух:
- α -Тросны хамгаалалтын өнцөг, градус,
R- Тулгуурын газардуулгын эсэргүүцэл, Ом.

Хэрэв $h_{\text{тулгуур}}=16 \text{ м}$; $\alpha=30^{\circ}$ гэвэл $P_{\alpha} \approx 0.002$ гарах ба тулгуурын өндөр $h_{\text{тулгуур}}=30 \text{ м}$ болоход $P_{\alpha} \approx 0.01$ болтлоо нэмэгдэх жишээтэй.

35-110 кВ-ийн шугамуудад хамгаалалтын өнцөг $\alpha=25-30^{\circ}$ байх нь хамгийн зохистой хэмжээ юм. Хос тростой үед тросны хамгаалалтын өнцгийг хэрхэн тодорхойлохыг зураг 2-д үзүүлэв.



Зураг 2. Хос тростой шугаманд тросны хамгаалалтын өнцгийг тодорхойлох Т-тросууд

Шугаманд жилд буух нийт аянгын тоог дээр заасан гурван зам бүрээр нь хэрхэн салгаж тодорхойлохыг авч үзье.

Тростой, 100 км урттай шугам, $n_{\text{ац}}^{\circ}=100$ аянгатай цаг бүхий газар нутгаар дайран өнгөрөх үед шугаманд жилд буух нийт аянгын ниргэлгийн тоог дараах илэрхийллээр тодорхойлно.

$$N_{\text{аянга}}^{\circ} = 4 \cdot h_{\text{трост.дундаж}}$$

энд: $h_{\text{трост}}$ - тросны дундаж өндөр, м;

Эдгээр ниргэлэгүүд нь дээр дурьдсан гурван замуудад хэрхэн хуваагдаж ниргэхийг тодорхойлбол:

1. Тулгуурын орой орчимд жилд буух аянгын тоо нь:

$$N_{\text{тулг}}^{\circ} = \frac{h_{\text{тулг}}}{l_{\text{алгас}}} \cdot N_{\text{аянга}}^{\circ}$$

энд: $h_{\text{тулг}}$ - тулгуурын өндөр, м; $l_{\text{алгас}}$ - зэргэлдээ тулгууруудын хоорондох алгаслалын зай, м;

2. Тросны хажуугаар утсан дээр жилд буух аянгын тоо нь:

$$N_{\text{утас}}^{\circ} = N_{\text{аянга}}^{\circ} \cdot P_{\alpha}$$

энд: P_{α} - тросны хажуугаар утсан дээр аянга буух магадлал.

Энэ магадлалыг тулгуурын өндөр, хамгаалалтын өнцөг α -с хамааруулан өмнө бичигдсэн туршилтын томъёогоор тооцоолно.

3. Зэргэлдээ тулгууруудын хооронд тросон дээр жилд буух аянгын тоо нь:

$$N_{\text{трост}}^{\circ} = N_{\text{аянга}}^{\circ} - N_{\text{тулг}}^{\circ} - N_{\text{утас}}^{\circ}$$

Дээрх замуудаар аянга ниргэх үед шугамын тусгаарлага дээр импульсийн очит цахилалт болох тоог дараах нийлбэр байдлаар тодорхойлно.

$$N_{оч.цах}^0 = n_{оч.цах}^{тулг} + n_{оч.цах}^{утас} + n_{оч.цах}^{трос} = N_{тулг}^0 \cdot R_{оч.цах}^{тулг} + N_{утас}^0 \cdot R_{оч.цах}^{утас} + N_{трос}^0 \cdot R_{оч.цах}^{трос}$$

энд: $n_{оч.цах}^{тулг}$ - тулгуур дээр аянга буусны улмаас тусгаарлагын багцын гадаргуугаар очит цахилалт болох тоо; $R_{оч.цах}^{тулг}$ - тулгуур дээр аянга буусны улмаас тусгаарлагын багцын гадаргуугаар очит цахилалт болох магадлал; $n_{оч.цах}^{утас}$ - тросны хажуугаар утсан дээр аянга буусны улмаас тусгаарлагын багцын гадаргуугаар очит цахилалт болох тоо; $R_{оч.цах}^{утас}$ - утсан дээр шууд аянга буусны улмаас тусгаарлагын багцын гадаргуугаар очит цахилалт болох магадлал; $n_{оч.цах}^{трос}$ - тросон дээр аянга буусны улмаас шугамын тусгаарлах хэсгүүдэд очит цахилалт болох тоо; $R_{оч.цах}^{трос}$ - тросон дээр аянга буусны улмаас шугамын тусгаарлагын багцын гадаргуугаар болон утас- тросын хоорондох агаараар цахилалт болох магадлал; $R_{оч.цах}^{трос}$ - гэсэн магадлал нь дараах хоёр магадлалын нийлбэрээр тодорхойлогдоно.

$$R_{оч.цах}^{трос} = R_{оч.цах/багц}^{трос} + R_{оч.цах/агаар}^{трос}$$

энд: $R_{оч.цах/багц}^{трос}$ - тросон дээр аянга буух үед хэт хүчдлийн долгион тулгуурдээр ирж багцын гадаргуугаар цахилалт болгох магадлал; $R_{оч.цах/агаар}^{трос}$ - тросон дээр шууд аянга бууснаас трос дээр үүсэх хэт хүчдэл нь трос-утасны хооронд агаараар шууд цахилалт болгох магадлал;

Шугаманд $N_{аянга-тооны}^0$ аянга бууж, $N_{оч.цах-тооны}^0$ очит цахилалт шугамын тусгаарлаганд үүссэн гэж үзвэл шугаманд жилд аянгын тасралт болох нийт тоо нь дараах байдлаар тооцоологдоно.

$$N_{таср}^0 = N_{оч.цах}^0 \cdot P_{оч \rightarrow нум}$$

энд: $N_{оч.цах}^0$ - шугаманд жилд очит цахилалт болох нийт; $P_{оч \rightarrow нум}$ - тухайн шугамын очит цахилалтаас нуман цахилалтанд шилжих магадлал;

$$P_{оч \rightarrow нум} = 1.5(E_{дундач} - 4) \cdot 10^{-2}$$

энд: $E_{дундач}$ - Ажлын хүчдлийн үед үүсэх дундач хүчлэг, кВ/м;

Тростой шугаманд аянга буусны улмаас $R_{оч.цах}^{тулг}$, $R_{оч.цах}^{утас}$, $R_{оч.цах}^{трос}$ гэсэн очит цахилалт болох магадлалуудыг үүсэх хэт хүчдлийн хэмжээнээс нь хамааруулан тооцоолох аргачлалыг дараагийн хэсгүүдэд товчлон үзүүлэв.

Шугамын тулгуур дээр аянга буух үед тусгаарлагын гадаргуу дээр очит цахилалт болох магадлалыг тодорхойлох

Тооцоог дараах дэс дараалалаар гүйцэтгэнэ.

1. Тусгаарлагчийн багц дээр үүсэх аянгын хэт хүчдлийн бүх байгуулагчуудыг тус бүрд нь тодорхойлж, Вольт-секундын хамаарамжийн хугацаа $t=1 \div 10$ мксек хооронд байхад $f(t) = \frac{\sum U_{имп}(t)}{a}$ гэсэн хамаарлыг байгуулна.

2. Тооцооны эхний энэ шатанд аянгын гүйдлийн эгцрэлийг харьцангуй нэгжээр $a=1$ гэж тооцно.

3. Дээрхи $f(t) = \frac{\sum U_{имп}(t)}{a}$ муруй болон Вольт-секундын хамаарамжийн тусламжтайгаар аянга буух үеийн аюултай параметруудийн муруйг байгуулна.

Аюултай параметруудийн муруйнаас тэдгээрийн магадлалын муруйг байгуулж, аянгын улмаас шугамын тусгаарлага дээр очит цахилалт болох магадлалуудыг бодож олно.

Тусгаарлага дээр үүсэх аянгын хэт хүчдлийн тооцоо

Тулгуур дээр аянга буух үед шугамын тусгаарлага дээр үүсэх импульсийн хүчдэл нь дараах 4 байгуулагчид хуваагдана. Үүнд:

1. Тулгуурын газардуулгын эсэрүүцэл дээрх хүчдлийн уналт:

$$U_R(t) = i_{тулг}(t) \cdot R$$

энд: R - тулгуурын газардуулгын эсэргүүцэл, Ом; $i_{тулг}(t)$ - тулгуураар гүйх гүйдэл, кА;

$$i_{тулг}(t) = \frac{a}{R} \left[\frac{L_{тр}}{2} - M^{тр}(t) \right] \cdot (1 - e^{-\lambda t})$$

2. Аянгын сувгийн гүйдэл ба тулгуурын гүйдэл хоорондын харилцан нөлөөлөлөөс үүсэх индукцлэгдсэн хүчдлийн соронзон байгуулагч

$$U_{им}(t) = L_{тулг}^{тр} \cdot \frac{di_{тулг}}{dt} + a \cdot M^{ут}(t)$$

$$\frac{di_{тулг}}{dt} = a \cdot \left[1 - \frac{L_{тулг}^{тр} + M^{тр}(t)}{\frac{L_{тр}}{2} + L_{тулг}^{тр}} \right] \cdot e^{-\lambda t}$$

энд: $L_{тулг}^{тр}$ - Газрын гадаргуугаас утасны бэхлэгдсэн цэг хүртэлх хэсгийн тулгуурын индукцлэл;

3. Тросоор гүйх гүйдлийн нөлөөгөөр утсанд үүсэх хэт хүчдлийн индукцийн байгуулагч:

$$U_{ит}(t) = K_{г} \cdot [i_{тулг}(t) \cdot R + L_{тулг}^{тр} \cdot \frac{di_{тулг}}{dt} + a \cdot M^{тр}(t)]$$

Үүнд: $L_{тулг}^{ут} = L_{тулг}^{тр} \cdot \frac{h_{ут}}{h_{тулг}}$ - Тулгуурын утасны өндөрт харгалзах индукцлэл; $K_{г}$ - титэмжилтгүй үеийн трос ба утас хоорондын холбооны коэффициент:

$$K_{г} = \frac{\ln\left(\frac{D_{12}}{d_{12}}\right)}{\ln\left(\frac{2h_{тр}}{r_{тр}}\right)}$$

4. Индукцлэгдсэн хүчдлийн цахилгаан байгуулагч:

$$U_{из}(t) = a \cdot \frac{h_{ут}}{3} \ln \left[\frac{(90t + h_{тулг}) \sqrt{(90t + \Delta h)(90t + H)}}{1.69 \cdot h_{тулг} \sqrt{\Delta h \cdot H}} \right]$$

$$\cdot \left(1 - K_{г} \frac{h_{тр}}{h_{ут}} \right)$$

5. Тусгаарлагад үйлчлэх ажлын хүчдлийн нөлөөллийг тооцох:

Аянгын үед тусгаарлагчид импульсийн хүчдлээс гадна ажлын хүчдэл үйлчилж байдаг. Иймд ажлын

хүчдлийн дундаж утгыг дараах байдлаар авч тооцоонд оруулна.

$$U_{аж,дунд} = \frac{2}{\pi} U_{ф,мах} = \frac{2U_{хэв}}{\pi\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2}$$

энд: $U_{ф,мах}$ - шугаман дахь фазын хүчдлийн далайц утга.

Тулгуур дээр аянга буух үед тусгаарлагчийн багц дээр үүсэх нийлбэр хүчдэл нь тусгаарлагын импульсийн цахилгаан даацын түвшингээс их буюу тэнцүү болох үед тусгаарлагын гадаргууд очит цахилалт үүснэ. Энэ үед импульсийн очит цахилалт болох нөхцлийг бичвэл :

$$U_R(t) + U_{и.м}(t) + U_{и.э}(t) - U_{ит}(t) + U_{аж,дунд} \geq U_{цах}(t)$$

болно. Эндээс аянга буух үед үүсч байгаа бүх импульсийн хүчдэлүүдийг нэг талд нь ялгаж бичвэл:

$$U_R(t) + U_{и.м}(t) + U_{и.э}(t) - U_{ит}(t) = U_{цах}(t) - U_{аж,дунд}$$

болно. Тэнцэтгэлийн өмнөх хэсгийг

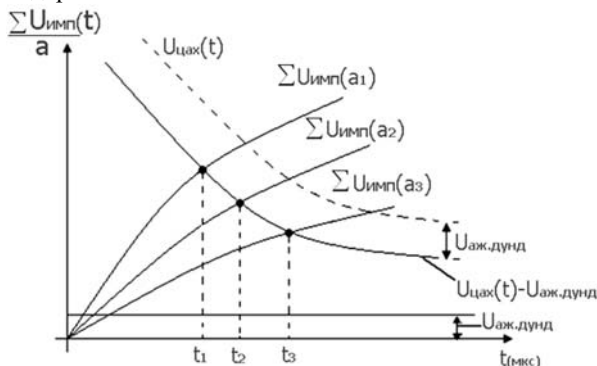
$$U_R(t) + U_{и.м}(t) + U_{и.э}(t) - U_{ит}(t) = \Sigma U_{имп}(t)$$

гэж тэмдэглээд импульсийн нийлбэр хүчдэл гэж нэрлэнэ.

$U_{цах}(t)$ - Энэ нь шугамын тусгаарлагын багцын цахилалтын хүчдэл ба цахилалтын хугацааны хамаарлыг харуулсан график илэрхийлэл бөгөөд үүнийг багцын Вольт-секундын хамаарамж гэж нэрлэнэ.

Энэхүү хамаарамжийн цахилалтын хүчдлийн утгууд нь багцанд орсон тусгаарлах элементийн тооноос ихээхэн хамаарна.

Вольт-секундын хамаарамжаас ажлын хүчдлийн дундаж утгыг хассан $U_{цах}(t) - U_{аж,дунд}$ хэлбэртэй графикаар очит цахилалтын магадлалын тооцоог хийнэ. Магадлалын тооцоог хийхдээ $f(t) = \Sigma U_{имп}(t)$ гэсэн функцийн графикийг байгуулж, $U_{цах}(t) - U_{аж,дунд}$ гэсэн ажлын хүчдлийн дундаж утгыг хассан Вольт-секундын хамаарамжтай харьцуулж, очит цахилалт болох хугацааг Зураг 3-д заасан зарчмаар тодорхойлно.



Зураг 3. Аянгын гүйдлийн эгцрэл (а) –ийн янз бүрийн утгуудад шугамын тусгаарлагад очит цахилалт болох хугацааг тодорхойлох аргачлал.

$\Sigma U_{имп}(a_1; a_2; a_3)$ - Аянгын гүйдлийн янз бүрийн эгцрэлийн үе дэх импульсийн нийлбэр хүчдлийн график. $U_{цах}(t)$ - Шугамын тусгаарлагын Вольт-секундын хамаарамж.

Аюултай параметруудийн муруйг байгуулах

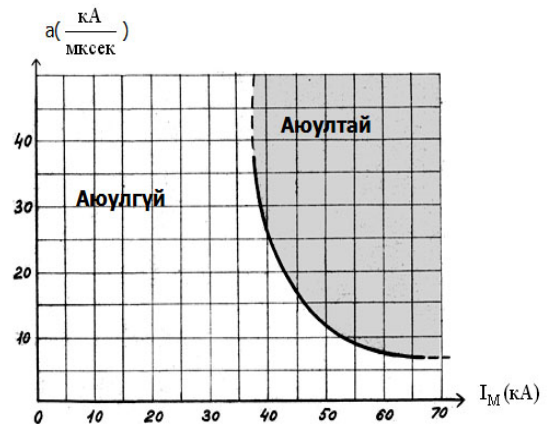
Зураг 3-д харуулсан аргачлалын дагуу аянгын гүйдлийн эгцрэлийн янз бүрийн утгууд дахь $\Sigma U_{имп}(t)$ гэсэн муруйнуудын тусгаарлагын Вольт-секундын хамаарамжтай огтлолцох цэгүүд t_1, t_2, t_3 хугацааны агшинг тодорхойлох бөгөөд дараах нөхцөл биелэгдсэн тохиолдолд гадаргуугийн очит цахилалт үүсч, шугам тасрах аюул нүүрлэнэ.

$$I_M \geq a_i \cdot t_i$$

Энд эгцрэл a_i -ийн янз бүрийн утгуудад аянгын гүйдлийн аюултай утгуудыг бодож, $a=f(I_M)$ хамаарлыг байгуулах бөгөөд үүнийг аюултай параметрийн муруй гэж нэрлэдэг.

Аюултай параметрийн муруйг байгуулахын тулд тусгаарлага дээр үүсэх импульсийн бүх хүчдэлүүдийг $a=1$ гэсэн харьцангуй нэгжид $t=1 \div 10$ мксекундийн утгуудад нэг бүрчлэн бодож, $f(t) = \frac{\Sigma U_{имп}(t)}{a}$ графикийг байгуулахын зэрэгцээ, шугамын тусгаарлагын багцад орох элементүүдийн тоог тодорхойлж, багцын Вольт-секундын хамаарамжийг байгуулсан байх шаардлагатай. Тусгаарлах хийцийн багцад орох элементүүдийн тоо нь элементийн марк, төрөл, тухайн газар нутгийн бохирдлогын түвшингээс хамаарах ба энэ тоог цахилгаан техникийн лавлахаас сонгох буюу бохирдлогын түвшингээс нь хамааруулан бодож олно.

Ийм маягаар $t=1 \div 10$ мксек-д бүрт харгалзах $a=f(I_M)$ гэсэн аюултай параметрийн муруйг байгуулна. (Жишээ болгон Булган-Хар хоринь 110 кВ-ийн шугамын аюултай параметрийн муруйг Зураг 4-д үзүүлэв).



Зураг 4. Булган-Хар хоринь 110 кВ-ын шугамын аюултай параметрийн муруй

Аюултай параметрийн муруйнаас дээш гарсан a (кА/мкс), I_M (кА) гэсэн үзүүлэлттэй аянга буусан тохиолдолд шугамын тусгаарлага аянгын хэт хүчдлийг даалгүй очит цахилалт болно. Муруйнаас доош үзүүлэлт бүхий аянгыг шугамын тусгаарлага бүрэн дааж байгаа тул шугаманд оч үүсэхгүй, шугам тасрах аюулгүй байх болно.

Тулгуур дээр аянга буух үед тусгаарлага дээр очит цахилалт болох магадлал $P_{оч,цах}^{тулг}$ -г тодорхойлох

Аянгын гүйдлийн үндсэн параметрууд болох гүйдлийн эгцрэл a (кА/мкс), мөн гүйдлийн оргил утга I_M (кА) нь аянга буух бүрт санамсаргүй хэмжигдэхүүний шинж чанартайгаар өөрчлөгдөнө. Аюултай параметрийн муруйнаас дээш гарсан

үзүүлэлтэй аянгын гүйдэл ба эгцрэлийн нийт магадлалыг тодорхойлбол тэр нь тулгуур дээр аянга буусны улмаас очит цахилалт болох магадлалтай тэнцүү болно.

Алсгалтын дунд хэсэгт тросон дээр аянга буух үеийн очит цахилалт болох магадлалыг тодорхойлох

Энэ тохиолдол нь практикт харьцангуй ховор тохиолддог боловч, энэ төрлийн тасралт тулгуурын газардуулгын эсэргүүцэл өндөртэй, аянгын идэвхжил ихтэй газар нутагт аянгын тасралтын тодорхой хувийг эзэлж болно. Алгаслалын дунд хэсэгт, тросон дээр аянга буусан үед шугамын тусгаарлагад 2 замаар очит цахилалт үүсэх боломжтой. Үүнд:

- Алгаслалын дунд, трос-утас хоорондын агаараар шууд цахилалт болох.
- Тросон дээр аянга буусны улмаас үүссэн хэт хүчдлийн долгион тулгуур дээр ирж, тусгаарлах багц дээр цахилалт болгох.

Тросон дээр аянга бууснаас дээрх 2 замаар очит цахилалт болох магадлалуудыг тус бүрт нь тооцоолж, нийлбэр хэлбэрээр тооцоонд авна.

$$P_{\text{оч.цах}}^{\text{трос}} = P_{\text{оч.цах.агаар}}^{\text{трос}} + P_{\text{оч.цах.багц}}^{\text{трос}}$$

Шугамын утсан дээр шууд аянга буух үеийн очит цахилалт болох магадлалыг тодорхойлох

Аянга хамгаалалтын тросны хажуугаар утсанд шууд аянга буух явдал нь практикт нэн ховор тохиолдох боловч хэт хүчдлийн хувьд хамгийн хүнд нөхцөлүүдийн нэг юм. Энэ үед аянга буусан фазын утсаар дамжин тусгаарлага дээр очих хэт хүчдэл $U_{\text{ут}}(t)$ - г тодорхойлбол:

$$U_{\text{ут}}(t) = \frac{a \cdot t}{4} \cdot Z_{\text{ут.к}}$$

энд: $Z_{\text{ут.к}}$ - титэмжилтэй үеийн утасны долгиолог эсэргүүцэл, Ом;

Ойролцоо тооцоонд $Z_{\text{ут.к}}$ -г дараах утгатайгаар авч болно.

- Дан тросны хувьд – 400 Ом
- Давхар тросны хувьд - 250 Ом
- Дан утсанд - 400 Ом
- Хоёроор салаалсан утсанд - 370 Ом
- Гураваар салаалсан утсанд – 300 Ом

Утсан дээр шууд аянга буух үед шугаманд очит цахилалт болох нөхцөлийг бичвэл:

$$U_{\text{ут}}(t) = a \cdot \frac{Z_{\text{ут.к}}}{4} \cdot t \geq U_{\text{цах}}(t) - U_{\text{аж.дунд}}$$

энд: $U_{\text{цах}}(t)$ -тусгаарлагын багцын Вольт-Секундын хамаарамж;

Дээрх тэгшитгэлээр аюултай параметруудийн муруйг байгуулж, цахилалт болох магадлал $P_{\text{оч.цах}}^{\text{утас}}$ -г өмнөх аргачлалуудаар мөн тооцоолно.

Харин тросны хамгаалах өнцөг маш бага $\alpha \leq 20^\circ$ байх тохиолдолд очит цахилалт болох магадлал $P_{\text{оч.цах}}^{\text{утас}}$ -г доорхи хялбар аргаар тодорхойлж болно.

Ийм бага хамгаалалтын өнцөгтэй шугаманд тросны хажуугаар утсанд аянга буух магадлал P_{α} нь маш бага байдаг. Хялбаршуулсан тооцооны үед шугамын 50 процентийн цахилалтын хүчдэлд харгалзах аянгын

гүйдлийн аюултай утга $I_{\text{а.х.т}}$ -г дараах илэрхийллээр бодож гаргана.

$$I_{\text{а.х.т}} = \frac{4 \cdot U_{50\%}}{Z_{\text{ут.к}}}$$

энд: $U_{50\%}$ - тусгаарлах багцын сөрөг туйлтай хүчдэлд харгалзах 50%-ийн импульсийн цахилалтын хүчдэл, кВ;

Ийм тохиолдолд утсанд аянга бууснаас тусгаарлагад очит цахилалт болох магадлалыг аянгын гүйдлийн утга нь дээр тооцоолсон $I_{\text{а.х.т}}$, кА гэсэн шугамын аянга хамгаалалтын түвшиний тоон утгатай тэнцүү буюу түүнээс их байх магадлалтай ойролцоогоор тэнцүү байна гэж үзнэ.

$$P_{\text{оч.цах}}^{\text{утас}} = P_{(I_{\text{м}} \geq I_{\text{а.х.т}})}$$

Агаарын шугамын аянгын тасралтын бодит тоог тодорхойлох

Тросоор хамгаалагдсан, 100 км урттай цахилгаан дамжуулах агаарын шугам жилд 100 цаг аянгатай байх газар нутгаар дайран өнгөрөх үед харгалзах аянгын тасралтын тоог $N_{\text{таср}}^{\circ}$ гэж үзвэл тодорхой $L_{\text{ш}}$ (км) гэсэн урттай шугам, жилд $n_{\text{а.ц}}$ гэсэн аянгатай цаг бүхий газар нутгаар дайран өнгөрч байвал түүний жилд тасрах аянгын тасралтын бодит тоог дараах илэрхийллээр эцэслэн бодож гаргана. Үүнд:

$$N_{\text{таср}}^L = N_{\text{оч.цах}}^{\circ} \cdot \frac{n_{\text{а.ц}}}{100} \cdot \frac{L_{\text{ш}}(\text{км})}{100} \cdot P_{\text{оч} \rightarrow \text{нум}}$$

энд: $N_{\text{таср}}^L$ - $n_{\text{а.ц}}$ аянгатай цаг бүхий газар нутгаар дайран өнгөрөх тодорхой $L_{\text{ш}}$ (км) урттай шугамын жилийн тасралтын бодит тоо; $N_{\text{оч.цах}}^{\circ}$ - 100 км урттай шугаманд $n_{\text{а.ц}}^{\circ} = 100$ цаг аянгатай байх үед жилд үүсэх очит цахилалтын тоо; $n_{\text{а.ц}}$ -тухайн газар нутагт жилд харгалзах аянгатай цагийн бодит тоо; $L_{\text{ш}}$ - шугамын бодит урт (км); $P_{\text{оч} \rightarrow \text{нум}}$ - тухайн шугамын хувьд очит цахилалтаас нуман цахилалтанд шилжих магадлал;

Монгол улсын нутаг дэвсгэр дээрх аянгын гүйдлийн үндсэн үзүүлэлтүүд, тэдгээрийн магадлалын тооцооны функцүүд

Монгол орны нутаг дэвсгэр нь их газарын чиглэг багатай уур амьсгалтайгаас гадна ихэнх газар нутаг нь далайн түвшингөөс дээш 1000м буюу түүнээс их метрийн өндөрт өргөгдсөн байдаг. Аянга судлаачдын олон жилийн судалгааны дүнгнэлтээс үзэхэд далайн түвшин өндөрлөг ихсэх тусам агаарын сийрэгжилт нэмэгдэж, үүл-газар хооронд аянгийн ниргэлэг явагдаж эхлэх хүчдэл багасдаг зүй тогтолтой тул үүнтэй уялдан аянгийн гүйдлийн хэмжээ буурч, гүйдлийн магадлал мэдэгдэхүйц багасдаг байна. Энэхүү байдлыг үндэслэн ОХУ болон бусад уулархаг орнуудын аянга хамгаалалтын тооцооны практикт ... Газар нутаг далайн түвшингөөс дээш 700 м буюу түүнээс их өндөрлөгт байрлах үед аянгийн гүйдэл ба гүйдлийн эгцрэлийн магадлалын функцийн утгыг ердийн үеийхээс 2 дахин бууруулж, шугамын аянгийн тасралтын тооцоог хийхийг зөвшөөрнө гэсэн заалтыг мөрддөг байна.

Далайн түвшний өндөрлөг орчимын дэвсгэр нутагт мөрддөг аянгийн гүйдлийн үндсэн үзүүлэлтүүдийн магадлалуудын функцүүдийг бичвэл:

$$P_{\text{м}} = 10^{-\frac{I_{\text{м}}}{60}}$$

$$P_a = 10^{-\frac{a}{36}}$$

байхад Монгол орны дэвсгэр нутагт аянгийн гүйдлийн үзүүлэлтүүдийн магадлалын функц нь:

$$P_{I_M} = 10^{-\frac{I_M}{30}}$$

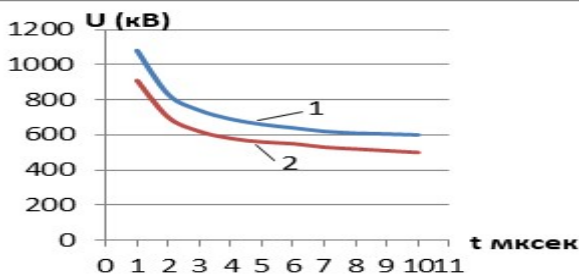
$$P_a = 10^{-\frac{a}{18}}$$

хэлбэртэйгээр тооцологдох болж байна.

Үүнд: P_{I_M} - аянгийн гүйдлийн оргил утга I_M (кА) –тай тэнцүү буюу их байх магадлал; P_a - аянгийн гүйдлийн эгцрэлийн хамгийн их утга a -(кА/мкс)-тэй тэнцүү буюу их байх магадлалын утгууд тус тус байна.

Монгол орны агаарын даралт бага, сийрэгжилт ихтэйгээс улбаалан өндөр хүчдлийн шугамын тусгаарлагын гадаргуугийн цахилгаан даац багасна.

Вольт-секундын хамаарал нь зураг 5-д зааснаар ойролцоогоор 15%-иар буурдаг онцлогтойг шугамын аянгийн тасралтын тооцоонд оруулан тооцох шаардлага бас урган гарна.

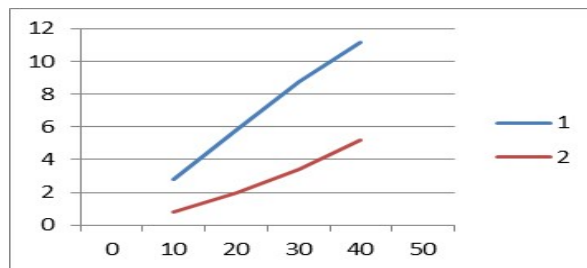


Зураг 5. Өндөр хүчдлийн 110 кВ-ийн агаарын шугамын 7 элементтэй тусгаарлагын багцын нэргэлгийн Вольт-секунтийн хамаарлууд

Зураг 5-д: 1-энгийн нам дор газар дахь үзүүлэлтийг харуулсан бол, 2- Монгол орны өндөрлөг нутаг дэвсгэр дэх хамаарлуудыг тус тус үзүүлэв.

Шугаман тасралт ба тулгуурын газардуулгын эсэргүүцлийн харьцуулсан судалгааны үр дүн

Монгол орны агаарын сийрэгжилт, аянгийн ниргэлгийн онцлог, байрлал харгалзан үзэж ердийн нам дор газрын нутаг дэвсгэрийн үзүүлэлтүүдтэй харьцуулан, тулгуурын газардуулгын эсэргүүцлийн хэмжээг $R_{тулг} = 10$ Ом-оос $R_{тулг} = 160$ Ом хүртэл 10 омын шатлалтайгаар өөрчлөн, 110 кВ-ийн 19.6м өндөртэй төмөр бетонон тулгуурт жилийн аянгийн тасралтын тоог жилд аянгатай байх цагийн тоо $n_{а.ц} = 30-40$ цаг байх үед тооцон гаргав. Тооцооны үр дүнд гарсан 110 кВ-ийн 100 км урттай шугаманд харгалзах жилийн аянгийн тасралтын тоо болон тулгуурын газардуулгын эсэргүүцлийн хамаарлыг зураг 6-д ердийн нутаг дэвсгэр болон далайн түвшиний өндөрлөг ихтэй нутаг дэвсгэрүүдэд харьцуулан зурж үзүүлэв.



Зураг 6. 110 кВ-ын агаарын шугамын аянгийн тасралтын тоо, тулгуурын газардуулгын эсэргүүцлээс хамаарах байдал. 1-нам дор нутаг дэвсгэрт ($H < 500$ м), 2- Өндөрлөг ихтэй нэгаг дэвсгэрт ($H > 700$ м).

ДҮГНЭЛТ

1. Монгол орны нутэг дэвсгэр нь эх газрын эрс тэс, чийглэг багатай нутаг дэвсгэрт байрлаж, аянгийн ниргэлэгийн үзүүлэлтүүд нь өөрийн гэсэн өвөрмөц хууль зүйд захирагдаж, агаарын шугамын тусгаарлагын цахилгаан даац нь ойролцоогоор 15%-иар доор байх тул шугамын аянга хамгаалалтын тооцоог болон зураг төслийг энэ онцлогт нь тохируулан зөв зохистой хийх шаардлагатай юм.

2. ТЭХС-ийн 110кВ-ийн цахилгаан дамжуулах шугамын аянгийн тасралтын жилийн тоог, ердийн нам дор газар нутагт байрлах ижил шугамуудтай харьцуулан судлахад тэдгээр шугамуудыхаас даруй 2-3 дахин доогуур байгаа нь батлагдан байна.

3. Монгол орон нь чийглэг багатай хуурай сэрүүн уур амьсгалтай тул шугам дайран өнгөрч байгаа газрын хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь ихэвчлэн $\rho = 500$ ом*м оос их байх магадлалтай байдаг. Ийм хэмжээний өндөр хувийн эсэргүүцэлийг хуурай хөрсөнд тулгуур бүрийн газардуулгын эсэргүүцлийг 10-20 омын бага түвшинд барих нь их хэмжээний металлын зарцуулалт, газар шорооны ажил, хүч, хөдөлмөр зарцуулж, шугамын үнэ өртгийг эрс нэмэгдүүлдэг дутагдалтай талтай.

4. Шугамын үнэ өртгийг бууруулахын тулд тулгуурын газардуулгын эсэргүүцлийн шаардагдах норм хэмжээг тодорхой хэмжээгээр ихэсгэж, нормчлох бүрэн бололцоотой юм.

110 кВ-ийн шугамын тулгуур бүрийн газардуулгын эсэргүүцлийг одоогийн барьж байгаа нормчлол $R_{тулг} = 20$ омоос ихэсгэн $R_{тулг} = 40-50$ ом болтол 2-2.5 дахин нэмэгдүүлэхэд Монгол оронд баригдах 110-220 кВ-ийн 100 км уртад харгалзах шугамын аянгийн тасралтын түвшин олон улсын зөвшөөрөгдөх түвшин $N_{таср} = 1-2$ -оос хэтрэхгүй байх бүрэн бололцоотой болохыг судалгаа тооцоо харуулав.

Ном зүй

1. Цэрэндорж З. Эрдэнэтөгс Ц. "Аянга хамгаалалт газардуулга" ШУТИС, үндсэн сурах бичиг 2019 он
2. Цэрэндорж З. Эрдэнэбат Ц. "Өндөр хүчдлийн техник-1" , "Гадаад тусгаарлага онол, практикийн үндэс" сурах бичиг 2018 он
3. Flisowski Z. "Analiza zagronezia piorunowego obiektow budowlanych" Warszawa 1980
4. Kuffel E. Zaengle W.S Kuffel J. "High Voltage Engineering Fundamentals" OXFORD 2000

ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ 110/35/10 кВ ДЭД СТАНЦЫН ХУВААРИЛАХ БАЙГУУЛАМЖИЙН ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫ СУДАЛГАА

Г.Батцэцэг*, С.Эрдэнэтуяа*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим хүчний сургууль

Хураангуй. Мэдээлэл холбоо, хэмжих хэрэгсэл, удирдлага хяналтын систем микропроцессорын техник технологийн хөгжилтэй уялдан багаж тоног төхөөрөмжийн аюулгүй ажиллагаа, найдваржилт болон эрүүл ахуй орчны нөхцлийг бүрдүүлэхэд цахилгаан соронзон орны хэмжилт судалгаа чухал ач холбогдолтой. Энэ ажлын хүрээнд дэд станцын хэмжүүрийн орчны цэнэгжилтийг хэмжин анализ хийж дүн шинжилгээ өгөх нь бас нэг судалгааны хүчин зүйл болж байна. Иймд УБЦТС ТӨХК дэд станц болон ББЭХС ТӨХК 110/35/10 кВ дэд станцын хуваарилах байгууламж, Увс Цахилгаан Түгээх 6кВт хуваарилах байгууламжын цахилгаан соронзон хүчлэгийг хэмжин харьцуулан судлав.

Түлхүүр үг. Дэд станц, цахилгаан орон, соронзон орон, хүчлэг, цэнэгжилт, найдваржилт

I. ОРШИЛ

Манай орны хувьд 50 гц-ийн давтамжтай, нийт эрчим хүчний үүсгүүрүүд нь ДЦС-ууд бүрдүүлдэг. Цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх, дамжуулах, түгээхэд цахилгаан цэнэгжилт, соронзон орны нөлөөлөл их байна. Энэ нь маш их эрсдэлийг бий болгодог. Хамгийн өндөр соронзон орон нь ихэвчлэн дэд станц доторх тоног төхөөрөмжид бий болдог ба хүчний цахилгаан тоног төхөөрөмжүүд нь соронзон орчинг бүрдүүлж, орчиндоо хүчтэй нөлөө үзүүлдэг бөгөөд хэмжих хэрэгслүүд болон хүний эрүүл мэнд хүчтэй нөлөө үзүүлж болзошгүй. Манай оронд эрчим хүчний давтамжийн цахилгаан соронзон орны нөлөөллийг буруулахын тулд их хэмжээний хөрөнгө санхүү зарцуулах шаардлагатай бөгөөд энэ нь ойрын хэдэн жилдээ боломжгүй юм. Иймд тоноглолуудын аюулгүй ажиллагаа, хүний эрүүл мэндийн шаардлагыг хангахын тулд тодорхой хэмжилт, харьцуулсан судалгаа хийхээр зорьлоо.

1. УБЦТС ТӨХК 35/10кВ 35/6 кВ дэд станцуудад орчиноос хамааруулж цахилгаан цэнэгжилт болон цахилгаан соронзон орон хэмжих
2. Хөдөө орон нутгийн түгээх сүлжээний хуваарилах байгууламжид цахилгаан болон соронзон орныг хэмжих.

Хүснэгт 1

Дэд станцын орчинд суурьших хүн амын эрүүл мэндэд нөлөөлөх соронзон орны зөвшөөрөгдөх хэмжээ

Давтамж	Гүйдлийн нягтаршил мА/м ²	Соронзон урсгалын нягтрал
1 Гц хүртэлх	8	40000
1-4 Гц	8/f	40000/f ²
4-8 Гц	2	4000/f ²
8-25 Гц	2	5000/f
0.025-0.8 кГц	2	5000/f

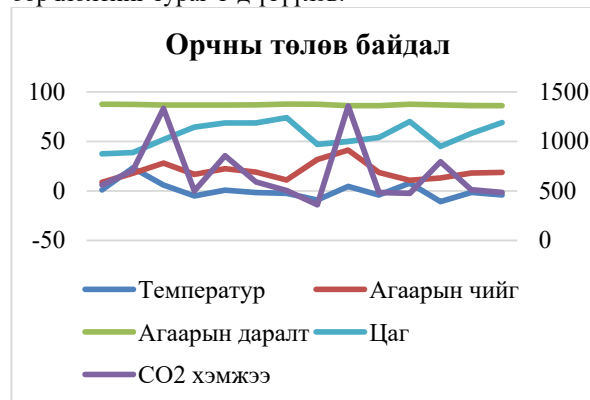
0.8-1 кГц	2	6.25
1-3 кГц	f/500	6.25

Цахилгаан соронзон орон нь цахилгаан дамжуулах болон түгээх ойлголттой салшгүй холбоотой утга юм. Хүн ам суурьшсан газруудад дунд болон нам хүчдэлтэй дэд станцууд баригддаг бөгөөд эдгээр станцуудаас ялгарч байгаа соронзон орон нь тухайн орчинд байгаа хүмүүсийн эрүүл мэндэд их хэмжээгээр нөлөөлөх боломжтой. Энэ нөхцөлд соронзон орон голдуу авч, цахилгаан орныг авч үздэггүй шалтгаан нь тухайн дэд станцуудын хүчдлийн хэмжээ ноцтой хэмжээний цахилгаан орон ялгаруулдаггүй, мөн станцын байгууламжийн хананд нь ихэвчлэн нягтаршаад үлдсэн байдаг.

II. Орчны цэнэгжилтийн хэмжилт

Эрчим хүч нь олон тооны хүчний тоног төхөөрөмжүүдээс бүрддэг.

Хүснэгтээс харахад УБЦТС ТӨХК-ний 7 дэд станцад өдрийн 9-17 цагийн хооронд гадна болон доторхи агаарын температур, чийгшил, даралтын хэмжээг хүснэгт 2.1-т, тухайн хэмжилт тус бүрийн өөрчлөлтийг зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1. Орчны төлөв байдал

Орчны төлөв байдал

Д/д	Хэмжилт хийсэн газрууд	Хийсэн сар, өдөр	Цаг	Агаарын температур, С°	Агаарын чийг, %	Агаарын даралт, кПа	CO2	
							ppm	кг/м³
1	35/6кВ-ын Баянхошуу дэд станц гадна	2019.01	9:00	1.1	8.8	87.6	560	0.56
2	35/6кВ-ын Баянхошуу дэд станц дотор	2019.01	9:30	23.3	17.8	87.4	707	0.707
3	35/10кВ-ын Яармаг дэд станц дотор	2019.01	12:25	5.9	28.1	86.8	1333	1.333
4	35/10кВ-ын Яармаг дэд станц гадна	2019.01	15:31	-5.1	16.7	86.7	500	0.5
5	35/10кВ-ын Баянгол дэд станц дотор	2019.01	16:30	0.8	22.5	86.7	855	0.855
6	35/10кВ-ын Баянгол дэд станц гадна	2019.01	17:35	-1.7	18.9	86.9	591	0.591
7	35/6кВ-ын Өндөртолгой дэд станц дотор	2019.01	11:20	-2.5	11.1	87.7	504	0.504
8	35/6кВ-ын Өндөртолгой дэд станц гадна	2019.01	11:50	-9.2	31.8	87.5	360	0.36
9	35/6кВ-ын Олимп дэд станц дотор	2019.01	12:50	4.6	41.2	86.1	1357	1.357
10	35/6кВ-ын Олимп дэд станц гадна	2019.01	16:40	-4.2	18.7	86.1	484	0.484
11	35/6кВ-ын Баян дэд станц дотор	2019.01	10:50	7.9	10.8	87.6	475	0.475
12	35/6кВ-ын Баян дэд станц гадна	2019.01	13:50	-10.8	13	86.9	795	0.795
13	35/6кВ-ын Нисэх дэд станц дотор	2019.01	14:00	-1.6	18.1	86.2	512	0.512
14	35/6кВ-ын Нисэх дэд станц гадна	2019.01	16:29	-4.2	18.7	86.1	484	0.484

Хүснэгт 2.2

Цахилгаан болон соронзон орны хэмжилт

Д/д	E, V/м											
	5-400 кГц				50-400 кГц				2к-400 кГц			
	x	y	z	sum	x	y	z	sum	x	y	z	sum
1	2.5	4	2.8	5.5	2.0	1.9	1.6	3.2	0.2	0.2	0.2	0.3
2	4.3	12	8.4	15.3	3.2	1.9	1.3	3.9	0.2	0.3	0.1	0.4
3	7.5	8.9	4.7	12.6	2.3	2.2	2.0	3.8	0.3	0.3	0.3	0.5
4	8.2	13.7	10.5	19.1	1.8	1.6	1.3	2.7	0.2	0.2	0.2	0.3
5	6.5	4.6	5.8	9.9	4.6	4.2	4.3	7.6	0.3	0.2	0.2	0.4
6	1.6	2.8	2.6	4.1	6.5	6.5	6.1	11.0	0.2	0.2	0.2	0.3
7	39.2	28.8	1.4	48.7	12.2	5.3	5.1	14.2	0.3	0.2	0.3	0.5
8	5.2	8.2	6.1	11.5	3.7	2.6	1.6	4.8	0.1	0.1	0.1	0.2
9	4.5	6.8	7.5	11.1	2.6	2.5	1.8	4.0	0.4	0.4	0.4	0.7
10	2.3	2.8	1.6	4.0	1.7	1.9	2.1	3.3	0.4	0.3	0.3	0.6
11	8.9	37.1	34.8	51.6	4.8	4.4	1.9	6.8	0.2	0.3	0.3	0.5
12	12	8.4	4.6	15.4	1.9	2.2	1.3	3.2	0.3	0.3	0.2	0.5
13	2.8	3.4	2.3	5.0	1.6	1.3	1.6	2.6	0.3	0.2	0.2	0.4
14	3.4	4.6	4.7	7.4	2.5	2.4	1.3	3.7	0.2	0.2	0.1	0.3

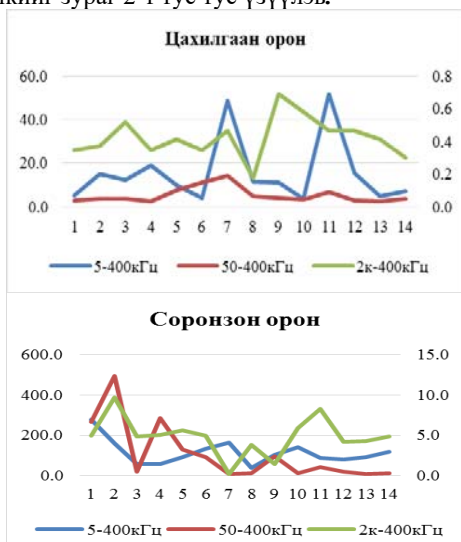
Хүснэгт 2.2-ын үргэлжлэл

Д/д	H, A/м											
	5-400 кГц				50-400 кГц				2к-400 кГц			
	x	y	z	sum	x	y	z	sum	x	y	z	sum
1	253.0	98.0	66.0	279.2	255.0	41.1	63.8	266.1	3.8	2.3	2.2	5.0
2	83.6	91.2	102.4	160.6	247.0	275.0	328.0	494.2	5.1	5.8	5.9	9.7
3	53.4	14.7	22.8	59.9	7.7	13.8	15.2	21.9	2.8	2.8	2.8	4.8
4	35.9	32.4	28.7	56.2	9.7	22.3	284.0	285.0	2.9	2.9	2.9	5.0
5	46.2	61.6	54.3	94.2	65.5	98.6	52.2	129.4	3.2	3.1	3.5	5.7
6	83.9	84.1	64.8	135.3	54.3	58.6	46.3	92.3	3.1	2.6	2.9	5.0
7	162.0	13.9	6.3	162.7	4.7	4.6	3.1	7.3	0.1	0.1	0.1	0.2
8	23.7	22.7	24.2	40.8	3.7	7.7	8.2	11.8	2.2	2.2	2.3	3.9
9	67.6	57.6	56.6	105.3	55.6	58.2	53.4	96.6	0.9	0.8	0.8	1.4
10	64.0	91.6	84.4	140.0	6.1	6.4	7.5	11.6	3.4	3.4	3.5	5.9
11	67.0	36.4	43.2	87.6	27.2	28.3	13.3	41.4	2.8	4.6	6.3	8.3
12	66.3	30.9	35.8	81.4	6.5	13.8	12.2	19.5	2.5	2.4	2.4	4.2
13	83.2	29.4	25.7	91.9	4.8	3.7	3.6	7.0	2.6	2.4	2.4	4.3
14	73.6	34.9	87.1	119.3	5.9	6.7	9.3	12.9	3.1	2.6	2.7	4.9

Хүснэгтээс харахад 35/10 кВ, 35/6кВ-ийн дэд станцын цахилгаан орон E, цахилгаан соронзон орон H хэмжилт харагдаж байна. Соронзон орны долгион

тархалт ихтэй учир X, Y, Z тэнхлэгийн дагуу хэмжиж дундаж дүнгээр тооцсон байгааг хүснэгт 2.2-т.

Цахилгаан орон, соронзон орны өөрчлөлтийн графикийг зураг 2-т тус тус үзүүлэв.



Зураг 2. Цахилгаан болон соронзон орны өөрчлөлтийн график

Хүснэгт 2.3

Увс Цахилгаан түгээх Сүлжээ ХХК-ын хуваарилах байгууламжийн цэнэгжилт

Байршил /Тоног төхөөрөмжийн нэр/	Цахилгаан орон Е в/м	Соронзон орон Н мт	Он сар, өдөр
Диспечерийн өрөө	987	3.48	2018.12.04 13:00
Аккумуляторын өрөө	1145	5.32	2018.12.04 13:20
6 кВ-ийн шит, ячек	1336	17.2	2018.12.04 13:40
Вакуум таслуур	1345	22.5	2018.12.04 14:00

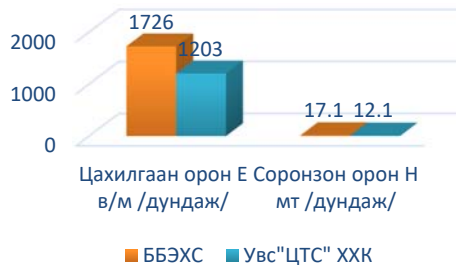
110/35/10 кВ-ийн дэд станцын өндөр хүчин чадал бүхий тоног төхөөрөмжийн соронзон орны хэмжээг хүснэгт 2.4 харуулав.

Хүснэгт 2.4

ББЭХС ТӨХК-ний 110/35/10 кВ дэд станц

Байршил /Тоног төхөөрөмжийн нэр/	Цахилгаан орон, Е в/м	Соронзон орон, Н мт	Он сар, өдөр
Коммутацын аппаратууд	1100	4.8	2019.01.04 13:00
Хүчний трансформатор	2500	27.32	2019.01.04 13:20
Реле хамгаалалтын автоматикийн тоног төхөөрөмж	1430	12.5	2019.01.04 13:40
Хуурай салгуур, богино холбогч, тусгаарлагчууд	1300	13.5	2019.01.04 14:00
Цэнэг шавхагч, аянга зайлуулагч, газардуулах төхөөрөмж	2300	27,5	2019.01.04 14:20

Харьцуулсан график



Зураг 4. ББЭХС ТӨХК 110/35/10 кВ дэд станц болон Увс ЦТС ХХК 6 кВ хуваарилах байгуулажийн цахилгаан орон, соронзон орны хэмжилтийг харьцуулсан үр дүн

III. Хэмжилтийн үр дүн:

Хэмжилт-1: Агаарын дотоод болон гадаад орчны найрлага хэмжигч багаж болон ME 3951 багажаар УБЦТС ТӨХК эзэмшил дэд станцуудын гадна болон доторхи соронзон орны нөлөөллийг хэмжсэн. Хэмжилтээр 35кВ-ийн дэд станцад цахилгаан болон соронзон орны нөлөөллийг хэмжиж авсан. Соронзон орны нөлөөлөл их байснаар цахилгаан тоноглолуудын ажиллагаа болон хэмжүүрийн багажийн алдаа нарийвчлалд нөлөөлнө.

Хэмжилт-2: Тортекитс цэнэгжилт хэмжих багажаар хоорондоо 20 минутын хугацаанд цагийн турш хэмжилт хийсэн. Өндөр хүчин чадал бүхий 110/35/10кВ тоног төхөөрөмжүүдийн эргэн тойронд цахилгаан цэнэгжилтийн хэмжээ өндөр үзүүлэлттэй байна. 6кВ-ийн хуваарилах байгууламжийн тоног төхөөрөмжүүд зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс хэтрээгүй байна.

ДҮГНЭЛТ

Нэгдүгээр хэмжилтээр Улаанбаатар хотын орчинд байрлах УБЦТС ТӨХК-ын 35/10кВ, 35/6кВ-ийн дэд станцуудад тухайн орчиноос хамааруулж цахилгаан цэнэгжилт болон соронзон орны хэмжилт хийсэн. Хэмжилтийн үр дүнд хүн амтай ойрхон, хүчин чадал өндөртэй дэд станцуудад илүү их хэмжээгээр соронзон орон болон цахилгаан орон ялгарч байна. Мөн дэд станцын доторх соронзон орон нь гаднах соронзон орноос илүү байна. Эдгээр хэмжилтээс харахад хүний биед онц ноцтой гэмтэл хүргэх аюултай түвшинд хүрээгүй байна.

Хоёрдугаар хэмжилтээр Увс аймгийн Улаангом сумд байрлах 110/35/10кВ-ийн дэд станц болон 6кВ-ын хуваарилах байгууламжид цахилгаан орон болон соронзон хэмжилтийг мөн хийсэн. Тухайн хэмжилтийг өрөө хооронд ТОРТЕКИТС багаж ашиглаж хийсэн. Хүчний трансформатор, вакуум таслуур орчин соронзон орон илүү өндөр байна. Цаашид дэд станцад цахилгаан орон, соронзон орны нөлөөнөөс үүсэх алдаа, түүнийг бууруулах арга замыг гүнзгийрүүлэн судлах шаардлагатай байна.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. “Эрчим хүчний судалгаа шинжилгээний арга зүй” Д.Содномдорж. 2010 он УБ хот. 127хуудас.

2. “Цахилгаан энергийн дамжуулалт хуваарилалт” Х.Цагаан, М.Хуягдорж 2010 он УБ хот. 254хуудас.
3. ITU-R Studies on Electromagnetic field measurements to asses human exposure vol 2-3, 2008.
4. www.emfservices.com/magnetic.htm/
5. Electromagnetic radiation Journal, 328–348, 2009.
6. Keikko T, Seesvuori R, Valkealahti S. Exposure to Magnetic Field Harmonics in the Vicinity of Indoor Distribution Substations, Health Physics, vol. 91, 580-581, 2006.
7. ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS AND YOUR HEALTH 2-3, 2008.

ДЦС-3 –ЫН ИЛ ХУВААРИЛАХ БАЙГУУЛАМЖ ОРЧМЫН ЦАХИЛГААН БА СОРОНЗОН ОРНЫ ТАРХАЛТ

М.Бямбажав*, Э.Энхбаяр*, Б.Бат-Эрдэнэ*, М.Баттулга*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим хүчний сургууль

Хураангуй. Цахилгаан эрчим хүчний системийн хамгийн том объект болох цахилгаан станцын ажиллагааны явцад тоноглолуудын цахилгаан соронзон төлөв байдал ба цахилгаан соронзон нийцэлтийн судалгааг тогтмол явуулж, цахилгаан соронзон нийцэлтийг илэрхийлэх параметруудын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс хэтэрсэн тоног төхөөрөмжүүдийг тодорхойлох арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх зайлшгүй шаардлагатай байдаг. Өнөөгийн түвшинд манай орны цахилгаан станцуудын үндсэн тоног төхөөрөмжийн насжилт өндөр, олон төрлийн үйлдвэрлэгчийн техник, тоног төхөөрөмж ашиглаж байгаатай холбоотойгоор ашиглалтын нөхцөл хүндэрч, улмаар цахилгаан соронзон нийцэл алдагдах нөхцөл үүсч байна.

Иймд ДЦС-3-ын ИХБ-ийн гадна болон дотор байрласан РХА-ын тоног төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон төлөв байдал ба нийцэлтийн судалгааг хийхийн тулд цахилгаан тоноглолуудын орчинд цахилгаан болон соронзон орны хүчлэгийн хэмжилтийг хийж гарсан үр дүнгээ энэхүү илтгэлээр танилцуулж байна. Хэмжилтийг цахилгаан соронзон орны хүчлэг хэмжигч ME3951A багажаар хийж гүйцэтгэв.

Түлхүүр үг. Цахилгаан соронзон орон, орны хүчлэг, төлөв байдал, цахилгаан соронзон нийцэлт, ME3951A.

I. ОРШИЛ

Цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгээр тодорхойлогдох ойлголт нь цахилгаан соронзон төлөв байдал (ЦСТБ) юм. ЦСТБ-ыг байгалийн ба зохиомол (цахилгаан энергийг ашигладаг цахилгаан эрчим хүчний тоног төхөөрөмжүүдээс бий болдог) гэж ангилдаг [2].

Байгалийн ба зохиомол гаралтай цахилгаан соронзон орнууд долгионы тархалтын онолын дагуу бие биетэйгээ харилцан үйлчлэлцэж, тэдгээрийн хүчлэгийн векторууд нэмэгддэг. (мөн хасагдаж болно). Байгалийн цахилгаан орон гадаргуугын илүүдэл хасах цэнэгтэй байх ба задгай орон зайд ойролцоогоор 100-500 В/м байдаг. Харин үйлдвэрийн давтамжтай хүчтэй цахилгаан орон нь гол төлөв цахилгаан эрчим хүчний объектуудад бий болдог.

Цахилгаан эрчим хүчний системд цахилгаан соронзон гаж нөлөөлөл ямагт байдаг. Учир нь цахилгаан тоног төхөөрөмжийн бүх элементүүд цахилгаан соронзон гаж нөлөөллийг бий болгодог

(өөрөөр хэлбэл, цахилгаан соронзон гаж нөлөөллийн эмиссийн үүсгэгчид) ба цахилгаан соронзон гаж нөлөөллийн үүсгэгч болдог.

Цахилгаан соронзон гаж нөлөөлөл нь техник хэрэгсэлийн хэвийн үйл ажиллагааны чанарыг бууруулдаг, эсвэл бууруулж болох цахилгаан соронзон үзэгдэл ба процесс юм. Цахилгаан соронзон орны хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх нөлөөлөл зөвшөөрөгдөх түвшингээс ихгүй байх ёстой бөгөөд үйлчилгээний ажиллагсдад болон удирдлага, хэмжилт-мэдээллийн төхөөрөмжүүдэд сөрөг үр дагавар бий болгохгүйн тулд хэд хэдэн шаардлагуудыг хангасан байх хэрэгтэй. Цахилгаан соронзон нийцэлтийг хангахгүй байх нь дурын тохиолдолд шууд буюу шууд бус эдийн засгийн алдагдалд (хохиролд) хүргэдэг.

1976 онд олон улсын цахилгаан техникийн комиссоос цахилгаан соронзон нийцэлтийн дараах томъёоллын журмыг гаргасан байна: “Цахилгаан соронзон нийцэлт (төхөөрөмж ба түүний хүрээлэн буй орчны хооронд, эсвэл төхөөрөмжүүдийн хооронд) нь тухайн цахилгаан соронзон орчинд түүнийг онцгой цочролд оруулахгүйгээр хэвийн үйл ажиллагаа явуулах тоног төхөөрөмжүүдийн чадвар юм” [1].

Энэ чадварыг илэрхийлэх үндсэн параметрууд нь цахилгаан болон соронзон орны хүчлэг юм.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Цахилгаан станцын цахилгаан соронзон төлөв байдлын судалгааг хийхийн тулд “ДЦС-3 ТӨХК”-ийг судалгааны объект болгон сонгон авч ИХБ-ийн орчимд нийт 94 цэгт цахилгаан, соронзон орны хүчлэг, орчны агаарын чийгшил, температур, дуу шуугиан зэрэг шаардлагатай параметруудын утгыг хэмжин авлаа. Хэмжилтийн үр дүнг хүснэгт 1 ба 2-д харуулав. Цахилгаан (E) ба соронзон (H) орны хүчлэгийн утгыг ME3951A маркийн багажаар янз бүрийн цэгүүдэд янз бүрийн цаг хугацаанд тус бүр гурван удаа хэмжиж хамгийн их утгыг хойшдын тооцоонд ашиглав.

Хэмжилтийн тоон утгуудыг ашиглан ИХБ дотор байгаа реле хамгаалалтын төхөөрөмж байрлаж буй өрөөний цахилгаан ба соронзон орны тархалтын зураглалыг зураг 1, 2-д, ИХБ орчмын цахилгаан ба соронзон орны тархалтын зураглалыг зураг 3, 4-д үзүүлэв.

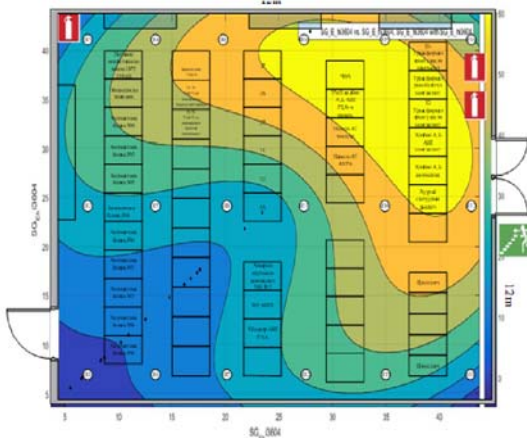
ОХУ-д мөрдөж буй хамгийн сүүлийн үеийн эрүүл ахуйн хэм хэмжээт СанПиН 2.2.4.119105 нормыг авч үзье. Энэ нормд ажлын байран дахь цахилгаан соронзон орны зөвшөөрөгдөх дээд түвшинг тогтоосон байна. Анх удаа нэг ээлжийн туршид геосоронзон

орны сулралын түр хугацааны (3 жил) зөвшөөрөгдөх түвшинг 2 дахин гэж тогтоосон. Тогтмол соронзон орны зөвшөөрөгдөх дээд түвшин: ажлын өдөрт 10 минут хүртлэх үйлчлэх хугацаатай үед 24 кА/м; 11-60 мин үйлчлэх хугацаатай бол- 16 кА/м; 61-480 мин үйлчлэх хугацаатай – 8 кА/м болно. Хэсэгчилсэн үйлчилгээтэй орны зөвшөөрөгдөх түвшин ойролцоогоор 1.5 дахин их байна.

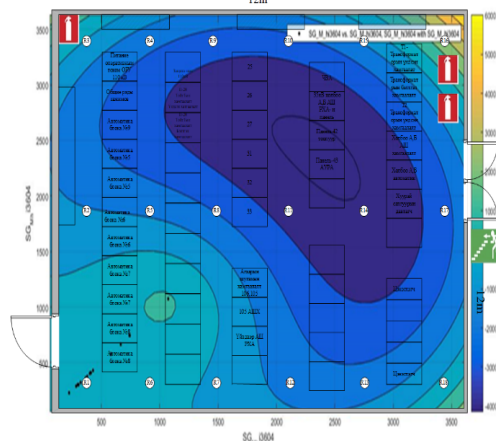
Хүснэгт 1

ИХБ-ийн реле хамгаалалтын өрөөнд гүйцэтгэсэн ХЭМЖИЛТ

№	Хэмжилт хийсэн цэг	E /V/m/	H /nT/	Агаарын температур, °C	Агаарын чийгшил, %	Дуу шуугиан /дБА/
1	Хэмжилтийн цэг 1	8.4	741.497	24.6	28.2	105.8
2	Хэмжилтийн цэг 2	41.9024	224.109	24.5	30.5	102
3	Хэмжилтийн цэг 3	6.64981	303.18	24.1	28.7	103.9
4	Хэмжилтийн цэг 4	6.92459	364.485	24.2	27.7	104.8
5	Хэмжилтийн цэг 5	23.4369	410.781	24	26.9	104
6	Хэмжилтийн цэг 6	10.2538	579.59	24.6	25.9	103.6
7	Хэмжилтийн цэг 7	5.51906	744.61	23	26.9	104
8	Хэмжилтийн цэг 8	8.67468	429.784	21	27.4	104.6
9	Хэмжилтийн цэг 9	10.9558	322.895	21	27.5	103
10	Хэмжилтийн цэг 10	16.7469	405.986	22	26.8	103.7
11	Хэмжилтийн цэг 11	17.3462	298.196	22	25.5	104
12	Хэмжилтийн цэг 12	21.7901	1073.65	22	25.2	104.5
13	Хэмжилтийн цэг 13	17.6392	3464.1	22	25.1	104
14	Хэмжилтийн цэг 14	16.1487	284.41	21.5	29.2	102
15	Хэмжилтийн цэг 15	14.7526	400.606	21	29	101
16	Хэмжилтийн цэг 16	12.5515	377.308	21.2	28.2	103
17	Хэмжилтийн цэг 17	8.34745	409.578	22	29.5	104.1
18	Хэмжилтийн цэг 18	6.55515	666.65	22.3	28.8	104.3



Зураг 1. Реле хамгаалалтын төхөөрөмж байрлаж буй өрөөний цахилгаан орны тархалтын зураглал



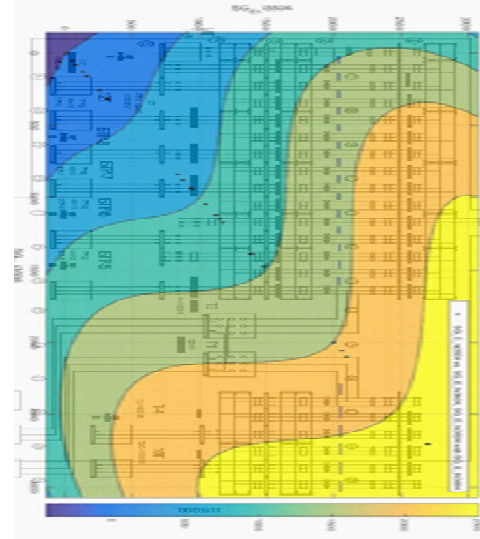
Зураг 2. Реле хамгаалалтын төхөөрөмж байрлаж буй өрөөний соронзон орны тархалтын зураглал

Хүснэгт 2

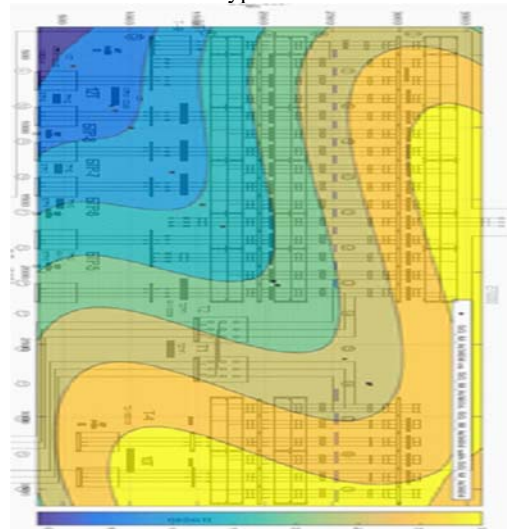
ИХБ-ийн реле хамгаалалтын өрөөнд гүйцэтгэсэн

ХЭМЖИЛТ

№	Хэмжилт хийсэн цэг	E /V/m/	H /nT/	Агаарын температур, °C	Агаарын чийгшил, %	Дуу шуугиан /дБА/
1	Баруун хойно	127.236	459.835	-1	29.1	103.5
2	ТТ-9 Той.снс	1715.88	1298.97	-1	29.7	103.5
3	ТТ-9 1-р сис ши	1180.6	3464.1	-1	30.1	105.4
4	Т9 ТР	2445.52	3010.48	-1	31	108.9
5	Баруун ЭТ8	102.773	2024.28	-1	31.4	106
6	12Т	1044.1	3464.1	-1	33.3	104
7	Б 20м гол	1475	1687.93	-1	33.2	103
8	Б 40м гол	2929.67	3464.1	-2	33.1	102.7
9	Б 60м гол	1939.6	3464.1	-1	32.7	103
10	Б 80м гол	1045.34	885.073	-1	32.3	103
11	Б 100м гол	1120.49	2063.83	-1	32.2	104
12	Б 120м гол Т-2	836.785	3464.1	-1	33.6	103.1
13	Б 140м АШ-112	2704.14	3464.1	-1	32.9	102.5
14	Б 150м гол Т-1	2000	2597.31	-1	32.8	104
15	Б 170м гол	1385.03	1008	-1	33.8	102.5
16	Б 190м гол	2056.27	1313.07	-1	32.3	103.5
17	Б 210м гол	1145.3	1535.62	-1	32.9	102.5
18	Б 230м гол	2098.05	852.2	-2	33	103
19	Б 250м гол	940.584	577.073	-2	33	104
20	Зүүгээс 10м	932.666	1004.24	-2	33.4	104.7
21	Сонгино А 30м	53.436	3464.1	-2	33.1	104.7
22	50м	1171.55	2094.34	-1	33.5	105.1
23	БТР-4 70м	876.891	2780.81	-1	33.5	107.6
24	35кВ НЭ-1 90м	80.6358	3464.1	-2	33.9	107.9
25	Т-2 тр 120м	309.412	2088.94	-2	33.8	108
26	130м	320.69	2060.68	-2	33.2	107.2
27	БТР-5 150м	3.1305	2064.65	-1	33.3	106.3
28	БТР-6 170м	256.632	3464.1	-1	32.2	106
29	БТР-7 190м	159.251	2766.62	-1	32.6	107.3
30	БТР-8 210м	373.534	2770.25	-1	29.1	103.5



Зураг 3. ИХБ-3 орчмын цахилгаан орны тархалтын зураглал



Зураг 4. ИХБ-3 орчмын соронзон орны тархалтын зураглал

Үйлдвэрийн 50 Гц давтамжтай цахилгаан орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд хязгаар ил хуваарилах байгууламж, трансформаторын дэд станцын орчинд ажлын өдрийн турш 5000 В/м байх ба харин үйлдвэрийн 50 Гц давтамжтай соронзон орны зөвшөөрөгдөх дээд хязгаар дээрх төхөөрөмжүүдийн орчинд ажлын өдрийн турш 80 А/м байх ёстой.

Үйлдвэрийн байрны дотор талд үйлдвэрийн 50 Гц давтамжтай цахилгаан орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд хязгаар ажлын өдрийн турш 500 В/м, харин албан өрөөнүүдэд 100 В/м байна. Үйлдвэрийн байрны дотор үйлдвэрийн 50 Гц давтамжтай соронзон орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд хязгаар ажлын өдрийн турш 40 А/м, харин албаны байрнуудад 0,5 А/м байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл цахилгаан соронзон орнуудын хүчлэгийн бодит утгууд дээрх зөвшөөрөгдөх утгуудаас ихгүй байх ёстой.

Дээрх нормчлогдсон утгуудыг тулгуур үзүүлэлт болгон тус “ДЦС-3” ТӨХК-д сонгон авсан 94 цэгтээ дээрх бүх орчныг хамруулахыг зорилгоо. Үүнд: ИХБ-3 трансформаторууд, ИХБ-3 РХА өрөө, оффисийн өрөөнүүд, хуваарилах байгууламжийн орчин зэрэг цахилгаан станцын ЦСТБ-д үнэлэлт өгөхөд шаардлагатай бүхий л цэгүүд энд хамрагдаж чадсан. Хэмжилтийн үр дүнг дээрх зөвшөөрөгдөх стандарт утгатай харьцуулахад хэмжилт хийсэн 94 цэгээс 24 цэгт цахилгаан орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх утгын шаардлагыг хангахгүй байна.

Ийм учраас цахилгаан орны хүчлэгийн утга зөвшөөрөгдөх утгаас их байгаа дээрх 24 цэгийн цахилгаан орны хүчлэгийг бууруулах арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэхээс гадна соронзон орны хүчлэг зөвшөөрөгдөх дээд утгаас их байгаа 6 цэгийн соронзон орны хүчлэгийг бууруулах шаардлагатай юм. Цахилгаан орны хүчлэгийн утга их байгаа цэгт соронзон орны хүчлэг бага (эсрэгээрээ соронзон орны хүчлэг их цэгт цахилгаан орны хүчлэг бага) байдаг бөгөөд энэ зүй тогтол хэмжилтийн утгаар батлагдаж байгааг хүснэгтүүдээс харж болно.

Ш. ДҮГНЭЛТ

1. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд бидний авч үзсэн 94 цэгээс 24 цэгт цахилгаан орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд утгын шаардлагыг хангахгүй байна. Мөн 6 цэгт соронзон орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд утгын шаардлагыг хангахгүй

ЧОЙБАЛСАНГИЙН ДЦС-ЫН 50 МВТ-ЫН ӨРГӨТГӨЛИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА

Б.Пүрэвхүү*, Ч.Улам-Оргил*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим хүчний сургууль

Хураангуй. Эрчим хүчний хэрэглээ жил бүр хурдацтай өсөж байгаа энэ үед хэрэглэгчдийг чанартай эрчим хүчээр найдвартай хангах, эрчим хүчний аюулгүй байдлыг хангахын тулд Засгийн газрын 2018 оны 325 дугаар тогтоолоор төрөөс эрчим хүчний талаар баримтлах бодлогыг хэрэгжүүлэх дунд хугацаа (2018-2023)-ны үндэсний хөтөлбөрийг батлан ажиллаж байна [1]. Энэ хөтөлбөрт тусгасан эрчим хүчний дотоодын хэрэгцээг бүрэн хангах эх үүсвэрүүдийн

байна. Энэ нь реле хамгаалалт автоматикийн төхөөрөмжүүд, тухайн орчинд байрлах микропроцессор, микроконтроллёрүүдын хэвийн үйл ажиллагаанд нөлөөлөх аюултай. Ийм учраас цахилгаан орны хүчлэгийн утга зөвшөөрөгдөх дээд утгаас их байгаа 24 цэгийн цахилгаан орны хүчлэгийг бууруулах, 6 цэгийн соронзон орны хүчлэгийг бууруулах арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна.

2. Цахилгаан тоног төхөөрөмжөөс бий болж буй цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгийн хэмжээг шууд бууруулах боломжгүй тул тухайн тоног төхөөрөмжийг өөрийг нь экраничлаж бусад тоноглолын ЦСТБ-ыг хангах хэрэгтэй. “ДЦС-3”-ын хувьд энэ ажлын эхлэл хийгдэж байгаа бөгөөд одоогоор удирдлага, хэмжилт-мэдээллийн тоноглолуудын тэжээлийн утсыг экраничлж эхэлсэн.

3. Манай орны цахилгаан станцуудын ажиллагааны нөхцөл, орчин адил байдаг тул зөвхөн нэг станцад ЦСТБ-ын судалгааг хийж цахилгаан соронзон нийцэлтийн математик загвар гарган авч бусад станцад ашиглах боломжтой.

Станцын ажилчдыг ажиллаж буй цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон орны хүчлэгийн үйлчлэлээс хамгаалах асуудал нь хүний хүрээлэн буй орон зай дахь орны хүчлэгийг зөвшөөрөгдөх утга хүртэлх нормоор багасгах ба цахилгаан соронзон оронд хүний байх хугацааг хязгаарлах замаар хангагддаг. Ийм учраас зайлшгүй шаардлагатай хамгаалах хэрэгслээр хангах хэрэгтэй.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Общий технический регламент “Об электромагнитной совместимости” //Новости электротехники. -2004. -№4. –с.58-62.
2. Шваб А. Электромагнитная совместимость: Пер.с нем. В.Д.Мазина и С.А.Спектра. -2-е изд., перераб. и доп./Под ред. И.П.Кужекина. М.:Энергоатомиздат, 1998.-480с.
3. Д.Содномдорж “Цахилгаан соронзон төлөв ба цахилгаан соронзон нийцэлт”, “Эрчим хүч & Engineering” сэтгүүл – УБ.2014он6
4. Б.Баярсайхан “Диспетчерийн хяналт, удирдлагын төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон нийцүүлэлт”/Магистрын ажил/ - УБ.2011он.

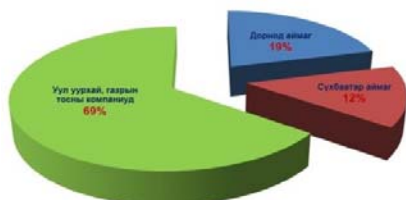
чадлын нөөцийг бий болгох зорилгын хүрээнд Чойбалсангийн ДЦС-ын хүчин чадлыг 50 МВт-аар өргөтгөхөөр төлөвлөсөн. Энэ илтгэлээр тус өргөтгөлийн төслийн горимын судалгааг хийж дүгнэлт гаргалаа.

Тулхуур үг. цахилгаан системийн горим, хэвийн горим, чадлын урсгал, чадлын алдагдал, их бага ачааллын горим.

I. ОРШИЛ

Чойбалсангийн ДЦС нь 1970 онд анх 12 МВт-ын хүчин чадалтайгаар ашиглалтанд орсон бөгөөд 1982 онд 24 МВт-аар өргөтгөж өнөөдрийн байдлаар 36 МВт-ын суурилагдсан хүчин чадалтай, 2017 онд 230,17 сая кВтц цахилгаан, 305,92 мянган Гкал дулааны эрчим хүчийг үйлдвэрлэн, Зүүн бүсийн хэрэглэгчдийг цахилгаанаар, Дорнод аймгийн төвийн хэрэглэгчдийг дулаанаар ханган ажиллаж байна [2]. Монгол Улсын Засгийн Газраас Зүүн бүс нутгийн эрчимтэй хөгжлийг хангах, газрын доорх баялгийг олборлох, баяжуулах үйлдвэрлэлийн ажиллагааг дэмжих бодлогыг явуулснаар 2004 оноос эхлэн Дорнод, Сүхбаатар аймгуудын нутаг дэвсгэрт гадаадын хөрөнгө оруулалттай “Шанлун”, “Цайрт Минерал”, “Шинь Шинь”, “Эмээлт Майнз”, “Эм Эл Цахиурт овоо”, “Петро Чайна Дачин Тамсаг” зэрэг уул уурхай, газрын тосны компаниуд үйл ажиллагаа явуулж байгаа ба сүүлийн жилүүдэд эдгээр хэрэглэгчдийн цахилгааны хэрэглээ хурдтайгаар өсөн нэмэгдэж байна.

ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХЭРЭГЛЭЭНИЙ БҮТЭЦ



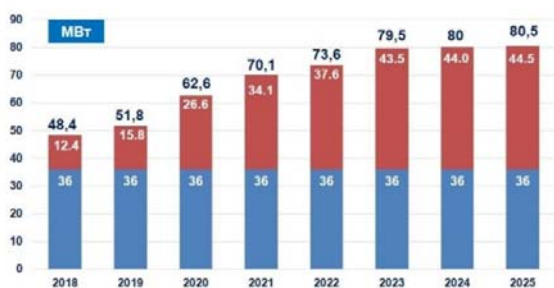
Зураг 1.1 Цахилгааны хэрэглэгчдийн бүтэц

Цахилгааны оргил ачаалал суурилагдсан хүчин чадлаас давж 2017-2018 онуудад 38.6 МВт хүрсэн ба цаашид бүс нутгийн ЦЭХ-ний өсөлтийг тогтвортой хангах боломжгүй болсон байна.

Монгол Улсын Зүүн бүс нутаг нь Монгол Улсын эрчим хүчний нэгдсэн системд техникийн найдвартай ажиллагааг хангах хэмжээнд бүрэн холбогдоогүй тул эрчим хүчний хэрэглээний огцом өсөлтийг хангах, эрчим хүчний найдвартай эх үүсвэрээр хэрэглэгчдийг хангах нь Зүүн бүс нутгийн эрчим хүчний хангамжийн тулгамдсан асуудал болж байна. Иймээс Монгол Улсын Засгийн газраас мөрийн хөтөлбөртөө эхний ээлжинд богино хугацаанд хэрэгжих боломжтой хувилбар болох Чойбалсангийн ДЦС-ыг 50 МВт-аар өргөтгөх төслийг хэрэгжүүлэхээр тусган ажиллаж байна.

“ДБЭХС” ТӨХК-ийн хийсэн тооцооллоор 2025 болон түүнээс цааш цахилгаан ачааллын өсөлт жилд 5 МВт байх төлөвтэй. 2020 оны түвшинд нийт хэрэгцээ чадлаар 62.6 МВт, 2025 онд 80.5 МВт хүрэхээр байна.

2018-2025 ОНЫ ЦАХИЛГААН АЧААЛЛЫН ӨСӨЛТИЙН ТААЦ



■ Дутагдах чадал ■ Суурилсан чадал
Зураг 1.2 ДБЭХС-ийн хэрэглээний өсөлтийн таац

Дээрх мэдээллээс харахад тус бүс нутаг чадлын дутагдалд орж эхэлсэн бөгөөд 2025 онд 44,5 МВт-ын чадлын дутагдалд орохоор байна. Иймээс тус станцыг өргөтгөх зайлшгүй шаардлага тулгараад байна.

II. ДЦС-ЫН ХҮЧИН ЧАДЛЫГ НЭМЭГДҮҮЛЭХ ХУВИЛБАР

ДБЭХС-ийн тасралтгүй найдвартай, аюулгүй ажиллагааг хангах, жилээс жилд өсөн нэмэгдэж буй цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг хангахын тулд эрчим хүчний эх үүсвэрийн хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх дараах хувилбаруудыг авч үзлээ.

Үүнд:

1. Зүүн бүсийн нутаг дэвсгэрт үйл ажиллагаа явуулж буй нүүрсний уурхайн дэргэд эсвэл томоохон хот сууринд шинэ ДЦС барих хувилбар,
2. ДБЭХС-ийг ТБЭХС-тэй 220 кВ-ын өндөр хүчдлийн ЦДАШ-аар холбох хувилбар, (ТБЭХС нь чадлын дутагдалтай ажиллаж байгааг анхаарах),
3. Чойбалсангийн ДЦС-ын хүчин чадлыг өргөтгөх зэрэг хувилбарууд байж болно.

Дээрх хувилбаруудаас Чойбалсангийн ДЦС-ын хүчин чадлыг өргөтгөх хувилбарыг авч үзсэн шалтгаан нь:

1. Нүүрс, усны хангамж ойр
2. Цахилгаан, дулааны сүлжээг цаашид ашиглах, өргөтгөх бүрэн боломжтой, шинэ өргөтгөлөөр баригдах барилга, байгууламжийг тус станцын зүүн талаас тулгаж барих тул шинэ талбайн гидрогеологи, инженер-геологийн тодорхойлолт нь ижил зэрэг нь давуу талтай.
3. ДЦС-ыг ойрын ирээдүйд дулааны чадлаар бус, цахилгааны чадлаар буюу 50 МВт хүчин чадлаар өргөтгөхийг мэргэжлийн түвшинд авч үзэж байгааг үндэслэсэн.

III. ӨРГӨТГӨЛ ХИЙГДСЭН БАЙХ ҮЕИЙН ГОРИМ, ТООЦОО

Дорнод бүсийн эрчим хүчний системийн одоогийн схем дээр Чойбалсан ДЦС-ын 50 МВт-ын өргөтгөл ашиглалтад орсон байх үеийн тогтсон горимын тооцоог доорх хувилбаруудаар хийв. Үүнд:

Хувилбар 1: Дорнод бүсийн эрчим хүчний системийн одоогийн ажиллаж байгаа үеийн их ба бага ачааллын үеийн ачааллын урсгалын тооцоо.

Хувилбар 2: Дорнод бүсийн эрчим хүчний систем төвийн бүсийн нэгдсэн сүлжээнээс тусдаа ажиллах үеийн тогтсон горимын чадлын урсгалын тооцоо.

Хувилбар 3: Дорнод бүсийн эрчим хүчний систем төвийн бүсийн нэгдсэн сүлжээтэй зэрэгцээ ажиллах үеийн тогтсон горимын чадлын урсгалын тооцоог хийлээ.

3.1 Тооцооны анхдагч өгөгдлүүд

Чойбалсангийн ДЦС-ыг 50 МВт-аар өргөтгөсний дараах үйлдвэрлэх цахилгаан, дулааны хэмжээг хүснэгт 3.1-д, ДБЭХС-ийн хэрэглээний өсөлтийн таацыг хүснэгт 3.2-т тус тус харуулав.

Хүснэгт 3.1
Чойбалсан ДЦС-ын техникийн үзүүлэлт

Үзүүлэлт	Нэгж	36 МВт		50 МВт	86 МВт	
		Төслөөр	2017 он	өргөтгөл	Төслөөр	
Суурилсан хүчин чадал цахилгаанаар	МВт	36	-	50	86	
Жилд үйлдвэрлэх цахилгаан	сая кВт.ц	131.0	230.3	300	431.0	
	мян кВт.ц	22.6	31.25	37.5	60.1	
ДХЦЭХ	%	17.25	13.57	12.5	-	
Түгээх цахилгаан	сая кВт.ц	108.4	199.0	262.5	370.5	
Суурилсан хүчин чадал (дулаанаар)	усаар	Гкал/ц	91.6	-	100	191.6
	уураар	тн/ц	81.9	-	280	361.9
Жилд үйлдвэрлэх дулаан	усаар	мян. Гкал	336.0	305.9	504.0	840.0
	уураар	мян. Гкал	210.0	-	-	210.0
Түгээх ДЭХ	мян. Гкал	289.4	269.2	-	-	
Түвшний хувийн зарцуулалт	цахилгаан	гр/кВт.ц	256	660.3	386.8	642.8
	дулаан	кг/гкал	185	191.5	176.9	361.9
Нүүрсний зарцуулалт	мян. тн	-	500.55	526.3	1,026.58	

Хүснэгт 3.2
ДБЭХС-ийн 2025 он хүртэлх цахилгаан ачааллын таац

№	Хэрэглэгч	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	Чойбалсан хот	9	9.2	9.5	9.8	10	10	10	10
2	Баруун урт хот	7.9	8.4	8.7	9	9.5	9.5	9.8	9.8
3	Цайрт минерал ХХК	2.5	3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
4	Петрочайна Дачин Тамсаг	12	12	15	18	20.5	26.3	26.5	27
5	Шангун ХХК	1	1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
6	Шинь Шинь ХХК	8	8.2	10	10	10	10	10	10
7	Эмээлт майна ХХК			2	2	2	2	2	2
8	Дорнод МАК уурхай	2	2	3	3	3	3	3	3
9	Баян нүүрсний уурхай			3	5	5	5	5	5
10	Дорнод аймгийн эрчим хүчний хүлээлтэй хэрэглэгчид	3	3	5	7.7	8	8	8	8
11	Дорнод газрын тос ХХК			2	2	2	3	3	3
12	Эрээн худар			1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
13	Хөвсгөлийн нүүрсний уурхай			1	1	1	1	1	1
14	Эм эл цахиурт овоо ХХК	3	5	6.8	8	8	8	8	8
	ДҮН	48.4	51.8	62.6	70.1	73.6	79.5	80	80.5

3.2 Дээрх хувилбаруудын тооцооны үр дүн
Хувилбар1-ийн тооцооны үр дүн: ДБЭХС нь өнөөгийн байдлаар чадлын дутагдалд орсноор Чойбалсан-Баруун-Уртын шугамаар систем тусдаа гарч Сүхбаатар аймаг, түүний зарим сумдын хэрэглээ, Цахиурт-Овоо уурхайн хэрэглээг Төвийн бүсээс тэжээж горим ажиллагааны тогтворжилтыг ханган ажиллаж байна. Сүүлийн 3 жилийн өвлийн горим ажиллагаанаас дүгнэхэд тухайн систем тулсан горимоор буюу бэлтгэл генераторгүйгээр ажиллаж байна. Зуны бага ачааллын үед нэг генератор засварт зогсож өвлийн бэлтгэлээ ханган ажиллаж байна.

Хувилбар 2-ын тооцооны үр дүн: Энэ хувилбарын үед ДБЭХС-ийн ЦДАШ-уудын чадлын урсгал, чадлын алдагдал болон шинийн хүчдлийн утгыг тооцоолсон. Тооцооны үр дүнгээс харахад 110 кВ-ийн Тамсаг ЦДАШ-ын дамжуулах чадвар хүрэлцэхгүй, хүчдлийн уналттай, шугамын чадлын алдагдал өндөр, горим ажиллагаа хүндрэлтэй байна. 110 кВ-ийн 187.4 км урттай Чойбалсан-Баруун-Уртын шугамаар 19.9 МВт чадлыг дамжуулахад 1,5 МВт-ын алдагдал бий болж, хүчдлийн уналт үүсэж байна. Хүчдлийн уналтаас сэргийлэхийн тулд 110/35/10 кВ-ийн Тамсаг дэд станцын 110 кВ талд 20 МВар-ын SVC холбож горимын тооцоог хийхэд хүчдлийн түвшин зөвшөөрөгдөх хэмжээндээ хүрч байна.

Хувилбар 3-ийн тооцооны үр дүн: Энэ хувилбарт ДБЭХС болон ТБНС зэрэгцээ ажиллах үеийн горимын тооцоог хийсэн. Чойбалсангийн ДЦС-ыг 50 МВт-аар өргөтгөөд ТГ-5 ажилд байхаар сонгож, системийн ачаалал 62.6 МВт үед, Чойбалсан - Баруун-Урт – Өндөрхаан ЦДАШ-ууд 110 кВ-оор холбогдсон, 110/35/10 кВ-ийн Тамсаг-19 дэд станцын 110кВ талд 20 МВар-ын SVC холбосон үед тооцоог хийсэн. Тооцооны үр дүнгээс харахад зуны бага ачааллын горимд ДБЭХС-ийн бага ачааллыг 45 МВт гэж үзвэл Чойбалсан ДЦС-ын ТГ-1, ТГ-2 тус бүр 75%, өргөтгөлөөр хийгдэх шинэ ТГ-5 нь 86.5% ачаалагдаж ДБЭХС-ийн хэрэглээг хангаж байсан.

Харин ачаалал нэмэгдэх үед 187.4 км урттай одоогийн 110 кВ-ийн ЦДАШ-ыг 220 кВ-ийн хүчдлийн түвшинд шилжүүлэх эсвэл Өндөрхаан дэд станцтай 220 кВ-ийн ЦДАШ-аар холбогдох нь горим ажиллагаа, системийн тогтвортой найдвартай ажиллагааг дээшлүүлж, эдийн засгийн хувьд ашигтай схемийн шийдэл болно. Учир нь одоогийн 110 кВ-ийн Чойбалсан - Баруун-Урт ЦДАШ-аар ДБЭХС-д үүсэж буй илүүдэл чадлыг нэвтрүүлэх боломжгүй тул зайлшгүй 220 кВ-ийн ЦДАШ-аар Чойбалсан дэд станцыг Өндөрхаан эсвэл Баруун-Урт дэд станцтай холбох нь горимын оновчтой хувилбар юм [1].

ДҮГНЭЛТ

“ДБЭХС” ТӨХК-ийн Чойбалсангийн ДЦС-ын хүчин чадлыг 50 МВт-аар өргөтгөснөөр дараах эерэг үр дүнг тодорхойлж болно.

Үүнд:

- Зүүн бүс нутгийн эрчим хүчний хангамжийн найдвартай, аюулгүй ажиллагаа дээшилнэ.
- Чойбалсангийн ДЦС-д орчин үеийн шинэ техник технологийг нэвтрүүлэх, станцын засвар үйлчилгээ хийх боломж гарч, найдвартай ажиллагаа дээшилнэ.
- “ДБЭХС” ТӨХК-д ажиллах ИТА (инженер техникийн ажилтан) -ын тоо нэмэгдэх, ИТА-ын ур чадварыг нэмэгдүүлэх боломжтой болно.
- Уул уурхай, газрын тосны олборлох үйлдвэрлэлийн бүтээмж нэмэгдэх.
- Улсын болон орон нутгийн төсөвт төвлөрүүлэх татвар, хураамж өсөхөд нөлөөлнө.
- Зүүн бүс нутгийн нийгэм, эдийн засгийн байдал сайжрах, ДНБ өсөх, ажилгүй иргэдийн тоо буурах эерэг нөлөөтэй.

Зүүн бүсийн Дорнод, Сүхбаатар аймгийн өрсөлдөх чадвар дээшилж, барилга, байшин баригдах, төвлөрсөн хот суурин газрууд бий болох, хотжих, хүн ам төвлөрөх таатай нөхцөл бүрдэнэ.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Төрөөс эрчим хүчний талаар баримтлах бодлогыг хэрэгжүүлэх дунд хугацааны хөтөлбөр 2018-2023, Засгийн газрын 2018 оны 325 дугаар тогтоол, УБ хот.
2. ДБЭХС-ийн 2017 оны үйл ажиллагааны тайлан.
3. Чойбалсангийн ДЦС-ыг 50 МВт-аар өргөтгөх ТЭЗҮ, 2018 он УБ хот.

БУЛГАНЫ 110 КВ-ЫН ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ЭРЧМИЙН АЛДАГДЛЫН СУДАЛГАА

Б.Лхагвадорж*, Д.Содномдорж*

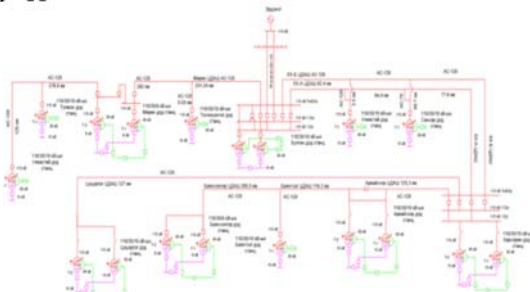
*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим хүчний сургууль

Хураангуй. Эрдэнэт хотын 110/35/10 кВ-ийн дэд станцаас гэжээгдэх цахилгаан дамжуулах үндэсний сүлжээний хангайн бүс салбарын 110/35/10,6 кВ-ийн чадал эрчмийн алдагдлыг бууруулах аргыг боловсруулах нь энэхүү өгүүллийн зорилго юм. Ачаалалыг 2018 оны 12 сарын 21-ний өвлийн их ачааллын хэмжээнийг утгаар авсан болно.

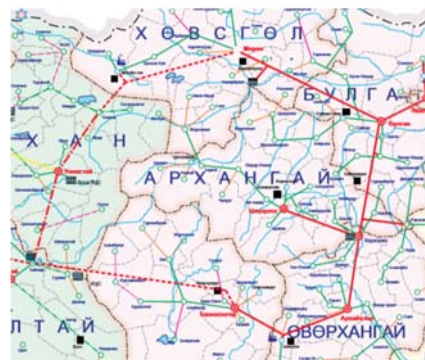
Түлхүүр үг. Хангайн бүс салбарын 110 кВ-ийн чадал, эрчмийн алдагдал

ОРШИЛ

Хангайн бүс салбар нь Орхон, Булган, Хархорин, Арвайхээр, Баянхонгор, Цэцэрлэг, Мөрөн, Улиастай гэсэн аймаг, хотуудын газар нутгаар дайрч зарим сумдуудыг найдвартай эрчим хүчээр хангадаг. Хангайн бүс салбар нь 110 кВ-ийн 1824,5 км урттай цахилгаан дамжуулах агаарын шугам нь 110.71 МВА ачаалалтай байна. 110/35/10.6 кВ-ийн 12 дэд станцтай, нийтдээ 26.68 МВт чадалтай 10 ширхэг реактортай, харьцангуй ачааллын нягт багатай ажиллаж байна. Тус салбарын оргил ачаалал нь ойролцоогоор 50-60 МВт хүрч байна. Цахилгаан систем, цахилгаан шугам сүлжээний бүхий л тооцооны үр үндэс суурь нь тогтсон горимын тооцооны үр дүнд үндэслэн хийгддэг. Үүний нэг бол чадал, эрчмийн алдагдлын судалгаа хийх юм. Зах зээлийн эдийн засгийн харилцаанд шилжсэн өнөө үед үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүчийг үр ашигтайгаар дамжуулах, хуваарилах, хэрэглэх гэсэн эрчим хүчний системийн асуудал бөгөөд хүчдлийн утгуудыг хэвийн хэмжээнд нь барих шаардлагатайгаас гадна, чадал эрчмийн алдагдлыг хамгийн бага байлгах хэрэгтэй. Манай улсын ямар ч ЦШС нь хэт ачаалагдсан болон дутуу ачаалагдаж буй техник, тоноглол их байдаг ба эдгээрийг олж тодруулж яаралтай арга хэмжээ авах нь зүйн хэрэг бөгөөд энэхүү судалгааны ажлыг зайлшгүй гүйцэтгэх зүй ёсоор гарах бөгөөд судалгааны ажлын үндсэн зорилго нь Эрдэнэт-Булганы 110 кВ-ийн ЦШС-ний алдагдлыг хийж, цааш нь алдагдлыг бууруулах арга замуудыг тодорхойлох шаардлага бий болж байна. Энэ бүхэн нь тухайн шугам сүлжээний эрчмийн алдагдлын тооцоог тусгайлан авч үзэх нөхцөлийг бүрдүүлж байна.



Зураг 1. Хангайн бүс салбарын 110/35/10,6 кВ-ийн ЦШС-ний ерөнхий схем



Зураг 2. Цахилгаан дамжуулах үндэсний сүлжээний Хангайн бүс салбарын 110/35/10,6 кВ-ийн шугамын трасс

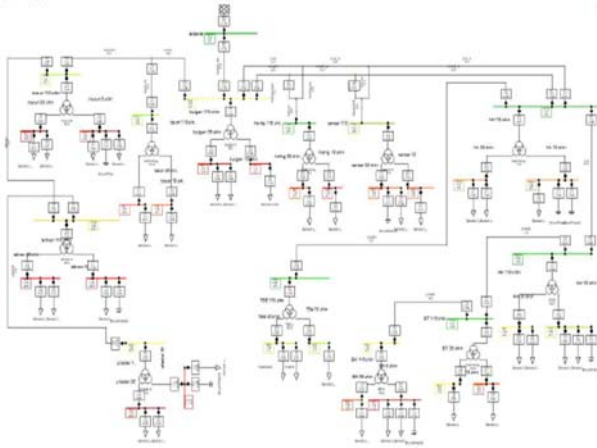
Тооцооны ажлын арга

Цахилгаан систем, цахилгаан шугам сүлжээний бүхий л тооцооны үндэс суурь нь тогтсон горимын тооцооны үр дүнд үндэслэн [1, 2, 3] хийгддэг. Горимын тооцооны анхдагч өгөгдлийг ерөнхий тохиолдолд цахилгаан системийн хэмжүүрийн тоноглол, хэмжилтээр тодруулагдах горимын өгөгдөл, цахилгаан системийн үндсэн элементүүд болох шугам, трансформатор зэргийг лавлахын өгөгдлөөр тодорхойлогдох системийн өгөгдөл, цахилгаан системийн залгах, салгах тоноглолын байрлалаар тодорхойлогдох бүтцийн өгөгдөл гэж гурав ангилна. Цахилгаан шугам сүлжээний горимын тооцооны аргачлалыг горимын анхдагч мэдээллээс нь хамааруулан их, бага ачаалал гэж ангилдаг. Их ачааллын аргаар тооцоо хийх онцлог нь [4,5] шугам сүлжээний хамгийн их ачааллын горимыг урьдчилан таамаглах замаар шууд хэмжилт авч энэхүү хэмжилтийн параметрийн тусламжтайгаар тодорхой хугацаанд шугам сүлжээнд гарах чадал, эрчмийн алдагдлыг олно. Тооцоог гүйцэтгэхийн тулд их ачааллын хэмжилтийг өвлийн улиралд дэд станц өүрээр гүйдэл, хүчдлийн хэмжилтийг оройн 18-21 хооронд авах шаардлагатай байдаг. Энэхүү судалгааны ажлыг уламжлалт аргаар бодож өвлийн их ачаалал, зуны бага ачааллаар тус 12 дэд станц дээр чадал, эрчмийн алдагдлыг тодорхойлж “ τ ” -алдагдлын хугацаа болон “ $T_{нб}$ ”-их ачааллын хугацаагаар болон “Кезевичийн томъёогоор τ - алдагдлын хугацааг олж тооцоо хийсэн. MICROSOFT EXCEL, POWER FACTORY программаар гүйцэтгэсэн.

PowerFactory програм хангамжийн тухай

Тус програмыг анх 1986 онд зохион бүтээсэн бөгөөд өнөөг хүртэл шинэчилж ирсэн ба одоо “PowerFactory15.2” гэсэн хувилбарыг авч хэрэглэж гэж байна. Тухайн програм нь эрчим хүчний системийг моделчлэх, түүн дээр тогтсон горимын болон шилжилтийн горимын бүх төрлийн тооцоо, богино

залгааны тооцоог иж бүрдлээр нь хийдэг цогц программ юм.



Зураг 3. Булган фидерийг powerfactory программаар бодсон

Хүснэгт 1

Powerfactory программын үр дүн (Трансформатор)

	Өндөр талын тр-ын ачаалал	Дунд талын тр-ын ачаалал	Нам талын тр-ын ачаалал	Транс-ын хэт ачаалал
Хишгөндөр	0,9845309	1,076956	1,076524	12,71311
Хархорин	0,9898342	1,030872	1,02574	17,81501
Баянтээг	0,9802176	1,015449	1,013813	36,33011
Тосон	1,027222	1,08314	1,08348	16,82353
Арвайхээр	0,9643619	0,9864855	0,9728083	47,27163
Баянхонгор	1,02402	1,107121	1,130832	59,53319
Цэцэрлэг	0,9641085	1,004957	1,001729	34,52152
Булган	1,048319	1,099066	1,097912	12,45972
Мөрөн	1,024396	1,109121	1,117755	55,62817
Сансар	1,008944	1,064612	1,063903	28,86472
Тэлмэн	1,032834	1,115585	1,127552	35,76916
Улиастай	1,034898	1,133785	1,153338	60,50472

Хүснэгт 2

Powerfactory программын үр дүн (Шугам)

	Шугамын эхэнд	Шугамын төгсгөлд	Шугамын ачаалал
Булган А,Б	1	1,048319	8,944351
Хархорин А	1,048319	1,029329	4,633615
Хархорин Б	1,048319	1,029329	4,633615
Хархорин А	1,029329	1,010759	4,432659
Хархорин Б	1,029329	1,010759	4,432659
Хишгөндөр А	1,029329	0,9845309	0,201151
Хишгөндөр Б	0,9845309	1,029329	0,201151
Хархорин А	1,010759	0,9898342	4,030072
Хархорин Б	1,010759	0,9898342	4,030072
Сансар А	1,010759	1,008944	0,4564775
Сансар Б	1,008944	1,010759	0,4564775
Арвайхээр	0,9898342	0,9643619	2,873259
Баянтээг	0,9643619	0,9802176	1,875348
Баянхонгор	0,9802176	1,02402	3,011491
Цэцэрлэг	0,9898342	0,9641085	3,466263
Мөрөн1	1,048319	1,027222	6,577472
Мөрөн	1,027222	1,024396	6,07608
Тосон	1,027222	1,027222	0,5321074
Тэлмэн	1,024396	1,032834	3,705781
Улиастай	1,032834	1,034898	1,913689

Судалгааны объект

Булган аймгийн нутагт орших Эрдэнэтийн овооны зэс молибденийг олборлох, баяжуулах том бүтээн байгуулалттай холбогдуулж анх Сэлэнгэ аймгийн

Орхон сумын 110кВ-ийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугамаас салбарлуулан 110кВ-ийн хүчдэлээр 2х6300кВА-ын түр дэд станцаас Эрдэнэт хотыг 1974 оны өвлөөс тэжээх болжээ. Эрдэнэт-Хялганатын 110кВ-ийн 2 хэлхээт шугам, дэд станц, Эрдэнэт-Улаантолгойн 35кВ-ийн шугам, дэд станц, мөн Галуут нуур-Улсын хил, Улсын хил-Дарханы 220кВ-ийн хоёр хэлхээт өндөр хүчдэлийн агаарын шугам, дэд станц, Эрдэнэтийн 220/110/35/6кВ-ийн дэд станцууд 1975 оны 12-р сард байнгын ашиглалтанд орсноор Түлш эрчим хүчний үйлдвэр, Геологийн яам, Төвийн эрчим хүчний системийн захиргаанд Дархан Сэлэнгийн Цахилгаан Шугам Сүлжээний Газрын харъяа Эрдэнэтийн Цахилгаан Шугам Сүлжээний Салбар байгуулагджээ. 1984 онд Булган аймгийн төвд 2х10000кВА-ын чадалтай 110/35/10 кВ-ийн дэд станц, Булган-Хархорины 200км гаруй урт 2 хэлхээт 110кВ-ийн шугам, Хархорины төвд 2х10000кВА чадалтай 110/35/10кВ-ийн дэд станцыг барьж ашиглалтанд оруулснаар Булган, Архангай, Өвөрхангай аймгийн төв, тэдгээрийн сумдыг төвлөрсөн эрчим хүчний хангамжтай болгох түүхэн боломж нээгдсэн байна.

Хүснэгт 3

Дэд станцын судалгаа

№	Дэд станц-ын нэр	U кВ/	Транс-ын марк	Эн хиа	Шугамын урт км/	Утасны хонглин огтлол	Өвлийн их ачаалал	ТР-н ачааллын хувь %/
1	Булган	110/35/10	ТДТН-25000/110	25000	54,6	АС-120/19	30279,57	0,606
2	Хишгөндөр	110/35/10	SFSZ-6300/110	6300	65,9	АС-120/19	810,00	0,129
3	Сансар	110/35/10	SFSZ-6300/110	6300	125,1	АС-120/19	1571,11	0,249
4	Хархорин	110/35/10	ТДТН-10000/110	10000	77,8	АС-120/19	15033,33	0,752
5	Арвайхээр	110/35/10	ТДТН-10000/110	10000	125,3	АС-120/19	4040,82	0,202
6	Баянтээг	110/35/10	SFSZ-6300/110	6300	116,2	АС-120/19	2129,00	0,338
7	Баянхонгор	110/35/6	SFSZ-6300/110	6300	205,5	АС-120/19	3591,84	0,385
8	Цэцэрлэг	110/35/10	ТДТН-10000/110	10000	127	АС-120/19	2549,81	0,127
9	Тосонгигал	110/35/10	SFSZ-6300/110	6300	231,27	АС-120/19	1035,00	0,164
10	Мөрөн	110/35/6	ТДТН-10000/110	10000	292	АС-120/19	5519,49	0,276
11	Тэлмэн	110/35/10	ТДТН-10000/110	10000	278,8	АС-120/19	5111,11	0,511
12	Улиастай	110/35/10	ТМТН-6300/110	6300	125	АС-120/19	4103,37	0,651

Хүснэгт 4

Булган фидерийн чадал, эрчмийн алдагдлын тооцооны үр дүн

	Чадлын алдагдал	Эрчмийн алдагдал
Шугамын дээрх чадлын нийлбэр алдагдал кВт	5576,604	76,089%
Трансформаторын ган дээрх нийлбэр алдагдал кВт	195,000	2,661%
Трансформаторын ороомог дээрх нийлбэр алдагдал кВт	1557,477	21,251%
Нийлбэр чадлын алдагдал кВт	7329,081	10,562
	19246060,24	6,84

Тооцооны үр дүнд 110 кВ-ийн Булган А,Б ЦДАШ-ын чадлын алдагдал 10.5, эрчмийн алдагдал нь 6.84 гарч байна.



Зураг 4. 110 кВ-ийн чадлын алдагдлын бүтэц (хувиар)



Зураг 5. 110 кВ-ийн эрчмийн алдагдлын бүтэц (хувиар)

ДҮГНЭЛТ

Хангайн бүс салбарын 110 кВ-ийн цахилгаан шугам сүлжээ нь харьцангуй тооны дэд станц бүхий шугам сүлжээ учир өвлийн их ачааллаар горимын тооцоог гүйцэтгэн чадал, эрчмийн алдагдлыг тодорхойлоо (хүснэгт 3, 4 болон зураг 4, 5). Эрчмийн алдагдлын судалгааг горимын тооцооны үр дүн мөн их ачааллын ($T_{нб}=4057,45$ цаг), их алдагдлын хугацааг Кезевичийн томёогоор авсан ($\tau=2458.32$ цаг) хугацаагаар үндэслэн хийлээ. Судалгааны үр дүнд хангайн бүс салбарын 110 кВ-ийн цахилгаан шугам сүлжээний эрчмийн алдагдлын бүтцийг авч үзвэл цахилгаан дамжуулах агаарын шугаманд 7123%, трансформаторын ороомог дээр 19.89 %, трансформаторын ган дээрх нь 8.88% гарч байна. Нийт 110 кВ-ийн шугамаар дамжсан эрчим хүчний 6.84% нь алдагдаж байна. Powerfactory программын үр дүнг хүснэгт (1, 2)-д харуулав.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам”-УБ: Соёмбопринтинг 2011 он 600х

2. Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем”-УБ: Соёмбопринтинг 2014 он 1100х
3. Ш.Гантөмөр “Цахилгаанстанц дэд станц”-УБ: Соёмбопринтинг 2011 он 600х
4. Ш.Гантөмөр “Цахилгаансистем, цахилгаан шугам сүлжээ”-УБ: Соёмбопринтинг 2003он 340х
5. Ш.Гантөмөр, Ч.Зундуйсүрэн “Эрчим хүчний системийн горимын оновчлол”-УБ: ШУТИС 2001он
6. “Эрчим хүчний системийн шоримын оновчлол” Ч.Зундуйсүрэн, Ш.Гантөмөр, -УБ: ТИС-ийн хэвлэл, 203. 210х
7. Д.Содномдорж “Эрчим хүчний хэмнэлт”-УБ: ШУТИС, өнгөт хэвлэл, 2003 он 340х
8. Д.Содномдорж “Цахилгаан шугам сүлжээний чадал эрчмийн алдагдлыг тодорхойлох арга, загварууд”-УБ:ТИС-ийн хэвлэл 1999.
9. Powerfactory.

МЕХАНИК АРГААР ШУГАМ ХООЛОЙГ ЦЭВЭРЛЭХ, НАСЖИЛТЫГ УРТАСГАХ СУДАЛГАА

Н.Нямхүү*, О.Пүрэвжал**

*УБДС ТӨХК-ний тохируулгын инженер

**Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим хүчний сургууль

Улаанбаатар хотын төвлөрсөн дулаан хангамжийн системийн гол тоноглол болох дулааны төв шугам хоолой, хэрэглэгчдийн онцлог томоохон салаа шугамуудыг механик аргаар цэвэрлэх, мөн шинээр ашиглалтанд орж байгаа төв шугам болон хэрэглэгчдийн салаа шугамуудыг өндөр температурт тэсвэртэй будгаар будах замаар шугамын насжилтыг уртасгах мөн даралтын уналт ихтэй магистраль шугамуудын даралтын уналтыг багасгаж, хэрэглэгчдийг найдвартай дулааны эрчим хүчээр хангах зорилгоор энэхүү санааг дэвшүүллээ. АНУ-ын Covercat компанийн бүтээгдэхүүн дэлхийн манайхтай ижил төстэй 50 гаруй оронд тухайн орны онцлог байдал тааруулсан 100-гаад нэр төрлийн багаж тоног төхөөрөмж нийлүүлдэг энэхүү компанийн шугамын хаг хусам, зэврэлтийг механик аргаар угаах цэвэрлэх технологи, CCTV камерын системийн талаар багахан судалгаа хийсний үр дүнгээс танилцуулж байна.

Судалгааны хэсэг

Шугам хоолойг цэвэрлэж будахад бэлдэж өндөр даралттай алмаазан хошуугаар огтолж байгаа байдал.



Зураг 1.

CCTV камераар шугамын дотор явуулж хаг хусам зэвэрсэн эсэхийг харуулж байгаа байдал. Энэхүү камерын систем ашигласнаар шугамын зэврэлтийн эрчимийг тодорхойлох давуу талтай юм.



Зураг 2.

Шугамын хаг хусам, зэвийг механик аргаар цэвэрлэж байгаа байдал /тусгай ган бэхэлгээ/. Эдгээр ган бэхэлгээт татуургыг шугамын диаметрээс хамааруулан хийж болно. Хамгийн гол нь өөрсдийн хүч бололцоог ашиглаж хийх боломжтой юм. Манай дулааны шугам сүлжээний хувьд 20-30н жилийн настай төв магистраль шугамыг зуны засварын үеийн зогсолтоор угааж цэвэрлэх нь зүйтэй юм.



Зураг 3.

Шугамын зэвийг механик аргаар цэвэрлэсний дараа гарч байгаа хаг зэв.



Зураг 4.

Шугамыг цэвэрлэсний дараа өндөр температурт гэсвэртэй будгаар будаж байгаа байдал: Энэхүү төхөөрөмжөөр дулааны төв шугам болон хэрэглэгчдийн салаа шугамыг 450 °C температурт гэсвэртэй будгаар будсанаар шугамын насжилтыг уртасган мөн шугамын барзгаржилтын зэргийг бууруулна, гэвэрлэтийн эрчмийг удаашруулна. Ингэснээр бид бүхэн дулаанаар хангахад хүндрэлтэй хэсгүүдийн даралтын зөрүүг нэмэгдүүлж дулаан хангамжийг сайжруулах юм.



Зураг 5. Шугамын дотор гадаргуугөндөр температурт гэсвэртэй будгаар будаж байгаа байдал



Зураг 6. Шугамын дотор гадаргууг будсаны дараа камераар харуулсан байдал

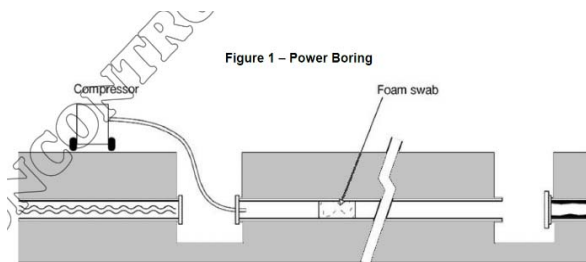
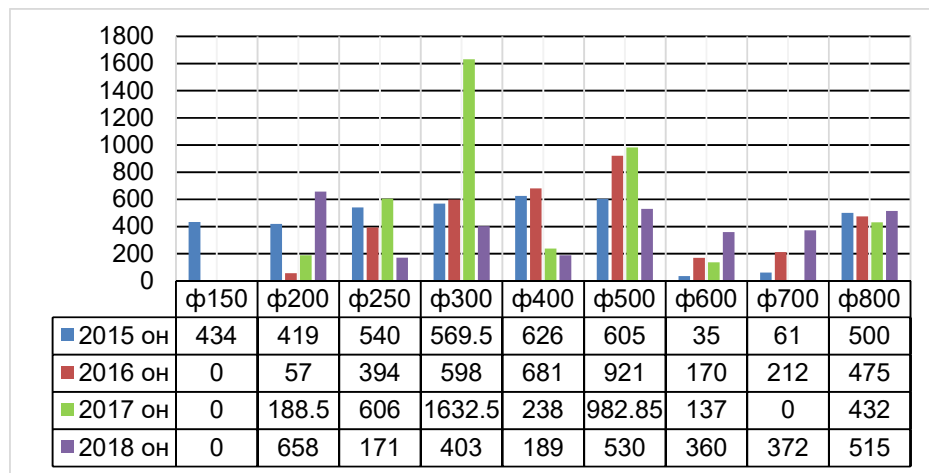
Механик аргаар шугамын гэвэрлэтийг арилгах:

Энэхүү аргаар ф200-ф1200 мм голчтой тууш шугамыг угаахад илүү тохиромжтой. Энэхүү төхөөрөмжийг өөрсдийн хүчээр хийх боломжтойгоороо давуу талтай. Дулааны шугамын насжилтыг 5-15-н жилээр уртасгах мөн барзгаржилтын зэргийг бууруулж даралтын уналтыг тодорхой хэмжээнд багасгах боломжтой. Энэ төхөөрөмжөөр зөвхөн тууш шугамыг 2 талаас нь тасалж, усыг бүрэн юүлсний дараа ашиглах боломжтой. Дараах хүснэгтээр Улаанбаатар хотын дулааны төв шугамын ба салбар шугамын насжилтын судалгааг харуулав.

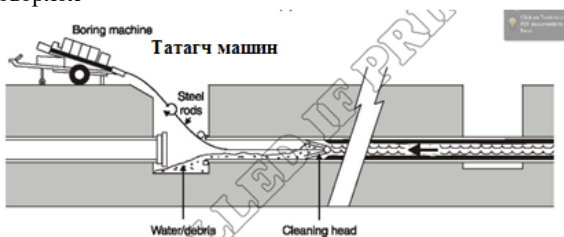
Д/д	Шугамын голч мм	Урт хос.м	Сүүлийн 10 жилд сольж шинэчилсэн Хос.м	Насжилт					урт хос.м	Нийт шугамд эзлэх хувь
				1959-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010		
1	1200	3665				3665			3665	2.24
2	1000	10440	35			4185		6255	10440	6.38
3	800	27792	1052	3330	3484	12478		8500	27792	16.99
4	700	8731				5643		3088	8731	5.34
5	600	3232	124	1040	302			1890	3232	1.98
6	500	25590	5290	5778	2280	8925	3064	5543	25590	15.65
7	400	21946	2744	56660	2938	8722	1287	3339	21946	13.42
8	350	4114	1216	1312	302	630	1144	726	4114	2.52
9	300	17002	4935	1682	700	6864	1795	5961	17002	10.4
10	250	16294	5253	2031	3000	3662	2348	5253	16294	9.96
11	200	11827	2150	3761	626	1221	3206	3013	11827	7.23
12	150 хүргэл	12909	3700	2974	804	196	909	8026	12909	7.89
	Дүн	163542	26499	27568	14436	56191	13753	51594	163542	
	Хувь		16.20317717	16.85683	8.8270903	34.35876	8.409461	31.54786		

Сүүлийн 4 жилд өөрийн хөрөнгөөр шинэчлэгдсэн шугамын урт /хос.метр/, хоолойн голчийн хэмжээг хүснэгтээр үзүүлэв. Зөвхөн 2018 онд 3198,5 метр хос шугамыг өөрийн хөрөнгөөр сольж чадсан нь бидний

энэ чиглэлд хийсэн томоохон хөрөнгө оруулалт байлаа. Энэхүү технологийг ашигласнаар жилд гаргадаг урсгал засварыг 25 хувиар, гэмтэл саатлыг 50 хувиар бууруулах боломж гарч байгаа юм.



Компрессор ашиглаж үлдсэн хог, хаг, хусам, зэвийг цэвэрлэх

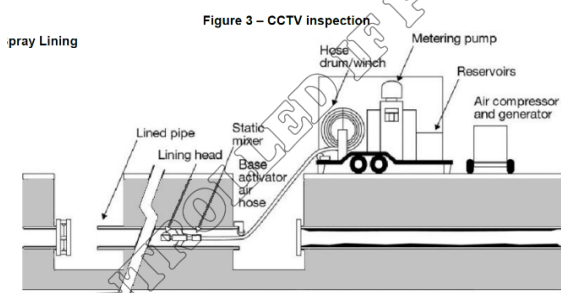


Үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэхэд Covercat ХХК-аас 10,000-15,000 доллараар нэвтрүүлэх боломжтой.



Figure 3 - CCTV inspection

CCTV камераар зогссон шугамын үзлэг хийх



Цэвэрлэсэн шугамаа өндөр температурт тэсвэртэй будгаар будах



Зураг 7. Цэвэрлэх төхөөрөмж

ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хотын дулаан хангамжинд энэхүү төхөөрөмжийг ашигласнаар дулааны төв болон салаа шугамын насжилтыг 5-10н жилээр уртасгах боломжтой гэж үзэж байна. Төвлөрсөн дулаан хангамжийн хувьд шугам цэгэн цооролтоос болж маш их гэмтэл гардаг. Иймээс шинээр угсарч буй сүлжээнд өндөр температурт тэсвэртэй будгаар будсанаар сүлжээний найдвартай ажиллагааг хангах юм. Энэ үндсэн дээр бид бүхэн нийслэл Улаанбаатар хотын төвлөрсөн дулаан хангамжаар хангагддаг хэрэглэгчдийг дулааны эрчим хүчээр найдвартай тасралтгүй хангаж чадах юм. Цаашид шинээр байрж байгаа барилга байгууламжийн инженерийн гадна шугамын хүлээн авахдаа заавал энэхүү өндөр температурт тэсвэртэй будгаар будсан байх стандарт норматив тогтоох нь зүйтэй байна.

Ашигласан материал

1. Covercat ХХК ний танилцуулга.
2. УБДС ТӨХК –ний солигдсон шугамын судалгаа.

БКЗ-75-39 ФБ ЗУУХНЫ ГАЛЫН ХОТЛЫН СИМУЛЯЦИЙН АЭРОДИНАМИК СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Б.Дөлгөөн*, Б.Бум-Эрдэнэ*, Б.Энх-Оргил*, Д.Даваацэрэн*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим хүчний сургууль

Хураангуй. Эрдэмтэд зуухны галын хотлын аэродинамикийн талаар олон тооны судалгааны ажлуудыг хийж гүйцэтгэсэн байдаг. Энэхүү илтгэлд тэдгээр судалгааны зарим ажлуудад тулгуурлан Монгол улсад хамгийн өргөн ашиглагдаж байгаа эрчим хүчний зуух болох БКЗ-75-39 ФБ маягийн зуухны галын хотлын аэродинамикийн загварчлалыг компьютер симуляцийн ANSYS программд тулгуурлан гаргасан зарим үр дүнг орууллаа.

Түлхүүр үг. Аэродинамик, галын хотол, асаагуур, БКЗ-75-39ФБ, ANSYS.

I. ОРШИЛ

Орчин үеийн хатуу түлшээр ажилладаг, эрчим хүчний зориулалттай зуухнууд нь түлшний шаталтын процессыг эрчимжүүлж, химийн болон механик дутуу шаталтыг бууруулах зорилгоор нүүрсийг тоос болгон шатаах технологитойгоор үйлдвэрлэгдэх болсон.

БКЗ-75-39 ФБ маягийн зуух нь II маягийн байршилтай өгсөх босоо хийн хөндийд цацрагийн дулаан хүлээн авах ууршуулагч гадаргуунуудыг, хэвтээ хийн хөндийд конвекцийн уур халаагуур, конвектив буюу буух босоо хийн хөндийд усны экономайзер, агаар халаагуурыг салаавчлан тус тус байрлуулсан.

Уг зуухыг найдвартай ажиллуулахын тулд түлш, агаарын замын аэродинамикийн тодорхойломжийг байгуулан бүх асаагууруудад орох зарцуулалт, статик напоруудыг шалгаж, жигд бус байвал шалтгааныг нь тодорхойлж, асаагууруудын өмнөх статик ба хурдны напоруыг тэнцвэржүүлэх арга хэмжээ авч хэрэгжүүлнэ [1].

Түлшний шаталтын процессийн бүх үеүдэд аэродинамик горимын үзүүлэх нөлөөлөл их байдаг. Иймд асаагуураас галын хотолд орох урсгалын аэродинамикийг нарийн судлаж галын хотлын эзлэхүүн дэх урсгалын бүтцэд үзүүлэх нөлөөллийг үнэлэх асуудал чухал юм.

Галын хотлын эзлэхүүн дэх хийн жигд бус, тогтворжоогүй урсгал зуухны уурын температурыг хүчтэй хэлбэлзэлд оруулдаг. Харин дулааны ачааллын өсөлт зуухны найдвартай ажиллагааг алдагдуулдаг.

Асаагуурууд дахь түлш, агаарын жигд бус хуваарилалт болон галын хотол дахь хийн тогтворжоогүй урсгалын улмаас галын хотлын аэродинамикийн тогтворгүй байдал үүсдэг. Зуухны галын хотолд шатаж байгаа түлшний дөлний аэродинамикийг судлахад ихээхэн хүндрэлтэй учраас бодит болон изотерм загварын туршилтын үр дүн, шаталтын дөл ба цацаргалтын изотерм дэх аэродинамикийн тодорхойломжийн хоорондын холбоог тогтоох нь чухал ач холбогдолтой байдаг.

Ер нь аэродинамик судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэх, орчин үеийн 3 төрлийн арга байдаг.

1. Математик загварчлалын арга;

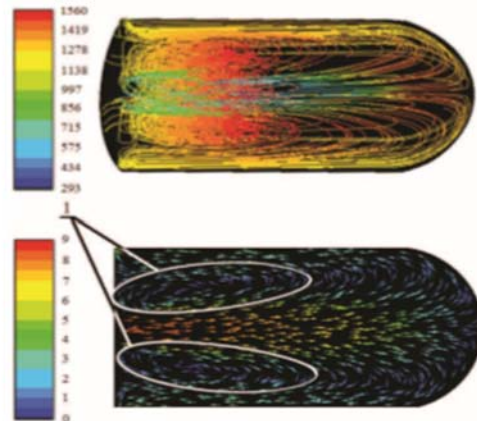
2. Компьютер загварчлалын арга (энэ арга нь математик загварчлалын аргад үндэслэнэ);

3. Физик загварчлалын арга;

Эхний арга нь цэвэр математик тооцооллын үндсэн дээр хийгддэг бол 2 дахь арга нь математик төсөөллийг компьютерт дүрслэн харуулах болон зарим нэг сайжруулалт хийх боломж олгодгоороо давуу талтай. Харин физик моделийн арга нь тухайн процессийг бодит төхөөрөмжийн тусламжтайгаар туршин судлах боломж олгодгоороо давуу талтай юм. Ер нь үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэх техник, тоног төхөөрөмж, технологийн дэвшилтэт процессийг дээрх гурван аргаар туршин судлаж үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэх нь илүү үр өгөөжтэй бөгөөд алдаа гарах магадлал тэр чинээгээр багасна. Галын хотлын аэродинамикийг судалснаар галын хотлын дулааны хэт хүчдэлд орж байгаа эсэхийг тодорхойлох боломж бүрдэнэ. Галын хотлын аэродинамикийг судлахад, шлакдалтыг шийдвэрлэх ба шлакдалтыг багасгах, халах гадаргууг хэт хүчдэлд өртүүлэхгүй байх аэродинамикийн нөхцлийг тодорхойлох болон техник эдийн засгийн үзүүлэлтийг нэмэгдүүлэх асуудал чухлаар тавигдаж байна.

II. Зуухны галын хотлын аэродинамик судалгааны ажлууд

С.А.Хаустов нар тоон загварчлалын арга ашиглан ANSYS 12.1.4 программ хангамжийн тусламжтайгаар байгалийн хийн турбулент шаталтын процессийн үед экран хоолойд нөлөөлөх нөлөөллийг судалсан байдаг. Дээрх судалгааны ажилд орчны хэлбэлзлийн арга ашиглан цацрагийн дулаан дамжуулалтын (P1 – загвар ашиглан) тооцоо хийсэн байдаг. Тоон туршилтын үр дүнгээс харахад, галын хотолд явагдаж байгаа процесс нь тэнхлэгийн хувьд тэгш хэмтэй байна. Галын хотлын шаталтын төхөөрөмжийн тэнхлэгийн шугамын дагуу (зураг 1) хөдөлгөөний чиглэл хоёр удаа өөрчлөгдөж байгааг харуулж байна [2].

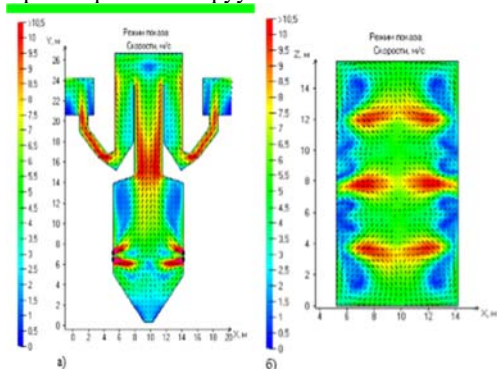


Зураг 1. Галын хотлын температурын өнгөний (K) болон хурдны өнгөний индексжүүлэлт (м/с). I-шаталтын бүтээгдэхүүний рециркуляцийн бүс.

Хуйлруулах асаагуурыг ашиглах нь шаталтыг эрчимжүүлж, илүүдэл агаар багатайгаар шаталтын процессыг явуулах боломж олгодог боловч шулуун урсгалт асаагуураас гарах урсгалтай харьцуулахад галын хотлын аэродинамик эсэргүүцлийг нэмэгдүүлдэг. Урсгалын хуйлралтын эрчимжилт нь хуйлралтын параметр n -ээр тодорхойлдог бөгөөд галын хотол дахь хурдны болон даралтын тархалтаар тодорхойлогдоно [2].

А.В.Гиль нарын судалгааны ажилд математик загварчлалын аргуудыг хэрэглээд, шаталтын камерын бүх орон зайн эзлэхүүнээс авсан үр дүнг шинжлэхийн тулд хийгдсэн бүх физик, химийн процессуудыг харгалзан зуухны эзэлхүүн дэх хоёр ба гурван хэмжээст хэлбэрийг судлах асуудлыг шийдвэрлэх боломжийг тодорхойлсон бөгөөд Эйлерийн болон Лагранжийн аргуудыг хослуулан хэрэглэсэн байна [3].

2-р зурагт зуухан дахь хий-агаарын урсгалын векторын тархалтыг харуулав.



Зураг 2. Урсгалын аэродинамикийн бүтэц: а) асаагуурын дагуу босоо тэнхлэгийн огтлол; б) 10, 25м-ийн өндөр дэх хэвтээ тэнхлэгийн огтлол.

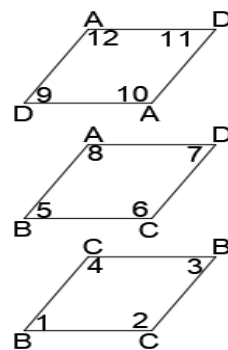
Хуйлруулах асаагуурын тэнхлэгтэй харьцуулахад асаагуурын дотоод ба гадаад хэсэг рүү чиглэсэн урсгал нь галын хотлын шаталтын бүсэд, асаагуурын орчимд дотоод ба гадаад буцах хүчдэлийн орныг үүсгэдэг.

Өндөр эрчимтэй хуйлралууд нь галын хотлын булан тохойд үүсч байгаа бөгөөд эдгээр хуйлралууд нь шаталтын процессыг эрчимжүүлэхийн зэрэгцээ экран хоолойнуудын элээх элэгдэлд хүчтэй нөлөө үзүүлж байна.

Ер нь энэ төрлийн ажлууд нь аэродинамикийн тооцоо, судалгаа хийгээд математик загварчлалын болон компьютер загварчлалын аргаар боловсруулагддаг [3].

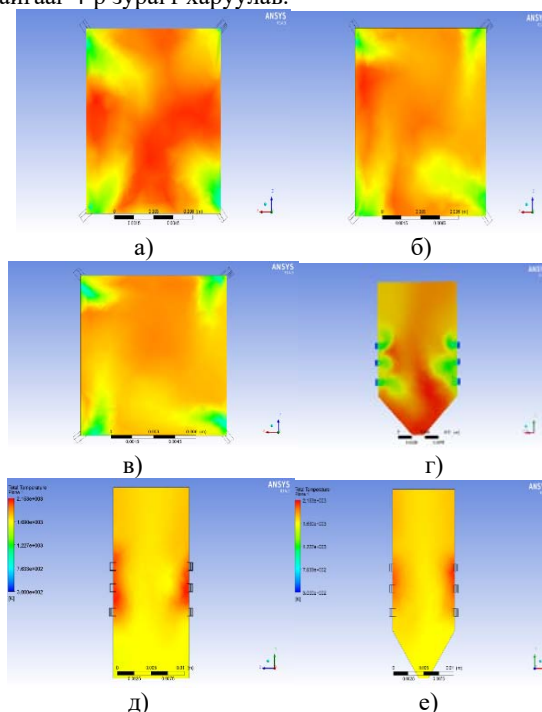
Д.Даваацэрэн, Ж.Жулдыз, Б.Энх-Оргил нарын БКЗ-420-140 маягийн зуухны галын хотлын аэродинамикийн судалгааны ажил нь зуухны хэвийн ачааллын үеийн анхдагч агаарын хурд болон тоос бэлтгэлийн системд гарсан эвдрэл гэмтэл, засвар үйлчилгээ хийх зэрэг шалтгааны улмаас аль нэг тоос бэлтгэлийн систем зогсвол хэвийн ажиллагааг хангахын тулд үлдсэн ажиллагаатай байгаа 9 асаагуурт өгөх түлшний зарцуулалтыг утгыг тодорхойлж тухайн үед галын хотлын аэродинамикийг судалгааг хийж гүйцэтгэсэн байдаг [4].

ТБС дэх тээрмүүдийн анхдагч агаарын хоолой асаагууруудад хуваарилагдах схемийг 3-р зурагт үзүүлэв.



Зураг 3. Тээрмүүдийн асаагууруудад хуваарилагдах схем. А тоос бэлтгэлийн системийн асаагууруудын дугаар 12, 8, 10. В тоос бэлтгэлийн системийн асаагууруудын дугаар 5, 1, 3. С тоос бэлтгэлийн системийн асаагууруудын дугаар 6, 2, 4. D тоос бэлтгэлийн системийн асаагууруудын дугаар 11, 7, 9.

БКЗ-420-140 маягийн зуухны тоос бэлтгэлийн системийн тээрмүүд бүгд ажиллаж байгаа үед галын хотол дахь температурын тархалт хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг 4-р зурагт харуулав.

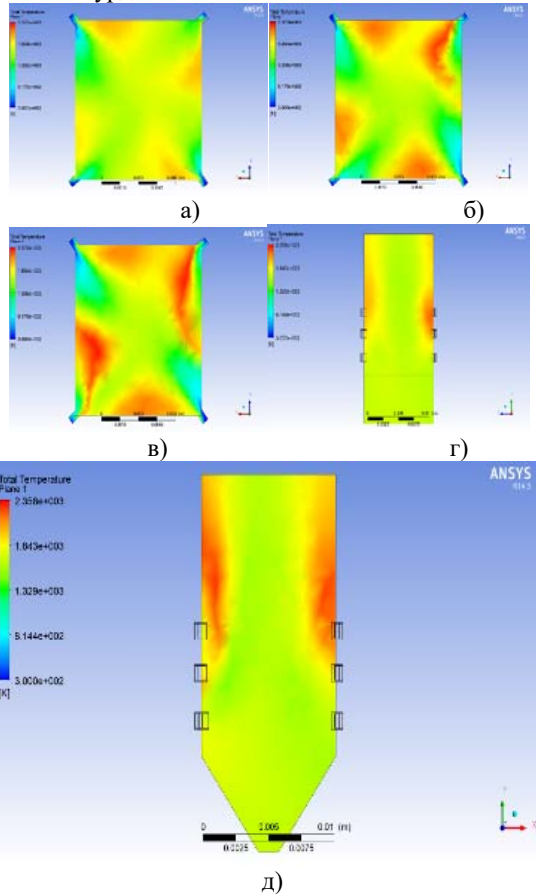


Зураг 4. Түлшний шаталтын үеийн аэродинамик судалгааны үр дүн. а) 1-ярус б) 2-р ярус в) 3-р ярус г) диагналын зүсэлт д) хажуугийн зүсэлт е) нүүрний зүсэлт. (анхдагч агаарын хурд 17,9 м/с, хоёрдогч агаарын хурд 29,5 м/с).

БКЗ-420-140 зуух нь 12 ширхэг асаагууртай, 4 тээрэмтэй ба 1 тээрэм нь 3 асаагуурт тоос-агаарын холимог буюу анхдагч агаарыг өгөх үүрэгтэй. Уг зуухны хэвийн ачааллын үед анхдагч агаарын хурдыг 17.9 м/с, хоёрдогч агаарын хурдыг 29.5 м/с байхыг онолын тооцооны аргаар тодорхойлсон.

Аль нэг тоос бэлтгэлийн систем зогссон үед үлдсэн 9 асаагуурт өгөх түлшний зарцуулалтыг нэмэгдүүлснээр анхдагч агаарын хурд 23.9 м/с болж өсөх бөгөөд 3 тээрэм ажиллаж байх үеийн галын хотлын температурын тархалтыг авч үзсэн байдаг

бөгөөд энэ үеийн температурын тархалт хэрхэн явагдаж буйг зураг 5-д үзүүлэв. А тээрэм зогссон үед 8, 10, 12-р асаагууруудад өгөх анхдагч агаарын урсгалын хурд 0 болно.



Зураг 5. Тоос бэлтгэлийн системийн А тээрэм зогссон үеийн аэродинамикийн судалгааны үр дүн. а) 1-ярус б) 2-р ярус в) 3-р ярус г) нүүр д) хажуу. (анхдагч агаарын хурд 23,9 м/с).

Тоос бэлтгэлийн системийн А тээрэм зогссон үед 1-р ярусын тэнхлэгийн дагууд температурын тархалт нь хэвийн ажиллагаатай үетэй харьцуулахад жигд боловч температур өссөн учир галын хотлын дулааны хүчдэл (q_v) өссөн байгаа нь харагдаж байна. Зуухны ханын ойролцоох дулааны хүчдэл буурч, шаталт галын хотлын төв хэсэгт явагдаж байна.

2-р ярусын тэнхлэгийн дагууд температурын тархалт жигд бус болсон нь 2-р ярусын А8 асаагуур зогсож, тухайн хэсэг дэх галын хотлын аэродинамикийн процесс тогтворгүй болсон, асаагууруудын хажуу ханын дулааны хүчдэл өссөн зэргээс шалтгаалсан байна.

3-р ярусын тэнхлэгийн дагууд температурын тархалт нь хоёр хажуу ханаа дагасан хэлбэртэй байна. Энэ нь тоос бэлтгэлийн системийн А тээрэм зогсож, 3-р ярусын А10, А12 асаагууруудын түлшний өгөлт зогссоноос шалтгаалан дээрх байдлаар дүрслэгдсэн.

Тоос бэлтгэлийн системд ажиллаж буй тээрмүүдийг аль болох жигдхэн, өөрөөр хэлбэл нүүрсний болон хатаалгын агентын ачааллыг жигд байлган тоос бэлтгэлийн системийн зогсолтын хугацааг аль болох бага байлгах нөхцлийг бүрдүүлэн ажиллах нь зуухны найдвартай ажиллагааны үзүүлэлтийг дээшлүүлэх нэг нөхцөл болдог [4].

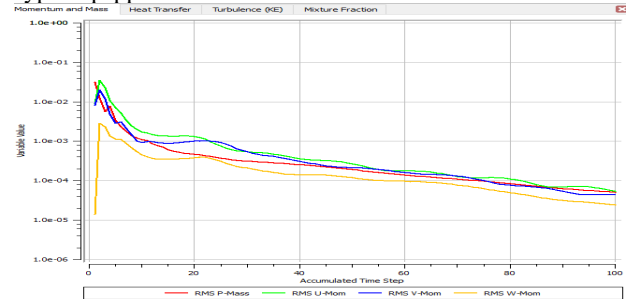
III. БКЗ-75-39 ФБ маягийн зуухны галын хотлын аэродинамикийн компьютер симуляцийн судалгаа

Шарын голын нүүрс түлж буй үед БКЗ-75-39 ФБ маягийн зуухны дулааны тооцоог тодорхой аргачлалын дагуу хийж гүйцэтгэлээ [5]. Зуухны дулааны тооцоог хийхэд Шарын голын нүүрсний дулаан гаргах чадвар $Q_H^p = 3850$ ккал/кг, шаталтанд шаардлагатай онолын агаарын хэмжээ $V_B^0 = 4.267$ м³/кг, хурц уурын энтальпи $i_{nn} = 789.8$ ккал/кг, тэжээлийн усны энтальпи $i_{ne} = 146.4$ ккал/кг, зуухны сүүлийн үеийн илүүдэл агаарын коэффициентийг $\alpha = 1.44$ байх үед Шарын голын нүүрсний шаталтын бүтээгдэхүүний эзлэхүүний хэмжээ $V_c = 6.605$ байх үед тооцооллоо.

БКЗ-75-39 ФБ зуух нь түлш агаарын хольцыг нүүрэн талын хананд байрлуулсан дун хэлбэрийн хуйлруулагч бүхий гурван асаагуураар галын хотолд өгдөг бөгөөд шааргыг хатуугаар зайлуулдаг.

Зуухны хэвийн ачааллын үед анхдагч агаарын хурдыг 15 м/с, хоёрдогч агаарын хурдыг 23 м/с байхыг онолын тооцооны аргаар тодорхойлсон.

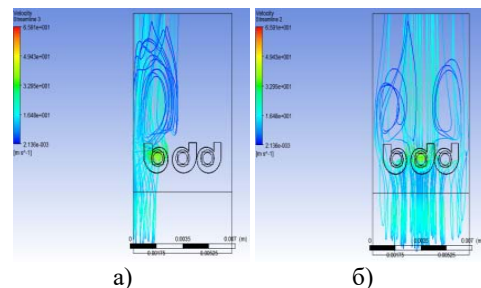
Ansys программд БКЗ-75-39 ФБ маягийн зуухны галын хотлын загварыг оруулж тооцооллыг 100 итерацийн хүрээнд тооцон гаргаж авсан үр дүнг 6-р зурагт үзүүлэв.

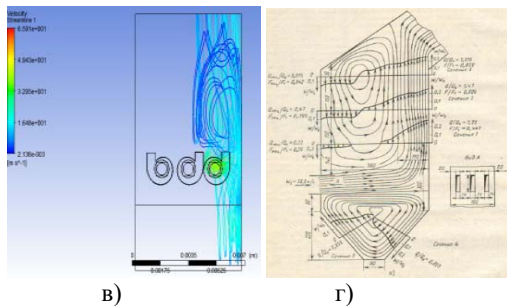


Зураг 6. Хувьсах утга ба хугацааны тооцоот алхмын график

RMS V-Mom-ийн 15-аас өсөөд 25-аас эхлээд бууралт ажиглагдсан ба энэ бууралтын төгсгөл хэсгээс эхлэн эзлэхүүний өөрчлөлт бараг тогтворжиж байна. Энэ нь зуухны ажиллагааны явцад галын хотолд лугшилт үүсгэх гол нөхцөл болдог байж болох юм. Мөн галын хотолд дулаанаа бүрэн өгч амжаагүй, дутуу шатсан хэсгүүдийг дээш нь хөөрөгдөх, нөгөө талаас халах гадаргууд үнс шааргыг цохиж нааж өгөх, халах гадаргууг дулааны хүчдэлд ихээр оруулах нөлөөлөл үзүүлдэг байж болох юм.

Компьютер загварчлалын Ansys-14.5 программд БКЗ-75-39 маягийн зуухны галын хотлын загварыг дүрслэн оруулж өгсөн ба асаагуур тус бүр дэх хурдны тархалт, хуйлралтын хэлбэр, температурын орны тархалтыг гарган авсан үр дүнг дараах 7-8-р зургуудад үзүүлэв.

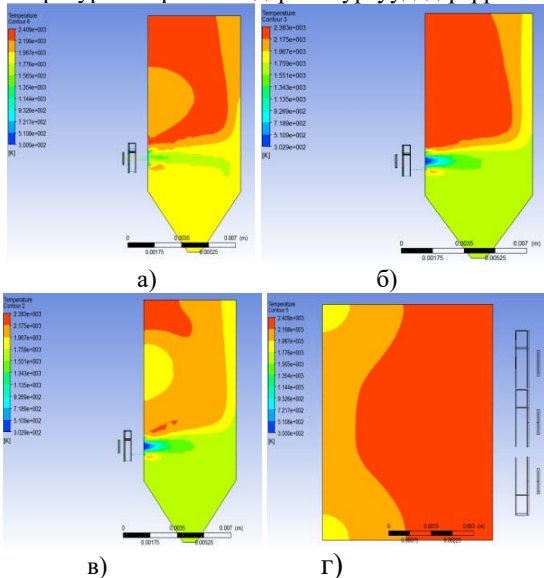




Зураг 7. Галын хотол дахь хурдны тархалт. а) 1-р асаагуур дахь хурдны тархалт б) 2-р асаагуур дахь хурдны тархалт в) 3-р асаагуур дахь хурдны тархалт г) Нүүрэн талдаа байрласан асаагууртай галын хотол дахь хурдны тархалт

1-р асаагуураар өгөгдөх түлшний өгөлтөөс үүсэх шаталт нь галын хотлын хажуу ханандаа ихээр үйлчилж байгаа ба энэ хэсгийг дулааны хүчдэлд ихээр оруулж байж болох юм. Харин 2-р асаагуураар өгөгдөж буй тоос-агаарын холимог нь галын хотолд жигд тархаж галын хотол дахь температурын тогтмол тархалтын бүсийг бий болгох нөхцлийг үүсгэж байгаа юм. Мөн зуухны галын хотол дахь хурдны тархалт нь эрдэмтэдийн гарган авсан үр дүнтэй төсөөтэй гарч байна [6].

БКЗ-75-39 ФБ маягийн зуухны галын хотол дахь температурын тархалтыг дараах зургуудад үзүүлээ.



Зураг 8. Галын хотол дахь температурын тархалт а) 1-р асаагуур дахь температурын тархалт, б) 2-р асаагуур дахь температурын тархалт, в) 3-р асаагуур дахь температурын тархалт, г) галын хотлын дээрээс харагдах байдал

1 болон 3-р асаагуурын дагуух шаталтын идэвхтэй бүс нь 2-р асаагуурын дагуух шаталтын тогтмол температурын бүсээс бага байгаа нь харагдаж байна (зураг 7). Энэ нь 1 болон 3-р асаагууруудаас гарах урсгалын тархалт нь хажуу ханаруугаа чиглэсэн, галын хотлын төврүү бүрэн чиглэж чадахгүй байгаагаас болж байна. Үүнээс үүдэн асаагуурын хажуу ханыг дулааны хүчдэлд оруулах, шлакдуулах нөхцлийг бий болгодог байна.

Харин 2-р асаагуураас гарах урсгалын тархалт нь галын хотлын төврүү чиглэсэн учраас галын хотлын төв хэсэгт шаталт явагдаж их хэмжээний шаталтын тогтмол температурын бүсийг бий болгосноор энд дөлний цөм үүсч байгаа бөгөөд зуухны ханыг дулааны хэт хүчдэлд орох нөхцлийг багасгаж байна. Галын хотлын дээрээс харуулж буй зургаас авч үзэхэд асаагууруудын орчим гадаад буцах хүчдлийн орон хүчтэй үүсдэг учраас асаагууруудын ойр орчмын халах гадаргуу гэмтэлд их өртдөг нь эндээс харагдаж байна. Мөн урсгал шууд арын ханаруу цохиж шаталт явагддаг учраас галын хотлын арын экранууд дулааны хэт хүчдэлд ажилладаг нь харагдаж байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэсний дүнд доорх дүгнэлтүүдийг гаргалаа.

1. Асаагуурын тэнхлэгтэй харьцуулахад галын хотлын доод хэсэг рүү чиглэсэн урсгал нь галын хотлын шаталтын бүсэд үүсч буй дотоод буцах хүчдлийн оронд хүчтэй нөлөө үзүүлж байна.

2. Өндөр эрчимтэй хуйларсан урсгалууд нь галын хотлын арын экрануудад хүчтэй нөлөө үзүүлж элэгдэлд орох, мөн шлакдах нөхцөл бүрдэж байна.

3. Тоос бэлтгэлийн системд гарсан эвдрэл гэмтэл, засвар үйлчилгээ хийх, асаагуурт гарсан эвдрэл гэмтлийн улмаас аль нэг асаагуурыг зогсоох бол 2-р асаагуурыг зогсоож болохгүй. Учир нь 2-р асаагуурын хурд болон температур галын хотлын бүх хэсэг рүү жигд тархаж байна.

4. Зайлшгүй шалтгааны улмаас 2-р асаагуурын түлшний өгөлтийг таслах тохиолдолд 1 ба 3-р асаагууруудын ачааллыг нэмэх шаардлагатай бөгөөд ийм горимд нэг удаад 2 цагаас илүү ажиллуулахын хориглоно.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Цэен-Ойдов Ж. Зуухны төхөөрөмжийн туршилт, зүгшрүүлэлт. –УБ.: 2015 он. 492 х.
2. Хаустов С.А. Заворин А.С. Численное исследование аэродинамики жаротрубной топки с реверсивным факелом //Известия Томского политехнического университета. 2013. 43-47 с.
3. Гиль А.В., Пангин А.В., Скориков А.В., “Численный анализ аэродинамики и горения в топке котла БКЗ-420-140” //Томский политехнический университета. 2007. 245-246 с.
4. Жулдыз Ж “БКЗ-420-140 зуухны галын хотлын симуляцийн аэродинамик судалгааны үр дүн”, техникийн ухааны магистрын зэрэг горилсон бүтээл, Удирдагч: док. Д.Даваацэрэн. УБ.: 2019 он. 88 х.
5. Кузнецова Н.В., Митора В.В., “Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)”. - Москва., 1973. 297 с.
Хзмалян Д.М., “Теория топочных процессов”. - Москва., 1990. 352 с.

С50-8.83/0.294 ТУРБИНЫ ХЯНАЛТ, УДИРДЛАГА ХАМГААЛАЛТЫН СИСТЕМ

Д.Сэлэнгэ*, Ц.Эрдэнэцэц*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. С50-8.83/0.294 загвар Отборын конденсаторон турбины хяналт, удирдлага, хамгаалалтын DEH системийн бүтэц, үйл ажиллагаа

Түлхүүр үг: DEH – Digital Electro-Hydraulic Control System – Тоон цахилгаан гидравлик систем



Зураг 1. Өндөр даралтат, нэг цилиндрт, нэг тэнхлэгт, дулаацуулгын отборт конденсацын турбин

Хүснэгт 1

Д/д	Үзүүлэлт	Нэгж	
1	Турбины хэвийн чадал	кВт	50,000
2	Турбины дээд чадал	кВт	60,000
3	Турбины конденсацын горимоор ажиллах үеийн чадал	кВт	50,000
4	Хэвийн эргэлтийн хурд	эрг/мин	3000
5	Ажлын давтамж	Гц	50
6	Хурц уурын хэвийн даралт	МПа	8.83
7	Хурц уурын хэвийн хэм	°C	535
8	Авлагын уурын хэвийн даралт(отборын хэмийн даралт)	МПа	0.294
9	Отборын даралтын тохируулгын хүрээ	МПа	0.194-0.394
10	Отборнуурын хэмжээ: хэвийн / хамгийн их	т/цаг	140/180
11	Хэвийн отборын ачаалалтай үед	т/цаг	246
12	Цэвэр конденсацын горимоор	т/цаг	182
13	Хэвийн отборын	МПа	0.0041

	ачаалалтай үед		
14	Цэвэр конденсацын горимоор	МПа	0.005
15	Хөргөлтийн усны хэм	°C	20
16	Тэжээлийн усны хэм Хэвийн отборын ачаалалтай үед	°C	215
17	Цэвэр конденсацын горимоор	°C	202.7

I. С50-8.83/0.294 турбины хяналт, удирдлага хамгаалалтын систем

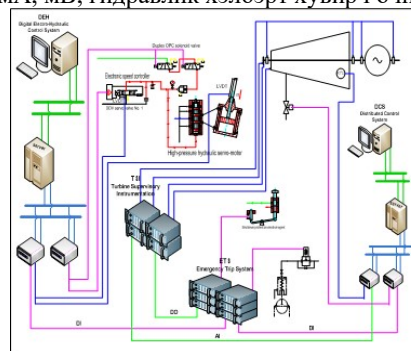
Турбины хамгаалалтын системийн тохиргооны үүрэг нь бол уг хэсгийн хурд, отборын даралтыг удирддаг. Ийм байдлаар уг хэсгийн тогтвортой ажиллагааг баталгаажуулж мөн цахилгаан ачаалал эсвэл дулаан ачааллыг хянаж тохируулж өгдөг. Хэвийн бус зүйл тохиолдох үед үндсэн уурын хаалтыг яаралтай хааж, уурын тохируулах хаалт ба эргэх диафрагмыг тохируулан нэн даруй зогсоох үйлдэлийг гүйцэтгэдэг.

Тохируулах систем нь хурд болон даралт тохируулалтын хэсгүүдээс бүрдэнэ. Өндөр даралтад тохиуулах хаалт, дунд даралтад тохируулах хаалтын томоор нээх мөн багаар хаах нь турбины уурын урсах хэмжээг өөрчилж өгдөг. Ийм байдлаар уг хэсгийн эргэх хурд ба ачаалал, отборын даралт эсвэл отборын хэмжээг тохируулан ачааллын өөрчлөлтөнд тааруулж өгдөг.

Энэ нь биеэ даасан, харилцан уялдаатай 4 системээс бүрдэнэ. Үүнд:

1. DEH – Digital Electro-Hydraulic Control System
2. DCS – Distributed Control System
3. ETS – Emergency Trip System
4. TSI – Turbine Supervisory Instrumentation

Дээрх системүүдийн бүх мэдээллийг тоон хэлбэр буюу I/O гэсэн хэлээр солилцох бөгөөд гүйцэтгэх хэсэгт очихдоо мА, мВ, гидравлик хэлбэрт хувирч очно.



Зураг 2. DEH системийн ерөнхий схем.

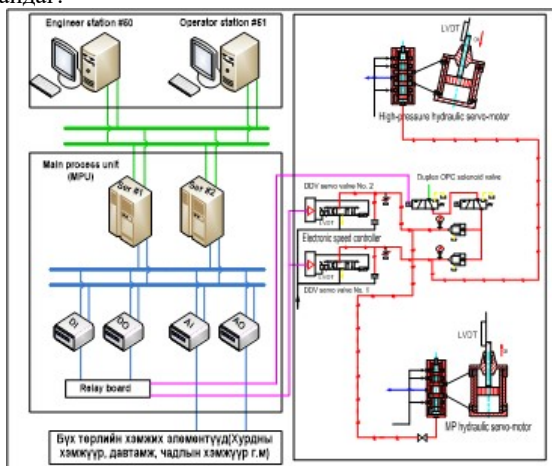
II. DEN систем

Digital Electro-Hydraulic Control System

Турбины Тоон Цахилгаан-Гидравлик Удирдлагын систем (DEN буюу Digital Electro-Hydraulic Control System)

DEN удирдлага нь гаргаж буй $\pm 10V$ удирдлагын сигнал нь электро-гидравлик шилжүүлэгч рүү орж, электро-гидравлик шилжүүлэгч нь импульсийн тосоор дамжуулан сервомоторын золотникийг нээх хэмийг удирддаг.

DEN систем нь эргэх холбоотой битүү систем бөгөөд тохируулах удирдлага өгөх үед командыг бодит нөхцөлтэй уялдуулан эргэх холбоогоор дахин хянах зарчмаар тохируулга хийнэ. Тус систем нь турбинд эргэлт өгөхөөс эхлээд сүлжээнд залгах, ачаалал тохируулах, авариар зогсох үе хүртэлх бүх үйлдлийг бие даан хийх чадвартайгаар программчлагдсан байдаг.



Зураг 3. DEN системийн бүдүүвч.

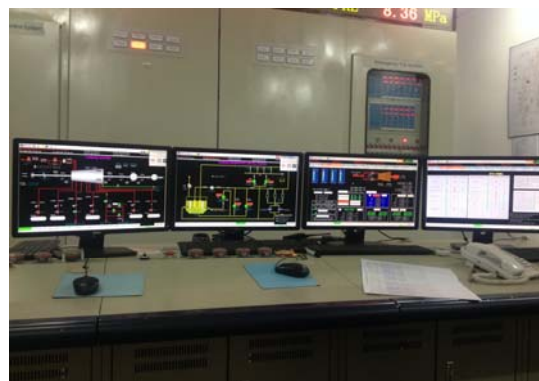
Уг систем нь үндсэн 3 хэсгээс бүрдэнэ.

Үндсэн хэсэг

- Цахим тоног төхөөрөмжийн хэсэг (Engineer station Operator station)
- Программ Хангамжийн хэсэг (Системийн программ хангамж)
- Гидравлик Servo системийн хэсэг (Нэгдсэн гидравлик систем)

C50-8.83/0.294 загварын турбин нь отборын конденсатын турбины төрөл. Энэ дунд дунд даралтат отбор нь отборыг тохируулдаг. Тохируулах систем нь нам даралтад электро-гидравлик тохируулгын системийг ашигладаг. Энэхүү систем нь DEN удирдлагын систем, электро-гидравлик хувиргагч, өндөр даралтад золотникийн сервомотор, дунд даралтат золотникийн сервомотор бусад зүйлээс бүрддэг.

Уг турбины хурц уурын тохируулах хаалт нь нийтдээ 4 ширхэг ба өндөр даралтад сервомотортой холбоотой нударган уур хуваарилах төхөөрөмжөөр тохируулагдана. Өндөр даралтад сервомотор нь урд хохливчийн суурин дотор байршилдаг. Дунд даралтад отбор нь эргэх диафрагм ба тохируулгын хөшүүргийн холболтын бүтцийг дамждаг ба дунд даралтад сервомотороор удирдагддаг.



Зураг 4. Цахим тоног төхөөрөмжийн хэсэг

DEN удирдлага нь гаргаж буй $\pm 10V$ удирдлагын сигнал нь электро-гидравлик шилжүүлэгчрүү орж, электро-гидравлик шилжүүлэгч нь импульсийн тосоор дамжуулан сервомоторын золотникийг нээх хэмийг удирддаг. Соронзон мэдрэгч нь турбины роторын эргэлтийн хурдыг хэмнэлтэй сигнал болгон DEN удирдлагын системрүү өгдөг. Даралтын сигналыг хэмжигчийн мэдрэгч нь даралтад мэдрэгч. Даралтын мэдрэгч нь отборын даралтыг 4—20mA болгон хувиргаж цахилгаан урсгалын сигнал нь DEN удирдлагын систем рүү өгөгддөг. Үүний зэрэгцээ даралт мэдрэгч нь хурц уурын даралтыг 4—20mA болгон хувиргаж цахилгаан урсгалын сигналыг DEN удирдлагын систем рүү өгөгдөж эрчим хүчний давтамжит электро-гидравлик тохиргоог хийдэг. DEN нь машинистын өгсөн зорилтот хэмжээ ба ачааллын өөрчлөлтийн хэмжээний дагуу автоматаар цахилгаан ачааллаар тохируулагдана.



Зураг 5. Панелийн холболтын бүтэц.

III. Программ хангамжийн хэсэг

- Digital Electro-Hydraulic Control System нь “Hangzhou Hollysys Automation” ХХК-ийн HOLLiAS-MACS систем дээр суурилсан юм. Программ хангамжийн хувилбар нь MACSV V5.2.4 юм. Программ нь FCS хэл дээр бичигдсэн байдаг. Мэдээллийг MNET, HSIE, SNET гэсэн дотоод сүлжээгээр дамжуулах ба тоон систем дээр суурилсан байна.

IV. Гидравлик Servo системийн хэсэг:

(Нэгдсэн гидравлик систем, цахилгаан гидравлик хувиргагч, OPC соленойд хаалт, LVDT шилжилт мэдрэгч, тохируулах хавхлаг, давхар шүүлтүүр, хурд мэдрэх төхөөрөмжүүд).



Зураг 6. Тохируулах хавхлага

Тохируулгын системийн тосны даралт

Тохируулгы системийн тосны даралт: 1.96MPa

Тосны насосны сорох талын даралт: 0.1MPa

Импульсийн тосны даралт: 0.98MPa

Тосолгооны тосны даралт: 0.08~0.147MPa

Электро-гидравлик тохиргооны систем нь DEN удирдлагын систем, хоёр ком электро-гидравлик хувиргагчаас бүрдэнэ. Сервомоторын хөдөлгөөн нь DEN удирдлагын системийн гаргаж буй цахилгаан гүйдлийн сигналтай пропорциональ уялдаа холбоотой. Соронзон тос таслах хаалтын хөдлөх сигнал нь DEN удирдлагын системрүү өгөгдөхтэй зэрэгцээд DEN удирдлагын систем уурын тохируулах хаалт ба эргэх диафрагмыг хаадаг.

V. Гар арга

Гар аргаар явуулахад явуулах хаалт, аварийн таслагчийг хааж, үндсэн уурын хаалтыг нээж, турбинд эргэлтийн хурд ба ачааллыг нэмэх/хасах үйлдэлийг DEN удирдлагын системийг гар аргаар удирдан гүйцэтгэнэ.

VI. Автомат ажиллагаа

Гар аргаар явуулахад явуулах хаалт, аварийн таслагчийг хааж, үндсэн уурын хаалтыг нээж, дараа нь машинч эргэлтийн хурд, түүний өсөлтийн хэмжээ, халаах хугацаа ба зорилтот ачаалал мөн нэмэгдэх ачааллын хэмжээг сонгоно.

Системийн техникийн норм

Эргэлтийн хурдны хүрээ (20~3600) r/min
Нарийвчлал ±1r/min

Ачааллын удирдлагын хүрээ (0~115)%тогтоосон ачаалал, нарийвчлал±0.5%

Эргэлтийн хурдны жигд бусын хэмжээ 4.5%
(3~6)% зөвшөөрөгдөх

Отборын даралтын жигд бусын хэмжээ 10%
(0~15)% зөвшөөрөгдөх

Системийн хоцрогдолтын үзүүлэлт
0.3%-иас бага

Цахилгаан дулааны ачааллын өөрийн тохируулга ≤10%

Турбин нь тогтоосон горимоос ачааллаа хаях үед, эргэлтийн хурдны ихсэлтийн хэмжээ 9% -с ихгүй байна.

DEN удирдлагын системийн алдаагүй ажиллах дундаж хугацаа нь: MTBF>25000 цаг

Системийн боломжит хэмжээ: 99.9%.



Зураг 7. DDV регуляторын суурилагдсан байдал.

VII. DDV регулятор

D634 серийн DDV хаалтыг ашигласан.

- Оролтын сигнал: 0~±10mA, 0~ ±10VDC.
- Өсгүүрийн гаралтын хамгийн их гүйдэл: 0~ ±800mA.
- Хаалтны зүрхэвчний шилжилт 0~±1мм.
- Цахилгаан соронзон чадал: 400N (~ 40kg)
- Зүрхэвчний шилжилттэй харгалзах аралтын сигнал: 4-20 mA=>-1mm+1mm
- Динамик үзүүлэлт тос хангамжийн шугамийн даралтаас хамаарахгүй.
- Тэжээл хангамж буурахад төвдөө буцна.
- Хоцрогдол багатай, өндөр нарийвчлалтай

Тогтвортой ажиллагааны удирдлагын систем нь генераторын автомат ажиллагаатай өдөөлтийн систем, турбины хурдны тохируулгын систем, генераторын хамгаалалт зэргээс бүрдэж болно.

Тосны даралтын системийн явуулах хаалт нь гар аргаар хаах ба үндсэн уурын хаалтыг нээдэг. Системийг хаасны дараа үндсэн уурын хаалт нь автоматаар нээгдэж, ингэснээр та тохируулах уурын хаалтаар эргэлтийн хурдын өсөлтийн тодорхойлох болон хянах боломжтой болно.



Зураг 9. DEN системийн үйл ажиллагааны мнемо схем

ДҮГНЭЛТ

1. Удирдлагын системийг нэвтрүүлэхдээ одоо байгаа ЭКМ, релейд суурилсан хамгаалалтыг бүрэн шинэчлэн DEH системээр солих шаардлагатай.
2. Турбины тохируулгын системийг шинэчилснээр эрчим хүчний найдвартай ажиллагааг дээшлүүлнэ.

3. Аварийн зогсолтоос бүрэн хамгаалж чадна.

Ашигласан материал

1. C50-8.83/0.294 турбины ашиглалтын заавар
2. ДЦС-4 ТӨХК-ний турбины ашиглалтын заавар
3. Hangzhou Hollysys Automation систем

**МАНДАЛГОВЬ ХОТЫН АХУЙН БОХИР УСЫГ
ЦЭВЭРЛЭХ ТЕХНОЛОГИ**

Д.Ганцацрал*, З.Баттогтох*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Дэлхийн цаг уурын өөрчлөлттэй холбогдон цэвэр усны нөөц улам л багасаж байгаа нь олон улс орнуудыг түгшээсэн асуудал болж байна. Гэтэл манай улсад арьс, шир боловсруулах, ноос ноолуур угаах чиглэлийн үйлдвэрийн болон ахуйн шингэн хаягдал цэвэрлэх байгууламж технологийн дагуу ажиллаж чадахгүй байна. Тиймээс өөрийн орны экологийн цэвэр эрдэс түүхий эд болох цеолит бентонитын шаврыг ашиглан айл өрх сууриний ундны усыг зөөлрүүлэх, ариун цэврийн үйлчилгээг сайжруулах, төвлөрсөн үйлчилгээг өргөтгөх, өрхийн түвшинд холболтуудыг нэмэгдүүлэхэд оршино [1].

Түлхүүр үг. Усны чанар, ус хангамж, шингэн хаягдал, бохир ус.

1. ОРШИЛ

Монгол улсад хот суурин газрын төвлөрөлт буюу хотжилт хурдацтай хөгжиж байгаа хэдий ч уг үйл явц нь ихэнхидээ хот төлөвлөлт, хөгжлөөс гадуур явагдаж байгаа учраас анхаарлыг илүүтэй хандуулахад хүргэж байна. Хот суурин газрын усны үйлчилгээ болох ус татах, усан хангамж, боловсруулалт, хангалт, хэрэглээ, дахин ашиглах болон шингэн хаягдал цэвэрлэгээ нь усан хангамжийн физик систем болон боловсруулах систем гэсэн 2 үндсэн системд хамаарна. Хот суурин газар нь зөвхөн ус олборлох гол цэг төдийгүй хот суурин газрын усны эргэлт дэх усны чанар нь түүний ашиглалт болон цэвэршүүлэлтийн байдлаас шалтгаалж байдаг. Монгол орны эрс тэс уур амьсгал болох өвлийн хэт хүйтрэлтийн (-40°C хүртэл) улмаас суурин газар, айл өрх, аж үйлдвэр, хөдөө аж ахуйн усан хангамжийг зөвхөн гүний худгуудаас олборлон нийлүүлдэг. Өнөөгийн тогтоогдсон нөөцийн судалгааны дүнгээр газрын доорхи усны нөөц нь хэрэглээний усны хэрэгцээг хангалттай хангах бололцоотой. Гэсэн хэдий ч хүн амын цаашдын өсөлт, хөдөө аж ахуй, уул уурхай, аж үйлдвэрлэлийн салбар хөгжихийн хэрээр газрын доорх усны олборлолт нэмэгдэх хандлагатай байна. Монгол орны томоохон хот, суурин газруудын ундны ус хангамжийн түгээлтийн системийг 1950-аас 1960-аад онуудын үед байгуулсан байдаг. Ойролцоогоор 50-60 жил ашиглагдсан шугам хоолойн ашиглалт нь усны чанар, нөөцийн асуудлыг үүсгэж байгаа бөгөөд тухайлбал шугам хоолойн кооролтоос үүдэлтэй усны алдагдлын түвшин 40% -50%-д хүрч байгааг тогтоосон байдаг. Энэ байдалд яаралтай арга хэмжээ авч, усны алдагдлыг нэн яаралтай бууруулах шаардлагатай байна. Шингэн хаягдал цуглуулах, түүнийг цэвэрлэх асуудал нь өнөөдрийн усны эргэлтэнд ялангуяа Монгол орон шиг усны нөөц хангалтгүй улс орнуудын хувьд нэн чухал дэд бүтцийн асуудал мөн. Шингэн хаягдлыг байгаль орчин болон хүний эрүүл мэндэд хор нөлөөгүй төлөвт шилжүүлэн цэвэрлэж бусад олон төрлийн зорилгоор үр өгөөжтэй ашиглах шаардлага тулгарч

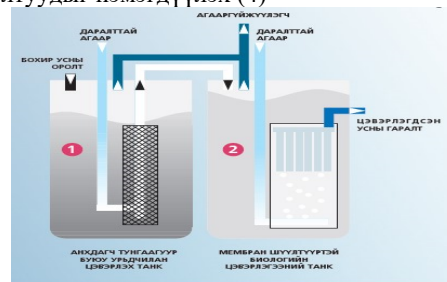
байна. Өнөөдрийн байдлаар аж үйлдвэр болон уул уурхайн үйл ажиллагаанаас гарсан шингэн хаягдлыг анхан шатны цэвэрлэгээгүйгээр их хэмжээгээр ариутгах татуургын систем буюу цэвэрлэх байгууламж руу шууд нийлүүлж байгаа нь цэвэрлэх байгууламжийн цэвэршүүлэх түвшинг бууруулж, цэвэрлэгэнд тавих хяналтыг алдагдуулахад хүргэж байна. Олон жилийн туршид ашиглагдаж байгаа шингэн хаягдлын сүлжээ, хоолой, битүүмжлэлийн ашиглагдах хугацаа хэдийн хэтэрсэнээс дамжуулах шугам хоолой руу модны үндэс нэвтэрч урган шугам хоолойд бөглөрөл үүсгэсэнээр шугам хоолойн хэвийн үйл ажиллагаанд ноцтой хүндрэл үүсгэсэн байгаа юм. Түүнчлэн шингэн хаягдлын шугам сүлжээний өргөтгөл нь суурьшилын бүсийн тархалтын хурдыг гүйцэхгүй байгаль орчинд шууд алдагдсаар байна [2].

Одоогийн гэр хорооллын усан хангамж, ариун цэврийн нөхцөл байдал нь маш дутмаг буюу усан хангамж нь зөвхөн ус түгээх цэгүүдээс хангагддаг (хоногт нэг хүнд ногдох 5-аас 10 литр хүртэл хэмжээтэй), ариун цэврийн шаардлага хангаагүй нүхэн жорлонтой, мөн төвлөрсөн дулааны системд холбогдоогүй нөхцөл байдал түгээмэл байна. Гэр хороолол өргөжин тэлэхийн хирээр хотын газар нутаг төдий хэмжээгээр тэлж байдаг. Түүнчлэн цэвэршүүлэггүй ундны усны хэрэглээ, ил задгай бохир усны хаягдал, нүхэн жорлонгийн өнөөгийн нөхцөл байдал болон эрүүл ахуйн хангалтгүй зуршил нь халдварт өвчин тархах нөхцлийг бүрэн бүрлүүлсэн байна. Гэр хорооллын айл өрх бүр өөрсдийн барьсан цэвэрлэгээний ямар ч шат дамжлаггүй нүхэн жорлонтой бөгөөд жорлонгийн өтгөн болон шингэн нь шууд газрын гүнрүү нэвтэрдэг [3].

II. Бохир ус цэвэрлэх технологи

1. Цеолит бентонитын шаврыг ашиглан айл өрх сууриний ундны усыг зөөлрүүлэх боломжтой

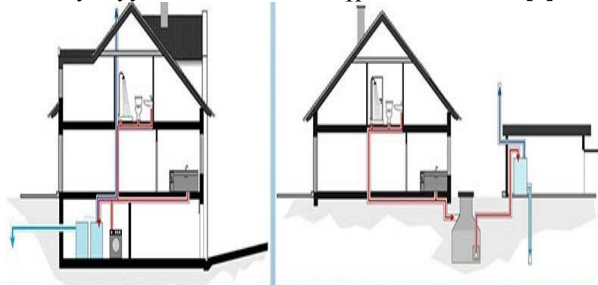
Төвлөрсөн бус бохир ус цэвэршүүлэх үйлчилгээ: WSB биофильмийн бохир ус цэвэршүүлэх технологи нь жижиг суурин газар, хөдөө (сум, аймагт) орон нутагт нэн тохиромжтой бохир ус цэвэрлэх байгууламжийн хувилбар юм. Гэр хороололд усан хангамж, ариун цэврийн үйлчилгээг сайжруулах. Үүнд: (1) төвлөрсөн үйлчилгээг өргөтгөх; (2) өрхийн түвшинд холболтуудыг нэмэгдүүлэх (4)



Зураг 1 : WSB биофильмийн бохир ус цэвэршүүлэх технологи

Ахуйн бохир усыг анхдагч тунгаагуур буюу урьдчилан цэвэрлэх танканд цуглуулж хүчтэй агаарын урсгалаар механик хойц болон органик агууламжийг задлана.

Усыг цааш сараалж бүхий маммут насосоор дамжуулан лагийн мембран шүүлтүүртэй биологийн цэвэрлэгээний танканд урсгана. Уг танканд агаарын урсгалаар задлах болон бичил биетийн тусламжтай задлах процесс явагдаж бохир усыг 0.4 мм хэмжээтэй жижиг нүхнүүдээс бүрдсэн мембран шүүлтүүрт реактораар шүүнэ. Шүүгдэж цэвэрлэгдсэн усыг шууд байгаль шингээх, эсвэл усалгааны хэрэглээнд цөөрөм болон усжуулалтанд ашиглах бүрэн боломжтой [4].



Зураг 2. WSB биофильмийн бохир ус цэвэршүүлэх технологийн ажиллах зарчим

Газар шорооны ажил хийгдээгүй, овор хэмжээ бага бөгөөд зоорийн давхар автогараж, чингэлэгт суурилуулах боломжтой бөгөөд орны температур 10°C байхад бүрэн ажилладаг. Мембран шүүлтүүр нь цэвэрлэгээний давтамж шаарддаг бөгөөд хэрэглээнээс хамаарч улирал эсвэл жилд нэг удаа мембран хавтанг төхөөрөмжнөөс гаргаж цэвэрлэнэ.

1. Анхдагч:Бохир ус байшингаас гарч байгууламжруу ороход түүхий бодисууд болон лаг доош сууна. Механикаар цэвэрлэгдсэн ус биологийн цэвэрлэгээний шатруу шилжинэ.
2. Биологийн цэвэрлэгээ:Дотор хэсэгт микро биетүүд амьдрах тээвэрлэгч материалууд байх ба тэдгээрийн тусламжтайгаар хорт бодисыг 99% хүртэл устгах чадалтай өндөр түвшний биофиллыг үүсгэнэ.
3. Агааржуулалт:Биологийн цэвэрлэгээнээс гарсан хатуу бодисууд шаланд тунаж үлдэнэ.
4. Хоёрдогч тунгаагуур:Биологийн цэвэрлэгээнээс гарсан хатуу бодисууд шаланд тунаж үлдэнэ.
5. Лаг цэвэрлэх:Хоёрдогч тунгаагуураас лагийн үлдэгдлийг зайлуулна.
6. Гаралт :Цэвэрлэгдсэн ус дээж авах хэсгээр дамжин гол горхируу урсах ба эсвэл газрын хөрсөнд шингэнэ
7. Цэвэрлэгдсэн усны шинжилгээ:Усны чөлөөт урсгалаас дээжийг авч гарч байгаа уснаас шаардлагатай үзүүлэлтүүдийг шинжлэхийн тулд дээжийг аргаар авах боломжтой
8. WSB технологийн удирдлага:M2M дэвшилтэт технологи бүхий удирдлага нь ажлын цаг болон нөхцөл байдлын мэдээллийг хадгалж байгууламжийн ажиллагааг хэвийн явуулна.

Булаг нь WSB технологийн байгалийн хувилбар бөгөөд урсгал усны эргэлтээр усны бохирдлыг цэвэрлэдэг онцлогтой.

WSB технологийн цэвэрлэх процессын хоёр гол хүчин зүйл нь:

Цэвэрлэгээний биофильм буюу хөвөгч эргэлдэх биетийг үүсгэх микро биетүүдийг усан дахь чулуунаас гаргаж авдаг.

Энэхүү микро биетүүдийг чуулны өнгөн хэсгийн гулгамтгай дээрээс харах боломжтой системийн авулгүй ажиллагааг хангах гол хүчин зүйл нь булгийн налуу юм [4].



Зураг 4. WSB технологийн үзүүлэлт [5]

ДҮГНЭЛТ

1. Эрчим хүчний үйлдвэрлэлд хаягдал усыг цуглуулах системийг бий болгон эргүүлэн ашиглах хэрэгтэй байна.
2. Бохир ус цэвэрлэх байгууламжийг сэргээн засварлах, дахин угсрах, аймгийн төвд тохиромжтой WSB технологийг нэвтрүүлэх нь зүйтэй.
3. Гэр хороололд усан хангамж, ариун цэврийн үйлчилгээг сайжруулах шаардлагатай байна.

Ашигласан ном

1. Hofmann, J.; Watson, V. & Scharaw, B. (2015): Groundwater quality under stress: contaminants in the Kharaa River basin (Mongolia). Environmental Earth Sciences 73(2), 629-648. doi: 10.1007/s12665-014-3148-2
2. Karthe, D.; Siegel, K.; Scharaw, B.; Staudel, J.; Hufert, F. & Borchardt, D. (2012): Towards an integrated concept for monitoring and improvements in water supply, sanitation and hygiene (WASH) in urban Mongolia. Water & Risk 20:1-5.
3. Scharaw B, Dietze S (2010) Model supported design and operation of a wastewater treatment pilot plant. Proceedings of the 55th International Scientific Colloquium, Ilmenau, Germany, 13-17 September 2010, pp. 57-61.
4. Integrated water Resources Management model Region Mongolia-Policy briefs.
5. <http://ultrasonic.mn>

ҮЙЛДВЭРИЙН УУРЫГ ҮР АШИГТАЙ ХЭРЭГЛЭХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Г.Амарсүрэн*, П.Бямбацогт*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Улс орны хөгжил нь үйлдвэржилтийн байдалтай салшгүй холбоотой бөгөөд тухайн улсын хөгжлийн түвшинг бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэл буюу нэг хүнд ногдох дотоодын нийт бүтээгдэхүүнээр тодорхойлдог билээ. Иймээс үйлдвэрийн хувьд нэгж бүтээгдэхүүний өөрийн өртөг маш чухал байдаг. Үүнийг тодорхойлох олон хүчин зүйл байдаг бөгөөд нэгэн чухал хүчин зүйл нь ашиглалтын зардал юм.

Тус өгүүлэлээр уур ашиглаж буй үйлдвэрийг сонгон авч хаягдал конденсацын дулааныг дахин ашиглах талаар судалгаа хийж гүйцэтгэв.

Түлхүүр үг. Халаалт, конденсат, дулааны ачаалал хаягдал энерги хэмнэлт.

ОРШИЛ

Улаанбаатар хотын хувьд бүх ДЦС-аас уур хэрэглэдэг үйлдвэрийн уурыг буцаах конденсацын шугам байхгүй учир үр ашиггүй хаядаг. Гэвч үйлдвэрүүд конденсацын бохирдлоос үл хамаарч хаягдал усны сувгаар дамжуулан, хаягдал усны боловсруулалт хийгдэж өртөг шингэсэн, тодорхой хэмжээний дулааныг өөртөө агуулсан конденсацыг дахин ашиглах бүрэн боломжтой байдаг.

Энэхүү санааг ажил болгох зорилгоор өөрийн ажиллаж байсан цаасны үйлдвэрийн уурын конденсацыг ашиглан үйлдвэрийн барилга мөн түүнчлэн агааржуулалтын системийн дулааны ачааллаар хангах тооцоо гаргаж, угсралт суурилуулалтын ажлыг хийж гүйцэтгэсэн.

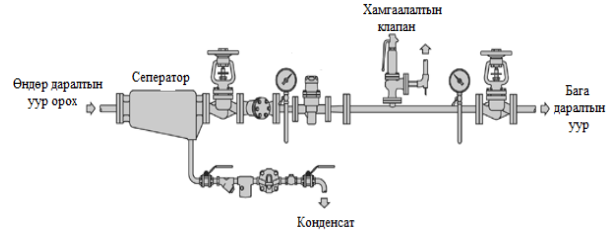
Судалгааны объект: Хан-Уул дүүрэгт байрлалтай 00 цаасны үйлдвэр.

Тус үйлдвэр нь 00 цаас боловсруулах чиглэлээр “ДЦС-3” ТӨХК-аас уур авдаг.

Уурын параметр:

- $G=4\text{т/ц}$ зарцуулалттай
- $T=170^\circ\text{C}$ температуртай
- $P=2$ ата даралттай уурыг 24 цагийн турш тасралтгүй хэрэглэнэ. Бүтээгдэхүүн боловсруулах технологийн процессын дараа $80-95^\circ\text{C}$ температуртай конденсат үүсч үүнийг хуримтлуурт цуглуулдаг.

Дулааны цахилгаан станцаас 8×13 ата даралтын уур түгээгдэх бөгөөд тус үйлдвэрийн өөрсдийн технологийн хэрэгцээнд зориулан 2 ата хүртэл бууруулан авдаг тул даралт бууруулах шаардлага гардаг.



Зураг 1. Үйлдвэрийн уурын авлагын даралт бууруулах зангилааны схем

Энэхүү схем тус үйлдвэрийн уурын авлагын даралт бууруулах клапаны хэсгийг харуулав.

Үйлдвэрийн уурын конденсацад агуулагдаж буй дулааны тоо хэмжээ нь барилгын дулааны ачааллыг бүрэн хангаж чадах эсэхийг тооцож үзэх шаардлагатай. Иймд уг үйлдвэрийн хувьд дараах тооцоог хийж гүйцэтгэв.

Үйлдвэрийн барилгын хэмжээ:

Объектын – Урт -34м, Өргөн -28м ,

Өндөр -9м Барилгын эзэлхүүн $V_{\text{нийт}}=8568 \text{ м}^3$

Кондисацын дулааныг ашиглан тухайн барилгын халаалт, агааржуулалтын системийг хангана гэж тооцвол:

- Үйлдвэрийн халаалтын ачаалал:

$$Q_o = V \cdot q_o \cdot (t_b - t'_{\text{но}}) = 0.188 \text{ Гкал/ц};$$

- Үйлдвэрийн агааржуулалтын ачаалал:

$$Q_b = V \cdot q_b \cdot (t_b - t'_{\text{нв}}) = 0.164 \text{ Гкал/ц};$$

$$Q = Q_o + Q_b = 0.352 \text{ Гкал/ц};$$

Харин тухайн үйлдвэрийн конденсацын дулааныг тооцож үзвэл:

$$Q_{\text{конд}} = G_{\text{конд}} \cdot c \cdot t_{\text{конд}} = 0.382 \text{ Гкал/ц};$$

Тодорхойлогдож байгаа бөгөөд эндээс харахад уг үйлдвэрийн халаалт, хэрэгцээний халуун ус болон агааржуулалтын ачааллыг бүрэн хангах боломжтой болох нь харагдаж байна. Уурын конденсацыг нөөцлөх 5тн багтаамж бүхий бак хэрэглэдэг тул үүгээр дамжуулан цааш халаалт, агааржуулалтын дулааныг хангах бүрэн бололцоотой гэж үзэж байна. Тус тооцоог үндэслэн дараах тоноглолыг сонгов.

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ

Хүснэгт 1

Тоноглол сонголт				
Тоноглолын нэр	Марк, тип	Үзүүлэлтүүд	Тоо хэмжээ	Тайлбар
Халаалтын бойлер	Жанхан	1000 кВт	1	
Салхивчийн бойлер	Жанхан	450 кВт	1	
Сүлжээний насос	Грундфосс, TP-65-230/2	37.2 т/ц, 18.1 м, 3 кВт	2	
Салхивчийн эргэлтийн насос	Грундфосс, TP-32-320/2	16.1 т/ц, 25.6 м, 2.2 кВт	2	
1-р хэлхээний эргэлтийн насос	Грундфосс, UPS-50-120F	14.8 т/ц, 5 м, 0.72 кВт	2	Конденсацлагдсан усыг эргэлтэнд оруулах

Үйлдвэрийн уурын хэрэглээ гадна агаарын температураас хамааралгүйгээр улирлын туршид тогтмол уур авч хэрэглэдэг тул конденсатын дулаан гаргах чадвар хугацааны тухай агшинд тогтмол гэж үзвэл гадна агаарын температураас хамааруулан жилд хэрэглэх халаалт агааржуулалтын хэрэглээг тооцвол. Халаалтын жилийн дулааны хэрэглээ:

$$Q_o^{жил} = \frac{z}{8} [Q_v^{cp} \cdot n_v + Q'_v(n_0 - n_v)] = 496 \text{Гкал};$$

Агааржуулалтын жилийн хэрэглээ:

$$Q_v^{жил} = \frac{z}{8} [Q_v^{cp} \cdot n_v + Q'_v(n_0 - n_v)] = 177.37 \text{Гкал};$$

Жилийн нийлбэр хэрэглээ

$Q = Q_v^{жил} + Q_{гвс}^{жил} = 673 \text{Гкал};$ дулааныг жилд хэмнэх боломжтой бөгөөд үүнийг мөнгөн дүнгээр илэрхийлэл:

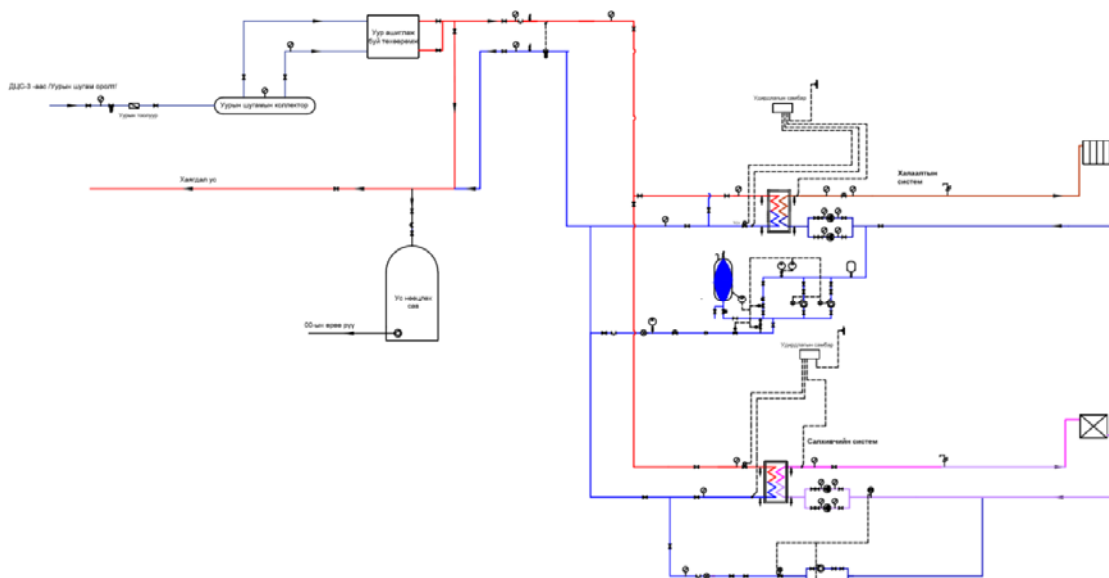
Хүснэгт 2

Хэрэглэгчид борлуулах үнийн тариф

№	Хэрэглэгч	Хэмжих нэгж	Тариф /НӨАТ-гүй/
1	Үйлдвэр аж ахуйн нэгж /халаалт, /	Төг/Гкал	27962

Үйлдвэрийн газрын хувьд 1 Гкал дулаан болон хэрэгцээний халуун усыг 27692₮-өөр /эрчим хүчний зохицуулах хорооноос батласан үнэ тариф/ худалдаж авдаг гэж тооцвол:

$P = Q \cdot Y_{өртөг} = 18\,818\,426₮$ мөгрөгийг жилд хэмнэх боломжтой байна.



Зураг 2. Үйлдвэрийн уурын конденсатар үйлдвэрийн дотоод хэрэгцээг хангах

Дээрх зурагт үйлдвэрийн бүтээгдэхүүн боловсруулсан уурыг уг үйлдвэрийн халаалт болон агааржуулалтын зарчмыг схем харуулсан болно.

ДҮГНЭЛТ

Тус өгүүлэлээр үйлдвэрийн газрын уурыг хэрэглээг үр ашигтай хэрэглэх, ашиггүй хаягдаж буй конденсатын дулааныг дахин ашиглаж холболт, тоног төхөөрөмжийн суурилуулалтыг удирдан зохион байгуулж ажилласан туршлагаас тооцооллыг гүйцэтгэж харуулсан болно. Энэхүү технологийн санаачлагын дагуу бусад уур ашиглан үйлдвэрлэл явуулдаг газар ашиглах боломжтой юм.

Хэрэв дээрх байдлаар эрчим хүчээ шийдэж чадвал жилдээ 18 818 426₮ хэмнэх бүрэн боломжтой юм.

Ашигласан материал

1. <http://erc.gov.mn/index.php?newsid=24https/> Эрчим хүчний зохицуулах хороо.
2. Б.Намхайням “Дулаан хангамжийн систем” УБ, 2015он, (Гурав дахь хэвлэл).
3. Б.Намхайням, Ц.Шагдарсүрэн, Ц.Энхжаргал “Уурын үр ашигтай хэрэглээ” 2002 он.
4. Х.Энхжаргал, Д.Цэрэндолгор, “Дулаан масс солилцооны процесс ба төхөөрөмж”, 2008 он.
5. С.Батмөнх “Дулаан нэвтрүүлэлт, дулаан дамжуулалт”.

ҮЙЛДВЭРИЙН ГАЗАРТ УХААЛАГ ТООЛУУР СУУРЬЛУУЛАН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ МЕНЕЖМЕНТИЙГ НЭВТРҮҮЛЭХ НЬ

Б.Солонго*, Ч.Улам-Оргил**

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Бизнесийн Ахисан Түвшний Сургууль

**Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Эрчим хүчний хэмнэлтийн хууль хэрэгжиж эхэлсэнтэй холбоотой байгуулагуудын эрчим хүчний хэмнэлтийн менежерүүд хэрхэн эрчим хүчний хэмнэлт гарган авахаа судалж хэмнэлтийн арга хэмжээг авч хэрэгжүүлсээр байна. Үйлдвэрийн газрын эрчим хүчний хэрэглээ нь үйлдвэрлэсэн бүтээгдэхүүнтэй шууд хамааралтай байдаг. Их бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд эрчим хүчний хэрэглээ их гарч, бага бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд эрчим хүчний хэрэглээ бага байдаг. Хэмнэлтийн арга хэмжээ хэрэгжүүлсэн ч үйлдвэрлэлийн хэмжээ их байсан бол төлөх эрчим хүчний төлбөр багасаж харагдахгүй байгаа нь хэмнэлтийн ажлаа тайлагнахад, хэмнэсэн гэдгээ харуулахад хүндрэлтэй байна. Нөгөө талаасаа жил бүр үйлдвэрлэлийн хэмжээ нэмэгдэж байгаа нь эрчим хүчний төлбөр багасах биш харин ч өсч харагдаж байна.

Иймд энэ илтгэлд үйлдвэрийн газрын эрчим хүчний суурь түвшин, эрчим хүчний гүйцэтгэлийн үзүүлэлт, хамаарах хувьсагч гэсэн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох, үүний тулд ухаалаг тоолуур суурилуулах, эрчим хүчний хэрэглээнд хоногийн 24 цагаар хяналт тавих, бүртгэх, эрчим хүчний хэрэглээний мэдээллийн сан бүрдүүлэх, эрчим хүчний менежментийг нэвтрүүлэх, эрчим хүчний хэмнэлтийн менежмент нэвтрүүлэх аргыг судалж дүгнэлт гаргалаа.

Түлхүүр үг. Ухаалаг тоолуур, Эрчим хүчний суурь түвшин, эрчим хүчний гүйцэтгэлийн үзүүлэлт, эрчим хүчний өндөр хэрэглээ, хамаарах хувьсагч, ISO 50001:2018, эрчим хүчний менежмент.

I. ОРШИЛ

Үйлдвэрийн цахилгаан тоноглолын хүчин чадал, ажилласан цагаар эрчим хүчний хэрэглээ болон хэмнэлтийг тооцож болох ч энэ нь хоногт тогтмол цагаар үүнийгээ сар, жилийн хугацаанд яг ижил байна

гэж тооцоолдог. Бодит байдал дээр тооцсон цагаас илүү мөн дутуу ч ажиллаж болох нь бидний тооцсон эрчим хүчний хэрэглээ, өртгөө нөхөх хугацаа, гарах эдийн засгийн өгөөжийг зөв гэж үзэх үндэслэл багатай байна.

“Милко” ХХК нь хоногийн 24 цагийн ажиллагаатай шингэн сүү, хуурай сүү, чипс үйлдвэрлэдэг үйлдвэр. Үйлдвэр УБЦТС ТӨХК-тай тооцоо хийдэг тооцооны DTSD-111 маркын тоолуур 2 ширхэг, АМ-360 маркын тоолуур 1 ширхэг байна. Цахилгааны хэрэглээ, тооцооны тоолуураас авсан мэдээлэлд шинжилгээ хийж үзээд гурван тариф нь эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэйг тодорхойлж гурван тариф руу шилжүүлсэн. “Милко” ХХК-ийн нүүлгэлт, өргөтгөлийн ажилтай холбоотойгоор ХТПН-4194, КТП-2575-д “Милко” ХХК-ийн шингэн сүүний үйлдвэр, хуурай сүүний үйлдвэр, чипсний үйлдвэр, Монгол аарц төсөл, төв оффис гээд бүх хэрэглээ нэг дор төвлөрсөнөөс цахилгааны хэрэглээг салган хэмжүүржүүлэх шаардлагатай болсон. Тоолуурын судалгаа хийж үзэхэд манайд ашиглаж байгаа DTSD-111 маркын тоолуур зах зээл дээр 340,000-350,000 төгрөгний үнэтэй байсан. Тоолуурыг үйлдвэрлэсэн Хятадын үйлдвэртэй холбогдон нийлүүлэх боломжтой эсэхийг асуухад үйлдвэрлэхээ зогсоосон болохыг мэдэгдсэн.

II. УХААЛАГ ТООЛУУР

Зах зээл дээр борлуулагдаж байгаа ухаалаг тоолуурыг судалж үзээд “Мэйжүрмент” ХХК-ийн нийлүүлдэг DTZY88-M маркын 3 фазын 5 Амперийн ухаалаг тоолуурыг суурилуулахаар сонгосон. Нэг тоолуур 480,000 төгрөгний үнэтэй. Үндсэндээ 130,000 төгрөг нэмж төлөөд ухаалаг тоолуур бүхий системтэй болох боломжтой байна. Тоолуураас таны сонгосон мэдээллийг хүссэн байдлаар 15 болон 30 минутын сонголттойгоор тоолуур өөр дээрээ болон компанийн

сүлжээнд хадгална. Тоолуурын мэдээллийн RS-485-ийн холболгоор нотебүүк рүү татан авах мөн компаний сүлжээнээс татан авч болно. Тоолуурыг Монгол программын хамт нийлүүлнэ. Программийн хөгжүүлэлтийг хэрэглэгчийн хүссэнээр хийх боломжтой. Энэ нь эрчим хүчний хэрэглээндээ хяналт тавьж, шинжилгээ хийх боломжийг олгож байна. Мөн STD маркын ухаалаг уурын тоолуурт модем холбож мэдээллийг компанийн серверт өгснөөр цахилгааны хэрэглээтэй нэгэн адил уурын хэрэглээнд хяналт тавих боломж бүрдээд байна.

Ухаалаг тоолуураараа дамжуулан авсан эрчим хүчний зарцуулалтын мэдээллийг үйлдвэрийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэлтэй холбож нэгэн цогц байдлаар программ хөгжүүлэхээр зорьж байна.

III. ЦАХИЛГААНЫ ХЭРЭГЛЭЭ

Нийт ашиглалтын зардлын 61.3%-ийг цахилгааны төлбөр, 30.9%-ийг уурын төлбөр, дулааны төлбөр 0,6%-ийг, 7%-ийг усны төлбөр эзэлж байна. Үүнийг графикаар харуулбал:

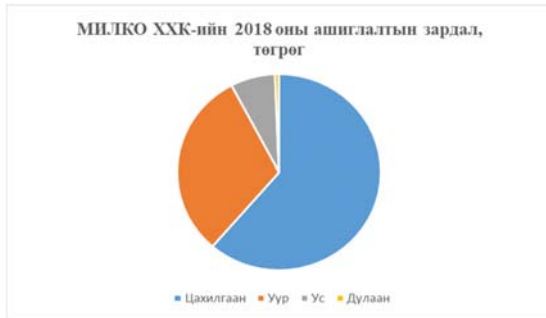


График 3.1. Эрчим хүчний хэрэглээ

Графикаас харахад цахилгааны төлбөр нийт төлбөрийн 61%-ийг эзэлж байгаа нь хэмнэлтийн үр дүн гол нь цахилгааны хэрэглээнд гаргаж болохыг харуулж байна.

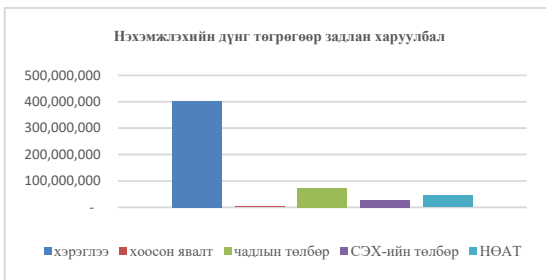


График 3.2. Цахилгааны нэхэмжлэхийн төрөл

Нэхэмжлэхийг задлан харахад нийт гарсан төлбөрийн 73.2%-г хэрэглэсэн цахилгааны хэрэглээ, 13.2%-г чадлын төлбөр, 8.1%-г НӨАТ, 4.9%-г сэргээгдэх эрчим хүчний төлбөр, 0,5%-г хоосон явалтын төлбөр эзэлж байна. Үүнийг хүснэгт 3.1-д үзүүлсэн.

Хүснэгт 3.1

№	Төлбөрийн төрөл	Нийт, төгрөг	Нийт, хувь
1	Хэрэглээ	403,211,740	73,2
2	Хоосон явалт	2,839,175	0,5
3	Чадлын төлбөр	72,689,589	13,2
4	СЭХ-ний төлбөр	27,188,566	4,9
5	НӨАТ-ын төлбөр	44,541,939	8,1
6	Нийт	550,471,009	100,0

Хүснэгтээс харахад бидний хэрэглэсэн цахилгааны төлбөр 403,211,740 төгрөг буюу нийт төлбөрийн 73,2 %-ийг эзэлж байгаа бөгөөд үлдсэн 147,259,269 төгрөг буюу 26,8% нь нэмэгдэл төлбөр байна. Иймд бид 1 кВт цахилгаан эрчим хүчний үнийг Милко ХХК-д 128,5 төгрөг биш 181,6 төгрөгөөр бодох нь тооцооны үндэслэлтэй юм. Ингэж бодож байж мөнгөөр илэрхийлэх тооцоо бодит утгатай дөхөж гарна. Цахилгааны төлбөрийн нэхэмжлэхийг бууруулах боломжтой эсэхийг хүснэгт 3.2-д үзүүлбэл

Хүснэгт 3.2

№	Төлбөрийн төрөл	Багасгах боломжтой эсэх	Тийм бол хэрхэн хэрэгжүүлэх
1	Хэрэглээ	тийм	Хэрэглээгээ багасгана
2	Хоосон явалт	тийм	Трансформаторыг алдагдал багатай трансформатороор солино
3	Чадлын төлбөр	тийм	17-22 цагийн хэрэглээгээ багасгана
4	СЭХ-ний төлбөр	үгүй	
5	НӨАТ-ын төлбөр	үгүй	

Иймд бид хэрэглээ болон чадлын төлбөрт голлон анхаарч хэмнэлтийг гарган авна. Чадлын төлбөрт 2018 онд нийт 72 сая төгрөг төлсөн бөгөөд 4-р сараас хойш тасралтгүй сар бүр 6 сая төгрөг төлсөн байна. Үүнийг хүснэгтээр харуулбал:



График 3.3. 2018 оны чадлын төлбөрийн судалгаа

IV. ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ТООЦООЛОЛ

Ухаалаг тоолуурын мэдээллийг өөр дээрээс нь RS-485 холболтын тусламжтайгаар 15 минутын давтамжаар татаж авсан мэдээллийг дараах байдлаар бүртгэнэ.

Энд үзүүлсэн чипсний үйлдвэр дэд станцаас 2 оролтоор цахилгаанаар тэжээгддэг. Ухаалаг тоолуурын заалтыг өглөө бүрийн 09:00 цагийн заалтаар авсан.

Учир нь энэ үед ээлж солигдож дараагийн ээлж ажлаа эхлүүлдэг. Тоолуурт 300/5-тай гүйдлийн трансформатор суурьлуулсан учир тоолуурын заалтыг 60-р үржиж цахилгааны хэрэглээг кВт.цаг-аар гаргасан. Үйлдвэрлэсэн бүтээгдэхүүний тоог өдөр бүрийн технологичийн бүртгэлээс авсан.

Бүртгэл тооцоог өдөр бүрээр хийж тооцоолох нь илүү нарийвчлал сайтай алдаа багатай гарах болно. ISO50001:2018 стандартад зааснаар хамгийн багадаа 1 жилийн эрчим хүчний хэрэглээний мэдээллээр тооцно гэж заасан байна. Учир нь энэ хугацаанд жилийн 4 улирал багтах бөгөөд улирлын нөлөөллийг тооцсон үр дүн гарах болно [1].

Хүснэгт 4.1

Чипсийн үйлдвэрийн цахилгааны хэрэглээ								
Сар	өдөр	Шарах		Шахах		Нийт		
		Заалт	Хэрэглээ, кВт	Заалт	Хэрэглээ, кВт		Хэрэглээ, кВт	Бүтээгдэхүүн
11	4	19.42	943.4	15.14	958.8	1,902	79,825	
	5	34.76	1,033.8	30.73	824.1	1,858	97,900	
	6	51.57	1,135.9	44.13	637.1	1,773	108,045	
	7	70.04	1,001.2	54.49	736.2	1,737	107,580	
	8	86.32	1,125.5	66.46	805.7	1,931	105,750	
	9	104.62	1,040.6	79.56	966.8	2,007	100,990	
	10	121.54	1,189.4	95.28	888.1	2,077	100,635	
	11	140.88	1,058.4	109.72	1,106.4	2,165	108,390	
	12	158.09	1,060.3	127.71	901.6	1,962	101,685	
	13	175.33	700.5	142.37	492.0	1,192	72,880	
	14	186.72	156.2	150.37	84.9	241	-	
	15	189.26	1,087.3	151.75	896.1	1,983	102,760	
	16	206.94	1,003.7	166.32	865.3	1,869	75,140	
	17	223.26	1,012.9	180.39	726.9	1,740	85,915	
	18	239.73	111.3	192.21	77.5	189	-	
	19	241.54	969.9	193.47	590.4	1,560	51,660	
	20	257.31	524.6	203.07	367.8	892	81,260	
	21	265.84	80.0	209.05	62.7	143	-	
	22	267.14	818.0	210.07	766.3	1,584	66,950	
	23	280.44	1,102.7	222.53	797.7	1,900	112,090	
	24	298.37	1,047.3	235.5	1,718.3	2,766	109,710	
	25	315.4	581.2	263.44	24.6	606	108,230	
	26	324.85	492.0	263.84	14.1	506	-	
	27	332.85	618.1	264.07	405.3	1,023	53,035	
	28	342.9	1,204.8	270.66	584.9	1,790	101,365	
	29	362.49	1,064.0	280.17	787.8	1,852	100,610	
	30	379.79	1,182.0	292.98	628.5	1,811	146,455	
			Коэффициент		Стандарт алдаа			
	Сул гишүүн		277.1		82.1			
	Хувьсагч		0.0154		0.0			
R коэффициент		0.89						

$Y=0.0154 \cdot x + 277.06$		
Оффис	4.0	28.6
1 ш чипс /квт/	0.0154	2.80
1 кг чипс /квт/	0.4402	79.94

Хүснэгтээс харахад 1 ширхэг чипс үйлдвэрлэхэд 0,0154кВт цахилгаан эрчим хүч, 2,8 төгрөг, 1 кг чипс үйлдвэрлэхэд 0,4402 кВт цахилгаан эрчим хүч, 79,94 төгрөг зарцуулж байгаа нь харагдаж байна. Харин тогтмол хэрэглээ нь өдөрт 277,1кВт буюу 50,314 төгрөг байна. Үүнийг эрчим хүчний суурь түвшин буюу одоо байгаа хэрэглээ гэж авч үзнэ.

Эрчим хүчний хэмнэлтийн хуульд зааснаар эрчим хүчний хэмнэлт гэдэг нь эрчим хүчний хэмнэлтийн арга хэмжээ авахаас өмнөх хэмжилтийг эрчим хүчний хэмнэлтийн арга хэмжээ авсны дараах хэмжилтийн дүнгийн зөрүү гэж тодорхойлсон. [2] Иймд эрчим хүчний хэмнэлийг илэрхийлэхийн тулд зайлшгүй хэмжилт хийх, тоолуур суурьлуулах нь илүү үр дүнтэй. [4]

Дээрхи тооцооноос бид үйлдвэрлэлийн хэмжээнээс хамаарсан эрчим хүчний хэрэглээний тэгштгэлийг гарган авлаа.

Зарцуулах ЦЭХ=277.1+0.0154*Үйлдвэрлэсэн бүт

Энэхүү томъёогоор өдөр бүрийн эрчим хүчний хэрэглээндээ хяналт тавина. Үүнийг ухаалаг тоолуурын програм дээрээр оролт гэж тохируулна. Үйлдвэрлэсэн бүтээгдэхүүний тоо, ээлж эхэлсэн болон дууссан цагийг оруулахад томъёогоор норм буюу төлөвлөгөөт эрчим хүчний зарцуулалт гарна. Үүнийг бодит эрчим хүчний зарцуулалттай харьцуулан харуулдаг байхаар программчилна.

Нэгж бүтээгдэхүүнд ноогдох эрчим хүчний зардлыг эрчим хүчний суурь түвшин /ЭХСТ/-ээр сонгосон хугацааны хооронд эрчим хүчний гүйцэтгэлд гарсан өөрчлөлтийг үнэлнэ. Байгууллага өөрийн эрчим хүчний зорилтот түвшинг тогтооно. Зураг 1-д эрчим хүчний гүйцэтгэл, ЭХГҮ ба ЭХСТ болон эрчим хүчний зорилтот түвшний хоорондын хамаарлыг үзүүлэв.



Зураг 4. Эрчим хүчний суурь түвшин

ЭХГҮ-ийг тодорхойлохдоо байгууллага нь суурь ачаалал үйлдвэрлэл, ажилтны тоо, цаг агаар болон бусад хүчин зүйлээс шалтгаалах хувьсах ачаалал зэрэг эрчим хүчний зарцуулалтын шинж чанарыг сайн мэдвэл зохино.

Өгөгдөлд улирлын нөлөөлөл ба бусад хувьсагчийг тооцохын тулд дор хаяж нэг жилийн хугацаанд дүн шинжилгээ хийх хэрэгтэй. Эрчим хүчний хэрэглээ ба зарцуулалтын мэдээллийг диаграмм, график, хүснэгт, хяналтын хуудас, процессын зураглал, дуураймал загвараар харуулна.

Эрчим хүчний менежментийг нэвтрүүлэх хэмнэлтийг гаргахын тулд эрчим хүчний өндөр хэрэглээ /ЭХӨХ/-г тогтооно [1]. ЭХӨХ-тэй тоног төхөөрөмжийг ажиллуулж байгаа ажилтны ажлын үзүүлэлтэнд эрчим хүчний үзүүлэлт болох ажил эхлэх үед л тоног төхөөрөмжийг залгах, ажил дуусахад унтраах, ажил эхэлсэн дууссан хугацааг бүртгэх гэх мэт үзүүлэлтийг оруулж өгнө.

ЭХӨХ-д нөлөөлж болох хамаарах хувьсагчийн жишээг дор дурьдвал:

- Цаг агаар, үүнд халаах болон хөргөх өдрийн хэм
- Үйлдвэрлэлд хамаарах, тухайлбал хувь хэмжээ, бүтээгдэхүүний иж бүрдэл, чанар, дахин боловсруулалт болон гарц
- Орчны температур, ус хөргөх температурын тохируулгын цэг, уурын температур гэх мэт процессын үзүүлэлт
- Материалын урсгал, төлөв байдал, шинж чанар
- Барилгын дүүргэлт, ашиглалтын түвшин;

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ

- Өдрийн гэрэлтүүлгийн боломж ба орчны гэрэлтүүлгийн түвшин;
- Ажлын цаг
- Үйл ажиллагааны түвшин (өдрийн ачаалал, ажил)
- Тээврийн эрчим хүчний хувьд туулсан зам
- Тээврийн хэрэгсэлд ачаа ачилт, ашиглалт;

Эрчим хүчний гүйцэтгэлийн сайжруулалтын боломжийн тодорхойлох ба уг сайжруулалтын боломжийн эрэмбэлсэн жагсаалтыг боловсруулж гаргах нь эрчим хүчний дүн шинжилгээний гаралт байна. Өгөгдөл цуглуулах ба шинжилгээ хийх нь сайжруулалтын боломжийг эрэмбэлэх үндэс суурь болно. Боломжуудыг эрэмбэлэх шалгуурт дараах зүйл багтана. Үүнд:

- ✓ Тооцоолсон эрчим хүчний хэмнэлт
- ✓ Хөрөнгө оруулалтын өгөөж эсвэл байгууллагын бусад хөрөнгө оруулалтын шалгуур үзүүлэлт (хөрөнгө эсвэл ажиллагааны)
- ✓ Бизнесийн бусад нөлөө буюу тэргүүлэх чиглэл
- ✓ Хэрэгжүүлэлтийн тооцоолсон зардал
- ✓ Хэрэгжүүлэхэд хялбар байдал
- ✓ Санхүүжилтийн боломж зэрэг хамаарна [1].

Тоног төхөөрөмжийг тасалсан болон залгасан цагийг ухаалаг тоолуурын мэдээллээр хяналт хийх боломжтой бөгөөд системийн оргил ачааллаар хөдөлгүүрийг ажилд залгахгүй. Зайлшгүй залгах шаардлагатай бол 17 цагаас өмнө залгах, дуусч болох ажлыг 17 цагаас өмнө дуусгах, 22 цагаас хойш ажиллуулах гэх мэт цагийн менежментийн ажлуудыг хийх, хяналт тавих боломж бүрдэж байна.

Суурьлуулсан ухаалаг тоолуураас авсан гүйдлийн мэдээллийг дор хүснэгтээр үзүүлэе

Хүснэгт 4.2

Ухаалаг тоолуураас татаж авсан гүйдлийн мэдээлэл

Цаг/огноо	Ачаалал, Ампер			
	2 сарын 14	2 сарын 15	2 сарын 16	2 сарын 17
00:00	60.78	65.46	63.48	61.5
01:00	59.64	60.6	62.7	3.6
02:00	4.08	63.72	62.04	3.96
03:00	0	53.22	59.94	3.66
04:00	0	3.78	3.48	0.12
05:00	0	3.78	3.36	0.12
06:00	0	3.78	0.06	0.12
07:00	3.96	1.38	0.06	0.12
08:00	3.84	33.48	16.08	0.12
09:00	27.06	56.76	73.8	115.14
10:00	97.92	72.9	101.46	100.62
11:00	86.22	105.72	97.44	97.32
12:00	95.76	94.56	99.48	99.54
13:00	96.9	98.64	97.68	97.68
14:00	83.28	95.82	99.78	96.78
15:00	94.5	101.88	98.28	77.1
16:00	101.1	96	98.22	78.78
17:00	99.96	100.56	94.74	81.12
18:00	100.56	99.42	93.72	77.76
19:00	82.02	94.56	100.98	59.58
20:00	76.26	77.46	79.32	61.08
21:00	77.22	77.46	75.72	57.6
22:00	77.28	78.18	61.98	65.04
23:00	73.44	74.04	59.16	8.88

Хүснэгтэнд үзүүлсэн мэдээллийг графикаар үзүүлбэл:

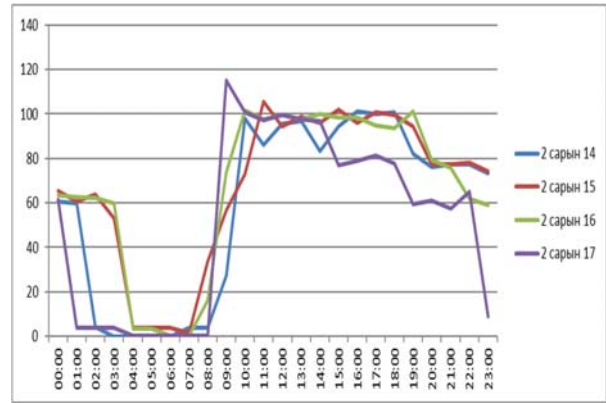


График 5. Гүйдлийн мэдээллийг графикаар үзүүлбэл

Графикаас харахад 08-22 цаг буюу тариф өндөр үед үйлдвэр ажиллаж байгаа нь цагийн менежмент хийвэл цахилгааны төлбөрийг бууруулах боломжтойг харуулж байна.

Ачааллын мэдээллээс харахад үйлдвэр 08-23 цагийн хооронд буюу 15 цаг цахилгааны төлбөр үнэтэй байх үед нь ажиллаад хямдхан байх үед нь ажиллахгүй байгаа нь харагдаж байна. Үүнийг эсрэгээр нь буюу 23-14 цагийн хооронд 15 цаг ажиллуулья гэж үзээд цахилгааны төлбөрийг тооцоог хийж үзье

Хүснэгт 4.2

Үйлдвэрийн ажиллагаа, 24 цагаар

цаг	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00
тариф	77.9	77.9	77.9	77.9	77.9	77.9
Чадал, кВт	08:00-23:00	25.12	18.65	13.38	11.68	0.738
	23:00-14:00	37.29	38.67	38.93	39.09	37.57

06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
77.9	77.9	128.5	128.5	128.5	128.5	128.5	128.5	128.5
0.396	0.552	5.352	27.28	37.29	38.67	38.93	39.09	37.57
37.41	37.64	37.15	33.71	29.41	28.8	28.25	21.55	25.12

15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Нийт
128.5	128.5	209.7	209.7	209.7	209.7	209.7	209.7	77.9	
37.18	37.41	37.64	37.15	33.71	29.41	28.8	28.25	21.55	586.5
18.65	13.38	11.68	0.738	0.726	0.396	0.552	5.352	27.28	586.5

Хүснэгт 4.3

Үйлдвэрийг 08:00-23:00 цагт, 23:00-14:00 цагт ажиллуулна гээд цахилгааны төлбөрийг харьцуулж харуулбал:

Ажиллах цаг	Тариф	Хонгийн нийт кВт цаг	Өлөрт хэрэглэсэн кВт.цаг	Сара хэрэглэсэн кВт.цаг	Үржих коэффициент	Нэгжийн үнэ, төг	Тус бүрийн үнэ, төг
08:00-23:00	Өлөр /06-17/	586.6	337	10110	123	128.5	159,793,605
	Шөно/22-06/		70.7	2121	123	77.1	20,114,079
	Оргил/17-22/		178.9	5367	123	209.8	138,497,582
23:00-14:00	Өлөр /06-17/	586.6	285.3	8559	123	128.5	135,279,275
	Шөно/22-06/		293.4	8802	123	77.1	83,472,007
	Оргил/17-22/		7.7	231	123	209.8	5,961,047

Нийт үнэ, төг	Чадлын төлбөр	Үнэ, Төгрөг	НОАТ	Нийт үнэ, төг	Тайлбар
318,405,266	36,007,691	354,412,957	35,441,296	389,854,253	140,965,911
224,712,329	1,549,800	226,262,129	22,626,213	248,888,341	төгрөгний хэмнэлтгүй байна.

Цахилгааны чадлын төлбөрийг бодох аргачлал [3] – аар тодорхой хугацааны интервалд чадлын утгыг бүртгэх боломжтой тоолууртай хэрэглэгчийн чадлын

төлбөрийг тоолуурын санах байгууламжинд бүртгэгдсэн чадлын мэдээлэлд үндэслэн тухайн сарын өдрүүдийн оргил ачаалаалд (17.00-22.00) оролцсон хамгийн их чадлын дундаж утгаар тооцно гэж заасан боловч тоолуур болгоноос очиж чадлын мэдээллийг уншуулдаггүй. Нэг тарифаар тооцоо хийдэг хэрэглэгч бол оргил ачааллын цагт хэрэглэсэн хийт кВт-ийн 12 цагаар, 3 тарифаар тооцоо хийдэг бол 5 цагаар чадлын төлбөр боддог. Энэхүү аргачлалаар тооцооныхоо чадлын төлбөрийг урьдчилан бодлоо.

Энэ тооцоогоор өглөө ажилладаг тэр бүх үйл явцаараа орой ажиллана гэж тооцсон. Ингэхгүйгээр үйлдвэрийн зарим хэсгийг тухайлбал савлагаа, технологийн бусад процессийг өөр шөнийн хямдралтай цагуудад ажиллуулах, ингэвэл хэдий хэмжээний тарифын хэмнэлт гаргах боломжтойг судалж байна.

ДҮГНЭЛТ

Эрчим хүчний хэмнэлтийг хийхдээ эхлээд хөрөнгө оруулалт шаардахгүй буюу багахан хэмжээний хөрөнгө оруулалт шаардах хэмнэлтийг хийнэ. Үүнд ухаалаг тоолуур бүхий тоолуурын дэд систем чухал ач холбогдолтой бөгөөд үүнийг зайлшгүй хийх шаардлагатай. Компанийн төсөв хөрөнгө хүнд байгаа бол хэсэгчилж хийж болно. Үйлдвэр цахилгааны хэрэглээгээ хоногийн 24 цагаар харах болсноор бид

эрчим хүчийг удирдах, түүнд менежмент хийх боломжтой болно. Тарифын өөрчлөлт, ачаалал шилжүүлж чадлын төлбөрөө багасгах, үйлдвэр хэдэн цагт хөдөлгүүрүүдээ залгаж ачааллын үеийн гүйдэл авч байна гээд олон шинжилгээ хийж болно. Манай судалгаанд 23-14 цагт үйлдвэрийг ажиллуулна гэж үзвэл 140 сая төгрөгний тарифын хэмнэлт гарч байгааг үзүүлэв. Үүнийг бусад үйлдвэрлэлийн байгуулгад ч мөн хэрэглэх боломжтой. Тоолуурын мэдээлэлд үндэслэн эрчим хүчний суурь түвшин, эрчим хүчний өндөр хэрэглээтэй тоног төхөөрөмжийг тодорхойлох бөгөөд энэ нь эрчим хүчний удирдлагын тогтолцоог нэвтрүүлэхэд үндсэн мэдээлэл болно. Энэ нь өдөр бүрийн эрчим хүчний хэрэглээндээ хяналт тавьж ажиллах боломжийг бүрдүүлж байна. Ингэснээр эрчим хүчний зардлыг тасралтгүй бууруулах бөгөөд энэ нь байгаль орчинд болон, нийгэмдээ үзүүлж байгаа эерэг нөлөөлөл юм [4].

Ашигласан ном, хэвлэл

1. ISO 50001:2018 Эрчим хүчний удирдлагын тогтолцоо.
2. Эрчим хүчний хэмнэлтийн хууль.
3. Эрчим хүчний зохицуулах хорооны 2015 оны 246-р тогтоолын хавсралт-Чадлын төлбөр тооцох аргачлал.
4. Эрчим хүчний хэмнэлтийн менежер бэлтгэх сургалтын материал.

3-р хэсэг.
ДОКТОР ОЮУТНУУДЫН
ИЛТГЭЛҮҮД

ВАКУУМ ТАСЛУУР БҮХИЙ РЕКЛОУЗЕР СУУРИЛУУЛЖ 6/10 кВ-ЫН АГААРЫН ШУГАМЫН ТАСАЛДЛЫН ИНДЕКСИЙГ БУУРУУЛАХ

Ж.Нандагсамба*, Б.Пүрэвсүрэн*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Улаанбаатарын цахилгаан түгээх сүлжээний цахилгаан тоног төхөөрөмжүүд олон жил найдвартай ажилласан, ашиглалтын хугацаа буюу насжилт өндөр зэргээс шалтгаалан цахилгаан түгээх сүлжээнд тоноглол, кабель болон агаарын шугамын гэмтэл их гарч цахилгааны тасралтын хугацаа их байдаг. Түгээх сүлжээнд горимын шилжүүлэлтийг зөв хийхийн тулд тухайн нөхцөл байдлыг нарийвчлан судлах, сэлгэн залгалтыг биетээр гүйцэтгэхэд хугацаа, ажил гүйцэтгэх хугацаа их шаардаж байгаа нь бодит үнэн юм. Автоматжуулалтын түвшин доогуур, техник хэрэгслээр тоноглогдсон байдал ба техникийн түвшингээр өндөр хөгжилтэй гадаад орнуудын цахилгаан сүлжээний ижил төстэй үзүүлэлтээр харьцуулбал хоцрогдсон, хэрэглэгчийн сэтгэл ханамж маш бага байдаг. Иймд 6/10 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамд вакуум таслуур бүхий реклоузерийг суурилуулж, тасралтын тоог бууруулж, түүний бодит үр дүнг үзүүлэх зорилготой юм. Мөн бодит үр дүн гарсан 3 фидерийн судалгаа, тооцоог энэхүү өгүүлэгт оруулсан болно.

Түлхүүр үг. Вакуум таслуур бүхий реклоузер, цахилгаан дамжуулах агаарын шугам.

ОРШИЛ

Улаанбаатар хотын цахилгаан шугам сүлжээ нь гэр хорооллын хэрэглэгчид нэг талын эх үүсвэртэй буюу 3-р зэрэглэлтэй харин орон сууц, үйлдвэр, оффис гэх мэт хотын төвийн барилгажсан хэсэгт байгаа хэрэглэгчид нь цахилгаан эрчим хүчний хоёр талын тэжээлтэй 2-р зэрэглэлийн хэрэглэгчид юм [1]. Үүнээс гадна онцгой объектууд болох томоохон эмнэлэг, засгийн ордон зэрэг газрууд 2-р зэрэглэл дээр нэмэх нь өөр дээрээ цахилгааны эх үүсгүүр дизель генератор суурилагдсан буюу нэгдүгээр зэрэглэлийн хэрэглэгч гэж тооцогддог. Дээр дурьдсан хэрэглэгчийн зэрэглэлээс хамааран цахилгаан эрчим хүч тасалдах хугацаа өөр өөр байдаг. 3-р зэрэглэлийн хэрэглэгч дээр түүний тэжээлийн шугамд гэмтэл гарсан тохиолдолд (Улаанбаатар хотын шугам сүлжээний шинэчлэлтийн ажил 1990-2005 оны хооронд зогсонги байдалтай байснаас үүдэн гэмтэл гарах нь ижил төстэй орныг бодвол нэлээн түгээмэл байдаг) түүнийг засварлан хэвийн байдалд оруулж, залгах хүртэл хугацаагаар цахилгаан эрчим хүч тасалдаж болдог. Энэ хугацаа нь гэмтлийн хүнд хөнгөнөөс хамааран 2 цагаас эхлэн хагас өдөр ч болох тохиолдол гардаг. 2-р зэрэглэлийн хэрэглэгчийн хувьд 2 талын тэжээлийн шугам нь нэг нь залгаатай нөгөө талын шугам залгахад бэлэн байдалтай ажиллагаатай байдаг. Тиймээс эх үүсвэр болж байгаа талын шугамд гэмтэл гарах үед хэрэглэгч дээр цахилгаан хангамжийг сэргээхдээ шуурхай ажиллагааны бригад тухайн гэмтсэн шугамыг эрж хайн түүнийг 2 талаас нь тусгаарлан салгаж, нөгөө талын

тэжээлийг дэд станц дээр очиж гараар залгах гэсэн дараалалаар ажилладаг юм. Ингэхдээ гэмтэл гарсан шугамыг салгаад засварлахгүй орхих ба засварлах ажлыг засварын бригад маргааш өдөр нь очиж засварладаг. Энэ тохиолдолд хэрэглэгч дээр цахилгаан эрчим хүчийг хэвийн залгах хугацаа нь диспетчерийн бригад шугамын гэмтэл хайх, нөгөө талын шугамыг гараар залгах гэсэн хугацаагаар хэмжигддэг ба энэ нь дундажаар 30 минутаас 2 цаг хүртэл, зарим нэг онцгой тохиолдолд 4 цаг хүрдэг байна.

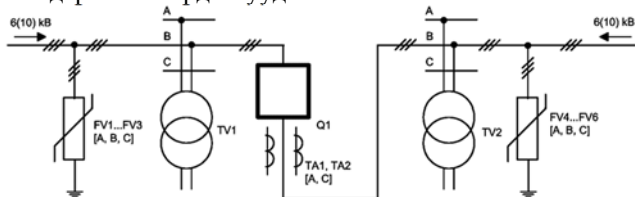
Вакуум таслуур бүхий реклоузерийн тухай. 10 кВ-ын вакуум таслуур бүхий рва/tel (ter_recl15_a/1_15) реклоузер нь дурын саармаг цэгийн горимтой 10 кВ-ын хэвийн хүчдэлтэй, 50 Гц-ийн давтамжтай гурван фазын хувьсах гүйдлийн цахилгаан дамжуулах агаарын болон кабель, агаарын хосолмол шугамыг секцлэн холбох автомат ажиллагаатай пункт юм [2]. Реклоузер нь хувьсах гүйдлийн хэлхээг таслах ба давтан залгах циклээр урьдчилан тохируулсан алгоритм/тавилын дагуу автоматаар таслах ба давтан залгах зориулалттай тасрах юм уу эсвэл буцаад залгагдсаны дараа өөрийн тухайн байршлыг хадгалах, анхны горимд шилжих зэрэг өөрийгөө тохируулдаг автомат ажиллагаатай төхөөрөмж юм. Реклоузер нь өөртөө богино залгааны гүйдлийг илрүүлэх, хэмжих, түүнийг алсаас удирдах ба диспетчерийн удирдлагын систем /Скада/-д мэдээлэл дамжуулахад шаардлагатай иж бүрдэл элементүүдийг агуулж байдаг бөгөөд дараах иж бүрдлийг агуулна: Таслах, залгах модуль OSM15_AI_1; Удирдлагын самбар RecUnit_RC_1(RU); Дотоод хэрэгцээний хүчдэлийн трансформатор 2 ширхэг; 10 кВ-ын шугаман бус хэт хүчдэл хязгаарлагч 6 ширхэг; Scada системийн өгөгдөл дамжуулах модем, антенн; Холболтын кабель/хэрэгсэл; Бэхэлгээний хийцүүд



Зураг 1. Тамир фидерт реклоузер суурилуулсан фото зураг

Реклоузер РВА/TEL нь бусад цахилгаан техникийн тоног төхөөрөмжийн иж бүрдлийн хамтаар дараах функцүүдийг хэрэгжүүлэх зориулалттай: ЦДАШ-ын

гэмтэлтэй хэсгийг автоматаар таслаж тусгаарлах; Автоматаар давтан залгах (АПВ); Автоматаар сүлжээний нөөц тэжээлийг залгах (АВР); Газар дээрээс болон алсын удирдлагаар сүлжээний горимыг өөрчлөх; Өөрийгөө оношлох; Сүлжээний горимын параметруудийг хэмжих; Шугам дээр гарсан аварийн болон шуурхай ажиллагааны журналыг хөглөх; Алсаас удирдах г.м. Реклоузер РВА/TEL нь УБЦТС ТӨХК-ийн Техникийн шаардлагын тодорхойлолт (ТШТ) болон ГОСТ 1557, ANSI 3760-2003, цахилгаан соронзон зохицлын хувьд ГОСТ 50746 стандартын шаардлагуудыг хангасан байна.



Зураг 2. Реклоузерийн холболтын зарчмын схем

Дараах функцуудыг гүйцэтгэх чадвартай байна. Тухайлбал, Хүчний трансформаторын соронзон системийн ханалтын огцом гүйдлээс тавил тохируулдаг байх. Хөдөлгүүрийн залгалтын гүйдэл болон “хүйтнээр асаах” гүйдлээр тавил тохируулагддаг байх; “Шугам дээр хүмүүс ажиллаж байна” горимыг хэрэгжүүлэх боломжтой; АПВ-ийн цикл дэх ажиллах дарааллыг зохицуулах боломжтой байх.

Дараах хэмжилтүүдийг хийж чаддаг байх ёстой: Фазын гүйдлүүд; Фазын болон шугамын хүчдэл; Бодит, хуурмаг, бүрэн чадал; Бодит, хуурмаг, бүрэн эрчим хүч; Чадлын коэффициент; Хүчдэл ба гүйдлийн тэгш хэмт бүрэлдэхүүн; Давтамж г.м.

Реклоузер нь үйл явдал болон оношлогооны бичлэгийг хийх системтэй байх ба энэ нь РВА/TEL-д болж буй бүх үйл явдлын бичлэгийг хийж өөрийнхөө шуурхай ажиллагааны болон аварийн журналд ялган бүртгэх, телемеханикийн систем SCADA-аар дамжуулан мэдээллийг харуулах дүгнэлт хийх боломжийг олгодог байна. Өөрийн оношлогооны систем нь үндсэн модулийн болон удирдлагын самбар, дотоод холбооны элементүүдийг байнга оношлох ба таслах, залгах модулийн таслах-залгах хугацааг хэмжиж хянадаг байна. Гэмтэл илрүүлсэн тохиолдолд харгалзах дохиоллыг үүсгэдэг байна. Бүх дохионууд харгалзах утга илэрхийллийн дагуу бүлэгт хуваагдана: Ерөнхий дохиолол; Хамгаалалт ажиллуулах дохио; Реклоузерийг таслахтай холбоотой дохио; Хамгаалалт ажиллаж эхэлсэн тухай дохио; Реклоузерийг залгахтай холбоотой дохио; Хамгаалалтын төлөвийн тухай дохиолол; Реклоузер гэмтэлтэй байгаа тухай дохио; Анхааруулах дохио г.м.

Түгээх сүлжээний ашиглалтын явцад шугам дээр гарсан төрөл бүрийн гэмтэл, үйл ажиллагааны горимын мэдээлэл, түүний төлөв байдлын тухай шуурхай ажиллагааны мэдээлэл шаардлагатай болдог [4]. Энэхүү мэдээллүүд нь сүлжээний одоо байгаа төлөв байдалд дүн шинжилгээ хийх, горимын удирдлага хийх талаар шийдвэр гаргах, хөгжлийн хэтийн төлөвлөгөө хийх зэрэгт шаардагддаг [5]. Энэхүү зорилгоор реклоузерт шуурхай ажиллагааны ба аварийн тохиолдлын тоолуур, журнал хөглөх боломжийг суулгаж өгсөн байх ёстой. Журнал

болон тоолуурт тухайн шугамын хэсэг, реклоузер дээр өөрт нь гарсан бүх үйл явдлыг бичиж бүртгэлжүүлсэн байна [6].

Автомат вакуум таслуур бүхий реклоузерийн пункт суурилуулсан үеийн тооцоо: 2018 оны байдлаар 35 кВ-ын 6 ком, 6-10 кВ-ын сүлжээнд 18 ком автомат вакуум таслуур бүхий реклоузерийн пункт суурилуулан, Scada системээр удирдан ажиллаж байна [7].

Телевиз дэд станцаас тэжээлтэй 10 кВ-ын Шонхор фидер нь 10 км урт шугам, 10/0,4 кВ-ын 25 дэд станцаар 2551 хэрэглэгчтэй, Яармаг дэд станцаас тэжээлтэй 10 кВ-ын Яармаг фидер нь 4.35 км урт шугам, 10/0,4 кВ-ын 20 дэд станцаар 2735 хэрэглэгчтэй, Налайх дэд станцаас тэжээлтэй 10 кВ-ын Зах фидер нь 5.87 км урт шугам, 10/0.4 кВ-ын 39 дэд станцаар 1019 хэрэглэгчийг цахилгаан эрчим хүчээр тасралтгүй найдвартай хангадаг [8].



Зураг 3. Яармаг фидерт реклоузер суурилуулсан фото зураг

Хүснэгт 1

Реклоузерын пункт суурилуулсан тасралтын тооцооны үр дүн

№	Фидерийн нэр	Фидер бүтээгээс тасрах тацралт				Рект суурилуулсан үеийн тацралт					
		Харгалзчийн н.тоо	Сайди	Сайфи	Кайди	ДТЦЭХ, кВт/чим	Харгалзчийн н.тоо	Сайди	Сайфи	Кайди	ДТЦЭХ, кВт/чим
1	Шонхор	2551	3.0	0.0	102.2	3131.4	225	0.3	0.003	102	276.2
2	Зах	1019	3.3	0.09	35.0	770.0	187	0.6	0.017	35	141.3
3	Яармаг	2735	1.5	0.02	100.0	4582.2	1403	0.8	0.008	100	2504.5
	Нийт	6305	7.8	0.14	237.2	8783.6	1815	1.6	0.028	237.2	2922.0

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү вакуум таслуур бүхий реклоузерийг суурилуулж, удирдлагын SCADA системтэй холбосноор гэмтэл устгалтын дундаж хугацаа нь 2-3 минут бөгөөд энэхүү шийдвэр гаргалтыг дэмжсэн автоматаар авч буй /гэмтлийг олох, тусгаарлах, сэргээх/ арга хэмжээ нь дунджаар 55-115 минутыг гэмтлийн бүсээс хамааран хэмнэдэг. Энэ нь эцсийн хэрэглэгчдэд цахилгаан тасалдлаас хамааран үүсэх цахилгаан тоног төхөөрөмжийн гэмтэл, санхүүгийн

хохирол, алдагдал зэргийг хамгийн бага түвшинд хүргэх боломжийг олгож байна.

Реклоузер суурилуулахаас өмнө 8783.6 кВт.ц цахилгаан эрчим хүч дутуу түгээсэн. Реклоузер суурилуулснаар 2922 кВт.ц цахилгаан эрчим хүчийг дутуу түгээсэн байна. Жилд 5861.6 кВт*цаг цахилгаан эрчим хүчийг тасралтгүй найдвартай борлуулж /1кВтц-128 төгрөг/ 0.75 сая төгрөгийн орлоготой ажилласан байна. Жилд дунджаар цахилгаан эрчим хүчний тасралт нь 7 удаа гэж үзвэл нийт 5.2 сая төгрөгийн орлого олох боломжтой юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ

1. Эрчим хүчний тоног төхөөрөмж, байгууламжийн техник ашиглалтын дүрэм.
2. Х.Цагаан, М.Хуягдорж “Цахилгаан энергийн дамжуулалт хуваарилалт” хд. 39-60, УБ. 2003 он.

3. Д.Алтанцэцэг, Ш.Даваахүү, Ч.Улам-Оргил, Ц.Энхтуул “Бакалаврын дипломын төслийн эдийн засгийн тооцооны аргачлал” хд. 28-40, 86-88, УБ 2016 он.

4. УБЦТС ТӨХК-ийн 2018 оны тоноглолын насжилтын судалгаа.

5. УБЦТС ТӨХК-ийн техникийн шаардлагын тодорхойлолт.

6. Вакуум таслуур бүхий реклоузерын талаар заавар танилцуулга:

https://www.websor.ru/reklouzer_rvsysa.html/

7. Ж.Нандагсамба “Цахилгаан хангамжийн схем төсөл, тооцоо” 2018 он.

8. Ж.Нандагсамба. “Цахилгааны аюулгүй ажиллагаа” 2018 он.

9. Ж.Нандагсамба “Цахилгаан станц, дэд станцын газардуулгын төсөл, тооцоо” 2018 он.

ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНИЙ НАЙДВАРТАЙ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХЭД ВАКУУМ ТАСЛУУР БҮХИЙ АВТОМАТ ДАХИН ЗАЛГАГЧИЙН ОНОВЧТОЙ БАЙРЛАЛЫГ ТОДОРХОЙЛОХ

Ж.Нандагсамба*, Б.Бат-Ундрал*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Энэхүү өгүүлэлд Калининград хотын Багратионовскийн мужийн цахилгаан түгээх сүлжээ, /Багратионовский РЭС/, /Мамоновскийн мужийн цахилгаан түгээх сүлжээний /Мамоновский РЭС/ фидерүүдэд реклоузер хэрэглэсэн үр дүнг үзүүлсэн болно. Цахилгаан түгээх сүлжээний нэг талын тэжээлтэй болон 2 талын тэжээлтэй фидерүүдэд реклоузер төхөөрөмжийн оновчтой байрлалыг тодорхойлох тооцоо гүйцэтгэж, дүн шинжилгээ хийв.

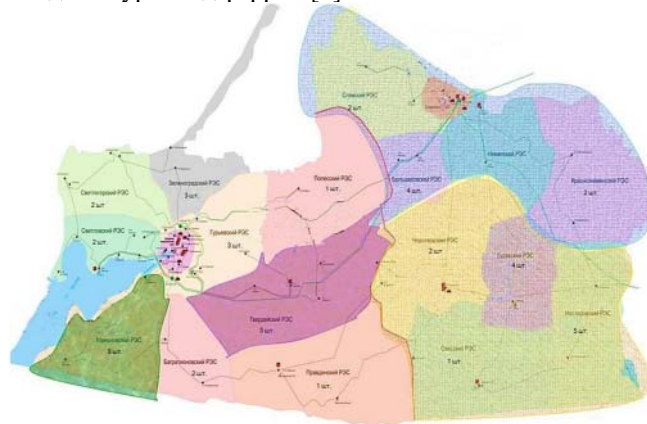
Тулхуур үг. Реклоузер, түгээх сүлжээ, дунд хүчдэл, ухаалаг сүлжээ, урт фидер, туршилтын бүс.

ОРШИЛ

Калининград хотын Багратионовскийн мужийн цахилгаан түгээх сүлжээ, /Багратионовский РЭС/, /Мамоновскийн мужийн цахилгаан түгээх сүлжээний /Мамоновский РЭС/ фидерүүдэд ашиглалтын нөхцөлд хэд хэдэн хүндрэлтэй асуудлуудтай тулгарч байна. Тухайн сүлжээний урт фидерийн асуудал нь: найдваржилтын үндсэн үзүүлэлтүүд бага /Цахилгаан эрчим хүчний чанарын үзүүлэлтээр найдваржилтыг бүрэн хангахгүй байх/, цахилгаан хангамжийн найдвартай ажиллагааг сэргээх хугацаа их, цахилгаан эрчим хүчний алдагдал ихтэй, цахилгаан тоноглол, таслах, залгах төхөөрөмжүүдийн найдваржилт багатай гэх мэт [1].

Калининград хотын Багратионовскийн мужийн цахилгаан түгээх сүлжээ, /Багратионовский РЭС/, /Мамоновскийн мужийн цахилгаан түгээх сүлжээний /Мамоновский РЭС/ фидерүүдийг ухаалаг сүлжээ болгох зорилгоор тухайн фидерүүдэд вакуум таслуур бүхий

автомат дахин залгагч /реклоузер/ суурилуулсан байдлыг зураг-1-д үзүүлэв[2].



Зураг 1. Калининград хотын Цахилгаан түгээх сүлжээний фидерүүдэд вакуум таслуур бүхий автомат дахин залгагч /реклоузер/ суурилуулсан” туршилтын бүсийн”

Төслийн зорилго нь дээр дурьдсан асуудлуудыг шийдэхэд реклоузер суурилуулсан эерэг үр дүнг тодорхойлж, одоо байгаа техникийн зохицуулалтыг бий болгохын тулд ухаалаг сүлжээний /Smart Grid/ үндсэн зарчмуудыг боловсруулах явдал байв [3].

Жишээ нь: урт фидерүүдэд вакуум таслуур бүхий автомат сэлгэн залгагч суурилуулснаар /реклоузер/ цахилгаан эрчим хүчний алдагдлын хэмжээ 27-аас 10% - иар буурч, жилийн цахилгаан эрчим хүчний тасалдлын тоо 11.9-3.1 хүртэлх буурсан байна.

Сүлжээний автоматжуулалт хийсний дараа хоёр тухайн дүүргийн цахилгаан түгээх сүлжээг нэгтгэх,

тухайн сүлжээний сонголтыг урьдчилан тодорхойлсон болно.

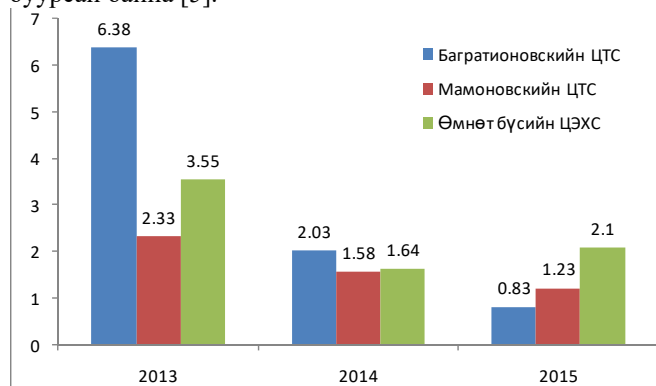
Өгөгдөл: жилийн гэмтэл нь 0.21 осол/км/жил, гэмтэл устгах дундаж хугацаа 5.43 цаг, нэг фазын газардлага болоход автомат дахин залгагч амжилттай гүйцэтгэсэн (АПВ) 42% -тай байна. Ажлын үеэр 42 реклозер суурилуулсан ба SCADA системийг ашиглалтанд оруулсан [4].

Хүснэгт 1

Туршилтын бүсийн цахилгаан хангамжийн хэсэг

Цахилгаан хангамж	Тоо хэмжээ, ш
110 кВ-ийн дэд станц	5
15 кВ-ийн ХБ	12
15 кВ-ийн фидер	39
15 кВ-ийн ЦДАШ-ын урт	533 км
15 кВ-ийн кабель шугамын урт	19 км
15/0,4 кВ-ийн дэд станц	565
Вакуум таслуур бүхий автомат сэлгэн залгагч /реклозер/	11
Шугамын хуурай салгуурын тоо	149
Цахилгаан хэрэглэгчийн хүн амын тоо	>50000

Автоматжуулсан ухаалаг сүлжээг нэвтрүүлснээр 2015 онд дараах эерэг үзүүлэлт бий болсон байна. Үүнд: цахилгаан хангамжийн тасралтын дундаж хугацаа 6 цаг 30 минутаас 49 минут болтол буурсан, төсөл хэрэгжих эхний шатанд Багратионовскийн цахилгаан хангамжийн сүлжээ /БЦХС/-ний цахилгаан хангамжийн тасралтын дундаж хугацаа 2 цаг 30 минутаас 1 цаг 14 минут болтол буурсан байна [5].



Зураг 2. 6-15 кВ-ын цахилгаан түгээх сүлжээний хэрэглэгчийн тасралтын үргэлжлэх дундаж хугацаа

Дунд хугацааны үр дүн цахилгаан хангамжийн түгээх сүлжээн дэх АСЗТ/автомат сэлгэн залгах төхөөрөмж/ашиглалт үр дүнгийн талаар дүгнэлт хийх боломжийг олгодог.

Түгээх сүлжээнд хэрэглэдэг реклозерууд нь зөвхөн вакуум таслууртай алсын удирдлагын зарчмыг цахилгаан холбооны тусламжтайгаар хэрэгжүүлдэг.

Энэ удирдлагын үед цахилгаан соронзон долгионы шуугиан цахилгаан тоноглолд нөлөө үзүүлнэ.

15 кВ-ын түгээх сүлжээнд реклозерийн төхөөрөмжийн оновчтой байрлалыг сонгох болон тухайн сүлжээний горимыг “Усан доторх чулуу” дутуу үнэлэх явдал юм.

Реклозерийн оновчтой байршлыг сонгох асуудал нь тус тусад нь онцлон авч үзэх асуудал бөгөөд энэ нь эдийн засгийн асуудлууд болон түгээх сүлжээний найдвартай, тасралтгүй байдлын үзүүлэлтүүдэд аль алинд нь нөлөөлдөг.

Оросын холбооны улсын “тавирда электрик” компани реклозерийг шалгахдаа дараах 2 үндсэн үзүүлэлтийг тодорхойлохыг зөвлөмж болгосон байдаг.

Нэгдүгээрт: жилд дутуу нийт түгээсэн цахилгаан эрчим хүчний үзүүлэлтээр. Энэ нь дараах 2 томьёогоор тодорхойлно.

Жилд дутуу түгээсэн цахилгаан эрчим хүчийг тодорхойлох томьёо [6]:

$$W_{\text{дтэх}}=0.01*\omega_0*T*L*S_T*\cos\phi*k_c \quad (1)$$

Үүнд: $W_{\text{дтэх}}$ -жилд дутуу түгээсэн нийт цахилгаан эрчим хүч (кВт.ц/жил); ω_0 -ЦДАШ-ын гэмтлийн хувийн давтамж (1/100 км жилд); T -гэмтсэн цахилгаан шугам сүлжээг сэргээн босгох дундаж хугацаа (цаг); L -ЦДАШ-ын урт (м); S_T -дэд станцын трансформаторын суурилагдсан хүчин чадал (кВА); $\cos\phi$ -чадлын коэффициент; k_c -зэрэг залгалтын коэффициент.

гэхдээ тооцооны хялбаршуулсан хувилбараар [7]:

$$W_{\text{дтэх}}=P*\omega_0*1*q*h \quad (2)$$

$W_{\text{дтэх}}$ -жилд дутуу түгээсэн нийт цахилгаан эрчим хүч (кВт.ц/жил); P -ЦДАШ-аар дамжих бодит чадал, кВт; l - ЦДАШ-ын урт, км; q - ЦДАШ-ын тасралтын хувийн давтамж (1/жил*км); h -гэмтлийг эрэн хайх, засварлах хугацаа (цаг);

Реклозер төхөөрөмжийн оновчтой байрлалыг сонгох хоёрдугаар шалгуур үзүүлэлтүүд хэрэглэгчийн тасралтын үргэлжлэх хугацаа ба тоо хэмжээ (ω_n , T_n).

Хэрэглэгчдэд цахилгаан хангамжийн найдвартай байдлыг нэмэгдүүлэх шаардлагатай бол энэ шалгуурыг ашиглана.

Үндсэн үзүүлэлтүүдийг дараах томьёогоор тодорхойлно:

$$\omega_n=0.01*\omega_0*L \quad (3)$$

Үүнд: ω_n -жилд хэрэглэгчийн тасралтын тоо (1/жил); ω_0 -ЦДАШ-ын гэмтлийн хувийн давтамж (1/100 км жилд); L -шугамын урт, км;

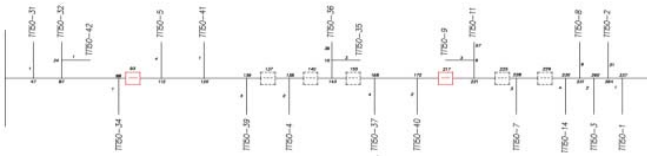
$$T_n=\omega_n*T \quad (4)$$

Үүнд: T_n -жилд хэрэглэгчийн цахилгаан эрчим хүчний тасралтын үргэлжлэх хугацаа (цаг/жил); ω_n -жилд хэрэглэгчийн тасралтын тоо (1/жил); T -тогтвортой гэмтлийг устгах дундаж хугацаа (цаг);

(1) болон (2) томьёог харьцуулвал:

Цахилгаан хангамжийн найдвартай ажиллагаа, эдийн засгийн үр ашгийг тооцвол жилийн нийлбэр цахилгаан эрчим хүчний дутуу түгээлт нь чухал параметр юм.

Цахилгаан эрчим хүчний дутуу түгээлтийг 15-50 км шугамтай Зеленоградскийн цахилгаан түгээх сүлжээнд /ЦТС/ тооцоолов. Энэ сүлжээнд 2 вакуум таслуур бүхий автомат дахин залгагч төхөөрөмжтэй, ойролцоогоор 1000 хүн амтай, 20 трансформатортай(ТП), нийлбэр бүрэн чадал нь 3000 кВА байна (Зураг 3).

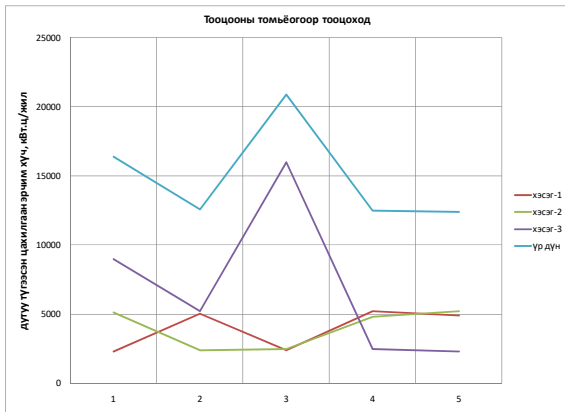


Зураг 3. 15-50 км урттай фидерийн схемүүд

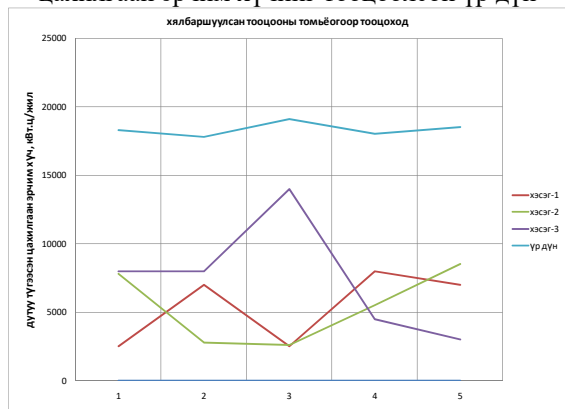
Тооцооллыг хоёр томьёог ашиглан гүйцэтгэнэ:

- (1) томьёог ашиглан, реклоузериин заавар зөвлөмжийн дагуу,
- (2) томьёог ашиглан, тооцоолох хялбар аргаар, Реклоузериин байрлалыг нийт 5 хувилбараар тооцоолсон болно:
 - Одоо байгаа хуваалтын сонголт байна.
 - Эхний recloser (R1) фидерийн дагуу 93-р тулгуураас 137-д шилжүүлж, хоёр дахь recloser (R2) хэвээр байна.
 - recloser (R2) фидерийн дагуу 217-155 тулгуур хооронд, recloser (R1) хэвэндээ.
 - recloser (R1) фидерийн дагуу 93-140 тулгуур хооронд, recloser (R2) 217-225 тулгуур хооронд.
 - recloser (R1) фидерийн дагуу 93-137 тулгуур хооронд, recloser (R2) 217-229 тулгуур хооронд.

Тооцооны үр дүнг хувилбар тус бүрийг жилд дутуу түгээсэн цахилгаан эрчимтэй харьцуулан график хэлбэрээр үзүүлэв. Зураг 4, 5. Дээрх 5 хувилбараас реклоузериин оновчтой байрлалыг сонгох дүгнэлт хийнэ.



Зураг 4. Тооцооны томьёогоор жилд дутуу түгээсэн цахилгаан эрчим хүчийг тооцоолсон үр дүн



Зураг 5. Хялбаршуулсан аргаар жилд дутуу түгээсэн цахилгаан эрчим хүчийг тооцоолсон үр дүн

ДҮГНЭЛТ

- Цахилгаан эрчим хүчний дутуу түгээлт нь шугамын уртын дагуух хэрэглэгчийн чадлын хуваарилалтаас хамаарах ба шугамын схемийн хувилбаруудаас хамаарна.
- Реклоузериин ашиглалтын эерэг үр дүнд дүн шилжилгээ хийж үзэхэд энэхүү түгээх сүлжээнд реклоузериин төхөөрөмжийн ашиглах нь зүйтэй гэж үзэв.
- Үйлдвэрлэгчийн жилийн цахилгаан эрчим хүчний дутуу түгээлтийг тооцоолох томьёо нь илүү мэдээлэл, үнэн зөв байдаг.
- Тооцооллын үр дүнд реклоузериин оновчтой байрлалыг сонгох хамгийн сонголт бол дөрөв дэх сонголт.
- Реклоузериин оновчтой байрлалыг тодорхойлох аргачлалыг тодорхойлохдоо илүү үр ашигтай, өртөг зардал багатай аргыг ашиглана. Тухайн шугаман дахь хэрэглэгчийн ангилал, тоо зэргийг анхаарч үзэх хэрэгтэй. Газар тариалангийн талбайн онцлог, ослын үед салаалж буй дэд станцын тоо гэх мэт нэмэлт хүчин зүйлсийг тооцоолсон утгуудад коэффициентоор орлуулж болно.

Ашигласан ном сурах бичиг

- Белей В.Ф. Стандарты в области качества электроэнергии: проблемы и тенденции / В.Ф. Белей, М.С. Харитонов // Информационные ресурсы России. - 2016. - № 1. - С.10-14.
- Белей В.Ф. Электроэнергетика Калининградской области и стран Балтии: анализ вариантов развития / В.Ф. Белей // Электрика. - 2009. - №12. - С. 3-7.
- Белей В.Ф. Оценка роли трансформаторов в системах энергообеспечения с позицией энергосбережения и повышения качества электроэнергии / В.Ф.Белей // Промышленная энергетика. - 2002. - № 5. - С. 36-43.
- АО «Янтарьэнерго»: [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.yantarenergo.ru/> (Дата обращения: 05.2016).
- Симонов А. Новый уровень управления аварийными режимами распределительных сетей с помощью реклоузеров / А. Симонов // Электрик. - 2012. - №11. - С. 8-11.
- Вакуумный реклоузер серии РВА/TEL. Техническое описание. АРТА 674153.101 ТО. [Электронный ресурс]. - URL: tavrida-ua.com > Документация >...rvatel-10-125630_u1.html
- Васильева Т.Н. Выбор оптимального места расположения секционирующего реклоузера на радиальных линиях электропередачи / Т.Н.Васильева // Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы: 65-я Междунар. науч.-практ. конф., 20-21 мая 2014 г. Материалы. - Рязань: Изд-во Рязанского государственного агротехнологического университета, 2014. - Ч. 2. - 237 с.

радио сүлжээ ашиглан компанийн төв диспетчер дээр хүлээн авч шуурхай зохицуулалтаар ханган ажилладаг. Энэхүү программ хангамж нь зөвхөн технологийн тоноглол дээрх мэдээллийг хүлээн авч удирдах боломжтой тул хяналтын цогц систем бий болгоход бусад программ хангамжуудтай уялдуулах шаардлагатай болж байна. Иймд уялдуулан ажиллуулах дараах программ хангамжийг сонгосон болно.

- Түгээлтийн менежментийн систем (DMS). /Сүлжээнд гарсан гэмтлийг түргэн илрүүлэх, тусгаарлах, гэмтэлгүй сүлжээг автоматаар залгах /FLISR систем/.
- Газар зүйн мэдээллийн систем (ГМС). ArcGIS бол газрын зураг, газар зүйн мэдээлэл авахад ашиглагддаг програм юм. Бид тус газар зүйн мэдээлэл дээр үндэслэн өөрийн шугам тоноглол, дэд станцын байршил тоон координат ашиглан тус програм хангамжид сан бүрдүүлж ажиллана. Энэхүү програмыг юунд ашиглаж болох вэ гэвэл, газрын зураг ашиглах болон бүтээх, газар зүйн мэдээлэлд бүртгэгдсэн өөрийн болон хэрэглэгчийн шугам тоноглолын мэдээллийг дүгнэх, тус мэдээллүүдийг ГХБХБГ болон бусад шаардлагатай инженерийн байгууламж ашиглагч байгууллагатай мэдээлэл хуваалцах, тус програм хангамжтай GPS track-ийн системийг уялдуулах, мэдээллийг IFIX /scada/ болон бусад программруу экспортлох, гэмтэл зөрчил болсон шугам тоноглолын байршил болон түүхүүд, орон зайн хийгээд шинж чанарын өгөгдлүүдийг хооронд нь уялдуулан төрөл бүрийн судалгаа шинжилгээ, төлөвлөлтөнд ашиглана. Цахилгаан түгээх сүлжээ нь гадна шугам сүлжээний байгууламж ашиглан ажилладаг тул өөрийн эзэмшлийн цахилгаан тоноглолын мэдээллийг текст, хүснэгтээс гадна илүү ойлгомжтой газрын зураг ашиглан мэдээллээ боловсруулж дүн шинжилгээ хийх явдал юм.
- Автомат Тооллогын Унших систем (AMR). Хэрэглээний өндөр ачаалалтай үеийн хяналтын горим, циклийн хугацааг багасгахын тулд төлбөр тооцоо болон бусад үйл явцтай нэгтгэсэн.
- Гарцын менежментийн систем (OMS).
- Харилцааны систем. / Гар утас - CDMA / GSM / GPRS, VSAT / Бага эрчим хүчний радио.
- Биллинг болон Бизнесийн үйл явцын автоматжуулалт.
- Байгууллагын Нөөц Төлөвлөлт / Abble программ/.

Түгээлтийн автомат системийн тоноглол /TAC /DAS/-ын тоноглол/

Түгээхийн хяналтын дэлгэц



Төв хяналтын систем



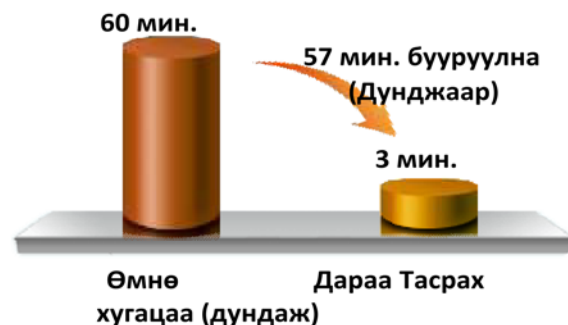
АШ-ын автомат таслуур (реклоузер)



КШ-ын автомат таслуур



Түгээлтийн автомат системийг нэвтрүүлснээр гарах үр дүнг дараах зурагт үзүүлэв.



Зураг 4. Жилийн тасралтын хугацааг бууруулах график

Түгээлтийн автомат систем нь дараах 3 төрлийн автоматжуулалтын түвшинтэй байна. Үүнд:

- Дэд станцын түвшний автоматжуулалт
- 1. Мэдээлэл олж авах
- 2. Дээд түвшний хяналт
- 3. Гэмтлийн байршил

4. Гэмтлийг устгах тусгаарлах
5. Үйлчилгээг сэргээх
6. Дэд станцын хуурмаг чадлын хяналт

□ Фидерийн түвшний автоматжуулалт

1. Мэдээлэл олж авах
2. Дээд түвшиний хяналт
3. Гэмтлийн байршил
4. Гэмтлийг тусгаарлах
5. Үйлчилгээг сэргээх
6. Фидерийн тохиргоог дахин тохируулах
7. Фидерийн хуурмаг чадлын хяналт

□ Хэрэглэгчийн түвшний автоматжуулалт

1. Автомат тооллогын унших систем
2. Тоолуурыг дахин програмчлах
3. Алсаас залгах болон таслах үйлчилгээ
4. Хэрэглэгчийн нэхэмжлэлд автоматаар дүн шинжилгээ хийх

шинжилгээ хийх

Реклоузериин пунктын бүтэц. 10 кВ-ын вакуум таслуур бүхий РВА/TEL (TER_rec15_A/1_L5) реклоузер нь дурын саармаг цэгийн горимтой 10 кВ-ын хэвийн хүчдэлтэй, 50 Гц-ийн давтамжтай, гурван фазын хувьсах гүйдлийн цахилгаан дамжуулах агаарын, кабель, агаарын хосолмол шугамыг секцлэн холбох автомат ажиллагаатай пункт юм.

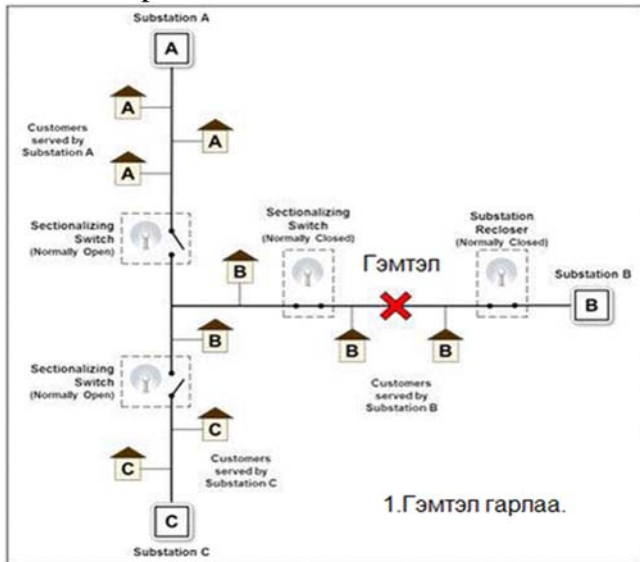
10 кВ-ын вакуум таслуур бүхий таслах залгах модуль:

- Анхдагч хэлхээний хэвийн болон аваарын горимын гүйдлийг таслах (30000 удаа 630 А хүртэл, 200 удаа 16 кА таслах залгах)
- Анхдагч хэлхээний параметруудийг хувиргах
- Таслуурыг таслах/залгах үйлдэл хийх

Удирдлага, холбооны самбар:

- Хэмжилт: Параметрууд /чадал, энерги/
- Реле хамгаалалт автоматикийн модуль
- Гадаад холбооны GPRS/Wi-Fi модем антенны хамт

Түгээлтийн автоматжуулсан систем : TAC/DAS/ Ажиллах зарчим:



Зураг 5. Түгээлтийн автомат систем нэвтрүүлэх

Кабель шугамд гэмтэл гарахад автоматаар гэмтлийг илрүүлсний дараа гэмтэлтэй шугамын 2 талын

таслууруудыг алсаас автоматаар удирдан тасалж, тусгаарлан үлдсэн хэрэглэгчдийг автоматаар сэлгэн залгалт хийж цахилгаан хангамжийг эгшин зуур сэргээж хэвийн ажиллагаанд оруулдаг.

УБЦТС ТӨХК-ийн шугам сүлжээ, хүчин чадал, техник хангамжийн өнөөгийн байдал:

УБЦТС ТӨХК-ийн нь нийслэлийн 8 дүүрэг, Төв аймгийн 16 сумын нутаг дэвсгэрийг хамарсан 367428 гэрээт хэрэглэгчтэйгээс 19603 нь буюу 5% /ААН/ 143799 буюу 40% /ОС/ 16565 буюу 4% /ГХ/-ийн хэрэглэгчид байна. Монгол улсын нийт хүн амын 50 орчим хувийг цахилгаан эрчим хүчээр хангаж байна. Үүнд:

- Нийт суурилагдсан хүчин чадал 2899.1 МВА
- Нийт 35 кВ-ын дэд станц 211 ш
- Нийт 6-10кВ-ын дэд станц 6170 ш
- Нийт 6-10кВ-ын РП 76 ш
- Нийт 6-35 кВ-ын агаарын шугам 3541 км
- Нийт 6-35 кВ-ын кабель шугам 1543.7 км

ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНИЙ тасралт /2018 он/:

Тасралтын дийлэнх хувь буюу 55 % кабель шугам дээр гарсан байна. Нэг фазын газардлага түүний үүсгэж байгаа хэт хүчдэл (72%) байдаг гэсэн онолын дүгнэлт бий. Агаарын шугамын гэмтэл 14%, механик 9 %, байгалийн үзэгдэл 9 %, дэд станцын гэмтэл 4%, гал хамгаалагчийн гэмтэл 6 %, хэт хүчдэл хязгаарлагчин гэмтэл 3 % судалгаагаар гарсан байна.

ЭХЗХ-ноос гаргасан статистик үзүүлэлтээс Олон улсын цахилгаан хангамжийн найдвартай байдлын үзүүлэлтийн харьцуулалтыг дараах 2 үндсэн үзүүлэлтээр авч үзвэл:

Цахилгаан тасалдын дундаж хугацааны индекс /сайди/

- АНУ-214
- Япон-6
- Англи-70
- Бразил-1101,6
- Тайланд-1496
- Индонез-794,4
- Колумб-9480
- Монгол-4380

Цахилгаан тасалдлын дундаж тохиолдлын индекс /сайфи/

- АНУ-1,35
- Япон-0,05
- Англи-0,77
- Бразил-17,64
- Тайланд-18,86
- Индонез-18,5
- Колумб-132
- Монгол-8

Түгээлтийн автоматжуулсан систем: DAS-ийг хэрэгжүүлэхээр зорьж буй 4 хорооллын зүүн хэсэгт байрлах дэд өртөө, тасралтын судалгаа:

Дээрх хэсэгт нийт 1 ширхэг хуваарилах байгууламж, 17 ширхэг хаалттай дэд өртөө байралдаг ба нийт суурилагдсан чадал 23.15 МВА, нийт хэрэглэгчийн тоо ойролцоогоор 5045 орчим байна.

2018 оны 11 дүгээр сарын байдлаар давхардсан тоогоор 19553 хэрэглэгч 28 удаа тасарч 575 минут /9.85 цаг/-ийн хугацаанд 10048.17кВт.цаг эрчим хүчийг дутуу түгээсэн байна.

Хүснэгт 1

Огноо	Нийт тасарсан тоо	Нийт тас. Хугацаа	ДТЦЭХ /кВт.цаг/	ААН тоо	Айл өрх тоо	Нийт хэрэглэгчийн тоо	Тасарсан шалтгаан
2015	32	895	12820	1232	19250	20482	75% нь кабелийн гэмтлээс шалтгаалсан
2016	34	789	12382	1421	19120	20541	82% нь кабелийн гэмтлээс шалтгаалсан
2017	31	726	11796	1239	18389	19628	85% нь кабелийн гэмтлээс шалтгаалсан
2018	28	575	10048.1	1398	18155	19553	79% нь кабелийн гэмтлээс шалтгаалсан

2018 оны байдлаар 35 кВ-ын 6 ком, 6-10 кВ-ын сүлжээнд 18 ком автомат вакуум таслуур бүхий реклоузериин пункт суурилуулан, Scada системээр удирдан ажиллаж байна.

Эдийн засгийн тооцоо

Хүснэгт 2

Анхны хөрөнгө оруулалтын тооцоо

№	Фидерийн	Хийгдэх ажил	Марк	Нийт хэмжээ, м	Нэгж үнэ,	Нийт үнэ, төг
Реклоузер суурилуулах						
1	Реклоузер	Таслуур		3	29,411,764.7	88,235,294.1
2		Скада системийн холболт			200,000,000	200,000,000
Нийт дүн						288,235,294
Түгээлтийн автоматжуулсан систем						
1	DAS	Таслуур		17	80000000	1360000000
2		Скада системийн холболт		17	4,000,000.00	68000000
3		Камержуулах систем		17	1,000,000.00	17000000
Нийт дүн						1,445,000,000
Нийт хөрөнгө оруулалт						1,733,235,294

Жишээ нь дараах 3 фидерийн хувьд 6305 хэрэглэгч тасрах байсан бол реклоузерын пунктийг нэвтрүүлснээр 1805 хэрэглэгч тасарч, САЙДИ -5 дахин буурч, ДТЦЭХ-3 дахин буурсан үзүүлэлттэй байна.

Түгээх сүлжээнд гэмтэл устгах процесс дараах дарааллын дагуу хийгддэг.

Хүснэгт 3

№	Гэмтэлустгах процесс	Хугацаа, минут	DAS
1	Гарсан гэмтлийн талаар хэрэглэгчээс ирэх дуудлага хүлээн авч, диспетчтерчилжүүлэх	15	-
2	Олон хэрэглэгчийн мэдээллийг боловсруулж тухайн хэрэглэгчид тэжээлтэй дэдстанцыг тодорхойлж бригад зааварчилгаа өгөх	30	-
3	Шуурхай үйлчилгээний бригад гэмтсэн хэсгийн олж очоод үзлэгхийх	50	-
4	Гарсан гэмтлийн тусгаарлаж, хэрэглэгчийг нөгөө секцнээс тэжээх	20	3
5	Оронсууцны контортой ярьж хэрэглэгчид шилжүүлэх	20	-
Нийт			135

Хүснэгт 4

Түгээлтийн автоматжуулсан систем нэвтрүүлэхээс өмнө гэмтэл гарсан тохиолдолд гарах зардлын тооцоо /1 жилийн дундаж зардал/

Ачаалал хөнгөлж, 6 кВ-оос 10 кВ-ын хүчдлийн түвшин рүү шилжүүлсэн фидер						
1	Цэцэг	Улиг	IV	2	4026.68	253681
2		ШҮ-ийн баазтай	V	2	4200	264600
3		Холоос	III	1	3926.68	123690
4		Диспетчер, инженер	V	4	7200	907200
5	Шатаахуйн	Бригад очиж дуудаж зай, км	20 км	8	2000	504000
6	Шарлагатай бааз хэрэгсэл	Халгалах хэрэгсэл		1	1500	47250
7		Ажлын хувцас		1	3500	110250
8		Лент		5	1500	236250
9		Архим мөчлөгч		2	2000	126000
10		Гад халгалагч		6	7000	1323000
11		Бусал				10000
12	Урсгал зардал			18	500000	9000000
13	ИЗА			18	20000000	60000000
14	Бусал				5000000	70000000
Нийт дүн						143,210,000

Түгээх сүлжээний гэмтэл устгал, ашиглалтын зардлыг тооцсон. Ашиглалтын зардалд хэрэглэгч, аж ахуйн нэгжийн үйл ажиллагаа доголдсон зардал тооцоолж оруулаагүй.

Түгээх сүлжээний гэмтэл устгал, ашиглалтын зардлыг тооцсон. Ашиглалтын зардалд хэрэглэгч, аж ахуйн нэгжийн үйл ажиллагаа доголдсон зардал тооцоолж оруулаагүй.

Хүснэгт-5

Тооцооны үр дүн

Үзүүлэлтүүд	Хэмжих нэгж	Реклоузер		Түгээлтийн автоматжуулсан систем	
		Өмнө	Дараах	Өмнө	Дараах
Анхны хөрөнгө оруулалт	сая.төгрөг		288.235		1445.0
Ашиглалтын зардал	сая.төгрөг	93.2	0	143.21	0
Дутууг түгээсн цахилгаан эрчим хүч	кВт.цаг	8783.6	2922.0	10048.2	0
Нийт зардал /жил/	сая.төгрөг	94.32	288.61	144.50	1445.00
Өөрчлөлтийн зөрүү /жил/	сая.төгрөг	-	194.28	-	1,300.50
Эргэн төлөх хугацаа	жил	-	2.1	-	9.0

ДҮГНЭЛТ

Монголын эрчим хүчний системийн хөгжлийн өнөө үед олон тооны бие даасан программ хангамж, мэдээллийн систем ашигласаар байна. Эдгээр системүүд нь хоорондын уялдаа холбоо муутайгаас шалтгаалан шаардлагатай мэдээ тайлан гаргахад хүндрэлтэй, хөдөлмөр зарцуулалт их гэх мэт хүндрэлүүд бий болдог. Иймээс тусдаа ажиллаж буй программ хангамжуудыг нэгтгэж нэг баазад суурилуулан ажилладаг болгосноор үнэн зөв мэдээ тайлан гаргах, хөдөлмөрийн бүтээмж дээшлэх, инженер техникийн ажилчдын уялдаа холбоог сайжруулахад чухал ач холбогдолтой.

Түгээх сүлжээний дотоод үйл ажиллагааг автоматжуулах, мэдээллийн систем, бүртгэл хяналтын програм хангамжийг үнэн бодитой, цэгцтэй мэдээлэлээр хангахын зэрэгцээ хэрэглэгчдэд чиглэсэн үйлчилгээний стандартыг дээшлүүлж, байгууллагын иргэдэд өгөх сэтгэл ханамж нэмэгдэнэ. Үүнд:

- Түгээлтийн автомат системийн гэмтэлд хариу өгөх дундаж хугацаа 2-3 мин болно.
- Мэдээллийн систем, бүртгэл хяналтын програм хангамжийн өгөгдөл хамгийн үнэн зөв, эмх цэгцтэй ашиглахад маш хялбар цаг хэмнэсэн ололт болсон.
- Агаарын дэд станц, шугам тоноглолуудын хувьд хөрөнгө оруулалтаа нөхөх хугацаа 2,1 жил байна.
- Хаалттай дэд станцуудын хувьд хөрөнгө оруулалтыг нөхөх хугацаа 9 жил байгаа нь эрчим хүчний салбарын хувьд боломжтой хугацаа бөгөөд технологийн хөгжил, дэвшлийг нэвтрүүлж байгаа нь улс орны чухал салбарын хувьд зайлшгүй хийгдэх ёстой алхам юм. Мөн шууд тооцох боломжгүй эдийн засгийн олон хэмнэлт, үр ашигууд гарах нь тун тодорхой байгаа. Жишээлбэл: Хөдөлмөр хамгаалал аюулгүй ажиллагааны хувьд аливаа эрсдлийг үлэмж бууруулах, барилгажсан бүсд багажны алдааны улмаас гэмтлийн байршлыг буруу тодорхойлох бэрхшээл арилах, багаж тоног төхөөрөмж, машин механизмийн тоог тохиромжтой хэмжээнд бууруулах, тэдгээрийн элэгдэл багасах, ашиглалтын хугацаа уртсах гэх мэт.
- Түгээх сүлжээнд гэмтэл гарсан тохиолдолд дээрх процессийн дагуу ажиллаж ойрхон байрлалтай, 4-р хорооллын зүүн хагаст байрлах хэрэглэгчийг дунджаар 135 минутын дараа хүчдэлтэй болгодог.
- Харин Түгээлтийн автоматжуулсан систем нэвтрүүлснээр хамрагдах хэрэглэгчийн тоо болон нэг хэрэглэгч тасрах дундаж хугацаа 3 минут болж буурснаар дараах үзүүлэлтүүд дээшилнэ. Үүнд:
 - Нэг тасралтанд хамрагдах хэрэглэгчийн тоо буурна.
 - 5045 хэрэглэгчийн тасрах хугацаа 45 дахин буурна.
- 10 кВ-ын 17 ком таслуур, 0.4 кВ-ын 162 автомат контакторыг шинэчилснээр тоноглолын гэмтэл буурах, насжилт уртсана.
- Дутуу түгээсэн цахилгаан эрчим хүч буурна.
- Тоноглолын ашиглалтын түвшин дээшилнэ.
- Хэрэглэгч нь тасралтгүй найдвартай цахилгаан эрчим хүчээр хангагдснаар сэтгэл ханамж дээшилнэ.
- 301 аж ахуйн нэгжийн үйл ажиллагаа доголдох, гологдол бүтээгдэхүүн гарах нөхцөл байдал буурч, тоног төхөөрөмжийн гэмтэл гарахгүй.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГЦСААЛТ

1. Эрчим хүчний тоног төхөөрөмж, байгууламжийн техник ашиглалтын дүрэм.
2. Х.Цагаан, М.Хуягдорж “Цахилгаан энергийн дамжуулалт хуваарилалт” хд. 39-60, УБ. 2003 он.
3. Д.Алтанцэцэг, Ш.Даваахүү, Ч.Улам-Оргил, Ц.Энхтуул “Бакалаврын дипломын төслийн эдийн засгийн тооцооны аргачлал” хд. 28-40, 86-88, УБ 2016 он.
4. УБЦТС ТӨХК-ийн 2018 оны тоноглолын насжилтын судалгаа.
5. УБЦТС ТӨХК-ийн техникийн шаардлагын тодорхойлолт.
6. Вакуум таслуур бүхий рекроузерын талаар заавар танилцуулга:
https://www.websor.ru/reklouzer_rvsysa.html/
7. Ж.Нандагсамба “Цахилгаан хангамжийн схем төсөл, тооцоо” 2018 он.
8. Ж.Нандагсамба “Цахилгааны аюулгүй ажиллагаа” 2018 он.
9. Ж.Нандагсамба “Цахилгаан станц, дэд станцын газардуулгын төсөл, тооцоо” 2018 он.

ЗӨВ ОЛОН ӨНЦӨГТ ХЭЛБЭРТЭЙ 10-20 КВ-ИЙН УХААЛАГ ХОТЫН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙН ШИЙДЭЛ

Ж.Нандагсамба*, Б.Бат-Ундрал*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. 20 кВ-ын хуваарилалтын сүлжээний шинэ схемийн бүтцийг хийх асуудлыг авч хэлэлцэж санал болгож байна. Ачааллын зангилаанд идэвхтэй дасан зохицох удирдлага-хяналтын систем бүхий зургаан өнцөгт сүлжээг бий болгох зарчмуудыг судлав. Шинэ хот түгээлтийн сүлжээний жишээн дээр Matlab програмын загварчлалын үр дүнг үзүүлэв.

Түлхүүр үг. Түгээх сүлжээний зургаан өнцөгт бүтэц, идэвхтэй дасан зохицох удирдлага хяналтын систем, 20 кВ жигд хуваарилагдсан сүлжээ, PLC модем, интерфэйс, ухаалаг сүлжээ.

ОРШИЛ

Нэг сая гаруй хүн амтай өнөөгийн хотуудад цахилгаан ачаалал байнга нэмэгдэж, сүлжээний дэд бүтэц хоцорч байгаа цахилгаан хангамжийн асуудал цахилгаан эрчим хүч, эрчим хүчний хэрэгцээ,

түгээлтийн сүлжээн дэх цахилгаан эрчим хүчний алдагдал (16 хүртэлх хувь), цахилгаан тоног төхөөрөмжийн цахилгаан, хими, дулааны, механик хуучралт зэрэг болно. 6-10 кВ-ын одоо байгаа түгээлтийн сүлжээнд бүх хүчдлийн түвшний хэрэглэгчийн цахилгаан эрчим хүчний хуваарилалтыг автомат удирдлага-хяналтыг хэрэгжүүлэх боломжгүй юм. Энэ нь хэрэглэгчийн эрчим хүчний хангамж, түгээлтийн системийг хэрэглэх, техникийн хязгаарлалт, улмаар хэрэглэгчдийн эрчим хүчний хангамжийн найдвартай байдлыг багасгахад хүргэдэг. Ингэснээр 20 кВ-ын ухаалаг сүлжээ рүү шилжснээр хатуу бүтэцтэй радиаль-магистраль сүлжээ нь жигд ачаалагдах уян хатан сүлжээ болон өөрчлөгдөнө. Энэхүү цахилгаан сүлжээний хөгжлийн шинэ чиг хандлага- ухаалаг сүлжээ (Smart Grid) түүнийг загварчилахад, сайжруулахад чиглэгдсэн байна.

"Ухаалаг сүлжээ" хэмээх ойлголт нь:

- Түгээх сүлжээнд найдвартай байдлыг хангах, сайжруулах;
- дасан зохицох алгоритм ашиглан сүлжээний элементүүдийг автоматаар хянах;
- Сүлжээний горимыг удирдах, эвдрэл, гэмтлийн байршлыг зохицуулах.

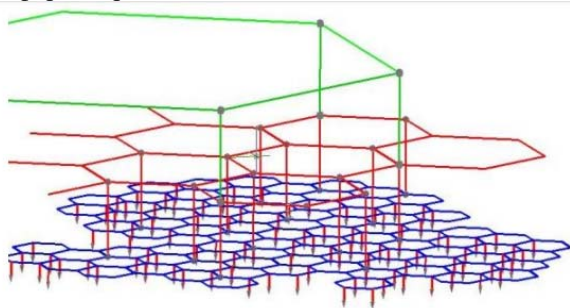
Ингэснээр сүлжээний зангилаа бүр нь ажлын оновчтой горимтой зохиож, сүлжээний бүтэцийг өөрчлөх чадвартай идэвхтэй элемент болж хувирна. Ийм сүлжээний нэг жишээ нь зөв зургаан өнцөгт /гексагонал/ хуваарилах сүлжээ юм. Зургаан өнцөгт хуваарилах сүлжээ нь ухаалаг хуваарилах сүлжээний үүргийг хэрэгжүүлэх боломжтой юм. Зургаан өнцөгт сүлжээ гэдэг нь хамрагдах хүрээний хувьд жигд тархсан зангилаанууд өөр хоорондоо адил хөндлөн огтлолтой шугамаар холбогдсон зөв зургаан өнцөгт сүлжээг хэлнэ. Ийм сүлжээний жишээ бол зураг-1-т тайлбарласан зургаан өнцөгт түгээлтний сүлжээ юм [1, 2, 3]. Жигд тархсан хуваарилах бүтэцтэй сүлжээг байгуулахад сүлжээний алхам чухал байна /ачаалалын зангилаа хоорондын шугамын урт/.

Сүлжээний алхамыг дэд станц хоорондын ачаалалын нягтыг үндэслэн сонгох нь хотын тухайн нутаг дэвсгэрт хуваарилах дэд станцуудын трансформаторын тоо болон чадлыг холбох боломжийг олгодог.

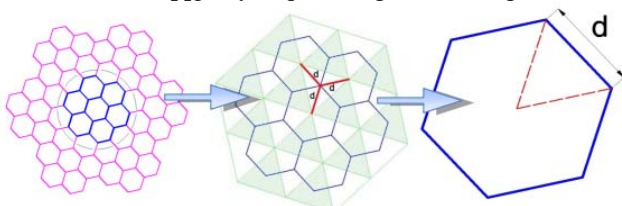
Үүний үндсэн дээр сүлжээний алхамыг (зураг 2) дараах томъёогоор тооцоолно:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \Theta_{\text{гор}}}{3\sqrt{3} \cdot n_{\text{пр}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \Theta_{\text{гор}} \cdot S_{\text{пр}}}{3\sqrt{3} \cdot S_{\text{расч}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \Theta_{\text{гор}} \cdot (S_{\text{т}} \cdot n_{\text{т,ула}}^2)}{3\sqrt{3} \cdot S_{\text{расч}}}}, \quad (1)$$

Энд: d - сүлжээний алхам, ачааллын зангилааны хоорондох зай (ПП хооронд), км; $S_{\text{тооц}}$ - Тухайн талбайд хэрэглэж байгаа тооцооны чадал, MVA; Θ -тухайн нутаг дэвсгэрийн тооцооны талбай, км²; $n_{\text{пр}}$ - түгээлтний цэгүүдийн тоо; $S_{\text{пр}}$ - нэг цахилгаан хуваарилах дэд станцын чадал, MVA; $N_{\text{т,зан}}^*$ -ХБ-аас тэжээгдэж байгаа трансформаторын тоо; $S_{\text{тооц}}$ -ХБ-аас тэжээгдэж байгаа трансформаторын чадал, MVA;



Зураг 1. Янз бүрийн хүчдлийн түвшингийн 6 талт /зөгийн үүр/ хуваарилах сүлжээний бүтэц

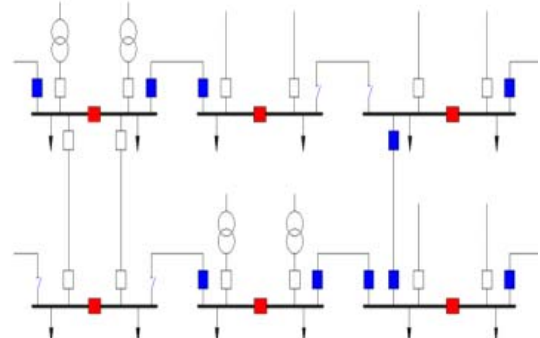


Зураг 2. Сүлжээний алхамын сонголт

Хэрэв бид адил талт гурвалжин хэлбэртэй ачааллын зангилаа (АЗ) -ийг хамруулсан бол өгөгдсөн гурвалжны

хязгаар дотор хэрэглэгчдийн хоорондох АЗ-гийн зай үргэлж хамгийн бага байх болно.

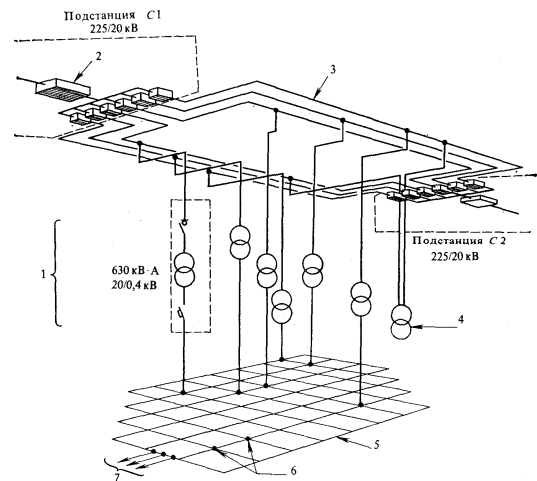
6-10 кВ-ийн хотын салбарласан хуваарилах сүлжээний хуваарилах пунктууд хоорондоо хэвийн горимонд салгаатай байх ба олон тооны нөөц таслууртай байна. Гэмтэл гарах үед таслууруудын аваарийн дараах горимыг тэр болгон хангаж чаддаггүй юм. Үүнээс болж тухайн сүлжээний найдваржилт буурдаг байна.



Зураг 3. Жишээ цахилгаан хангамжийн схемийн бүтэц зохион байгуулалт /6-10 кВ-ийн хуваарилах пункт, гэжээлийн дэд станцууд/

6 талт бүтэцтэй сүлжээ рүү шилжснээр хуваарилах пункт хоорондын бүх кабель шугамууд ажлын горимонд байж, хуваарилах пункт нь өөрөө шурган шугамаар тэжээгдэх ба энэ нь сүлжээг уян хатан найдваржилт өндөртэй болгодог. Цахилгаан сүлжээг 6 талт бүтэцтэй болгосноор зангилаа тус бүр “төгс” зангилаа болно. 20 кВ-ын түгээлтний сүлжээнд шилжих талаар олон тооны хэлэлцүүлэг зөвшилцөлд хүрдэггүй. Учир нь сүлжээний ямар тохиргоо хийх вэ гэдэг асуудалтай байна.

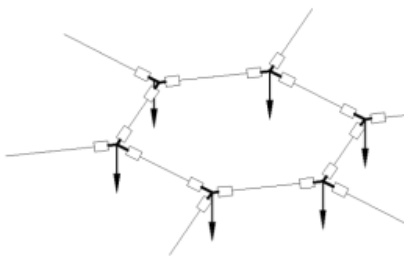
Сүлжээний схемийн бүтцийг ямар схемээр хийх талаар 20 кВ-ын сүлжээг бий болгох гадаад туршлагын жишээ нь Парисын сүлжээ юм зураг-4. Энэхүү сүлжээ нь битүү тойроогоор сүлжээг ашиглаж, нөөц үүсгүүрийг залгасан байна.



Зураг 4. Парисын түгээх сүлжээ (Өргөн тархсан нам хүчдлийн сүлжээ нь цацраг шугамтай 20 кВ-ийн түгээх сүлжээнээс тэжээгдэнэ): 1 - ердийн дэд станц дунд/нам хүчдлийн; 2 - шугамын таслуур; 3-дунд хүчдлийн цацраг шугамын хэсэг; 4 - дунд хүчдлийн хэрэглэгч; 5 - салаалсан /өргөн тархсан/ нам хүчдлийн сүлжээ; 6 – нам хүчдлийн хуваарилах самбар (гудамжны булангуудад); 7 - Барилга байгууламжийг сүлжээнд холбох.

Олон төрлийн цахилгаан схемүүдийн шийдлүүдийг эрэлхийлэх нь схемийн автоматжуулалтын процессийг бий болгоход чиглэсэн бөгөөд тэдгээрийг удирдах үйл явцыг автоматжуулна.

Бидний санал бол эдгээр асуудлуудыг шийдвэрлэх боломжийг олгодог зөв зургаан өнцөгт /зөгийн үүр маягийн/ схемийн бүтэцтэй түгээх сүлжээ /Hexagonal сүлжээнүүд/ бөгөөд сүлжээний кабелийн тохиргоо руу шилжиж, бүх кабель шугамнуудын хооронд РП нь ажиллаж байгаа бөгөөд РП нь гурван талын найдвартай тэжээлтэй байна. Ингэснээр та сүлжээг уян хатан болгож, хэрэглэгчдэд эрчим хүчний хангамжийн найдвартай байдлыг нэмэгдүүлэх боломжийг олгоно. Зургаан өнцөгт сүлжээний зангилаа бүрийн алгоритмууд удирдах-хянах нь түгээмэл хялбархан байдаг.



Зураг 5. Зангилааны ачаалалд ХБ-тай 6 талт сүлжээний үүр /ячейк/

Зургаан өнцөгт сүлжээнд шилжих нь эрчим хүчний эх үүсвэрүүдийн зэрэгцээ ажиллагаа, ачаалалын зангилаан дахь богино залгааны гүйдэл нэмэгдэхэд хүргэж болно. Зарим төхөөрөмжүүдийн хувьд энэ нь динамик тогтвортой байдалд алдагдах боломжтой юм.

Богино залгааны гүйдлийг тооцоолох одоо ашиглагдаж байгаа арга нь зургаан өнцөгт сүлжээнд хамаарахгүй. Өнөөгийн ГОСТ РД 52735-2007 нь БЗГ-ийн инженерийн зураг төслийг цацраг болон салбарласан схемээр тооцдог. Нийлмэл цахилгаан хэлхээний хувьд зангилааны потенциал болон хүрээний гүйдлийн аргуудыг ашигладаг [4, 5]. Эдгээр аргуудыг ашиглах нь шинжлэх ухааны судалгаа хийхэд тохиромжтой байдаг зургаан өнцөгт түгээлтийн сүлжээ сонгох. Тиймээс зорилгыг дараах байдлаар тодорхойлов.

Зургаан өнцөгт хуваарилах сүлжээний оновчтой бүтэцийг тодорхойлох түүнчлэн зөв зургаан өнцөгт хуваарилах сүлжээний богино залгааны гүйдлийг тооцоолох инженерийн оновчтой аргыг тодорхойлно.

Зургаан өнцөгт сүлжээний ажиллагааны горимуудыг судлахын тулд шинэ хотын бүсийн сүлжээнд нэг шугамын simulink загварыг боловсруулсан ачаалалын нягт 9 MVA / km².

10 ба 20 кВ-ийн шугамын хүчдэлтэй үед янз бүрийн горимд сүлжээний параметруудийг тооцоолсон. Зангилааны үүсгэгчүүд өгөгдсөн үед хот суурин газрын өндөр хүчдлийн сүлжээнүүдийн хөгжлийн чиг хандлагад үндэслэн тогтоодог. Зургаан өнцөгт түгээлтийн сүлжээнд БЗТ-ны инженерийн тооцооны хялбарчилсан аргачлал санал болгож байна.

I-р цэгийн богино залгааны гүйдэл нь эквивалент хэлхээний тооцоолсон гүйдэлтэй тэнцүү байна. Орлуулгын эквивалент схемийг бий болгохын тулд зангилааны үүсгэгч тус бүрээс граф дээрх богино

залгааны цэгийн хамгийн бага зайг тодорхойлох шаардлагатай. Өөрөөр хэлбэл шугамын нэгж уртын тоог /Ni/ тодорхойлно гэсэн үг/сүлжээний алхамтай тэнцүү/.

Салаалгын коэффициент хэмжигдэхүүн к үүсгэгчээс богино залгаан цэг хүртлэх зайд хамаарна:

$$I_{кз} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{k \cdot \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{снст} + Z \cdot N_i} \right]^{-1}}, \quad (2)$$

энд: E - Тэжээлийн зангилаа хүчдэл В; Ni-i -ний эквивалент салааны тоо; k-салааны коэффициент-тэжээл үүсгэгчийн зангилаанаас богино холбооны цэгийг тооцох; Z_{снст}- системийн эквивалент эсэргүүцэл Ом; Z – шугамын эсэргүүцэл ом;

Компьютерийн загварт богино залгааны гүйдэл тооцох аргачлалыг янз бүрийн аргаар тооцоолно.

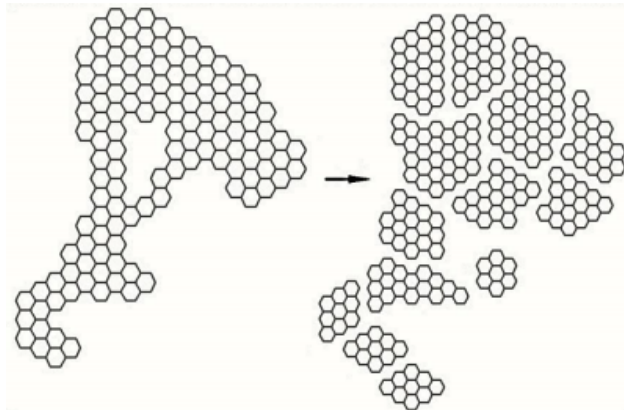
Симуляцийн загварт авсан үр дүнтэй холбоотой тооцооны үр дүнг хялбаршуулсан инженерийн аргаар БЗГ-ийн утгыг 5% -ийн дотор тооцоолох ба матрицын аргаар тооцоолсон.

БЗГ-ийн утга, сүлжээнд байгаа зангилааны үүсгэгчийн хоёр тоо нь 10 (20) кВ-ын сэлгэн залгалтын төхөөрөмж таслуурын онцлогоос давж гарсанаас илүү "Трансформатор 110/10/20 кВ-зангилааны тэжээлийн шин 10/20 кВ" хэлхээнд гүйдэл хязгаарлах реакторыг суулгах шаардлага байна.

Туршилтын явцад БЗГ-ийн хэмжигдэхүүнд нөлөөлөх хүчин зүйлүүд нь зургаан өнцөгт сүлжээнд тодорхойлогдсон. БЗГ дараах зүйлээс хамаарна:

- 1) сүлжээний бүтэц;
- 2) зэрэгцээ ажиллаж байгаа тэжээл үүсвэрүүдийн тоо;
- 3) нэг тэжээл үүсгэгчийн чадал

Зургаан өнцөгт сүлжээний хэд хэдэн загвар нь хотын "хэлбэр"-тэй шууд холбогддог бөгөөд энэ нь сүлжээний бүтэцэд сөргөөр нөлөөлдөг: сул холбоосуудтай газрууд байдаг. Ийм элементүүдийн сүлжээний алхам буурч байна. Цикл хэлбэрийн сүлжээг ашиглах нь илүү оновчтой бөгөөд нэг сүлжээг бүс рүү хуваах боломжтой (зураг 6), ажиллагаатай байгууламж хүчдэлтэй үед (кабелийн шугамаар) холболттой байх. Харилцааны мэдээлэл зөвшөөрнө. Эхний тэжээлийн эх үүсвэр тасарсан зэргээс хөрш зэргэлдээх бүсээс хэрэглэгчдийг тэжээх.

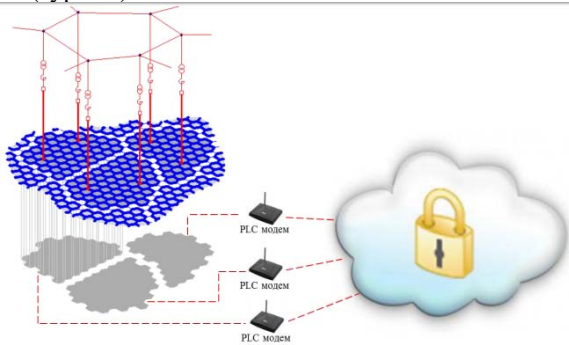


Зураг 6. Тусгаарлагдсан бүсээс бүрдсэн нэг сүлжээ

Нэг сүлжээнээс нэг бүсээс бүрдсэн сүлжээнд шилжих шилжилт нь богино холбооны гүйдлийн түвшинг бууруулдаг. Энэ арга нь сүлжээг уян хатан, тогтвортой байдалд хүргэдэг яаралтай тусламжийн горимуудад шууд залгах.

Зангилааны тэжээл үүсгэвэрийн нэгжийн хүчин чадлыг бууруулж, нэг бууруулах дэд станцын 110/10 (20) кВ-ын трансформаторыг ашиглан гэмтсэн цэгийн ослын эрсдэлийг багасгадаг. Мөн зарим газруудад та тухайн талбайг ачаалах түвшинг илүү нарийвчлалтайгаар тооцож болно. Сүлжээний алхамыг багасгаж, уян хатан байдлыг нь нэмэгдүүлдэг.

Хэрэглэгчийн цахилгаан хангамжийн найдваржилт болон чанарыг сайжруулахын тулд тухайн сүлжээ нь уян хатан, хяналт, хамгаалалт, удирдлагын зорилгоо биелүүлэхийн тулд цахилгаан эрчим хүчний компаниуд ашигладаг бөгөөд мэдээлэл дамжуулалт, удирдлагын алгоритмын тооцлолыг ашиглаж, ухаалаг дэд станц, ухаалаг зөв зургаан өнцөгт түгээх сүлжээг ашиглаж байна (зураг 7).



Зураг. 7. Зургаан өнцөгт сүлжээний нэг байгууллагын мэдээллийн сүлжээ

Зөв зургаан өнцөгт /Hexagonal/ түгээлтийн сүлжээнүүд нь сүлжээг уян хатан болгох, түгээлтийн сүлжээнүүдийн эрчим хүчний салбарыг орчин үеийн харгалзах шинэ түвшинд хүргэхэд цахилгаан эрчим хүч түгээх, хэрэглээг автоматаар хянах боломжийг танд олгоно.

Тоон удирдлагатай тоног төхөөрөмжийг зангилааны ачаалалуудд ашигласнаар ухаалаг зөв зургаан өнцөгт сүлжээг ашиглах боломжтой юм.

ДҮГНЭЛТ

Дэлхий нийтийн чиг хандлага нь 10-20 кВ-ийн түгээх сүлжээнд зөв олон өнцөгт схемийн бүтэцийг бий болгох

онолын асуудлыг шийдвэрлэж ашиглалтын нөхцөлд нэвтрүүлж байна.

Монгол улсын томоохон хотуудын 6-10 кВ-ийн цахилгаан түгээх сүлжээний бүтэц нь магистрал болон салбарласан хэлбэртэй байдаг тул цахилгаан хангамжийн тасралтгүй найдвартай ажиллагааг хангах асуудал цахилгаан схемийн бүтэцийн хувьд хүндрэлтэй байдаг.

Иймд магистрал болон салбарласан сүлжээний бүтэц зохион байгуулалтыг өөрчлөх улмаар ухаалаг сүлжээний горимонд шилжих асуудал хурцаар тавигдаж байна. Мөн 6-10 кВ-ийн цахилгаан түгээх сүлжээний бүтэц, удирдлагын системийг ухаалагаар шийдэх асуудал тулгамдаж байгаа юм.

Ашигласан номын жагсаалт

1. Лоскутов А.Б. Новый подход к построению электрических распределительных сетей России / А.Б. Лоскутов, Е.Н. Соснина, А.А. Лоскутов // Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». Белгород. 2011. №3. С. 148–152.
2. Соснина Е.Н. Топология городских распределительных интеллектуальных электрических сетей 20 кВ / Е.Н. Соснина, А.Б. Лоскутов, А.А. Лоскутов // Промышленная энергетика. – 2012. № 5. С. 11–17.
3. Пат. №118133 Российская Федерация, МПК7 Н02J 3/00 (2006 01). Система передачи электрической энергии / Лоскутов А. Б., Соснина Е.Н., Лоскутов А.А.: заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева”. – № 2011154247; заявл. 28.12.2011; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19. – 3 с.
4. ГОСТ Р 52735-2007 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – М., 2007. Электротехника и электроэнергетика 315.
5. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.
6. <http://forca.ru/knigi/arhivy/energeticheskie-sistemy-45.html>
7. https://studopedia.ru/19_103938_vidi-shem-eklektrosnabzheniya.html

МОНГОЛ УЛСЫН НИЙГЭМ ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮР АШИГТ НӨЛӨӨЛЖ БУЙ ХЭМЖИЛ ЗҮЙ, ТОХИРЛЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ЧАНАРЫГ САЙЖРУУЛАХАД ТУЛГАМДАЖ БУЙ ЗАРИМ АСУУДЛУУД

Д.Бадамханд*, М.Тунгалаг*, С.Эрдэнэтуяа*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлын гол зорилго нь олон улсын хэмжил зүйн болон тохирлын үнэлгээний

итгэмжлэлийн байгууллагуудаас гаргаж буй стандарт, баримт бичгүүдийг үндэслэн нийгэм, эдийн засгийн

салбарын төрийн болон аж ахуйн нэгж, байгууллагын бүтээгдэхүүн, үйлдвэрлэл, үйлчилгээ, менежментийн тогтолцооны чанарыг хэмжил зүй, стандартчилал, техникийн зохицуулалт, тохирлын үнэлгээний итгэмжлэлийн хэлбэрээр дэмжиж эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэхэд зориулж тулгамдаж буй асуудлуудыг авч үзэв.

Тулхуур үг. Хэмжил, тохирлын үнэлгээ, итгэмжлэл, чанар, үр ашиг, эмнэлгийн байгууллага, стандарт, хэмжих хэрэгсэл, шалгалт тохиргоо, хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл мэнд.

I. ОРШИЛ

Тухайн салбарын хэмжил зүйн хангалтыг тодорхойлсоны үндсэн дээр салбарын хэмжил зүйн албаны бүтэц, нэгж дамжуулалтын тогтолцоо, эталон тоног төхөөрөмжийн хангалт, эрдэм шинжилгээ, туршит, зохион бүтээлт, засвар, үйлчилгээний системийг бий болгох, боловсронгуй болгох асуудлыг нийгэм, эдийн засгийн бодлоготой уялдуулан боловсруулахад оршино.

II. Хэмжил зүйн хангалтын асуудлууд

Хэмжил зүйн хангалтад хийх судалгаагаар дараах асуудлуудыг авч үзэх шаардлагатай байдаг. Үүнд:

- Салбарын үйл ажиллагааны үндсэн үзүүлэлтүүдэд хэмжил зүйн хангалтын нөлөөллөөр:

- Бүтээгдэхүүний чанар, тооцоо, гүйцэтгэлийн хугацаа, бүтээмж,
- Техник аюулгүй ажиллагааны мөрдөлт
- Эдийн засгийн хэмнэлтийг тооцно.

Мөн эдгээрээс гадна:

- Үйл ажиллагааны чанарт хяналт тавих, техник аюулгүйн дүрмийг биелүүлэх, шаардагдах арга, аргачлал, техник хэрэгслээр бүрэн хангагдсан байх,

- Салбарын технологийн процессын удирдлагыг хангахад шаардагдах хэмжих хэрэгслийн хангамж,

- Бүтээгдэхүүний үйлдвэрлэл, хүлээж авах процесст түүний үзүүлэлтүүдийг хэмжих арга, хэрэгсэл, нарийвчлалын нормд тавих шаардлагыг тусгасан норматив - техникийн баримт бичгийн хангамж,

- Зураг, төсөл зохион бүтээх болон техник, тенхоллогийн баримт бичигт хэмжил зүйн магадлагаа хийдэг байдал, түүний үр дүн,

- Салбарын хэмжил зүйн алба, лабораторийн зохион байгуулалт, үйл ажиллагааны одоогийн байдал, бүтээгдэхүүний чанарыг хангахад түүний гүйцэтгэх үүрэг,

- Хэмжил зүйн ерөнхий байгууллагаас салбарын хэмжил зүйн хангалтад үзүүлж байгаа тусламж,

Салбарын хэмжээгээр ашиглаж байгаа хэмжих хэрэгслийг хэмжил зүйн үйлчилгээгээр хангаж буй байдлыг авч үзвэл:

- Үлгэр жишээ хэмжих хэрэгслийн хангамж,
- Хэмжлийн шаардлагыг хангасан байдал,
- Салбарын хэмжих хэрэгслийг шалгалт тохируулга, засвар, үйлчилгээгээр хангаж байгаа байдал,

засварт хамрагдахгүй байгаа хэмжих хэрэгслийн нэр, төрлийг тодруулах ажлууд дутагдалтай байна.

Өнөөгийн нийгэм, эдийн засгийн аль ч салбарт хэрэглэгчдийг чанартай бүтээгдэхүүн, үйлчилгээгээр хангах, үндэсний үйлдвэрлэл, үйл ажиллагааны өрсөлдөх чадварыг сайжруулж, экспортыг нэмэгдүүлэх замаар импортыг орлосон компаниудыг бий болгоход олон улсын хүлээн зөвшөөрөгдсөн менежментийн болон хэмжил зүй, стандартчилал, тохирлын үнэлгээний тогтолцоо нь зүй ёсны шаардлага болсон.

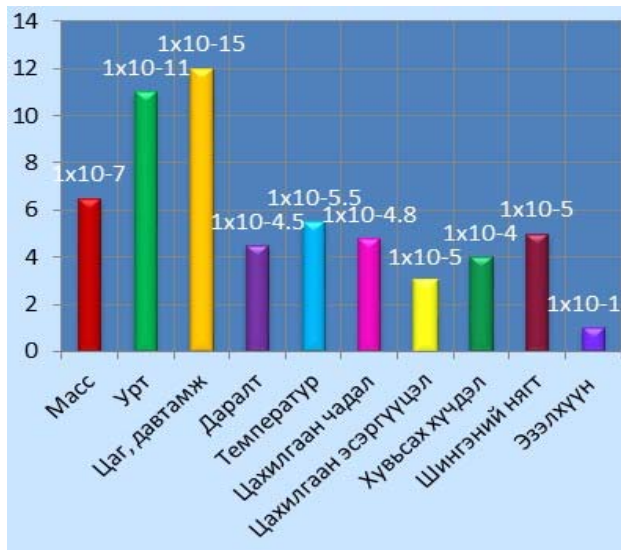
III. Нийгмийн асуудлууд

Менежментийн тогтолцооны тал дээр авч үзэхэд дэлхий дээр хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, болон ажлын байрнаас шалтгаалсан өвчлөлөөр нас барсан тохиолдол 2015 оны байдлаар жилд 2.78 саяас илүү бүртгэгдсэн байна. Дэлхий дээрх 8 нас баралт тутмын нэг нь буюу ойролцоогоор 7 сая хүн жил бүр агаарын бохирдлоос нас барж байна. 2015 онд зам тээврийн ослоор нас барсан хүний тоо 1.25 сая гэж бүртгэгджээ. Түүнчлэн амь насанд аюулгүй ажлын байранд ч өвчлөл, гэмтлийн тоо жилд 374 саяд хүрсэн бөгөөд ихэнх тохиолдолд ажлаасаа удаан хугацаагаар хөндийрөхөд хүрчээ. Хүн амд учрах ихээхэн зардлаас гадна шаардлага хангахгүй хөдөлмөрийн аюулгүй ажиллагаа, эрүүл ахуйн дадлаас шалтгаалсан эдийн засгийн хохирол дэлхийн хэмжээнд ДНБ-ий 3.94% (буюу гэмтэл, өвчлөлөөс шалтгаалсан шууд бус шууд зардал жилд 2.8 их наяд ам.доллар)-д хүрч байна.

Монгол Улсын хэмжээнд 1975-2015 оны хооронд мэргэжлээс шалтгаалсан өвчлөлийн нийт 9759 тохиолдол бүртгэгдсэн байна. Эрчим хүчний салбарын ажилчдад мэргэжлээс шалтгаалах оношлогдсон өвчлөлийн тохиолдол (1074)-ын 28.4% (306) нь шуугианы гаралтай сонсгол бууралтаар хөдөлмөрийн чадвар алджээ.

Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл мэндийн төвийн мэдээгээр Монгол Улсад 2017 оны 11-р сарын байдлаар амьсгалын замын мэргэжлээс шалтгаалах өвчний нийт тохиолдол (5805)-ын 30.6% (1780) нь уушги тоосжих өвчин үүний 60.4% (637) цахиурын давхар исэл агуулсан тоосоор үүсэх силикоз эзэлж байна.

Улаанбаатар хотын долоон дүүргийн 16 сургууль, 15 цэцэрлэгийн 93 анги танхимын дотоод орчин дахь нарийн ширхэгт тоосонцорын дундаж концентраци сургуулиудад хүлцэх хэмжээнээс дунджаар 1.6 дахин их, цэцэрлэгүүдэд 2 дахин хэтэрсэн байна. Нүүрсхүчлийн хийн дундаж концентраци сургуулиудад хүлцэх хэмжээнээс 2.2 дахин их, цэцэрлэгүүдэд 1.8 дахин хэтэрсэн байжээ.



Зураг 1. Хэмжилийн төрөл тус бүрт харгалзах нарийвчлалын зэргийн харьцуулалт

Монгол Улсын 3 сая гаруй, цаашилбал дэлхийн 7 тэрбум гаруй хүний хэрэглэдэг хэдэн тэрбум бараа бүтээгдэхүүн, үйлчилгээ бүгд өөрийн гэсэн стандарттай. Эрүүл ахуйн шаардлага, аюулгүй байдлын шаардлага, орчны шаардлага зэрэг олон техникийн нөхцлийг хангаж байж бидний хэрэглэж байгаа бүтээгдэхүүн, идэж байгаа хоол хүнс хэрэглэгчдэд хүрдэг. Энэхүү техникийн нөхцлийг тодорхойлсон стандартыг улс орнууд эдийн засгийн чадавхи, нийгмийн байдал, цаг агаар, газарзүйн байрлал, хүн амын физиологи гэх мэт өөрийн онцлогоос хамаарч тодорхойлдог. Энэ бүхэнд олон улсын болон бүс нутгийн стандартын шаардлага, заавал мөрдөх баримт бичгийн шаардлагыг хангуулах “Хэмжил зүй”-н тогтолцоо нь хяналт болно.

Монгол Улсад өнөөдөр хэмжилийн 7 төрлөөр улсын болон анхдагч 10 эталоныг бий болгож ашиглалтад оруулан жилдээ 5000 гаруй өндөр нарийвчлалын ажлын эталоныг шалгаж байна.

Батлан хамгаалах яам, Эрүүл мэндийн яам, Байгаль орчин, ногоон хөгжил, аялал жуулчлалын яам, Зам, тээврийн яам, Цөмийн энергийн комиссийн дэргэд салбарын хэмжүүр баталгаажуулалтын болон шалгалт тохируулгын алба, нэгжүүд байгуулагдсан байна.

IV. Хэмжил зүй, тохирлын үнэлгээний чанарыг сайжруулахад хэрэгжүүлэх ажил, хэрэглэх боломж

1. Улсын нийгэм, эдийн засгийн хөгжлийн онцлог, бүс нутгийн байршил, салбар хоорондын хоорондын уялдаа холбоо, цаашдын хөгжлийн бодлого, чиг хандлагын судалгаа,
2. Хэмжил зүйн хангалтыг сайжруулах талаар авах арга хэмжээний төсөл,
3. Хөтөлбөрийг стандартчилал, итгэмжлэл, тохирлын үнэлгээний ажиллагаатай уялдуулан аргачлал боловсруулах

Эрүүл мэндийн салбарын хэмжил зүйн үйл ажиллагааг тоног төхөөрөмж, хэмжих хэрэгслийн шалгалт тохируулга, баталгаажуулалт хэлбэрээр хөгжүүлэх, хэмжих хэрэгслийн шалгалт тохируулгын болон баталгаажуулалтын ажиллагаанд олон улсын

стандарт, баримт бичгийг нэвтрүүлэх, түүний хэрэгжилтийн судалгааны үр дүнд Монгол орны байгаль, цаг уурын түвшинд зохицон ажиллаж хэмжил зүйн үнэн зөв үр дүнг гаргаж буй харьцуулалтыг нарийвчлан хийх шаардлагатай байна.

Цаашид эрүүл мэндийн болон нийгэм, эдийн засгийн бусад салбарт менежментийн тогтолцооны ISO 9001 болон MNS ISO/IEC 17025 стандартад суурилсан хэмжил зүй, стандартчиллын тогтолцоог итгэмжлэл, тохирлын үнэлгээний чанарыг сайжруулснаар:

- Аж ахуйн нэгж, байгууллагын хувьд шинэ түншлэл, гадаад хөрөнгө оруулалтыг татах,
- Гадаад улсын итгэмжлэгдсэн байгууллага, лабораториор харьцуулалт, үнэлгээ хийлгэх зардал зогсоно,
- Эрүүл мэндийн оношлогоо, эмчилгээний чадавхи дээшлэж гадаадад эмчилгээ хийлгэх мөнгөний урсгалыг бууруулах зэрэг үр дүн гарна.

Тиймээс дэлхий нийтээр тогтоож, хүлээн зөвшөөрсөн аюулгүй ажлын байр, аюулгүй бүтээгдэхүүн, аюулгүй тээвэр, аюулгүй хүнсийг хангах баталгаат хэмжилтээр стандарт, тохирлын үнэлгээ, итгэмжлэлийн гүйцэтгэх үүрэг, тогтвортой хөгжлийг хангаж тулгамдаж буй асуудлуудыг шийдвэрлэхэд анхаарал хандуулж, харилцан уялдаатай ажиллах зэрэг асуудлуудыг нарийвчлан боловсруулах боломж бүрдэнэ.

ДҮГНЭЛТ

Эрүүл мэндийн салбарын хэмжил зүйн үйл ажиллагааг тоног төхөөрөмж, хэмжих хэрэгслийн шалгалт тохируулга, баталгаажуулалтаар хөгжүүлэн эрүүл мэндийн салбарын чанарын менежментийн тогтолцоог сайжруулахад дараах асуудлуудыг авч үзэх шаардлагатай байна. Үүнд:

- Олон улсын болон үндэсний стандарт, баримт бичгийн тогтолцоог сайжруулах,
- Эмч, сувилагч, Инженер, техникийн ажилчдын хариуцлага, ур чадварыг сайжруулах,
- Эм, эмнэлгийн хэрэгслийн бүтээгдэхүүний чанар, түүний ашиглалтын үзүүлэлтэд стандартын хяналтыг боловсронгуй болгох.

Монгол Улсын нийгэм эдийн засгийн үр ашигт нөлөөлж буй хэмжил зүй, итгэмжлэл, тохирлын үнэлгээний чанарыг сайжруулах боломжийг тодорхойлох нөхцөл бүрдэнэ, гэж үзэж байна.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Хөдөлмөр аюулгүй байдал, эрүүл мэндийн төвийн судалгаа.
2. **MNS ISO 9001 - 2016.** Чанарын менежментийн тогтолцоо – Шаардлага.
3. **MNS ISO IEC 17025 – 2018.** Сорилтын болон шалгалт тохируулгын лабораторийн чадавхид тавих ерөнхий шаардлага.
4. **MNS ISO 15189 – 2015.** Эрүүл мэндийн лаборатори – Чанар ба чадавхид тавих шаардлага.
5. **MNS ISO 17000 – 2005.** Тохирлын үнэлгээний тайлбар толь.
6. **MNS ISO IEC 22000 – 2007.** Хүнсний аюулгүй байдлын удирдлагын тогтолцоо.

ГОВЬ-АЛТАЙ АЙМГИЙН АЛТАЙ ХОТОД БАРИГДАХ 10 МВТ ЧАДАЛТАЙ НАРНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦ ТБЭХС-Д ХОЛБОГДОХ ҮЕИЙН ТОГТСОН ГОРИМ БА ТОГТВОРЖИЛТЫН СУДАЛГАА

П.Эрхэмтөр*, Э.Энхсайхан*, Д.Содномдорж*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Алтай-Улиастайн эрчим хүчний систем (АУЭХС)-ийн хүчин чадлыг нэмэгдүүлж найдвартай ажиллагааг хангах зорилгоор Японы эрчим хүчний LOOOP компаний хөрөнгө оруулалтаар Алтай хотод баригдах 10 МВт-ын нарны цахилгаан станц (НЦС)-ыг ТБЭХС-д холбогдох үеийн системийн тогтсон горим, статик ба динамик тогтворжилтын тооцоог гүйцэтгэсэн болно. Энд системийн статик тогтворжилтын судалгааг 110 кВ-ын шугамаар дамжих чадлын хязгаарыг тодорхойлж улмаар системийн динамик тогтворжилтын судалгааг гурван цочрол явагдах үед авч үзсэн болно. Цочрол-1 нь 10 МВт-ын НЦС тасрах үеийн ба цочрол-2 нь 110 кВ-ын нэг хэлхээт шугамын эхэнд хоёр фаз газартай богино залгаа ($K^{(1,1)}$), цочрол-3 нь 110 кВ-ын шугамын дунд гурван фазын богино залгаа болох тохиолдлууд юм. 110 кВ-ын шугамын хязгаарын чадал 29.11 МВт гэж гарсан ба статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициент 43.8% байна. Динамик тогтворжилтын судалгаагаар цочрол-1 үед систем динамик тогтвортой ба цочрол-2 үед богино залгааг 0.18 секундэнд таслах үед систем динамик тогтвортой байна.

Түлхүүр үг. Тогтсон горим, статик тогтворжилт, динамик тогтворжилт, таслалт, богино залгаа.

1. ОРШИЛ

Цахилгаан системийн тогтсон горим гэдэг нь горимын параметрууд харьцангуй бага өөрчлөлттэй байх горим юм. Тухайлбал горимын гол параметр (хүчдэл U , kV , гүйдэл I , A , чадал P , MW , Q , $Mvar$, давтамж f , Hz гэх мэт)-үүд тодорхой зөвшөөрөгдөх завсарт оршин байх тийм горимыг цахилгаан системийн тогтсон горим гэнэ. Цахилгаан эрчим хүчний үүсгэгчид ба цахилгаан хэрэглэгчдийн хоногийн ачааллын магадлалт буюу стохастик шинж чанар нь горимын параметруудийн байнгын өөрчлөлт буюу хэлбэлзлэлийг үүсгэж байдаг. Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцоо удирдлагын бараг бүх нутаг дэвсгэрийн ба хугацааны түвшинд цахилгаан эрчим хүчний системийн ашиглалтын болон хөгжлийн хэтийн төлөвийн удирдлагын дийлэнх асуудлуудын үндэс болж өгдөг. Математикийн хувьд энэ асуудал өндөр эрэмбийн шугаман биш тэгшитгэлийн системийг тоон аргуудаар бодоход чиглэгддэг ба эдгээр аргуудын үндэслэлтэй ба үр ашигтай чанар нь шугаман биш тэгшитгэлийн системийн шийдлийн оршин тогтнох, ганц шийдтэй байх ба нийлэх чанар гэх мэт суурь математикийн асуудлын шийдвэр-лэгдсэн байдлаар тодорхойлогддог.

Шугаман биш тэгшитгэлийн системийн шийдлийн оршин тогтнох асуудал бол ерөнхийдөө маш нарийн математик бодлого бөгөөд түүний янз бүрийн практик тавилын дурын шийд, хамгийн энгийн тухайн шийд илэрхий хүндрэлийг бий болгодог. Судлаж буй тогтсон горимын тэгшитгэлийн шийдийн оршин тогтнох харьцангуй хялбар шинжүүрүүдийн тусламж-тайгаар хийх үнэлгээ цахилгаан системийн найдвартай ажиллагаа, тогтворжилт, амьдрах чадвар, горимыг зөвшөөрөгдөх мужид оруулах ба горимын оновчлол зэрэг олон асуудлыг шийдвэрлэхэд чухал ач холбогдолтой байдаг ба ЦЭХС-ийн үйл ажиллагааны болон хөгжлийн удирдлагын үед шийдвэр гаргах үндэслэлийг эрс дээшлүүлж улмаар системийн ажлын горимын найдвартай ба эдийн засгийн үр ашигтай байдал болон удирдлагын чанарыг дээшлүүлэх нөхцлийг бүрдүүлж өгдөг.

Эрчим хүчний системийн найдвартай ажиллагааны үндсэн нөхцөл нь түүний тогтворжилт байдаг. Цахилгаан системийн тогтворжилт нь янз бүрийн хэлбэрийн цочроох үйлчлэлийн дараа хуучин хэвийн тогтсон горимд эргэн орох чадвар юм. Цахилгаан системийн тогтворжилтыг дотор нь статик тогтворжилт, динамик тогтворжилт ба нийлбэр тогтворжилт гэж ангилдаг. Цахилгаан системийн статик тогтворжилт - бага хэмжээний цочролын дараа тогтсон горимд эргэж орох чадвар юм. Энд горимын бага хэмжээний цочрол гэдэгт горимын параметрууд тэдгээрийн зөвшөөрөгдөх утгатай харьцуулахад харьцангуй бага өөрчлөгдөнө [1].

Системийн статик тогтворжилт цахилгаан системийн тогтсон горимын оршин тогтнох зайлшгүй нөхцөл байдаг. Статик тогтворжилт алдагдахгүй байхын тулд хэвийн горимд генераторуудын фазын өнцөгүүд тодорхой хязгаарт байх ба системийн үндсэн цэгүүдэд хүчдэлийн бууралт тодорхой түвшингээс доош байхыг зөвшөөрдөггүй. Системийн тогтворжилтыг хангахын тулд системийн горим нөөцийн коэффициентээр тодорхойлогдох тодорхой нөөцтэй байх шаардлагатай. Цахилгаан системийн статик тогтворжилтын нөөцийн утга маш чухал практик ач холбогдолтой ба системийн горимын өөрчлөлтийн үед горим статик тогтворжилтын хязгаарын горимд дөхөж очдог. Ингэж системийн горимын статик тогтворжилтын хязгаарт дөхөж очих процессыг горимын хүндрэл гэж нэрлэдэг. Тухайн горимын статик тогтворжилтын нөөц нь статик тогтворжилт алдагдах хүртэл горимын хүндрэх боломжийн хэмжээг тодорхойлдог. Ийм учраас цахилгаан эрчим хүчний системийн тогтворжилтын нөхцөлөөр системийн огтлол дахь бодит чадлаар үелсэн

бус статик тогтворжилтын ба ачааллын зангилааны хүчдэлээр тогтворжилтын нөөцийн коэффициентын хамгийн бага утгыг тогтоож өгдөг [2].

ЦЭХС-ийн тасралт нь цахилгаан системийг бие даасан хоёр хэсэгт бүрмөсөн тусгаарлахад хүргэдэг цахилгаан шугам сүлжээний нэг буюу хэд хэдэн холбооны элементүүдийн цогцыг системийн огтлол гэнэ. Цахилгаан системийн хоёр хэсгийг өөр хооронд нь холбосон элементүүдийн цувааг холбоо гэнэ. Энэ цуваа өөртөө сүлжээний элементүүд болох цахилгаан дамжуулах шугам трансформатор, шин, сэлгэн залгах аппаратуудыг агуулдаг. Системийн огтлол дахь статик тогтворжилтын чадлын хязгаарыг тодорхойлохын тулд горимыг хүндрүүлдэг (чадлын урсгалыг ихэсгэдэг). Энд горимын групп параметрууд өөрчлөгдөхөд системийн статик тогтворжилтын мужийн хязгаарт хүргэж болох тогтсон горимын цуваа болох горимын хүнрэлийн тракторийг авч үздэг. Өөрөөр хэлбэл цахилгаан системийн нэг хэсэг дэх үйлдвэрлэж буй чадлын ихсэлт тодорхой огтлол дахь чадлын урсгалын утганд ямар нэгэн байдлаар нөлөөлдөг [3, 4].

Цахилгаан системийн статик тогтворжилтын гол зорилго бол системийн үндсэн огтлолууд дахь чадлын урсгалын хамгийн их зөвшөөрөгдөх хэмжээг тодорхойлоход орших ба энэ огтлол статик тогтворжилтын хязгаарын горимд харгалзах горимын параметруудээр тодорхойлогддог.

Иймд тухайн эрчим хүчний системийн хувьд хамгийн онцлогтой гэж үзсэн огтлолуудыг сонгон авч түүний чадлын урсгалыг ихэсгэх замаар горимын хүндрэлийн процессыг авч үздэг. Тухайн огтлолын чадлын урсгалын хамгийн их зөвшөөрөгдөх утгыг хамгийн бага хязгаарын чадалд харгалзах тракторийн утгаар авна [5].

Цахилгаан эрчим хүчний системийн бодит чадлаар үелсэн бус статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициентийг дараах байдлаар олно:

$$K_{PH} = \frac{P_{хяз} - (P_0 + \Delta P_{хэл})}{P_{хяз}}, \quad (1)$$

үүнд: $P_{хяз}$ - системийн авч үзэж буй огтлол дахь бодит чадлын үелсэн бус статик тогтворжилтын хязгаарын утга; P_0 - авч үзэж буй хэвийн горимын чадал, $P_0 > 0$; $\Delta P_{хэл}$ - өгөгдсөн огтлол дахь бодит чадлын хэлбэлзлийн хамгийн их утга.

Өгөгдсөн огтлолын хувьд бодит чадлын хэлбэлзлийн хамгийн их утгыг хэмжилтийн өгөгдлөөр тогтоодог. Хэрэв ийм хэмжилтийн өгөгдөл байхгүй бол чадлын хэлбэлзлийн хамгийн их утгыг дараах байдлаар тооцож олно [5]:

$$\Delta P_{хэл} = K \sqrt{\frac{P_{ac1} \cdot P_{ac2}}{P_{ac1} + P_{ac2}}}, \quad (2)$$

үүнд: P_{ac1}, P_{ac2} - авч үзэж буй огтлолын хоёр талын нийлбэр чадлууд, $MВт$;

Энд K коэффициентийг огтлол дахь чадлын урсгалын гар тохируулгын үед 1,5 ба автомат тохируулгын үед 0,75 гэж авна.

Ачааллын зангилааны хүчдэлээр системийн статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициентийг дараах томъёогоор олно:

$$K_{UH} = \frac{U_0 - U_{хяз}}{U_0}, \quad (3)$$

үүнд: U_0 - авч үзэж буй хэвийн горимын хүчдэлийн утга; $U_{хяз}$ - хэрэглэгчдийн статик тогтворжилтын мужийн хязгаарт харгалзах зангилааны хүчдэлийн хязгаарын утга.

Хэрэв илүү нарийвчлалтай хэмжилтийн өгөгдөл байхгүй бол 110 кВ ба түүнээс дээш хүчдэлтэй ачааллын зангилааны хүчдэлийн хязгаарын утгыг дараах хоёр хэмжигдэхүүний аль ихийг сонгож авна: $0.7U_{хэв}$ ба $0.75U_{хэв}$. Энд $U_{хэв}$ - цахилгаан системийн хэвийн горим дэх авч үзэж буй зангилааны хүчдэл.

Эрчим хүчний системийн статик тогтворжилтын нөхцлөөр системийн огтлол дахь бодит чадлаар үелсэн бус статик тогтворжилтын болон ачааллын зангилааны хүчдэлээр тогтворжилтын нөөцийн коэффициентийн хамгийн бага утгыг тогтоож өгдөг ба эдгээр утгуудыг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1

Статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициентийн хамгийн бага утгууд

Огтлол дахь чадлын урсгалын горим	Бодит чадлаар нөөцийн коэффициентын хамгийн бага утга	Хүчдэлээр нөөцийн коэффициентийн хамгийн бага утга
Хэвийн горим	0,20	0,15
Хүндэрсэн горим	0,20	0,15
Аваарын дараах горим	0,08	0,10

Одоо статик тогтворжилтын тооцоог гүйцэтгэх үндсэн аргачлалын дагуу Говь-Алтай амгийн Алтай хотын 10 МВт чадалтай НЦС-ыг сүлжээтэй холбоотой байх горимын үед тооцоог АУЭХС-г ТБЭХС-ээс тусгаарлах Булган ба Мөрөн ДС-уудыг холбосон 110 кВ-ын АС-120/19 маркын дамжуулагчтай 293.0 км шугамын огтлолын хувьд гүйцэтгэе.

2. АУЭХС-д 10 МВт-ын НЦС холбогдох үеийн тогтсон горимын судалгаа

Бидний авч үзсэн тооцоонд АУЭХС-ийн 110 кВ-ын тооцооны ерөнхий схемээс үзвэл ЦДАШ-ын урт Булганаас Говь-Алтай аймгийн Есөнбулаг ДС хүртэл 880 км орчим байгаа бөгөөд ийм урт үргэлжилсэн шугам сүлжээ нь олон талын муу талтай бөгөөд ашиглалтын хүнд нөхцлийг бүрдүүлж байна.

Тус сүлжээнд үйлдвэрлэгдэх цэнэгийн чадал маш өндөр байх ба $Q_{чин} \approx 30$ Мвар түүнийг шингээх нэмэлт тоноглол хэрэгтэй бөгөөд АУЭХС сүлжээнд одоогийн байдлаар Тайшир 5Мвар, Улиастай 3.3 Мвар, Тэлмэн 7.5 Мвар ба Мөрөн 6.6 Мвар нийт 6 ширхэг 21.5 Мвар

чадал бүхий шунтлагч реактор буюу хуурмаг чадлын хэрэглэгч сүлжээнд ашиглагдаж байна. Эдгээрээс зөвхөн Тэлмэнгийн 4.2 Мвар чадалтай нэг реактор автомат удирдлагатай ба Тайширын 5 Мвар-ын реактороос бусад бүх реактор трансформаторын нам талын хүчдэлд холбоотой байгаа нь техник эдийн засгийн үзүүлэлтийг бууруулах бас нэг сул тал юм. Гэвч эдгээр реакторууд болон Тайширын УЦС-ын тусламжтайгаар тус бүсийн хуурмаг чадлын балансыг барьж сүлжээний хүчдэлийг тохируулан ашиглалтыг явуулж байна. АУЭХС-д хуурмаг чадлыг үйлдвэрлэх болон шингээх зориулалт бүхий хоёр горимоор ажиллах автомат удирдлагатай хуурмаг чадлын компенсатор (SVC, STATCOM, FACTS гэх мэт) болох орчин үеийн олон талын ач холбогдолтой тэвшилтэд төхөөрөмж зайлшгүй хэрэгтэй нь одоогийн сүлжээний ашиглалт болон горимын дүн шинжилгээнээс харагдаж байна. Энэхүү тооцоонд бид Улиастай – Тайшир – Есөнбулаг ЦШС-г 35 кВ-оос 110 кВ-ын түвшинд шилжүүлэн гүйцэтгэж байгаа бөгөөд одоо ашиглалтанд гарч буй хоногийн горимын хүчдэлийн ихсэлт, багасалт ба Тайширын УЦС-ын генераторуудыг дутуу болон хэт сэргээлтийн горимд оруулах зэрэг хүндрэлүүд буурах магадлалтай байна. АУЭХС-ийн энэхүү ашиглалтын горимын хүндрэлийг нарийвчилсан тооцоо судалгааны үндсэн дээр баттай болгож асуудлыг шийдвэрлэх бүрэн боломжтой юм.

Алтай хотод баригдах төслийн 10 МВт суурилагдсан хүчин чадалтай НЦС-ыг АУЭХС-ийн 110 кВ-д шилжүүлсэн (өргөтгөсөн) Есөнбулаг 110/6 кВ-ын ДС-ын өндөр талд 110 кВ-ын ЦДАШ-аар дамжуулан холбож тооцоог гүйцэтгэе. НЦС-ыг холбох сүлжээ нь урьдчилсан байдлаар АС-120/19 маркын дамжуулагчтай нэг хэлхээт 3.0 км ЦДАШ ба SFZ9-10/110/35 маркын хүчний хоёр трансформатортай байхаар тооцож НЦС 10 МВт чадал үйлдвэрлэж байх хамгийн хүнд горимын үед гүйцэтгэж тогтсон горимын тооцооны чадлын баланс ба алдагдлын нэгдсэн үр дүнгүүдийг зураг 1, 2-д тус тус үзүүлэв.

АУЭХС-ийн Говь-Алтай аймгийн Алтай хотод баригдах 10 МВт чадалтай НЦС холбогдсон үеийн тогтсон горимын тооцооны чадлын балансын тооцооны үр дүнгээс үзэхэд ТБЭХС-ийн нийт ачаалал 1042 МВт үүнээс 113 МВт чадлыг ОХУ-аас импортоор авч 929 МВт чадлыг дотоодын эх үүсвэрүүдээс үйлдвэрлэж сүлжээний үйлдвэрлэл хэрэглээний чадлын балансыг хааж байна. Тус горимд импортын чадал өмнөх НЦС холбогдоогүй байх горимтой харьцуулахад 12 МВт-аар буурсан байна. Чадлын алдагдлын үр дүнгээс үзвэл системийн дамжуулалтын чадлын алдагдал 22.27 МВт буюу 2.13% байна. Энэ нь НЦС-ыг холбоогүй байх үеийн чадлын алдагдалтай харьцуулж үзвэл 2.57 МВт-аар буурсан бөгөөд алдагдлын бүтцийн (зураг 1 ба зураг 2) үр дүнгүүдээс үзвэл цахилгаан дамжуулах шугамын чадлын алдагдал буурсан харин трансформаторын ороомог дээрх чадлын алдагдал ялимгүй өссөн байна. Иймээс АУЭХС-ийн 110 кВ-ын хэдэн зуун километр үргэлжилсэн урт шугамын төгсгөлд эх үүсвэртэй болох нь шугамын техникийн алдагдлыг бууруулахаар байна. Энд тэмдэглэж хэлэхэд хэрэв шинээр баригдах НЦС эрчим хүч хадгалах нөөцлүүртэй бол сүлжээний техник

эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлнэ. Хэрэв өдрийн нартай байх цагийг өвлийн улиралд дунджаар 5 цаг гэж үзвэл $W=10\text{МВт}\times 5\text{цаг}=50$ мян.кВт·цаг эрчим хүч хуримтлуулах төхөөрөмжийн өнөөгийн үнэ болон ашиглалтын хугацааг харгалзан үзвэл худалдан авч ашиглалтанд оруулах анхны хөрөнгө оруулалтаа нөхөхгүй бөгөөд ямарч ашиггүй гэдэг нь тодорхой юм.

Мөн тогтсон горимын тооцоогоор тус НЦС-ыг холбох 35 кВ-ын зангилаанд тооцоот 3.75 Мвар хуурмаг чадлыг шунтлагч реактор хэрэгтэй гэдэг нь тодорхойлогдсон. Тус горимд Улиастайн 3.3 Мвар-ын реакторыг залгаж болох байсан боловч энэхүү тооцоо нь системийн их ачааллын үед хийгдсэн бөгөөд өдөр болон шөнийн бага ачааллын үед тус сүлжээний хүчдэл улам ихсэх тул нэмэлт шунтлагч реактор зайлшгүй шаардлагатай байна. Иймээс тооцоог үндэслэн тус сүлжээний НЦС-ын 110/35 кВ-ын ДС эсвэл Есөнбулаг ДС хоёрын аль нэгэнд нэмэлтээр 3.3 Мвар чадалтай орчин үеийн автомат удирдлагатай хуурмаг чадлыг тохируулах зориулалт бүхий хуурмаг чадлын шингээлт болон үйлдвэрлэлтийн хоёр горимоор ажиллах хуурмаг чадлын компенсатор эсвэл зөвхөн хуурмаг чадлыг шингээх зориулалт бүхий автомат удирдлагатай 3.3 Мвар чадалтай шунтлагч реакторыг ашиглалтанд оруулахыг санал болгож байна.

Тэгвэл тогтсон горимын тооцооны зангилааны хүчдэлийн үр дүнгээс үзвэл 220 кВ-ын түвшинд хүчдэл $220.36 \leq U \leq 242.0$ кВ-ын завсарт, 110 кВ-ын түвшинд хүчдэл $106.38 \leq U \leq 123.62$ кВ-ын завсарт, 35 кВ-ын түвшинд хүчдэл $35.0 \leq U \leq 39.24$ кВ-ын завсарт, 10 кВ-ын түвшинд хүчдэл $9.99 \leq U \leq 11.24$ кВ-ын завсарт харин 6 кВ-ын түвшинд хүчдэл $6.06 \leq U \leq 6.61$ кВ-ын завсарт тус тус гарсан байна. Эдгээр тооцооны хүчдэлүүд хэвийн болон хамгийн их зөвшөөрөгдөх хазайлт ($\pm 5\%$, $\pm 10\%$)-уудын чанарын шаардлагын үзүүлэлтүүдийн утгыг зарим зангилаан (Шин)-д хангахгүй байна. Харин цахилгаан тоног төхөөрөмжийн хамгийн их ажлын хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх нөхцлийг хангаж байна.

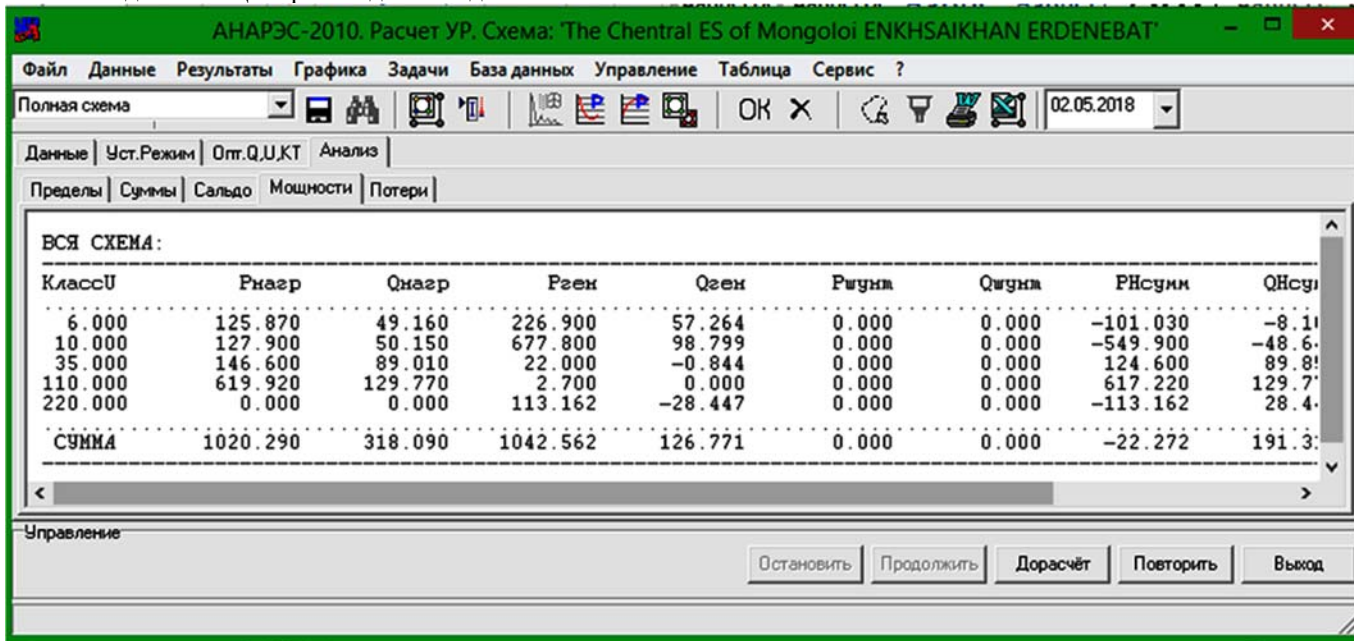
Энэхүү НЦС нь хамгийн ойр орших Тайширын УЦС-ын горимд илүү хүчтэй нөлөөлөх бөгөөд НЦС холбогдсон горимд генераторын хуурмаг чадал -0.09 Мвар болж хуурмаг чадлыг шингээх горимд ажиллаж байна. Хэрэв НЦС холбогдон ажиллах үед АУЭХС-ийн НЦС холбогдох шин эсвэл Есөнбулаг ДС хоёрын аль нэг сонгогдсон ДС-ын шинд нэмэлтээр 3.3 Мвар чадалтай шунтлагч реактор залгахгүй бол Тайширын УЦС-ын генераторууд 110 кВ-ын шугаманд үйлдвэрлэгдэх их хэмжээний цэнэгийн чадлыг шингээх горим буюу дутуу өдөөлтийн горимд орж статик тогтворжилтын нөөцийн доогуур ажлын горимд орж тус станцын найдвартай ажиллагааны үзүүлэлт буурна.

Тогтсон горимын тооцооны салааны горимын параметруудийн үр дүнгээс үзвэл хэт ачаалалд орсон шугам трансформаторууд байхгүй байна. Тэгвэл АУЭХС-г ТБЭХС-д холбож буй гол тэжээлийн шугам болох Булган – Мөрөнгийн АС-120/19 маркийн дамжуулагчтай ЦДАШ-ын эхээр дамжих гүйдэл 55 А байгаа нь удаан хугацааны зөвшөөрөгдөх ачааллын

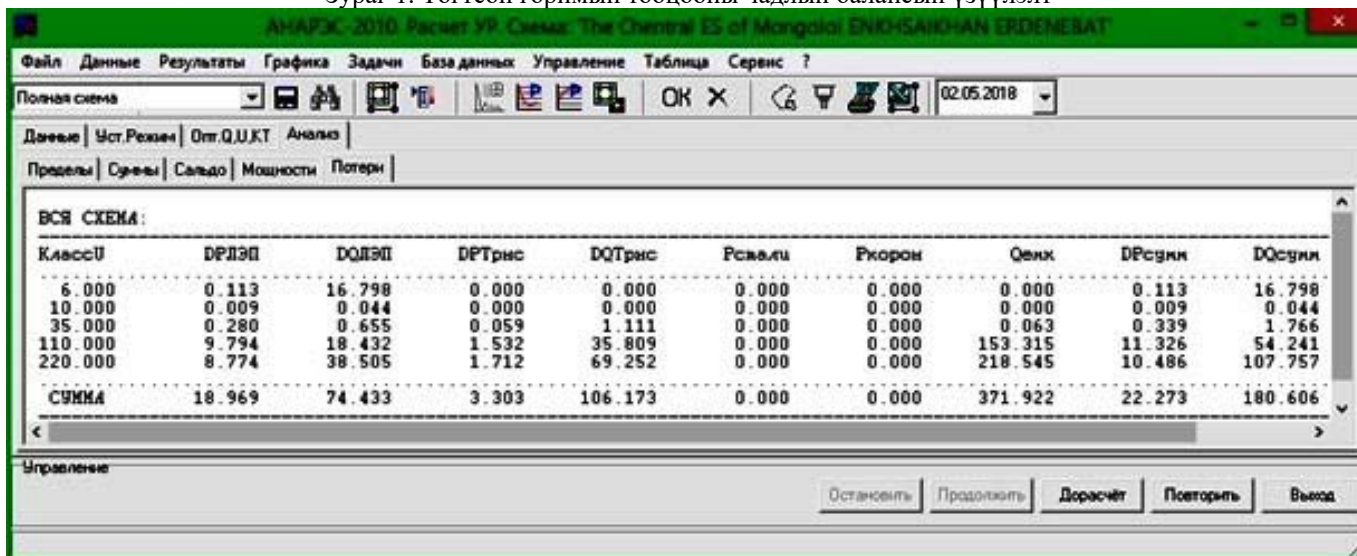
гүйдэл 390 А-аас долоо дахин бага буюу шугамын ачааллагдах хувь 14.1%-тай болсон байна.

Тогтсон горимын тооцооны ерөнхий үр дүнгээс үзвэл Говь-Алтай аймгийн Алтай хотод баригдах төслийн 10 МВт чадалтай НЦС сүлжээнд холбогдож ажиллах нь

ТБЭХС-ийн горимд сөрөг үр дагавар үзүүлэхгүй бөгөөд эрчим хүч хадгалах төхөөрөмжтэй бол ТБЭХС болон АУЭХС-ийн техник эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх нь тооцоо судалгааны үр дүнгээс харагдаж байна.



Зураг 1. Тогтсон горимын тооцооны чадлын балансын үзүүлэлт

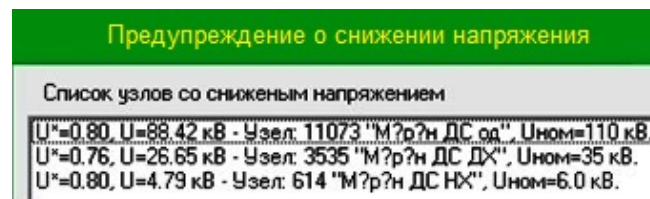


Зураг 2. Тогтсон горимын тооцооны чадлын алдагдлын үзүүлэлт

3. 10 МВт-ын НЦС-ыг АУЭХС холбогдох үеийн статик тогтворжилтын судалгаа

Энд бид өмнөх дэд хэсэгт гүйцэтгэсэн тооцооны дарааллын дагуу Алтай хотод баригдах төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг сүлжээтэй холбоотой байх үед яг адил нөхцөлд сонгож авсан гол огтлолын хувьд гүйцэтгэв.

Энд дээр авч үзсэн траектороор горимыг хүндрүүлсэн ба статик тогтворжилтын тооцооны итерацийн процесс дуусах шинжүүрийн үзүүлэлтийг зураг 3-д, статик тогтворжилтын тооцооны ерөнхий үр дүнг зураг 4-д тус тус харуулав.

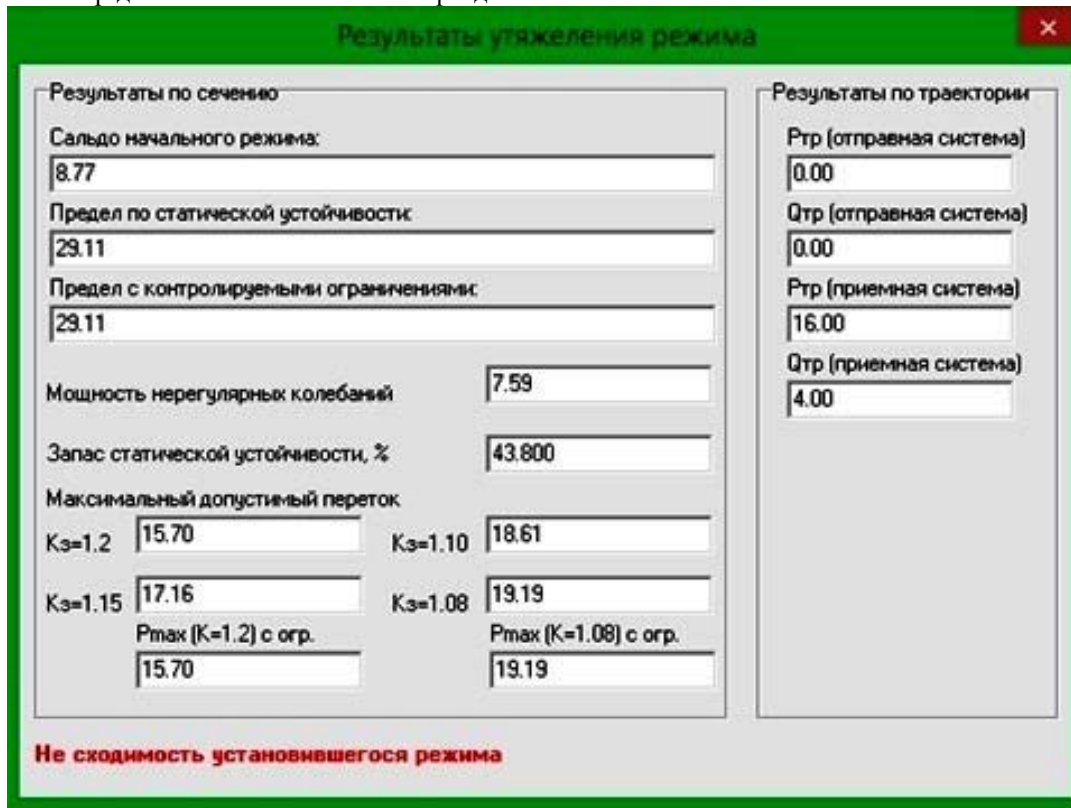


Зураг 3. Хүндэрсэн горим дуусах шинжүүрийн үзүүлэлт

Хязгаарын горимын тооцооны ерөнхий үр дүн болох зураг 4-өөс үзвэл огтлолоор дамжиж буй чадал 10 МВт чадалтай НЦС сүлжээнд холбогдсон учир буурч хэвийн горимд $P_0^{осттол} = 8.77$ МВт болсон бол хүндэрсэн

горимын дамжих чадлын хязгаар $P_{хяз}^{огтлол} = 29.11$ МВт гарсан ба энэ үеийн статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициент чадлын үелсэн бус утгаар $K_{нооц} = 43.8\%$ гарсан байна. Мөн нөөцийн коэффициент $K_{нооц} = 20\%$ байхад тус огтлоор дамжих хамгийн их зөвшөөрөгдөх

чадал 15.70 МВт, $K_{нооц} = 15\%$ байхад 17.16 МВт, $K_{нооц} = 10\%$ байхад 18.61 МВт, $K_{нооц} = 8\%$ байхад 19.19 МВт гэж тус тус гарсан байна. Энд Мөрөн ДС-ын 35 кВ-ын шин дээр ачаалал нийтдээ 16.0+j4.0 МВА бүрэн чадлаар ихэссэн байна.



Зураг 4. Огтлоор дамжих чадлын хязгаарын тооцооны үр дүн

ТБЭХС-ийн авч үзэж буй горимын хүндрэлийн үе дэх шинүүдийн хүчдэлийн өөрчлөлтийн үр дүнгээс үзвэл хүндэрсэн горимд Мөрөн ДС-ын 110 кВ-ын өндөр талын (зангилааны дугаар 11072) шинийн хүчдэл $U_5=98.15$ кВ болсон байна. Эндээс хүчдэлээр статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициентийг тодорхойлбол $K_{UH}=0.21$ гарч байна. Энэ утга хүндэрсэн горимд 0.15 байх нөхцөл ба аваарын дараах болон албадмал горимуудад байх 0.10 утгуудыг хангаж байгаа нь хүчдэлийн хувьд хүндэрсэн горимд хангалттай нөөцтэй байгаа нь тооцооны үр дүнгээс харагдаж байна.

Алтай хотын төслийн 10 МВт чадалтай НЦС сүлжээтэй холбогдоход статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициент чадлын үелсэн бус утгаар 43.8% болж тус НЦС-ыг холбохоос өмнө 29.1% байсантай харьцуулахад өссөн үзүүлэлттэй байна. Статик тогтворжилтын тооцооны үр дүнд Говь-Алтай аймгийн Алтай хотын төслийн 10 МВт суурьлагдсан хүчин чадалтай НЦС баригдаж ашиглалтанд орсоноор АУЭХС-ийн статик тогтворжилтын нөөц ихэсж байна.

Гэхдээ тус 10 МВт-ын НЦС эрчим хүч хуримтлуулах төхөөрөмжгүй баригдсан ч өдрийн нартай цагуудад эрчим хүч үйлдвэрлэж Алтай хотын цахилгаан хэрэглэгчдийн эрчим хүчний хэрэглээний тодорхой хувийг хангаж ажиллах бүрэн боломжтой юм.

4. 10 МВт-ын НЦС АУЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллах үеийн динамик тогтворжилтын судалгаа

ЭХС-ийн динамик тогтворжилтын тооцоог гүйцэтгэхдээ тогтворжилтын тооцоог гүйцэтгэх ерөнхий аргачлал, зааврын дагуу хэд хэдэн групп цочролыг авч үзэх шаардлагатай байдаг. Энд бид 10 МВт чадалтай НЦС-ыг АУЭХС-д холбогдон ТБЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллаж байх үед цочролын хэд хэдэн зохиомол (байж болох) төрлүүдэд динамик тогтворжилтийн тооцоог гүйцэтгэж системийн тогтворжилтын дүн шинжилгээг гүйцэтгэсэн болно.

Динамик тогтворжилтын тооцоог MUSTANG программын цогцолороор гүйцэтгэсэн бөгөөд програмд цахилгаан станцуудын синхрон машиныг загварчлах асуудал чухал байдаг ба синхрон машин (СМ), турбины хурдны тохируулга (ТХТ), сэргээлтийн автомат тохируулга (САТ) тус бүрийг загварчлах боломжтой байдаг. Бид дээр АУЭХС-д Алтай хотын төслийн 10 МВт чадалтай НЦС холбогдох үеийн ТБЭХС-ийн тогтсон горимын тооцоог ЭХС их ачаалалтай байх хамгийн хүнд горимын нөхцөлд гүйцэтгэсэн болно. Энэхүү гүйцэтгэсэн тогтсон горимын тооцоог суурь тооцоо болгон 10 МВт чадалтай төслийн НЦС-ыг АУЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллах үеийн динамик тогтворжилтын тооцоог гүйцэтгэе.

Одоо цочролын дараах гурван үндсэн хэлбэрт системийн динамик тогтворжилтын тооцоог гүйцэтгэж ТБЭХС-ийн горимын параметруудийн өөрчлөлтийн дүн шинжилгээ хийе.

Цочрол 1. Алтайн төслийн 10 МВт чадалтай НЦС сүлжээнээс хэвийн горимоор тасрах,

Цочрол 2. Алтайн төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг АУЭХС-д холбох 110 кВ-ын нэг хэлхээт шугамын эхэнд хоёр фаз газартай $K^{(1)}$ богино залгаа болж шугам нэгдүгээр шатлалын хамгаалалтаар тасарч НЦС аваарын горимоор сүлжээнээс тасрах. Энд реле хамгаалалт автоматикийн төхөөрөмжийн ажиллах нийт хугацааг 0.18 секундээр авав.

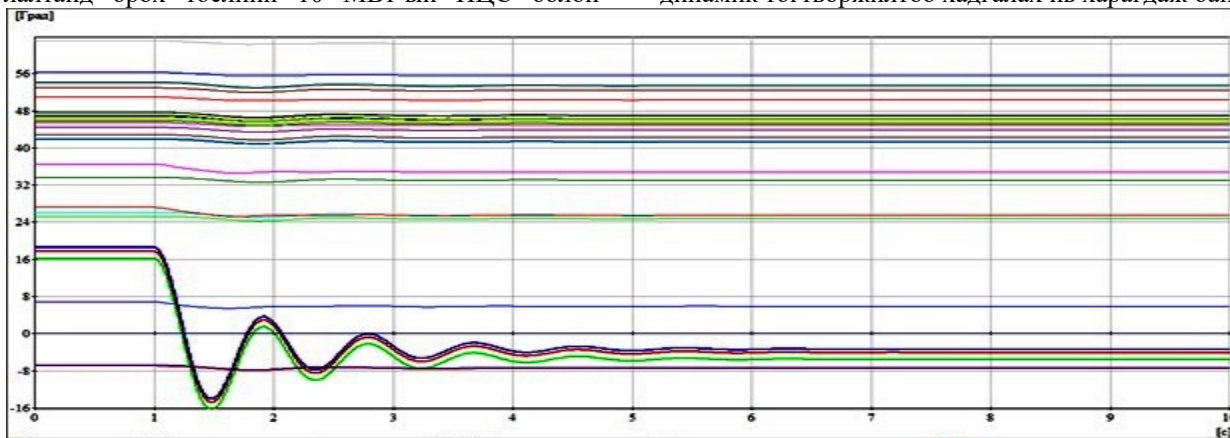
Цочрол 3. Алтайн төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг АУЭХС-д холбох 110 кВ-ын нэг хэлхээт шугамын дунд түр зуурын нэг фаз газартай $K^{(1)}$ богино залгаа болж шугамын АПВ амжилттай байх. Энд реле хамгаалалт, автоматик ба АПВ-ын пауз барилт (0.3-0.5 сек)-ыг тооцсон ажиллах нийт хугацааг 0.76 секундээр авав.

Эдгээр авч үзэж буй цочролын байрлал шинээр ашиглалтанд орох төслийн 10 МВт-ын НЦС болон

түүнийг сүлжээнд холбох ЦДАШ байх учир цочролуудын нөлөөлөл нь АУЭХС-ийн элементүүдэд болон Тайширын УЦС-ын гидрогенераторуудад илүү байна.

Цочрол 1. Алтайн төслийн 10 МВт чадалтай НЦС сүлжээнээс хэвийн горимоор тасрах цочролын хэлбэрийг MUSTANG программын орчинд загварчлан тус цочролоор горимыг хүндрүүлж ТБЭХС-ийн цахилгаан станцуудын генераторуудын роторын харилцан өнцгийн өөрчлөлтийн график дүрслэлийг зураг 5-д үзүүлэв.

Цочрол 1 үүсэх үед ТБЭХС-ийн цочролоос хол орших цахилгаан станцуудын генераторуудын роторын харилцан өнцөг бараг хэлбэлзэхгүй буюу цочролыг мэдрэхгүй байна. Харин цочролд ойр байгаа Тайширын УЦС-ын генераторууд илүү мэдрэгээр хүлээн авч байгаа бөгөөд роторын харилцан өнцөг хэвийн цочрол үүсэхээс өмнөх горимд байсан дундаж утга 18^0 -аас -16^0 хүртэл буурч эргээд -6^0 орчимд замхарч байгаа нь аваарийн дараах шинэ горимын утга буюу Тайширын УЦС динамик тогтворжилтоо хадгалах нь харагдаж байна.

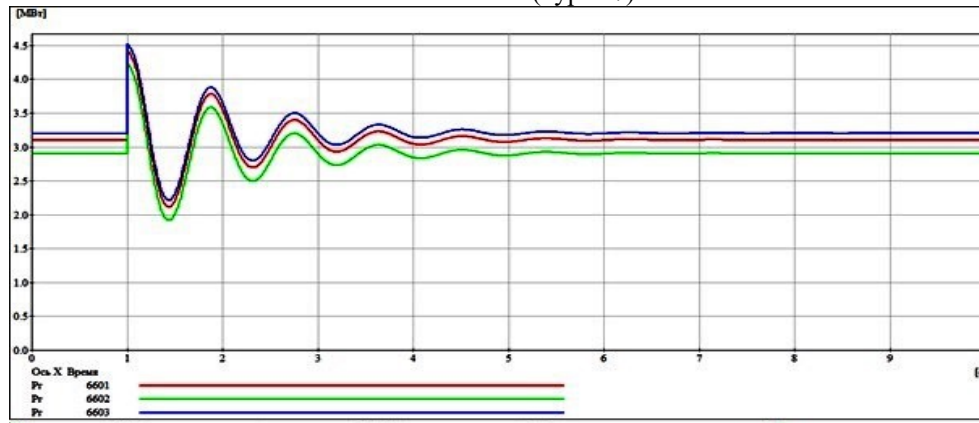


Зураг 5. Цочрол 1 үүсэх үеийн станцуудын генераторуудын роторын харилцан өнцгийн өөрчлөлтийн график дүрслэл (Энд тод улаан-Тайширын Г1, тод ногоон-Тайширын Г2 ба тод цэнхэр-Тайширын Г3)

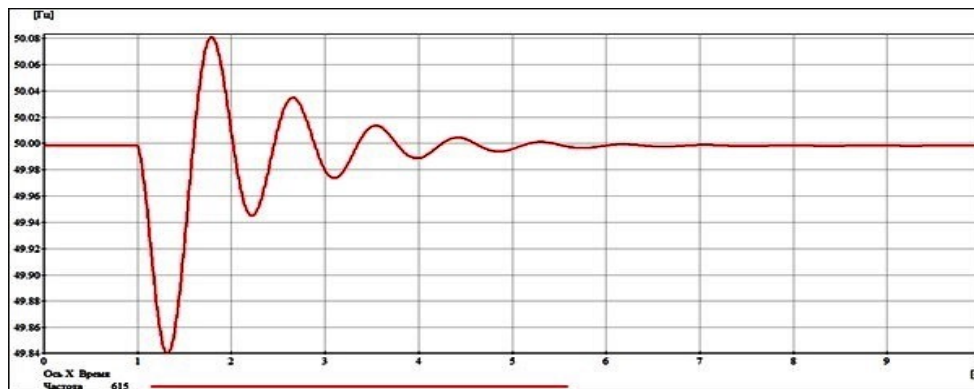
Тайширын УЦС-ын бодит чадлын хэлбэлзлэлийн өөрчлөлтийг илүү тод харуулахын тулд тусад нь зураг 6-д үзүүлэв. Тооцооны үр дүнгээс үзвэл авч үзэж буй бүх цочрол Тайширын УЦС-д илүү нөлөөлөх нь тодорхой учир системийн гол горимын параметруудийн өөрчлөл-

тийн үр дүнгүүдийг зөвхөн Тайширын УЦС-ын хувьд цаашид үзүүлэх болно.

Харин давтамж Тайширын УЦС-ын генераторууд холбогдох 6 кВ-ын шин дээр 49.84 Гц-ээс 50.08 Гц-ын завсарт буюу маш бага хэмжээгээр өөрчлөгдсөн байна. (Зураг-7).



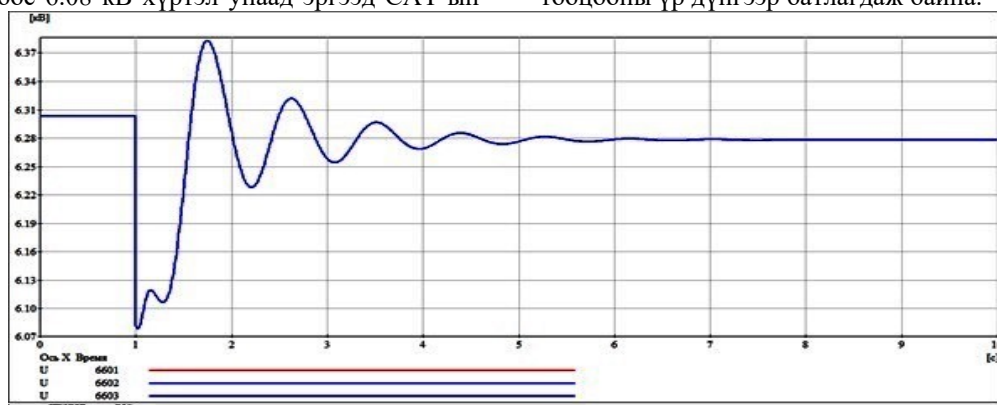
Зураг 6. Цочрол 1 үүсэх үеийн Тайширын УЦС-ын генераторуудын бодит чадлын өөрчлөлтийн график дүрслэл (6601 дугаартай улаан-Тайширын Г1, 6602 дугаартай ногоон-Тайширын Г2 ба 6603 дугаартай цэнхэр-Тайширын Г3)



Зураг 7. Цочрол 1 үүсэх үеийн Тайширын УЦС-ын генераторууд холбогдох 6 кВ-ын шин дээрх давтамжийн өөрчлөлт

Тус цочролын үеийн Тайширын генераторуудын хүчдэлийн өөрчлөлтийн график дүрслэлийг зураг 8-д үзүүлсэн бөгөөд үр дүнгээс үзвэл тус цочролын үед хүчдэл 6.3 кВ-оос 6.08 кВ хүртэл унаад эргээд САТ-ын

тусламжтайгаар сэргэж хэвийн утганд тогтворжиж байна. Эдгээр тооцооны үр дүнгээс үзвэл цочрол 1 үүсэх үед манай орны ЭХС динамик тогтвортой байх нь тооцооны үр дүнгээр батлагдаж байна.

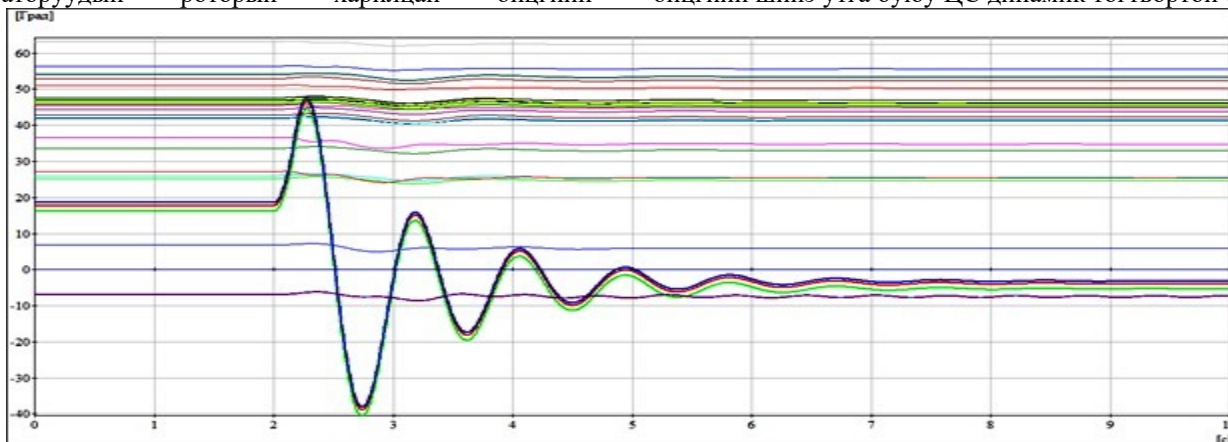


Зураг 8. Цочрол 1 үүсэх үеийн Тайширын генераторуудын шин дээрх хүчдэлийн өөрчлөлтийн график дүрслэл

Цочрол 2. Алтайн төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг АУЭХС-д холбох 110 кВ-ын нэг хэлхээт шугамын эхэнд хоёр фаз газартай $K^{(1,1)}$ богино залгаа болж шугам нэгдүгээр шатлалын хамгаалалтаар тасарч НЦС аваарийн горимоор сүлжээнээс тасрах. Энд реле хамгаалалт автоматикийн төхөөрөмжийн ажиллах нийт хугацааг 0.18 секундээр авав.

Тус цочролын хэлбэрийг програмд загварчлан горимыг хүндрүүлж ТБЭХС-ийн цахилгаан станцуудын генераторуудын роторын харилцан өнцгийн

өөрчлөлтийн график дүрслэлийг зураг 9-д үзүүлэв. Цочрол 2 үүсэх үед ТБЭХС-ийн цочролоос хол орших цахилгаан станцуудын генераторуудын роторын харилцан өнцөг мөн бараг хэлбэлзээгүй буюу цочролыг мэдрэхгүй байна. Харин цочролд ойр орших Тайширын УЦС-ын генераторууд бас л илүү мэдрэгээр хүлээн авч байгаа бөгөөд харилцан өнцөг хэвийн горимд байсан дундаж утга 18° -аас ихсэж 47° хүрч эргэн буурч -39° -д хүрээд эргэн -6° орчимд замхарах нь аваарийн дараах өнцгийн шинэ утга буюу ЦС динамик тогтвортой байна



Зураг 9. Цочрол 2 үүсэх үеийн станцуудын генераторуудын роторын харилцан өнцгийн өөрчлөлтийн график дүрслэл (Энд тод улаан-Тайширын Г1, тод ногоон-Тайширын Г2 ба тод цэнхэр-Тайширын Г3)

Цочрол 2 үүсэх үеийн давтамж Тайширын УЦС-ын генераторууд холбогдох 6 кВ-ын шин дээр 49.58 Гц-ээс 50.25 Гц-ын завсарт өөрчлөгдсөн байна. Энэ утга станцын давтамж бууралт ба ихсэлтийн хамгаалалтын тавилын утга болон түүний хугацаа барилтын завсарт байж чадвал сүлжээнээс генераторууд аваарь эсэргүүцэх автоматикаар тасралгүй цочролын дараа хэвийн горимд шилжин ажиллах бүрэн боломжтой байна.

Цочрол 3-ын үед НЦС АУЭХС-д холбогдох үед 110 кВ-ын нэг хэлхээт шугмын дунд нэг фаз газартай богино залгаа $K^{(1)}$ болох тохиолдолд реле хамгаалалт, автоматик ба АПВ-ын пауз барилт (0.3-0.5)-ыг тооцсон ажиллах нийт хугацааг 0.76 сек гэж авч тооцоо хийсэн юм. Энд мөн л Тайширын УЦС-ын генераторууд зохих хэмжээгээр мэдрэч байгаа хэдий ч систем динамик тогтвортой байгаа нь судалгаагаар нотлогдож байна.

Илтгэлийн хязгаарлагдмал байдлаас шалтгаалж системийн өнцөг, чадал, давтамж болон хүчдэлийн өөрчлөлтийн графикуудыг харуулах боломжгүй байв.

Бид динамик тогтворжилтын тооцоогоор ЭХС-д үүсэж болох магадлал өндөр гурван үндсэн цочролын хүрээнд тооцоог гүйцэтгэж манай орны ТБЭХС болон АУЭХС-ийн Тайширын УЦС-ын тогтворжилтын ерөнхий дүн шинжилгээг гүйцэтгэлээ. Динамик тогтворжилтын тооцоонд авч үзсэн цочролуудад Монгол улсын ЭХС динамик тогтворжилтоо хадгалан авч үлдэх нь тооцооны үр дүнгээс харагдаж байна.

Энд дахин нэмж хэлэхэд Алтайн төслийн 10 МВт чадалтай НЦС нь цэнэг хуримтлуулах төхөөрөмжгүй тул эрчим хүчний үр ашиг муутай байх болно гэдгийг анхаарах хэрэгтэй.

ДҮГНЭЛТ

1. Говь-Атай аймгийн Алтай хотын төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг АУЭХС-д холбосоны дараа Булган, Мөрөн, Тэлмэн, Улиастай чиглэлийн хэдэн зуун километр ЦДАШ-аар дамжих чадлын урсгал багасаж системийн дамжуулалтын алдагдал 22.27 МВт буюу 2.13% болж НЦС холбоогүй байх үеийнхээс 2.57 МВт-аар буурсан бол ОХУ-аас импортоор авах чадал 113 МВт болж мөн импортын чадлын хэмжээг 12 МВт нэгжээр бууруулсан байна. Харин ТБЭХС-ийн нийт цахилгаан ачаалал 1042 МВт ба үүнээс 929 МВт чадлыг дотоодын эх үүсвэрүүдээс үйлдвэрлэж системийн бодит чадлын баланс хангагдсан байна.
2. Говь-Алтай аймгийн Алтай хотын төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг АУЭХС-д холбосон тогтсон горимын тооцооны хүчдэлийн үйлчлэх утгын үр дүнгээс үзвэл 6 кВ-ын түвшинд хүчдэлийн хазайлт бага талдаа 6.06 кВ, их талдаа 6.61 кВ, 10 кВ-ын түвшинд хүчдэлийн хазайлт бага талдаа 9.99 кВ, их талдаа 11.24 кВ, 35 кВ-ын түвшинд хүчдэлийн хазайлт бага талдаа 35.00 кВ их талдаа 39.24 кВ, 110 кВ-ын түвшинд хүчдэлийн хазайлт бага талдаа 106.38 кВ, их талдаа 123.62 кВ, 220 кВ-ын түвшинд

хүчдэлийн хазайлт бага талдаа 220.36 кВ, их талдаа 242 кВ тус тус гарсан байна. Тус НЦС сүлжээнд холбогдон ажиллах үед системийн зангилаануудын хүчдэл бага хэмжээгээр өссөн бөгөөд хүчдэлийн хамгийн их зөвшөөрөгдөх хазайлт буюу тохируулж болох завсарт гарсан байна.

3. **Огтлол.** АУЭХС-ийн гол гэжээлийн шугам болох Булган – Мөрөн ДС-уудыг холбосон нэг хэлхээт АС120/19 маркын дамжуулагчтай 293 км шугамыг сонгон авч (Тооцооны схемийн огтлолын зангилааны эхлэл төгсгөлийн дугаарууд 11015-11072) статик тогтворжилтын тооцоог ижил горимын нөхцөлд Алтай хотын төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг сүлжээнд холбоогүй болон холбоотой байх үед гүйцэтгэсэн. Системийн горим хүндрэх алхам тутамд ТБЭХС-ийн Булган чиглэлийн сүлжээний шинүүдийн хүчдэл системийн бусад бүсийг бодвол далайц ихтэй унаж эхлэх бөгөөд тухайн үед залгаагаар байсан Мөрөн ДС-ын 6.6 Мвар-ын хоёр, Тэлмэн ДС-ын 4.2 Мвар-ын нэг ба Тайширын УЦС-ын 5 Мвар-ын шунтлагч реакторуудыг дараалан таслагдах ба Тайширын УЦС болон ТБЭХС-ийн тус бүсийг илүү мэдрэх цахилгаан станцууд горимын хүндрэлд хуурмаг чадлын үйлдвэрлэлийг ихэсгэх бөгөөд энэхүү хоёр үндсэн ашиглалтын болон горимын хүчдэл тохируулгыг системийн горимын хүндрэлд оролцох байдлыг статик тогтворжилтын тооцоонд загварчилан Алтайн НЦС-ыг сүлжээнд холбоогүй болон холбосон байх тохиолдлуудад авч үзсэн болно.
4. Сонгож авсан огтлолын чадлын хэлбэлзлэлийн хамгийн их утгыг огтлолоор тусдаа гарах хоёр дэд системийн чадал нийлүүлэх (өгөх) системийн их ачаалалд 994.01 МВт харин чадал хүлээж авах системийн их ачаалал 26.28 МВт байгаагаас бодит чадлын хэлбэлзлэлийн хамгийн их утгыг 7.59 МВт гэж тодорхойлсон. Алтай хотын төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг сүлжээнд холбогдоогүй байхад системийн горимыг Мөрөн ДС-ын дунд талын шинийн ачааллыг 4.0+j1.0 Мвар бүрэн чадлаар алхам тутамд ихэсгэн хүндрүүлж огтлолоор дамжиж буй чадал горим хүндрэхээс өмнөх хэвийн горимд $P_0^{огтлол} = 19.86$ МВт, дамжих хязгаарын чадал хүндэрсэн горимд $P_{хяз}^{огтлол} = 38.74$ МВт гарсан ба статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициент $K_{нөөц} = 29.13\%$ байна. Мөн нөөцийн коэффициент $K_{нөөц} = 20\%$ байхад тус огтлолоор дамжих хамгийн их зөвшөөрөгдөх чадал 23.40 МВт, $K_{нөөц} = 15\%$ байхад 25.34 МВт, $K_{нөөц} = 10\%$ байхад 27.27 МВт, $K_{нөөц} = 8\%$ байхад 28.05 МВт гэж тус тус гарсан. Энд Мөрөн ДС-ын 35 кВ-ын шин дээрх ачаалал 12.0+j3.0 МВА бүрэн чадлаар ихэссэн байна. Алтай хотын төслийн 10 МВт

чадалтай НЦС сүлжээнд холбогдсон байхад системийн горимыг хүндрүүлж огтлолоор дамжиж буй чадал горим хүндрэхээс өмнөх хэвийн горимд $P_0^{огтлол} = 8.77$ МВт, дамжих хязгаарын чадал

хүндэрсэн горимд $P_{хяз}^{огтлол} = 29.11$ МВт гарсан ба статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициент $K_{нөөц} = 43.8\%$ гарсан болно. Мөн нөөцийн коэффициент $K_{нөөц} = 20\%$ байхад тус огтлолоор дамжих хамгийн их зөвшөөрөгдөх чадал 15.7 МВт, $K_{нөөц} = 15\%$ байхад 17.16 МВт, $K_{нөөц} = 10\%$ байхад 18.61 МВт, $K_{нөөц} = 8\%$ байхад 19.19 МВт гэж тус тус гарсан. Энд Мөрөн ДС-ын 35 кВ-ын шин дээрх ачаалал 16.0+14.0 МВА бүрэн чадлаар ихэссэн байна.

5. Алтай хотын төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг сүлжээнд холбосон үед статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициент ачааллын зангилааны хүчдэлээр Мөрөн ДС-ын өндөр талын шинийн хүчдэл хүндэрсэн горимд $U_5 = 98.15$ кВ болсон бөгөөд $U_{хяз} = 77.00$ кВ утгатай харьцангуйгаар статик тогтворжилтын нөөцийн коэффициент хүндэрсэн горимд $K_{УН} = 0.21$ байна. Энэ утга хүндэрсэн горимд 0.15 байх нөхцөл ба аваарын дараах болон албадмал горимуудад 0.10 байх утгуудыг хангаж байна. Статик тогтворжилтын тооцооны үр дүнгээс үзвэл тус НЦС баригдаж ашиглалтанд орсоноор сүлжээний статик тогтворжилтын нөөц ихсэх сайн талтай байгаа нь тооцооноос харагдаж байна. Гэхдээ энэхүү станц нь

эрчим хүч хуримтлуулах төхөөрөмжгүй тул энергийн тогтмол эх үүсвэр болж чадахгүй бөгөөд Монгол улсын ЭХС-ийн статик тогтворжилтын нөөц шууд ихсэнэ гэж хэлж болохгүй.

6. Алтай хотын төслийн 10 МВт чадалтай НЦС-ыг АУЭХС-гээр дамжин ТБЭХС-тэй зэрэгцээ ажиллаж байх үед цочролын гурван үндсэн хэлбэрт динамик тогтворжилтын тооцоог гүйцэтгэхэд Монгол улсын ТБЭХС нь динамик тогтворжилтоо хадгалан үлдэх нь тооцоогоор батлагдсан болно.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Д.Содномдорж. Цахилгаан системийн тогтворжилт. Нэг сэдэвт бүтээл. Улаанбаатар, 2014.-36 хх.
2. Д.Содномдорж. С.Ууганбаяр. Цахилгаан эрчим хүчний системийн цахилгаан механик шилжилтийн процесс. Сурах бичиг. Улаанбаатар, 2004.-384 хх.
3. В.А.Веников. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: Учеб. для электроэнергет. спец. вузов - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1985, - 536 с., ил.
4. П.С.Жданов. Вопросы устойчивости электрических систем. Под ред. Л.А.Жукова. М.: Энергия, 1979. 456с.
5. Методические указания по устойчивости энергосистем, от 30.06.2003. №277.

ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМИЙН ИХ АЧААЛЛЫГ ХААХАД СТАНЦУУДЫН ОРОЛЦОО БА АЧААЛЛЫН ӨСӨЛТИЙН СУДАЛГАА

Д.Гандорж*, Д.Содномдорж*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Монгол улсын эрчим хүчний системийн эх үүсвэрүүдийн бүтэц одоогийн байдлаар дулаан, цахилгааныг хослон үйлдвэрлэх дулааны цахилгаан станцууд (ДЦС) болон сэргээгдэх эрчим хүчний (СЭХ) нар, ус, салхины цахилгаан станцууд (НЦС, УЦС, СЦС), ОХУ-ын эрчим хүчний системээс 220 кВ-ын шугамаар авч байгаа импортын цахилгаанаас бүрдэж байна. Эрчим хүчний системийн нийт хэрэглээг авч үзэхэд дотоодын үйлдвэрлэл 80%, %, импортын худалдан авалт 20%-ийг эзэлж байна. Дотоодын эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн бүтцийг авч үзэхэд ДЦС-ын оролцоо 95,6%, УЦС-ын оролцоо 1,4%, Нар, салхины эрчим хүчний оролцоо 2,9%, дизель цахилгаан станцын оролцоо 0,1%-ийг тус тус эзэлж байна. Иймд цахилгаан болон дулааны хэрэглээг тодорхойлох математик загварчлал байгуулж, төлөвлөлтийн тооцоог гүйцэтгэн түүнийг хаахад дотоодын үйлдвэрлэлийг нэмэгдүүлэх, СЭХ-ний эзлэх хувийг дээшлүүлэхэд энэхүү судалгааны ажлын зорилго оршино. ЭХС-ийн цахилгаан станцуудын хооронд

цахилгаан, дулааны ачааллыг оновчтой хуваариласнаар системий хэмжээн нийт түлшний зардлыг багасгах ач холбогдолтой.

Түлхүүр үг. Математик загвар, цахилгаан эрчим хүч, дулааны эрчим хүч, ачааллын график, төлөвлөлт.

1. Оршил

Монгол Улсын (МУ) цахилгаан эрчим хүчний нийт хэрэглээний 76.5%-ийг төвийн бүсийн цахилгаан эрчим хүчний системийн (ТБЭХС) хэрэглээ эзэлж байна. ДЦС-ын түлшний зардал нь станцын хувьсах зардлыг бүрдүүлэх бөгөөд ТБЭХС-ийн хэмжээгээр өнөөдрийн байдлаар дунджаар нийт зардлын 43.2%-ийг хувьсах зардал эзэлж байна. Үүний 42.4%-ийг цахилгаан эрчим хүчийг, 57.6%-ийг дулааны эрчим хүчийг үйлдвэрлэхэд тус тус зарцуулж байна [6].

ТБЭХС-ийн хэмжээгээр дунджаар 1 кВт.ц цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэлд хувьсах ба

тогтмол зардлын нийлбэрээр 79,12 төг/кВт.ц, 1 Гкал дулааны эрчим хүчний түгээлтэнд 24.1 мян.төг/Гкал тус тус болж байна.

Мөн 1 т.ж.т-ийг тээвэрлэн авчирч, боловсруулалт хийж цахилгаан, дулааны эрчим хүч болгож хувиргахын тулд дунджаар 53.5 мян.төг/т.ж.т болж байна.

2017 оны байдлаар системийн хэмжээгээр жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт цахилгаанд 317,4 г/кВт.ц, дулаанд 177,3 кг/Гкал болсон байна. Иймд системийн хэмжээгээр нийт хэрэглэж байгаа түлшний хэмжээг бууруулах нь хувьсах зардлыг багасгахаас гадна 1 кВт.ц цахилгаан эрчим хүчний болон 1 Гкал дулааны эрчим хүчний үнэ, тарифыг ч бууруулах ач холбогдолтой байна. Цахилгаан, дулааны үнэ, тарифыг бууруулснаар манай улсын иргэдийн аж амьдралын түвшин дээшилж, улс орны эдийн засгийг хөгжүүлэхэд чухал хувь нэмэр оруулна.

2. Эрчим хүчний системийн өнөөгийн байдал

Манай улсын эрчим хүчний систем нь ТБЭХС, Баруун бүсийн эрчим хүчний систем, Алтай-Улиастайн эрчим хүчний систем, Дорнод бүсийн эрчим хүчний систем, өмнөд бүсийн цахилгаан хангамж гэсэн таван хэсгээс тогтож байна (Зураг 1). Нийтдээ 9 дулааны цахилгаан станц, Дөргөн, Тайширын усан цахилгаан станц, Алтай, Улиастайн дизель станцууд болон бага чадлын сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүдээс цахилгаан эрчимийг үйлдвэрлэн 220/110 кВ-ын дэд станц, дамжуулах сүлжээ, 35/10/6/0,4 кВын дэд станц болон түгээх сүлжээгээр дамжуулан хэрэглэгчдийг цахилгаан эрчимээр ханган ажиллаж байна. Үүний зэрэгцээ Ухаахудаг цахилгаан станц, Оюутолгой орд гарзын хэрэглээг нөөц тэжээлийн үед дизель цахилгаан станцаар ханган ажиллаж байгаа ба ОХУ Ыолон БНХАУаас цахилгаан эрчим хүчийг импортлон авч цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээгээ ханган ажиллаж байна [5].



Зураг 1. МУ-ын ЭХС-үүд

Эх үүсвэрүүд, тэдгээрийн суурилагдсан хүчин чадал Дотоодын эх үүсвэрүүдийн суурилсан чадлыг авч үзье. Дулааны цахилгаан станцуудын суурилагдсан нийт хүчин чадал 1105,8 МВт. Үүнд:

- ❖ Улаанбаатарын ДЦС2 нь 24 МВт
- ❖ Улаанбаатарын ДЦС3 нь 186 МВт
- ❖ Улаанбаатарын ДЦС4 нь 703 МВт
- ❖ Дарханы ДЦС нь 48 МВт
- ❖ Эрдэнэтийн ДЦС нь 28,8 МВт
- ❖ Чойбалсангийн ДЦС нь 36 МВт

- ❖ Даланзадгадын ДЦС нь 9 МВт
- ❖ Ухаахудаг ЦС нь 18 МВт
- ❖ Эрдэнэт үйлдвэр ДЦС нь 53 МВт.

Салхийн цахилгаан станцуудын суурилагдсан нийт хүчин чадал 152 МВт. Үүнд:

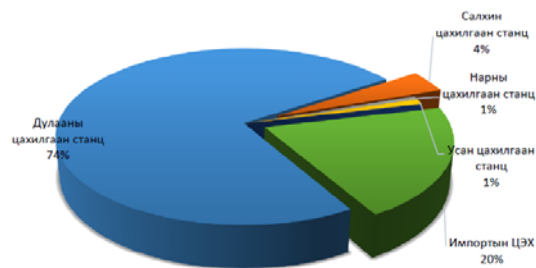
- ❖ Салхит СЦС нь 50 МВт
- ❖ Цэций СЦС нь 50 МВт
- ❖ Сайншанд СЦС нь 52 МВт

Нарны цахилгаан станцуудын суурилагдсан нийт хүчин чадал 60 МВт. Үүнд:

- ❖ Нар НЦС нь 10 МВт
- ❖ Моннар НЦС нь 10 МВт
- ❖ Нарантээг НЦС нь 15 МВт
- ❖ Хөшиг НЦС нь 15 МВт
- ❖ Сүмбэр НЦС нь 10 МВт

Үүнээс гадна Усан цахилгаан станцууд (УЦС) 26,2 МВт болон Дизель цахилгаан станцууд (ДизЦС) 72,6 МВт суурилагдсан хүчин чадалтай байна.

Дотоодын нийт суурилагдсан хүчин чадал 2018 оны байдлаар 1416,6 МВт байна. Бүтцийг авч үзвэл 78%-ийг дулааны станцууд, 15%-ийг сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүд, 2%-ийг усан цахилгаан станц, 5%-ийг дизель станцууд эзэлж байна (Зураг 2).

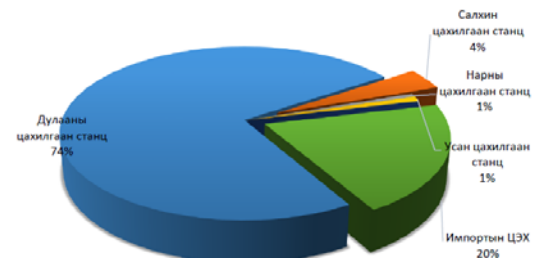


Зураг 2. ЭХС-ийн эх үүсвэрийн бүтэц

Төвийн бүсийн нийт суурилсан чадал 1281,8 МВт байгаа ба 83,5%-ийг дулааны станцууд, 16,5%-ийг сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүд эзэлж байна.

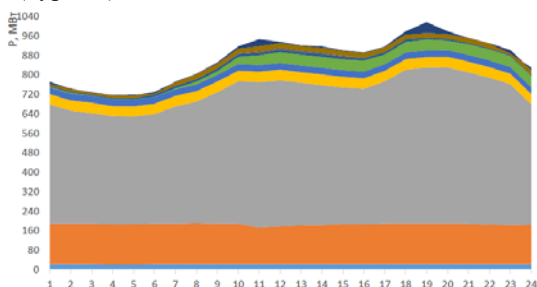
2018 онд нийт дүнгээр ДЦС-уудаар 73,99% буюу 6118.9 сая кВт.цаг, УЦС-аар 0,96% буюу 79.2 сая кВт.цаг, СЦС-аар 4,06% буюу 336.1 сая кВт.цаг, НЦС-аар 0,62% буюу 50.9 сая кВт.цаг, дизель станцаар 0,04% буюу 3,1 сая кВт.цаг цахилгаан эрчим үйлдвэрлэн, нийт 7449.4 сая кВт.цаг цахилгаан эрчим болон 8463.9 мян.Гкал дулааны эрчимийг түгээжээ (Зураг 3).

Монгол улсын хэмжээнд 17 хилийн боомтоор нийт хэрэглээний 20,34% буюу 1681.7 сая кВт.цаг цахилгаан эрчим импортлосон ба 26.9 сая кВт цаг цахилгаан эрчим экспортолжээ.



Зураг 3. 2018 оны Монгол улсын цахилгаан эрчмийн хэрэглээний бүтэц

ТБЭХС-ийн өвлийн их ачааллын үеийн хоногийн цахилгааны хэрэглээ 18,0-23,0 сая кВт.цаг орчим байдаг ба өвлийн горимд хоногийн их, бага ачааллын зөрүү нь 280-350 МВт хүрч байна. Төвийн бүсийн өвлийн их ачааллын үеийн хоногийн цахилгаан ачааллын графикт нийт хэрэглээ 20,7 сая кВт цаг байхад $P_{max}=1016$ МВт, $P_{min}=716$ МВт буюу зөрүү 300 МВт байсан байна. Оргил ачааллын цагт дотоодын үйлдвэрлэлт 971 МВт байхад импортоор 45 МВт хүртэл чадал авсан байна. Хоногийн өглөө, оройны их ачааллын цагуудад импортоор цахилгаан авч, шөнийн бага ачааллын цагуудад бага хэмжээний цахилгааныг экспортонд өгч байна (Зураг 4).

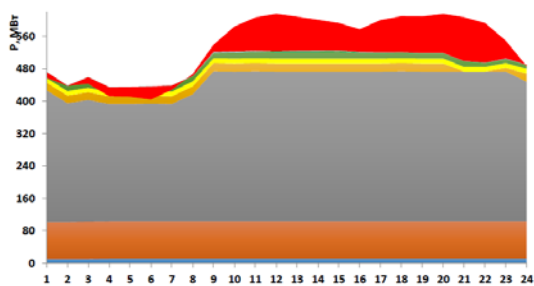


Зураг 4. ТБЭХС-ийн өвлийн их хоногийн ачааллын график

Хүснэгт 1

Их ба бага ачааллын хэмжээ					
№	Он	Их чадал, МВт	Өсөлт, бууралтын хувь	Бага чадал, МВт	Өсөлт, бууралтын хувь
1	2009	695	3.30%	280	2.30%
2	2010	729	4.66%	294	4.76%
3	2011	786	7.25%	290	-1.38%
4	2012	863	8.92%	272	-6.62%
5	2013	910	5.16%	254	-7.09%
6	2014	969	6.09%	288	11.81%
7	2015	965	-0.41%	300	4.00%
8	2016	975	1.03%	331	9.37%
9	2017	1016	4.04%	405	18.27%
10	2018	1117	9.04%	355	-14.08%

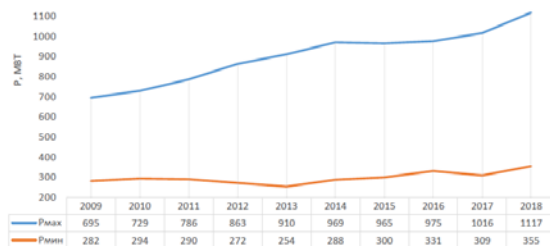
Төвийн бүсийн зуны бага ачааллын үеийн 8 дугаар сарын хоногийн цахилгааны ачааллын графикийг үзүүлсэн ба хоногийн цахилгааны нийт хэрэглээ 12,8 сая кВт цаг байхад $P_{max}=615$ МВт, $P_{min}=404$ МВт буюу зөрүү 211 МВт байсан байна. Өглөө, оройн их ачааллын цагуудад импортоор 70 МВт хүртэл чадал авч, шөнийн бага ачааллын цагуудад 32 МВт хүртэл чадалыг экспортонд өгсөн байна (Зураг 5).



Зураг 5. ТБЭХС-ийн зуны бага хоногийн ачааллын график

ТБЭХС-ийн сүүлийн арван жилийн ачааллын их ба бага хэмжээ, өсөлтийн хувийг авч үзье (хүснэгт 1).

ТБЭХС-ийн сүүлийн 10 жилийн их ачаалал ба бага ачааллын харьцааг харвал бага ачааллын түвшин 25.8% өссөн байхад их ачааллын түвшин 60,7% өссөн байна (зураг 6).



Зураг 6. Ачааллын өсөлтийн график

Цахилгаан эрчим хүчний өсөлттэй холбоотойгоор ТБЭХС-ийн оргил ачаалал жилээс жилд өсөн нэмэгдэж 2017 онд 1016 МВт, 2018 онд 1187 МВт хүрсэн байна.

Энэ нь ачааллын графикийн жигд бусын байдал ихсэж нөгөө талдаа горим зохицуулалтанд ихээхэн хүндрэлтэй байгааг харуулж буй тоо баримтууд юм. Өөрөөр хэлбэл жилийн хугацаанд 762 МВт савалгааг зохицуулан ажиллаж байна.

Цахилгааны ачааллын хоногийн болон ялангуяа жилийн график нь ойрын болон дунд хугацааны эх үүсвэрийн төлөвлөлт хийхэд чухал үүрэгтэй. Ялангуяа эрчим хүчний системн бүтцийг тодорхойлох нь эдгээр графикуудыг ул суурьтай задлан шинжилж математик загварчлалын тусламжтайгаар ирээдүйгээ төлөвлөх нь зүйтэй юм.

3. ЭХС-ийн ачааллын өсөлтийг төлөвлөх математик загварчлал

Түлш, эрчим хүчний макро түвшингийн хэрэглэгчид гэдэг нь цаг хугацааны хувьд өндөр инерцитэй, харцангуй хэвийг өсөлттэй хэрэглэгчид болно. Мөн макро түвшингийн хэрэглэгчид нь улс орны эдийн засгийн макро үзүүлэлттэй корреляцийн нягт хамааралтай байдаг болно. Ийм төрлийн хэрэглээг тусгай аргачлалаар тодорхойлох бөгөөд ихэвчлэн магадлал-статистикийн аргаар шинжилгээ хийж тодорхойлдог [2].

Энд макро түвшингийн түлш, эрчим хүчний хэрэглээг прогнолох экстраполяцийн ба нэг болон олон хэмжээст регрессийн загварыг зохиох аргачлалыг авч үзье.

Макро түвшингийн регрессийн загварыг зохиохдоо функц нь хайж олох гэж байгаа эрчим хүчний хэрэглээ болох бөгөөд харин аргумент нь хугацааны цуваа байж болно.

Манай улсын түлш, эрчим хүчний хэрэглээг ойрын хугацаанд 1-5 жилийн болон дунд хугацаанд 10-15 жилийн, прогнозын 20-30 жилийн хугацаанд тодорхойлох боломжтой.

Одоо тус загварыг зохиох арга ба түүний бүтцийг үзүүлье.

Ерөнхий тохиолдолд регрессийн математик загвар нь дараах полином хэлбэрээр илэрхийлэгдэнэ.

$$\bar{\mathcal{E}}_t = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i + \sum_{i=1}^n a_{ii} X_i^2 \quad (1)$$

энд: $\bar{\mathcal{E}}_t$ - t хугацаанаас хамаарсан регрессийн тэгшитгэл, n - нийт ажиглалтын тоо буюу бодит өгөгдлийг агуулсан жилийн тоо.

Энэ илэрхийлэлд шинжилгээ хийж үзвэл бодит өгөгдөл \mathcal{E}_t ба регрессийн тэгшитгэлээр бодож гаргасан $\bar{\mathcal{E}}_t$ утгын хооронд $\pm \xi(t)$ гэсэн ялгаа гарч байна.

Иймд дээрх өгөгдлийг дараах байдлаар илэрхийлж болно.

$$\mathcal{E}_t = \bar{\mathcal{E}}_t \pm \xi(t), t=1,2,\dots,T_n \quad (2)$$

энд: \mathcal{E}_t - бодит өгөгдөл, $\pm \xi(t)$ - бодит өгөгдөл ба регрессийн тэгшитгэлээр бодож олсон өгөгдлийн хоорондох зөрүү буюу математикийн тэг хүлээлттэй компонент.

Түлш, эрчим хүчний нөөцийн хэрэглээний регрессийн математик загварыг зохиохдоо Microsoft Excel – д байгаа шугаман, логарифм, парабол, зэрэгт, экспоненциал гэсэн функцүүдийг ашиглан гүйцэтгэх болно [4].

Анхдагч өгөгдлийн тооцооны массивийг ашиглаж Microsoft Excel-ийн орчинд график байгуулж түүний хэлбэрээс хамаарч математик загварчлалын хэлбэрийн функцийг сонгох хэрэгтэй. Түлш, эрчим хүчний хэрэглээ жилээс жилд өсөлттэй байдаг тул парабол хэлбэрийн функцийг сонгон авъя.

Парабол хэлбэрийн регрессийн загварын коэффициентүүдийг хамгийн бага квадратын арга ба дундаж квадратын аргаар тодорхойлдог ба дараах урьдчилсан нөхцлийг хангасан байх шаардлагатай. Үүнд:

1. Гаралтын үр дүн болох $\bar{\mathcal{E}}_t$ нь санамсаргүй хэмжигдэхүүн нь өөр хоорондоо харилцан үл хамаарах ба хэвийн тархалттай байх.
2. Гарч буй үзүүлэлтийн дисперс нь өөр хоорондоо тэнцүү байх
3. $\pm \xi(t)$ алдаа харьцангуй бага байх.

Одоо анхдагч өгөгдлийн тооцооны массивыг хүснэгт 1-д үзүүлсэн байна. Энд ТБЭХС-ийн их ачааллыг 2000-2017 оны түвшинд авч үзэн дээрхи аргачлалаар тооцоог хийж гүйцэтгэе. Тооцоонд тухайн онуудын их ачаалалтай хоногийн ачааллын утгийг 24 цаг тус бүрээр авч үзэв (хүснэгт 2).

Ачааллын өсөлтийн графикийг байгуулж, регрессийн математик загварийг сонгов (зураг 7).



Зураг 7. ТБЭХС-ийн 2000-2018 оны их ачааллын өсөлтийн график

ТБЭХС-ийн их ачааллын өсөлтийг төлөвлөх регрессийн математик загвар нь дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ.

$$P_{max} = 1.0835x^2 + 13.335x + 468.43 \quad (3)$$

Регрессийн математик загварын илэрхийлэх чадварыг Фишерийн (F) шинжүүрээр шалгадаг. Энэ шалгуурын мөн чанар нь хоёр дисперсийн харьцааг олж түүнийг хүснэгтийн утгатай харьцуулах замаар шалгана. Үүний тулд дараах харьцааг олно [2, 3, 4].

$$F_T = \frac{\sigma_{\text{тос}}^2 \{P_{max}\}}{\sigma_{\text{дунд}}^2 \{P_{max}\}} \quad (4)$$

энд: $\sigma_{\text{тос}}^2 \{P_{max}\}$ - төсөөтэй байдлын дисперсийн утга, $\sigma_{\text{дунд}}^2 \{P_{max}\}$ - туршилтын үзүүлэлтийн дундаж дисперсийн утга.

Төсөөтэй байдлын дисперс нь тооцооны утгаас түүний аль хэр хэлбэлзэж байгааг харуулах бөгөөд дараах байдлаар тодорхойлно.

$$\sigma_{\text{тос}}^2 \{P_{max}\} = \frac{m}{n-k} \sum_{i=1}^n (\bar{P}_{maxi} - P_{maxi})^2 \quad (5)$$

энд: m - туршилтын тоо, n - хүчин зүйлийн тоо, k - загварын коэффициентийн тоо, \bar{P}_{maxi} - их ачааллын утгын дундаж утга, P_{maxi} - гаргаж авсан загварын тооцоо утга.

Туршилтын дундаж дисперсийг дараах томъёогоор олно.

$$\sigma_{\text{дунд}}^2 \{P_{max}\} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_n^2 \{P_i\} \quad (6)$$

Хэрэв $F_T < F_X$ нөхцөл биелэгдэж байвал регрессийн загвар санамсаргүй хэмжигдэхүүнийг илэрхийлэх чадварыг үнэмшилтэй гэж үзнэ. Өөрөөр хэлбэл загвар төстэй хэмээн үзнэ.

Математик загварын коэффициентүүдийг тодорхойлох явцад тэдгээрийн утга янз бүрийн байж болно. Коэффициентүүдийн утгыг Стьюдентийн (t) шалгуураар шалгана. Энэхүү шалгуурын тооцооны утгыг дараах байдлаар олно.

$$t_T \{d_k\} = \frac{|d_i|}{\sigma \{d_i\}} \quad (7)$$

энд: d_i - регрессийн коэффициент, $\sigma\{d_i\}$ - коэффициентийн дундаж квадрат хазайлтын үнэлгээ [4, хуудас 148].

Хэрэв $t_T > t_X$ нөхцөл биелж байвал коэффициентүүдийн утгыг зөв гэж үзээд тооцоонд хэрэглэнэ.

4. ТБЭХС-ийн их ачааллын өсөлтийн тооцоо

Дээрх аргачлалыг ашиглан ТБЭХС-ийн их ачааллын (Pmax) өсөлтийг регрессийн математик загвар (3)-г ашиглан тооцоог хийж гүйцэтгэхийн өмнө математик загварыг Фишерийн шинжүүр болон Стьюдентийн шинжүүрээр шинжилье.

Тооцооны үр дүнг хүснэгт байдлаар илэрхийлж хавсралтад үзүүлэв. Эндээс авч үзэхэд Фишерийн шинжүүрийн тооцооны утгыг тооцвол

$$F_T = \frac{17957.67}{13902} = 1.29 \text{ болно. Одоо хүснэгтийн}$$

утгыг [4, хавсралт 3-аас] авбал

$$F_X = \left\{ \begin{array}{l} 0.95, f_2 = n - k = 19 - 3 = 16, \\ f_1 = (m - 1)n = (24 - 1)19 = 437 \end{array} \right\} = 1.75$$

болно. Эндээс авч үзвэл $F_T < F_X$ тул уг загвар төстэй загвар болж чадна.

Одоо Стьюдентийн шинжүүрийн тооцооны утгыг $t_T(a_0) = 74.9$, $t_T(a_1) = 199.5$, $t_T(a_2) = 16.2$ гэж тооцлоо. Шинжүүрийн хүснэгтийн утгийг авбал:

$$t_X = \{0.95, f = f_1 + f_2 = 16 + 437 = 453\} = 1.96$$

болно. $t_T > t_X$ нөхцөл биелж байгаа тул коэффициентүүдийн утгыг авна.

Одоо дээрх загварыг ашиглан тооцоо хийж гүйцэтгэн төлөвлөлт хийж хүснэгт 2-д үзүүлэв.

Хүснэгт 2

Ачааллын өсөлтийн тооцоо

д/д	Он	Pmax, МВт	Өсөлт, %	Регрессийн загвар	
				Pmax, МВт	алдаа, %
1	2000	506		482.8	-4.58%
2	2001	510	0.78%	499.4	-2.07%
3	2002	512	0.39%	518.2	1.21%
4	2003	539	5.01%	539.1	0.02%
5	2004	550	2.00%	562.2	2.22%
6	2005	576	4.51%	587.4	1.99%
7	2006	585	1.54%	614.9	5.11%
8	2007	638	8.31%	644.5	1.01%
9	2008	673	5.20%	676.2	0.48%
10	2009	695	3.17%	710.1	2.18%
11	2010	729	4.66%	746.2	2.36%
12	2011	782	6.78%	784.5	0.32%
13	2012	863	9.39%	824.9	-4.42%
14	2013	910	5.16%	867.5	-4.67%
15	2014	969	6.09%	912.2	-5.86%
16	2015	965	-0.41%	959.2	-0.60%
17	2016	975	1.03%	1008.3	3.41%

18	2017	1016	4.04%	1059.5	4.28%
19	2018	1117	9.04%	1112.9	-0.36%
20	2019			1168.5	
21	2020			1226.3	
22	2021			1286.2	
23	2022			1348.3	
24	2023			1412.6	
25	2024			1479.0	
26	2025			1547.6	

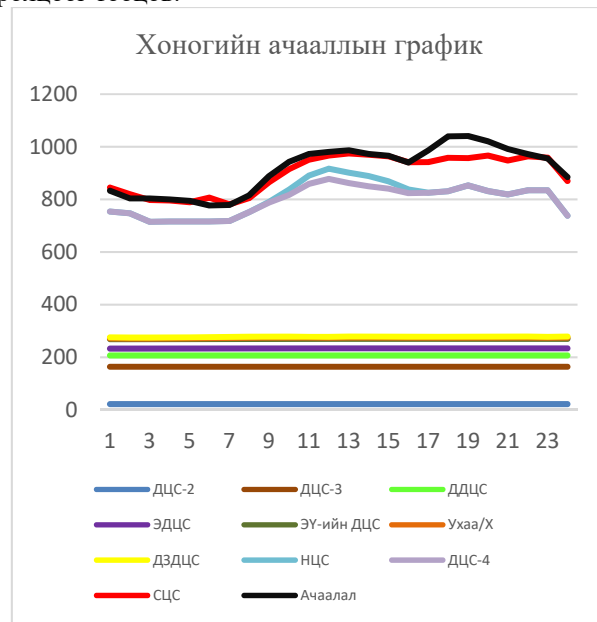
Энэ загвараар 2017 оны их ачааллыг бодоход 1059,5 МВт гарч байгаа бөгөөд бодит үзүүлэлт нь 1016 МВт байна. Энэ нь 43,3 МВт-ын зөрүүтэй буюу 4,28% алдаатай гарч байна. ТБЭХС-ийн 2000-2018 ондуудын жилийн дундаж ачааллын өсөлт 3,98% байсан бол 2018 – 2025 онуудад 3,81% болж байна.

Түлш, эрчим хүчний нөөцийн бусад хэрэглээг мөн энэ аргачлалын дагуу гүйцэтгэн прогнозын үзүүлэлтийг гаргаж болно.

5. ТБЭХС-ийн 2018 оны 12- сарын 15 ны

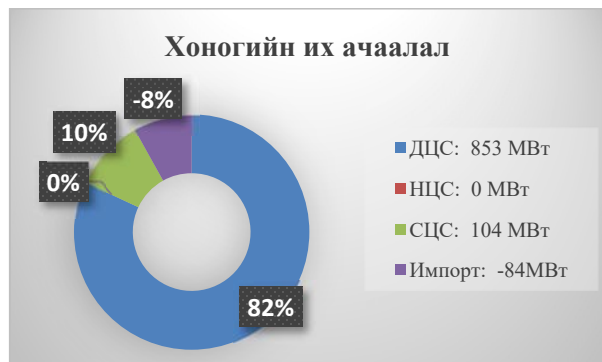
хоногийн ачааллын графикийн дүн шинжилгээ

ТБЭХС-ийн 2018 оны 12 сарын 15 ны хоногийн ачааллын графикийг авч үзье (зураг 8). Энэхүү графикт ДЦС-ууд, СЭХ-ний эх үүсвэрүүд болон импортын оролцоог тооцов.



Зураг 8. Хоногийн ачааллын графикт станцуудын оролцоо

Хоногийн ачааллын графикийн оргил үед (19 цагт) станцуудын оролцсон байдлыг авч үзэхэд ДЦС 863 МВт буюу 82%-иар, НЦС 0%, СЦС 104 МВт буюу 10%-иар, Импорт 84МВт буюу 8%-тай байна (Зураг 8).



Зураг 9. Станцуудын хоногийн их ачаалалд оролцсон бүтэц

Харин хоногийн бага ачааллын үед (6 цагт) станцуудын оролцсон байдал нь ДЦС 716 МВт буюу 85%, НЦС 0 МВт, СЦС 91 МВт буюу 11%, Экспорт 30 МВт буюу 4%-тай байна (Зураг 9).



Зураг 10. Станцуудын хоногийн бага ачаалалд оролцсон бүтэц

Өдрийн 13 цагийн ачааллын үед станцуудын оролцсон байдал нь ДЦС 862 МВт буюу 87%, НЦС 40 МВт буюу 4%, СЦС 73 МВт буюу 8%, Импорт 12 МВт буюу 1%-тай байна (Зураг 10).



Зураг 11. Станцуудын 13 цагт ачаалалд оролцсон бүтэц

Эндээс авч үзэхэд хоногийн ачааллын их бага утгын зөрүү 264 МВт ба их ачааллын 25%-иар хувьсан өөрчлөгдөж байна. Энэхүү өөрчлөлтийн дийлэнх хувийг ДЦС-4 135 МВт үлдсэн хэсгийг ОХУ-ын импортын 220кВ-ын шугамаар ачааллын нарийн өөрчлөлтийг тохируулж ТБЭХС-ийн тогтвортой найдвартай ажиллагааг ханган ажиллаж байна. ДЦС-4 нь оргил ачааллыг давахад нэмэлт нэг генератор ажиллагаанд оруулсан ба энэхүү ажлыг бэлтгэхэд ихээхэн цаг хугацаа

шаардаг байна. СЭХ-ний станцууд эрчим хүчний нөөц боломжоос шалтгаалан бүрэн хүчин чадлаараа ачааллын графикт оролцоно. Зөвхөн шөнийн бага ачааллын үед тодорхой хязгаарлалттай байна. Дээрхи тооцоо, судалгаанаас дараах дүгнэлтийг гаргаж байна.

6. ДҮГНЭЛТ

Монгол Улсын эрчим хүчний системүүдийн найдвартай, аюулгүй, тогтвортой бөгөөд эдийн засгийн хувьд үр ашигтай ажиллах, хэрэглэгчдийг чанартай эрчимээр хангах асуудал нь стратегийн хувьд түүний сүлжээний төлөвлөлт, түгээлтийн асуудлууд, найдвартай эх үүсвэр, шугам сүлжээ, тоног төхөөрөмж, энэ салбарт ажиллаж буй боловсон хүчний чадамжтай нягт холбоотой.

Цахилгаан үйлдвэрлэлт ба түгээлт нь нэгэн эгшинд зэрэг явагдаж байдгаараа онцлогтой, үүнээс шалтгаалж горим ажиллагааг хэвийн хамжээнд хангаж ажиллах асуудал цаг ямагт хурцаар тавигддаг ба энэхүү салбарын найдвартай ажиллах асуудлыг ямагт нэн тэргүүнд хөндөж байдаг салшгүй үндэслэл юм.

Төвийн бүс нь ДЦС дээр суурилагдсан бөгөөд ДЦС-уудын хүчин чадал нь харилцан адилгүй тул томоохон станцын горим ажиллагаа доголдоход системийн тогтвортой ажиллагаанд шууд нөлөөлдөг. Иймд эх үүсвэрийн бүтцийн асуудлыг оновчтой болгох асуудал хурц хэвээр байна.

Төвийн бүсийн сүүлийн 10 жилийн их ачаалал ба бага ачааллын харьцааг харвал бага ачааллын түвшин 25.8% өссөн байхад их ачааллын түвшин 60,7% өссөн байна.

Цахилгаан эрчим хүчний өсөлттэй холбоотойгоор ТБЭХС-ийн оргил ачаалал жилээс жилд өсөн нэмэгдэж байгаа бөгөөд 2017 онд 1016 МВт байсан бол 2018 онд 1117 МВт хүрсэн байна.

Энэ нь ачааллын графикийн жигд бусын байдал ихсэж нөгөө талдаа горим зохицуулалтанд ихээхэн хүндрэлтэй бөгөөд жилийн хугацаанд 762 МВт савалгааг зохицуулж ажиллана гэсэн үг юм.

Ачааллын өсөлтийн тооцоогоор 2025 онд оргил ачаалал 1409 МВт хүрэх тул энэ ачааллыг хаах эрчим хүчний эх үүсвэр дутагдалтай байна. Дээрх асуудал салбарын томоохон тулгамдсан асуудал болоод үүнийг шийдэх нэлээн хэдэн төсөл хөтөлбөрүүд дэвшүүлээд байгаа болно.

Ашигласан ном, материал:

1. Нүүрэй Б. Эрчим хүчний системийн хөгжлийн оновчлолт. ШУТИС, Манай эрдэмтэд ХХI боть 2007, -267 х.
2. Содномдорж Д. Цахилгаан эрчим хүчний системийн горимын цогцолбор судлал ба математик загварчлал. ШУТИС, Шилмэл бүтээл 2012, -827 х.
3. Содномдорж Д. Инженерийн судалгааны математик аргууд. ШУТИС, Нэг сэдэвт бүтээл 2009, -267 х.
4. Авдай Ч. Судалгаа шинжилгээний ажил гүйцэтгэх арга зүй. ШУТИС 2015, -279 х.
5. Ёндонгомбо Г, Өнөрмаа Ц. Монгол улсын эрчим хүчний салбарын хөгжлийн концепц, 2018, - 66 х.

6. Эрчим хүчний статистикийн үзүүлэлтүүд. Эрчим хүчний зохицуулах хороо, 2011-2017, -75 х.
7. Website: Эрчим хүчний зохицуулах хороо - <http://erc.gov.mn/>
8. Website: Диспетчерийн Үндэсний Төв ХХК - <http://ndc.energy.mn>

“БЗӨБЦТС” ТӨХК-НИЙ 6-35 кВ-ЫН ХҮЧДЭЛТЭЙ ХӨНДИЙРҮҮЛСЭН СААРМАГ ЦЭГ БҮХИЙ ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ГАЗАРДЛАГЫН ХАМГААЛАЛТЫН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ ГАРЧ БУЙ ХҮНДРЭЛҮҮД

С. Болд*, Б.Бат-Эрдэнэ*

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. Багануур зүүн өмнөд бүсийн цахилгаан түгээх сүлжээ ТӨХК-ний харьяа 6-35 кВ-ийн цахилгаан дамжуулах шугамын тасралтын судалгааг сүүлийн 9 жилийн байдлаар гаргасан бөгөөд шугамын тасралтаас үүсэн гарах бодит хохирлын хэмжээг тоогтоохоос гадна тасралтын шалтгаан, гэмтлийн нөхцлүүдийг тодорхойлсон. Хөндийрүүлсэн саармаг цэгтэй шугам сүлжээнд газардлага гарахад гүйх гүйдлийн хэмжээ, хэт хүчдэл үүсэх эсэх нь тухайн шугам сүлжээний шугамын урт, ажлын хүчдэл, фазуудын газартай харьцангуй багтаамжаас ихээхэн хамаарч тоноглол, шугамын найдвартай ажиллагаа болоод аюулгүй ажиллагаанд ихээхэн сөрөг нөлөө үзүүлж байна. Иймд энэ асуудлыг шийдвэрлэх арга замыг тодорхойлоход оршино.

Түлхүүр үг. Цахилгаан дамжуулах шугам, богино залгаа (БЗ), нэг фазын газардлага, тасралт.

I. ОРШИЛ

“БЗӨБЦТС” ТӨХК-ний харьяанд 35 кВ-ын 44 дэд станц 1504,48 км шугам, 22 кВ-ын 2 дэд станц 60,6 км шугам, 20,2 кВ-ын 4 дэд станц 45,5 км шугам, 10 кВ-ын 100 дэд станц 494,75 км шугам, 6 кВ-ын 275 дэд станц 464,79 км цахилгаан дамжуулах шугам ашиглагдаж байна.

Эрчим хүчний системийн үндсэн тоноглолуудад үүсч буй нийт гэмтлийн 80 орчим хувь нь ЦДАШ-д болдог гэсэн судалгааны дүн байдаг. Энэ нь ЦДАШ-ын дамжуулагч элемент ямар нэгэн тусгаарлагчгүйгээр шууд ил, агаарт байдаг тул гадны болон цаг агаарын хүчин зүйлээс болж дамжуулагч утаснуудын хооронд болон газартай харьцангуйгаар богино залгаа болох эрсдэл хамгийн их байдгаар тайлбарлагдана. Богино залгааны хэлбэр олон янз байх ба үндсэнд нь дагуу, хөндлөн богино залгаа гэж ангилж болно. Үүнээс нэг фазын газардлагын гэмтэл нилээд хувийг эзэлдэг.

Мөн цахилгаан шугам сүлжээнд гардаг газардлагын гэмтлийн ихэнх хувийг дараах төрлийн гэмтлүүд эзэлдэг. Үүнд:

- Хөндийрүүлэгдсэн саармаг цэгтэй шугам сүлжээний (35 кВ хүртэл) нэг фазын газардлага.
- Гүн газардуулсан саармаг цэгтэй шугам сүлжээний (15 кВ болон 110кВ-оос дээш) нэг фазын газардлага.

Тусгаарласан саармаг цэгтэй горимын үед нэг фазын газардлагаас хамгаалах хамгаалалт нь ихэнхи тохиолдолд дохиолол өгөх ба зарим тохиолдолд аюулгүй ажиллагааг хангах зорилгоор таслах үйлдлийг гүйцэтгэх шаардлагатай болдог.

Иймд:

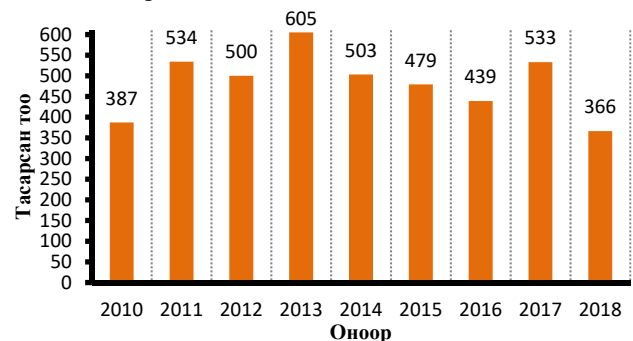
1. Хөндийрүүлсэн саармаг цэгтэй шугам сүлжээнд газардлага гарахад гүйх гүйдлийн хэмжээ, хэт хүчдэл үүсэх нөхцлийг бууруулах

2. Хөндийрүүлсэн саармаг цэгтэй горимд газардлага гарсан үед хамгаалалтаар шууд таслах боломжийг судлах шаардлагатай байна.

Дээр дурьдсан хоёр чухал асуудлыг энэхүү илтгэлд авч үзлээ.

II. “БЗӨБЦТС” ТӨХК-НИЙ ҮНДСЭН ТОНОГЛОЛЫН ТАСРАЛТЫН СУДАЛГАА

“БЗӨБЦТС” ТӨХК-ний үндсэн тоноглолын тасралтын судалгааг 2010-2018 оны байдлаар хийж үзэхэд 2013 онд хамгийн олон удаа буюу 605 удаагийн тасралт бүртгэгдсэнээс энэ нь нийт тасралтын 20.6 хувийг эзлэж байна (зураг 1). Жилийн дундаж тасралт нь 435 орчим байгаа нь түгээх сүлжээний хувьд өндөр байгаа нь харагдаж байна.

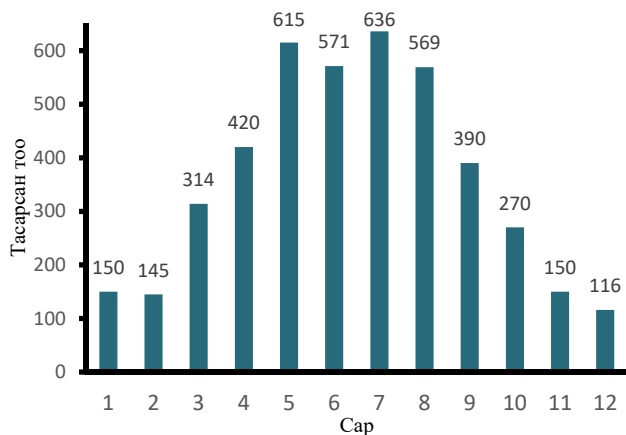


Зураг 1. 2010-2018 оны тасралтын судалгаа /жилээр/

Зураг 2-т сүүлийн жилүүдийн тасралтыг сараас хамааруулан үзсэн байгаа бөгөөд хамгийн их тасралттай сар буюу 636 удаа 7-р сард (нийт тасралтын 15%) байна. Судалгаанд “БЗӨБЦТС” ТӨХК-ний 6, 10, 35 кВ-ын шугам сүлжээний тасралт хамрагдсан бөгөөд, тасралт нь цаг агаарын байдал, тухайн жилийн тоног

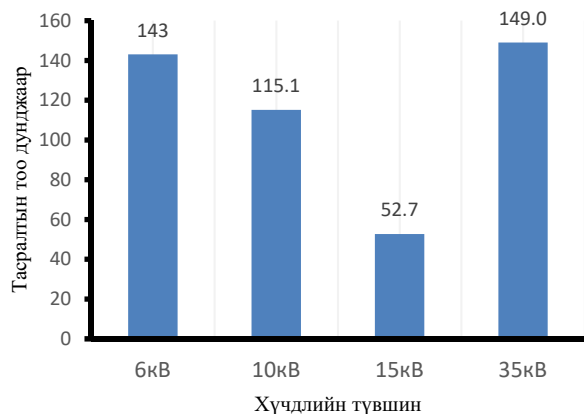
төхөөрөмжийн засвар үйлчилгээ зэргээс гадна бороо, аянга цахилгаан ихээхэн нөлөөлж байгаа нь харагдаж байна. Судалгаанаас харахад сүүлийн жилүүдэд төмөр бетон тулгуураар шинэчлэл хийж байгаа нь тулгуур аянганд цохиулж гэмтэх эрсдлийг бууруулж тасралтын тоо буурах хандлагатай байна.

Ялангуяа өвлийн улиралд тасралтын тоо 18 хүртэл (нийт тасралтын 3%) буурч байгаа боловч чанаргүй дамжуулагч утас ашигласан мөн төмөр бетон тулгуурын уян харимхай чанар модон тулгуураас бага байдгаас дамжуулагч утас чангарч тасрах гэмтлүүд буурахгүй өсөх хандлагатай байна.

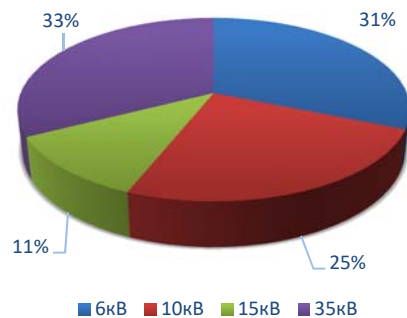


Зураг 2. 2010-2018 оны тасралтын судалгаа /сараар/

Хүчдлийн түвшингийн хувьд 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын тасралт их байгаа нь тухай шугамын урт стандарт хэмжээнээс хэт урт болсонтой холбоотой бөгөөд багтаамжийн гүйдэл хэвийн хэмжээнээс 3-4 дахин их болж нэг фазын газардлага гарсан үед гэмтэл нь даамжирч 2 фазын богино залгаа болж тоног төхөөрөмж гэмтээх, дахин гэмтэл, тасралт гарах нөхцлийг бүрдүүлж байна.



Зураг 3. Хүчдлийн түвшингөөс хамаарсан 2010-2018 оны тасралтын тоо



Зураг 4. Хүчдлийн түвшингөөс хамаарсан 2010-2018 оны тасралтын тоо

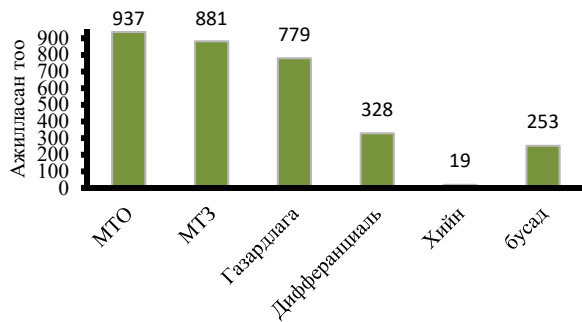
"БЗӨБЦТС" ТӨХК-ний харьяа цахилгаан тоноглолын РХА-ийн ажилласан байдлын судалгааг хийж үзэхэд нийт 2925 удаа реле хамгаалалт ажилласанаас гүйдлийн отсечик хамгаалалт 397 удаа буюу жилд 156 удаа ажилласан байна (хүснэгт 2).

Хүснэгт 2

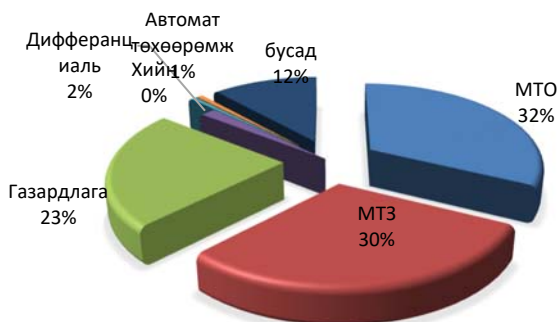
Реле хамгаалалт, автоматикийн ажилласан байдал

	МТО	МТЗ	Газардлагын хамгаалалт	Дифференциаль хамгаалалт	Хийн хамгаалалт	Автомат төхөөрөмж	бусад	Нийт
2010	99	110	106	4	0	0	68	387
2011	156	131	162	20	12	0	53	534
2012	162	158	145	11	0	0	24	500
2013	212	164	150	8	8		63	605
2014	173	165	102	4	0	4	55	503
2015	135	155	114	4	0	1	70	479
2016	140	132	93	0	1	15	58	439
2017	194	172	76	12	3	9	67	533
2018	131	122	57	7	0	0	49	366
Нийт тоо	1402	1309	1005	70	24	29	507	4346
Дундаж тоо	156	145	112	8	3	3	56	483

Хүснэгт 2-оос харахад РХА-ийн төхөөрөмжийн нийт ажилласан байдал нь 2013 онд хамгийн олон удаа 583 удаа, 2014 онд 496 удаа, 2015 онд 439 удаа ажилласан үзүүлэлт гарсан байна. Харин 2014 онд АЧР-ийн төхөөрөмж 4 удаа ажиллаж хэрэглэгчдийг эрчим хүчээр хязгаарласан нь онцгой анхаарал хандуулах шаардлагатай болж буйг харуулж байна. Ялангуяа сүүлийн жилүүдэд АЧР төхөөрөмж ажиллаж хязгаарлалт хийсэн нь харагдаж байна (хүснэгт 2).



Зураг 5. РХ-ын ажилласан байдал



Зураг 6. 2010-2018 оны РХА-ийн ажилласан байдал

2010-2018 оны РХА-ийн төхөөрөмжийн ажиллагааны судалгаанаас харахад гүйдлийн хамгаалалтууд ихэвчлэн ажилласан нь харагдаж байгаа бөгөөд нийт ажилласан тооны 62%-ийг эзлэх байгаа нь бол 23%-ийг газардлагын дохиолол өгч гараар тасалсан байна. Энэ нь багтаамжийн гүйдэл ихтэй байгаа хөндийрүүлсэн саамаг цэгтэй шугамын хувь хэт хүчдэл /2-4 дахин их/ үүсч тоног төхөөрөмжийн тусгаарлага гэмтээх гол нөхцөл болж байна (зураг 6). Тухайлбал 110/35/6 кВ-ын “Өндөрхаан” дэд станцын 35 кВ-ын “Бэрх” гаргалгааны нийт урт 291 км байгаа нь дараах томъёогоор тооцвол гүйдлийн хэмжээ $I_{зз} = U * L / 350 = 37 * 291 / 350 = 30,7A$ гарч байна. Энэ нь зөвшөөрөгдөх хэмжээнээсээ 3 дахин их байгаа бөгөөд хэт хүчдэл 2-4 дахин их буюу 70-140 кВ болж тоног төхөөрөмжийн тусгаарлагыг гэмтээх магадлалтай байна.

III. ДҮГНЭЛТ

Цахилгаан шугам сүлжээний үндсэн үүрэг нь цахилгаан эрчмийг тасралтгүй найдвартай дамжуулж, хэрэглэгчдийг стандартын шаардлага хангасан чанартай цахилгаан эрчмээр хангах явдал билээ. Гэвч манай сүлжээний хувьд дараах хүндрэлүүд үүсээд байна. Үүнд:

- 35 кВ-ын ЦДАШ нь дэд станцын шинээр дамжин гарч дахин 70-80 км сунаж нийт урт нь 180 орчим км болж байгаа нь байвал зохих хэмжээнээс /30-100км/ 2 дахин ихсэж хүчдлийн хазайлт тогтоогдсон хэмжээнээс хэтэрч цахилгаан эрчим хүчний чанарт муугаар нөлөөлж байна.

- Тусгаарласан буюу компенслагдсан нейтралтай шугам сүлжээнд нэг фазын газардлага гарах үед гэмтлийн цэгээр газар луу гүйх гүйдэл харьцангуй бага байна. Гэмтсэн фазын хүчдэл тэг рүү тэмүүлж эрүүл фазын хүчдэл газартай харьцангуйгаар шугамын хүчдэл хүртэл өсөх ба цаашид тогтворгүй нуман газардлагын үед гэмтээгүй фазын хүчдлүүд нум асах хугацаанд сүлжээний тусгаарлагч дээр 2,2-4 дахин өсөх үзэгдэл ажиглагддаг.[8]

- Төмөр бетон тулгууртай 35 кВ-ын агаарын шугамын хувьд тулгуурын газардуулгын эсэргүүцэл нь цахилгаан байгууламжийн дүрмэнд зааснаас 30 Омоос бага байдаг бөгөөд нэг фазын газардлага гарсан үед тулгуурын орчим алхамын хүчдэл үүсэх нөхцлийг бүрдүүлдэг. Энэ нь манай улсад мөрдөгдөж байгаа дүрэм, журмаар тусгаарласан нейтралтай шугам сүлжээний газардлагыг илрүүлэх зорилгоор 2 цаг хүртэл хугацаагаар хүчдэлтэй барьж болдог бөгөөд энэ хугацаанд газардлага гарсан цэгт хүн болон мал, амьтан хүчдэлд нэрвэгдэх нөхцөл боломжийг бий болгож байна.

Цаашид дараах ажлуудыг хийж гүйцэтгэх шаардлагатай байна.

- Тусгаарласан саармаг цэгтэй шугам сүлжээний багтаамжийн гүйдлийг зөв тодорхойлж, түүнийг бууруулах судалгаа хийх.

- Багтаамжийн гүйдэл болон богино залгааны гүйдлийг өөр хооронд нь ялгаж хамгаалалтын алгоритм боловсруулах судалгааны ажил хийх.

Нэг фазын газардлагын хамгаалалтыг сайжруулж богино хугацаанд тасалдаг болгох.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Эрчим хүч & engineering 2006-9 (45).
2. “Эрчим хүчний салбарын түүхэн хөгжил, ирээдүйн чиг хандлага” сэдэвт онол практикийн бага хурлын илтгэлүүдийн эмхэтгэл. 2002 он.
3. “БЗӨБЦТС” ХК”-ний тасралтын судалгаа. 2010-2018 он.
4. Цахилгаан тоноглолын төхөөрөмжийн дүрэм. 6-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1998.
5. “Цахилгаан түгээх сүлжээний техникийн дэвшил” илтгэлүүдийн эмхэтгэл. 2015 он. -12 х.
6. Д.Содномдорж. Цахилгаан системийн алдагдлыг тодорхойлох арга, загварууд ба түүнийг багасгах арга замууд. Улаанбаатар хот. 1999 он. -118 х.
7. Монгол улсын ЭХЗХ-ны 2015 оны үйл ажиллагааны тайлан. 24 х.
8. Ш.Гантөмөр. “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем” 2014 он. 85 х.
9. “Түгээх сүлжээний хөгжлийн чиг хандлага” онол поактикийн бага хурлын эмхэтгэл. 2014 он.

ШИВЭЭ-ОВООГИЙН НҮҮРСИЙГ АТМОСФЕРЫН ДАРАЛТАНД ХИЙЖҮҮЛСЭН ЗАГВАРЧЛАЛЫН ҮР ДҮН

А.Түмэнбаяр*, Т.Баяртөгс**

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

** Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны Сургууль

Хураангуй. Хүрэн нүүрсийг хийжүүлэх процессын параметрийн оновчтой утгыг тодорхойлох судалгааны ажлын явцад ASPEN программ хангамжийг ашиглан хийжүүлэлтийн процессын загварчлалыг төрөл бүрийн даралт, температур, уур-агаарын үлээлгийн зарцуулалтын өөр өөр утгын үед хийж туршлаа. Эдгээр туршилт, тооцооллын үр дүнгээс зөвхөн атмосферын даралтын үед хийсэн загварчлалаас гарган авсан тооцооны үр дүнгээс энд танилцуулж байна.

Ингэхдээ хийжүүлэлтийн үеийн даралтыг 1 бар тогтмол барьж, түүний температурыг 200-1000 °С, үлээлгийн агент болох уур-агаарын холимог дахь агаарын зарцуулалтыг 50-210 кг/ц, уурын зарцуулалтыг 5-45 кг/ц байхад 100 кг/ц хэмжээтэй Шивээ-Овоогийн хүрэн нүүрсийг хийжүүлэх загварчлалыг хийсэн.

ASPEN PLUS программ ашиглан нийт 81 удаагийн туршилтын загварчлалыг хийсэн бөгөөд туршилтын үр дүнгээс харахад хийжүүлэлтийн температур 600 °С, агаарын зарцуулалт 50 кг/ц, уурын зарцуулалт 30 кг/ц байхад хамгийн өндөр дулаан гаргах чадвартай хийн хольцод азот -19.74%, усны уур - 0.04%, нүүрстөрөгчийн дан исэл - 47.04%, нүүрстөрөгчийн давхар исэл - 0.98%, устөрөгч -4.85%, метан -27.01% байна. Энэ үед хийн дулаан гаргах чадвар-3857 ккал/м³ байна. Хамгийн бага дулаан гаргах чадвар нь хийжүүлэлтийн температур 1000 °С, агаарын зарцуулалт 210 кг/ц, уурын зарцуулалт 45 кг/ц байхад хийн хольцод азот -35.7%, усны уур - 4.43%, нүүрстөрөгчийн дан исэл - 29.82%, нүүрстөрөгчийн давхар исэл - 3.04%, устөрөгч -26.51%, метан -0.0% байхад 1580 ккал/м³ байна. Харин дундаж хийн үзүүлэлт нь хийжүүлэлтийн температура-тур 800 °С, агаарын зарцуулалт 90 кг/ц, уурын зарцуулалт 40 кг/ц байхад хийн хольц дахь азот - 22.53%, усны уур - 0.09%, нүүрс-төрөгчийн дан исэл - 41.1%, нүүрстөрөгчийн давхар исэл - 0.13%, устөрөгч -28.99%, метан -6.83% байхад 2568 ккал/м³ байна. Бодит нөхцөлд ийм технологиор гарган авч буй хийн үзүүлэлттэй харьцуулахад харьцангуй өндөр байгаа бөгөөд хамгийн бага дулаан гаргах чадвартай үеийн нөхцөл нь илүү ойрхон байгаа юм. Гэхдээ бидний зорилго өндөр дулаан гаргах чадвартай хийг үүсгэх учир бодит нөхцөлд дундаж үзүүлэлтийн үеийн буюу хийжүүлэлтийн температура-тур 800 °С, агаарын зарцуулалт 90 кг/ц, уурын зарцуулалт 40 кг/ц байх нөхцөлд хийжүүлэлтийг явуулах нь үр ашигтай гэж үзэж байна.

Түлхүүр үг. ASPEN, температур, агаар, уур, зарцуулалт.

ОРШИЛ

Нүүрсийг хийжүүлэх аргын хувьд хөдөлгөөнгүй үет, буцлах давхаргад, урсгалд нь хийжүүлэх гэсэн үндсэн 3 хэлбэртэй хийжүүлэх технологиуд дээр тулгуурласан Лурги, Винклер, Копперс-Тотцекийн төрлийн хийн генераторуудыг өргөн ашиглаж байна [1].

Хийжүүлэх процессын онолын судалгааг хийхдээ сүүлийн жилүүдэд Aspen plus программыг өргөнөөр ашиглах болсон бөгөөд ихэвчлэн үлээлгийн агентын төрөл, хийжүүлэлтийн процессын даралт, температура-тур, нүүрс ба үлээлгийн агаар, усны уурын харьцаан дээр [2-5] үндэслэсэн онолын судалгаануудыг хийж байна.

Тухайлбал, К.Ананд, Кишори нар биомассын хийжүүлэлтийн процессыг буц-лах давхаргатай хийн генераторт явуулж, түүний хийн найрлагыг усны уур-биомасс, агаар-биомассын харьцаа болон темпер-атураас хамааруулан тодорхойлсон [2] бол С.Илайх, Д.Веерабхадра Сасикант нар мөн аргачлалыг ашиглан хийн найрлагыг усны уур-биомасс, агаар-биомассын харьцаа болон даралт, температураас хамааруулан тодорхойлсон байна [3]. Пакистаны эрдэмтэд хүрэн нүүрсийг хийжүүлэх процессыг загварчлан стехиометрийн харьцаа, уур-нүүрсний харьцаа, хийжүүлэл-тийн температур, үлээлгийн агентын температур зэргийн нөлөөллийг тооцон үлээлгийн агаарын зарцуулалтыг нэмэг-дүүлэхэд устөрөгч, монооксид, диоксид, метаны агууламж багасан хийн дулаан гаргах чадвар 29.3% буурч, усны уурын зарцуулалт нэмэгдэхэд дулаан гаргах чадвар минутанд 0.8%-иар өсдөг болон үлээлгийн агентын температурыг нэмэгдүүлэхэд монооксид, диоксидын хэмжээ ихээхэн нэмэгдэж, дулаан гаргах чадвар өсөж байдгийг тодорхойлжээ [6].

Дорнод Хятадын Технологийн Их Сургуулийн судлаачид гурван үет урсгалд нь хийжүүлэх Техако маягийн хийн генераторын Aspen Plus дээр загварчлалыг хийж шатах хийн найрлага, шилжсэн нүүрстөрөгч, хийжүүлэлтийн температур зэргийг тооцож, загварын үр дүнг бусад судлаачдын хийсэн туршилтын үр дүнтэй харьцуулан бодит үр дүнг урьдчилан таамаглах боломжтой гэсэн дүгнэлтийг хийсэн байна [7]. Түүнчлэн Пакистан болон Малайзын эрдэмтэд Пакистаны томоохон нүүрсний ордын нүүрсийг хийжүүлэх процессын мэдрэмжийн шинжилгээг RK-Soave аргаар хийж усны уур ба нүүрсний харьцаанаас хамааруулан устөрөгч ба монооксидын гарцыг тогтооход 95.76%, хийжүүлэлтийн үр ашиг 54.41% хүрсэн байна [8].

Зарим судлаачид Гибссийн чөлөөт энергийн хамгийн бага утгын үед хийжүүлэлтийн урвалын тэнцвэрийн тогтмолыг илэрхийлж, түүнээс хамааруулан хийн найрлагыг тооцох аргачлалыг ашигласан байдаг [9-13].

Энэ аргаар тооцоход хийжүүлэлтийн температур, даралтын нөлөөллийг илүү авч үздэг бөгөөд үүнийг бас Aspen Plus программд Gibbs reactor гэсэн хийн генераторын сонголтоор оруулж өгсөн байна.

Иймд бид энэхүү загварчлалын программыг ашиглан хийжүүлэлтийн процессын математик загварыг гаргахын тулд атмосфер ба түүнээс дээш даралтын үед уур-агаарын тодорхой зарцуулалтын үед хийжүүлэх процессыг 500-1500 °C температурын хооронд тооцоолон монгол орны хүрэн нүүрсний ордуудад тулгуурлан загварчлалуудыг хийж байна. Энэ судалгааны ажлын нэг хэсэг болох Шивээ-Овоогийн нүүрсний хийжүүлэлтийн үр дүн, түүний математик загварыг энд танилцуулж байна.

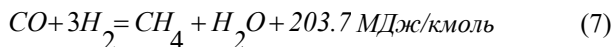
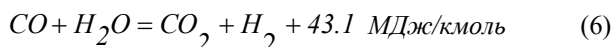
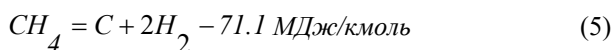
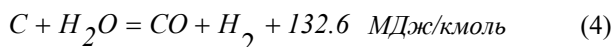
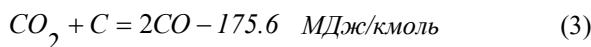
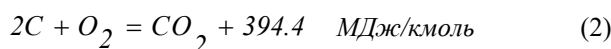
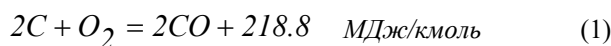
2. Судалгааны объект буюу Шивээ-Овоогийн нүүрсний ордын тухай товч танилцуулга.

Шивээ-овоогийн нүүрсний орд нь Улаанбаатар хотоос зүүн урагшаа 265 километр, Говь сүмбэр аймгийн Шивээговь сумын нутагт далайн түвшинээс дээш 1200 метрт оршдог. Шивээ-овоогийн нүүрсний орд нь нийт 29500.0 га талбайг хамардаг бөгөөд нийт 2708.7 сая тн нүүрсний нөөцтэй 3 үндсэн хэсгээс бүрддэг. Шивээ-овоогийн ордын нүүрс нь Б-2 бүлгийн хүрэн нүүрсний ангилалд хамаарагддаг ба нүүрсний нийт 8 давхаргатай бөгөөд одоогийн байдлаар I ба II давхаргаас олборлолт явагдаж байна [14].

3. Судалгааны арга зүй

Бид судалгааны ажилдаа Шивээ-овоогийн ордын нэг болон хоёрдугаар давхаргын нүүрсийг сонгон авч дээжинд техникийн шинжилгээг холбогдох стандартын дагуу тодорхойлж, хийжүүлэлтийг хөдөлгөөнт үет хийжүүлэгч төхөөрөмжинд доорх нөхцлөөр хийж гүйцэтгэхээр тооцов.

Хийн генератор дахь хийжүүлэлтийн процесс нь дараах химийн үндсэн урвалуудаар явагдах ба эдгээрийн үр дүнд бидний гол гарган авах шаардлагатай шатамхай хий, үнс болон шаарга үүсдэг [15].



Уур-агаарын үлээлгэгэй, нүүрсний хийжүүлэлтийг даралтан дор явуулж түүнээс үүсэх хийн найрлага, түүний физик, химийн параметруудийг тооцоолохдоо

Aspen Plus програмын үндсэн тооцооллын аргачлалуудаас нүүрс хийжүүлэлтэнд тохирсон Пенг-Роб аргачлал (Peng-Rob) -ыг сонгон өгөгдөл, нөхцлүүдээ оруулан хийсэн. Энэ аргач-лалын хувьд 1976 онд Канадын Албертын их сургуулийн профессор Д.Б.Робинсон болон түүний шавь Д.Пенг нарын баталсан тохируулагч хэмжигдэхүүнээс хамаарсан хийн төлөвийн үндсэн тэгшитгэлийг [16] ашиглан нүүрс, хийжүүлэлтийн үлээлгийн агент, хийжүүлэлтийн бүтээгдэхүүн зэргийн хэмжээ, температур, зарцуулалт, генера-торын дулааны хүчин чадал зэргийг өндөр нарийвчлалтайгаар бодит нөхцөлд ойртуулан загварчилдаг.

$$\left(P + \frac{aa}{v^2 + 2bv - b^2} \right) (v - b) = RT \quad (8)$$

Энд: α -Температур ба хурдны өөрчлөлтийг тооцсон коэффициент.

$$\alpha = \left[1 + (0.37464 + 1.5422\omega - 0.26992\omega^2) (1 - \sqrt{T_r}) \right]^2$$

a, b - Тохируулагч хэмжигдэхүүнүүд:

$$a = 0.45724 \frac{R^2 T_c^2}{P_c}$$

$$b = 0.07780 \frac{RT_c}{P_c}$$

$$Z^3 - (1-B)Z^2 + (A-2B-3B^2)Z - (AB-B^2-B^3) = 0$$

$$A = \frac{\alpha a P}{R^2 T^2}$$

$$B = \frac{b P}{RT}$$

$$(\alpha a)_m = \sum \sum y_i y_j (\alpha a)_{ij}; (\alpha a)_{ij} = \sqrt{(\alpha a)_i (\alpha a)_j} (1 - k_{ij})$$

$$b_m = \sum_i y_i b_i$$

Практикт туршилтын өгөгдлийг шалгахын тулд илүү нарийвчлалтай хосолсон параметрууд(kij)-ийн харилцан хамаарлын ашигладаг ба эдгээр харилцан үйлчлэлийн параметрийн эмпирик шинж чанараас хамааран, PR EOS-ийн тооцоолсон коэффициент нь ижил хос молекулуудын SRK EOS-ийн тооцоолсонтой ижил гарч болдог байна [16].

Загварчлалыг хийхэд шаардлагатай Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний техникийн болон элементийн шинжилгээний үр дүнг 1 ба 2 дугаар хүснэгтэд харуулав.

Хүснэгт 1

Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний техникийн шинжилгээний дүн

Нүүрсний дээж	Чийг	Үнслэг	Дэгдэмхий бодис	Хүхэр	Илчлэг, ккал/кг
	W ^a , %	A ^a , %	V ^a , %	St, %	Q ^{daf}
Шивээ-Овоо	34.18	8.16	37.38	0.51	6576

Хүснэгт 2

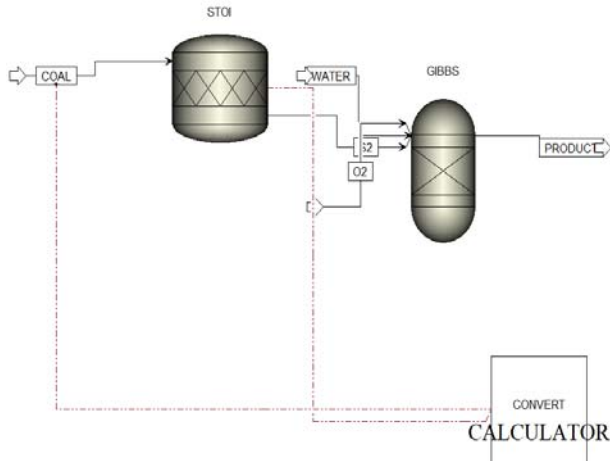
Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний элементийн шинжилгээний дүн

Нүүрсний дээж	C ^{daf} , %	H ^{daf} , %	N ^{daf} , %	St	O ^{daf} , %
Шивээ	70.94	4.99	0.95	0.22	14.75

Загварчлалын тооцоонд анхны өгөгдөл болгон орчны даралт 1.01325 бар, температур 10°C байхаар, харин хийн генераторт орох нүүрсийг 100 кг/ц, агаарын зарцуулалтыг 100-240 кг/ц, уурын зарцуулалтыг 5-50 кг/ц, хийжүүлэлтийн даралт 1-25 бар, температур нь 500-1500 °C байх үед загварчлалыг хийлээ.

1-р зурагт, Уур-агаарын үлээлгэтэй хийн генераторын загварын схемийг харууллаа.

Загварчлалыг хийхдээ хийн генераторт явагдах процессыг халаах, хийжүүлэх гэсэн хоёр хэсэгт хуваан нүүрсийг халаан задлах процессыг STOI реакторт, хийжүүлэлтийг GIBBS реакторт явагдахаар тооцож блокуудыг сонгож, STREAM буюу орох, гарах түүхий эдийн урсгалуудыг тус бүрд нь блокууд буюу реакторуудтай холбон тооцоолуудыг CALCULATOR блокын тусламжтайгаар гүйцэтгэв.



Зураг 1. Уур-агаарын үлээлгэтэй хийн генераторын симуляцын загвар

4. Математик загвар ба түүний боловсруулалт

Математик загвар нь нүүрсний үндсэн техникийн үзүүлэлтүүд болох нүүрстөрөгч, чийглэг, үнслэг, дэгдэмхий эдийг хийжүүлэлтийн даралт (x₁), температур (x₂), үлээлгийн агент болох агаар (x₃), усны уурын (x₄) зарцуулалт зэргээс хамааруулан хийжүүлэлтийн гол бүтээгдэхүүн болж байгаа нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO), устөрөгч (H₂), метаны (CH₄) гарцыг тодорхойлон

тэдгээрээс хамаарсан хийн дулаан гаргах чадварыг тооцох зорилготой юм.

Ингэхдээ бид хийжүүлэлтийн үед үүссэн хий тус бүрийн хувьд дээрх хүчин зүйлсээс хэрхэн хамаарч байгааг нь тогтоож, түүндээ үндэслэн математик загварыг гаргахыг зорьсон.

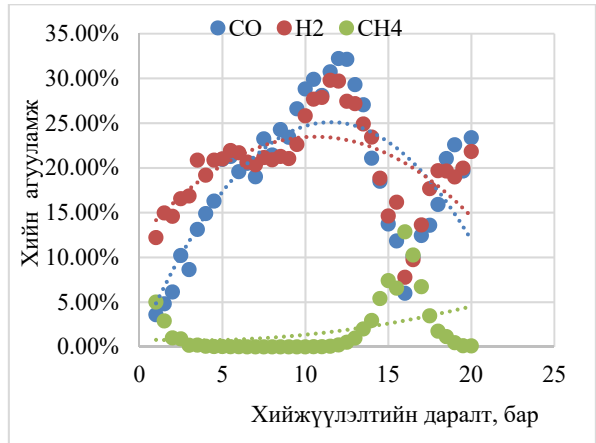
Жишээлбэл, нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO) нь хийжүүлэлтийн даралт (x₁), температур (x₂), үлээлгийн агент болох агаар (x₃), усны уурын (x₄) хэмжээнээс ямар хамааралтай байгааг судалж дараах үйлдвэрлэлийн мэдрэмжийн зэрэг бүхий функцийг гаргасан.

$$CO = b_{11} * x_1^{b_{12}} * x_2^{b_{13}} * x_3^{b_{14}} * x_4^{b_{15}} \quad (9)$$

$$H_2 = b_{21} * x_1^{b_{22}} * x_2^{b_{23}} * x_3^{b_{24}} * x_4^{b_{25}} \quad (10)$$

$$CH_4 = b_{31} * x_1^{b_{32}} * x_2^{b_{33}} * x_3^{b_{34}} * x_4^{b_{35}} \quad (11)$$

болно.



Зураг 2. Хийжүүлэлтийн даралт ба хийн агууламжийн хамаарал

Хийн дулаан гаргах чадварыг нь Д.И.Мендлеевийн гаргасан томъёогоор тодорхойлно.

$$Q_p^H = 30.2CO + 25.7H_2 + 85.5CH_4 \quad (12)$$

Бид судалгааны ажилдаа хийжүүлэлтийн үр дүнд үүсэх хийн гарц нь түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлсээс хамааран шатах хийн дулаан гаргах чадварыг хамгийн өндөр байлгах зорилгыг тавьж ажиллаж байна.

Иймд дараах математик загварыг санал болгож байгаа бөгөөд

$$Q_p^H = 30.2CO + 25.7H_2 + 85.5CH_4 \rightarrow \max \quad (13)$$

ийм зорилгын функцтэй

$$CO = b_{11} * x_1^{b_{12}} * x_2^{b_{13}} * x_3^{b_{14}} * x_4^{b_{15}} > 0$$

$$H_2 = b_{21} * x_1^{b_{22}} * x_2^{b_{23}} * x_3^{b_{24}} * x_4^{b_{25}} > 0$$

$$CH_4 = b_{31} * x_1^{b_{32}} * x_2^{b_{33}} * x_3^{b_{34}} * x_4^{b_{35}} > 0$$

- 1 < x(1) – даралт < 30
- 200 < x(2) – температур < 1000
- 50 < x(3) – Агаарын зарцуулалт < 240
- 5 < x(4) – уурын зарцуулалт < 50

Дээрх функцууд болон зааглалтын мужаас харахад энэ зааглалтай шугаман бус програмчлалын бодлого

болж байгаа бөгөөд бодлогыг бид Матлав программыг ашиглан бодож үр дүнг гаргасан.

Математик загварын үр дүнд Шивээ-Овоогийн нүүрсийг дөрвөн хүчин зүйлсээс тус бүрд нь хамааруулан хийн найрлага, түүний дулаан гаргах чадварыг тооцож үзсэн.

Даралтыг зөвхөн өөрчлөн бусад хүчин зүйлийг тогтмол гэж үзэхэд нүүрстөрөгчийн дутуу исэл, метан нь даралтын утгаас шууд хамаарч байгаа ба харин устөрөгч урвуу хамааралтай байна. Ерөнхийдөө хийн генератораас гарах шатах хийн найрлага дахь нүүрстөрөгчийн дутуу исэл, метаны агууламж даралтын нөлөөллөөр нэмэгдсэнээр хийн дулаан гаргах чадвар буюу илчлэг нь өсөж байна. Иймд шатах хийг өндөр дулаан гаргах чадвартай болгохын тулд даралтыг атмосферын буюу 1 бар даралтаас дээш явуулах нь тохиромжтой байгаа бөгөөд ялангуяа 10 бар даралтын үед илүү тохиромжтой байна. Даралтын утга 15 бар хүрэхэд 10 бар үеийнхээс төдийлэн ялгаагүй бараг ижил байна.

Харин температурыг зөвхөн өөрчлөх тохиолдолд нүүрстөрөгчийн дутуу исэл, устөрөгч нь температурын утгаас урвуу хамаарч байгаа ба харин метан нь шууд хамааралтай байна. Ерөнхийдөө хийн генератораас гарах шатах хийн найрлага дахь нүүрстөрөгчийн дутуу исэл, устөрөгчийн агууламж температур нэмэгдэхэд багасаж байгаа учир хийн дулаан гаргах чадвар буюу илчлэг нь буурч байна. Иймд шатах хийг өндөр дулаан гаргах чадвартай болгохын тулд температурыг 1100 °C-ийн дотор барих нь зүйтэй гэж үзэж байна.

Үлээлгийн агент болох агаарын зарцуулалтыг зөвхөн өөрчлөн бусдыг нь тогтмол барьж хийжүүлэлтийг тооцоход нүүрстөрөгчийн дутуу исэл, метаны хувьд ерөнхийдөө үлээлгийн агаарын зарцуулалт нэмэгдэхэд буурах хандлагатай, харин устөрөгчийн хувьд өсөх хандлагатай болох нь харагдаж байна.

Иймд нүүрстөрөгчийн дутуу исэл, метаныг нэмэгдүүлэхийн тулд аль болох агаарын зарцуулалт, даралт, температурын утгыг бага барих нь зохистой болно. Харин устөрөгчийн хувьд даралтын тодорхой утга хүртэл нэмэгдүүлэх боломжтой тул үүнийг анхаарах хэрэгтэй юм.

Үлээлгийн усны уурын зарцуулалтыг зөвхөн өөрчлөн бусад хүчин зүйлийг тогтмол барихад нүүрстөрөгчийн дутуу ислийн хэмжээг нэмэгдүүлэхийн тулд уурын зарцуулалтыг 20 кг/ц, даралтыг 11 бараас илүүгүйгээр барих нь тохиромжтой байна.

Харин устөрөгчийн агууламжийг нэмэгдүүлэхийн тулд агаарын зарцуулалтыг 20 кг/ц-аас их, даралтыг 3-10 бар даралтын хооронд барих нь тохиромжтой байна. Метаны хувьд уурын зарцуулалт 15 кг/ц, хийжүүлэлтийн температур 700-800 °C байх нь илүү тохиромжтой болох нь харагдаж байна.

Дээрх бүгдээс эцэст нь дүгнэхэд хийжүүлэлтийг 10 бар даралттай, 750 °C орчим температуртай, 20 кг/ц уурын зарцуулалттай явуулсан тохиолдолд хамгийн өндөр агууламжтай шатах хий үүсэх боломжтой гэж үзэж болохоор байна.

ДҮГНЭЛТ

Нүүрсний хийжүүлэлтийн загварын үр дүнд дүгнэлтэнд хүрч байна.

1. Шатах хийн найрлага, түүний дулаан гаргах чадварыг нэмэгдүүлэхийн тулд даралтыг атмосферын буюу 1 бар даралтаас дээш явуулах нь тохиромжтой байгаа бөгөөд ялангуяа 10 бар даралтын үед илүү тохиромжтой байна. Даралтын утга 15 бар хүрэхэд 10 бар үеийнхээс төдийлэн ялгаагүй бараг ижил байна.

2. Температурын утгыг 900-1100 °C хооронд барих нь хамгийн тохиромжтой байна.

3. Үлээлгийн агаарын зарцуулалт нэмэгдэхэд нүүрстөрөгчийн дутуу исэл, метаны хувьд ерөнхийдөө нэмэгдэхэд буурах хандлагатай, харин устөрөгчийн хувьд өсөх хандлагатай байгаа тул нүүрстөрөгчийн дутуу исэл, метаны агууламжийг нэмэгдүүлэхийн тулд аль болох агаарын зарцуулалт, даралт, температурын утгыг бага барих нь зохистой болно. Харин устөрөгчийн хувьд даралтын тодорхой утга хүртэл нэмэгдүүлэх боломжтой тул үүнийг анхаарах хэрэгтэй юм.

4. Нүүрстөрөгчийн дутуу ислийн хэмжээг нэмэгдүүлэхийн тулд уурын зарцуулалтыг 20 кг/ц, даралтыг 11 бараас илүүгүйгээр барих нь тохиромжтой бол устөрөгчийн агууламжийг нэмэгдүүлэхийн тулд агаарын зарцуулалтыг 20 кг/ц-аас их, даралтыг 3-10 бар даралтын хооронд барих нь тохиромжтой байна. Метаны хувьд уурын зарцуулалт 15 кг/ц, хийжүүлэлтийн температур 700-800 °C байх нь илүү тохиромжтой болох нь харагдаж байна.

5. Эцэст нь дүгнэхэд хийжүүлэлтийг 10 бар даралттай, 750 °C орчим температуртай, 20 кг/ц уурын зарцуулалттай явуулсан тохиолдолд хамгийн өндөр агууламжтай шатах хий үүсэх боломжтой гэж үзэж болохоор байна.

Ашигласан ном зүй.

1. Nikolai V. Khartchenko, Vadym m. Kharchenko. ADVANCED ENERGY SYSTEMS. Second Edition. CRC Press. Taylor&Francis Group. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300. Boca Raton, FL 33487-2742. Version Date: 20130724. International Standard Book Number-13: 978-1-4822-1688-2. Page-65.
2. K. Anand Kishore and K. A. V. Ramanjaneyulu. SIMULATION OF BIOMASS GASIFICATION IN FLUIDIZED BED USING ASPEN PLUS. 6th International Conference on Chemical, Biological and Environment Sciences (ICCEBS'2015) Sept. 13-14, 2015 Dubai (UAE).
3. S.Ilaiah, D.Veerabhadra Sasikanth, B.Satyavathi. PROCESS SIMULATION OF A ENTRAINED FLUIDIZED BED BIOMASS GASIFICATION USING ASPEN PLUS. International Journal of Advance Research in Science and Engineering. Vol.No5, Issue No 04, April 2016. IJARSE. ISSN 2319-8354.
4. HE Chang, FENG Xiao, Khim Hoong Chu, LI Anxue and LIU Yongjian. INDUSTRIAL-SCALE FIXED-BED COAL GASIFICATION: MODELING, SIMULATION AND THERMODYNAMIC ANALYSIS. PROCESS SYSTEMS ENGINEERING AND PROCESS SAFETY.

- Chinese Journal of Chemical Engineering*, 22(5) 522-530 (2014). DOI: 10.1016/S1004-9541(14)60066-5.
5. Jorge E. Preciado, John J. Ortiz-Martinez, Juan C. Gonzalez-Rivera, Rocio Sierra-Ramirez and Gerardo Gordillo. SIMULATION OF SYNTHESIS GAS PRODUCTION FROM STEAM OXYGEN GASIFICATION OF COLOMBIAN COAL USING ASPEN PLUS®. *Energies* 2012, 5, 4924-4940; doi: 10.3390/en 5124924.
 6. Naveed Ramzan, Muhammad Athar, Sharmina Begum, Syed Waqas Ahmad, Shahid Naveed. SIMULATION OF CIRCULATING FLUIDIZED BED GASIFICATION FOR CHARACTERISTIC STUDY OF PAKISTANI COAL. Vol. 17, No. 1, 2015. Polish Journal of Chemical Technology, 66-78, 10.1515/pjct – 2015 -0011.
 7. KONG Xiangdong, ZHONG Weimin, DU Wenli and QIAN Feng. THREE STAGE EQUILIBRIUM MODEL FOR COAL GASIFICATION IN ENTRAINED FLOW GASIFIERS BASED ON ASPEN PLUS. PROCESS SYSTEMS ENGINEERING AND PROCESS SAFETY Chinese Journal of Chemical Engineering, 21(1) 79—84 (2013) DOI: 10.1016/S1004-9541(13)60444-9.
 8. Fahim Uddin, Syed A. Taqvi and Inayatullah Memon. PROCESS SIMULATION AND SENSITIVITY ANALYSIS OF INDIRECT COAL GASIFICATION USING ASPEN PLUS® MODEL. VOL. 11, NO. 17, SEPTEMBER 2016. ISSN 1819-6608 ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences ©2006-2016 Asian Research Publishing Network (ARPN). All rights reserved.
 9. X. Li, J.R. Grace, A.P. Watkinson, C.J. Lim, A. Ergu. EQUILIBRIUM MODELING OF GASIFICATION: A FREE ENERGY MINIMIZATION APPROACH AND ITS APPLICATION TO A CIRCULATING FLUIDIZED BED COAL GASIFIER. *Fuel* 80 (2001) 195-207.
 10. Shabbar Syed, Isam Janajreh, Chaouki Ghenai. THERMODYNAMICS EQUILIBRIUM ANALYSIS WITHIN THE ENTRAINED FLOW GASIFIER ENVIRONMENT. *Int. J. of Thermal & Environmental Engineering* Volume 4, No. 1 (2012) 47-54.
 11. Alina Żogała. EQUILIBRIUM SIMULATIONS OF COAL GASIFICATION – FACTORS AFFECTING SYNGAS COMPOSITION. *Journal of Sustainable Mining*, 13(2), 30 - 38.
 12. Ю.С. Кузнецов, Г.Г. Михайлов, О.И. Качурин. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИИ ВОДЯНОГО ГАЗА. Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2014, том 14, № 1.
 13. Magdalena Cempa-Balewicz, M. Jacek Łączny, Adam Smoliński, Sebastian Iwaszenko. EQUILIBRIUM MODEL OF STEAM GASIFICATION OF COAL. *Journal of Sustainable Mining* ISSN 2300-3960 The English-language online version (primary, reference version of *J. Sust. Min.*).
 14. Avid, B., Purevsuren, B., Paterson, N., Zhuo, Y., Peralta, D., Herod, A.A., Dugwell, D. and Kandiyoti, R. An exploratory investigation of the performance of Shivee-Ovoo coal and Khoot oil shale from Mongolia, *Fuel*, 83 (7-8) (2004) 1105-1111.
 15. Tumenbayar A. "The effect on the gas composition of gas-generating processes of the chemical reaction of equilibrium constants". Highly flammable chemistry, treatment and environmental problems. ASS of MUST 2016 №4. стр 10 - 17.
 16. D.-Y. Peng, D.B. Robinson, *Indus. Eng. Chem. Fundam.* 15 (1976) 59 - 64.

УБТЗ-ЫН ГОЛ ЗАМЫН ДАГУУХ ХӨРСӨНД ХИЙСЭН ХИМИЙН БА МЕХАНИК БҮРЭЛДЭХҮҮНИЙ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ДҮНГ ҮНДЭСЛЭН ХӨРСНИЙ ХУВИЙН ЦАХИЛГААН ЭСЭРГҮҮЦЛИЙГ ТОГТООХ НЬ

Л. Булигирмаа*, З.Цэрэндорж**

*Төмөр Замын Дээд Сургууль

**Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

Хураангуй. УБТЗ-ын одоогийн байгаа төмөр замын цахилгаан байгууламжийг шинэчлэн сайжруулах, цаашид цахилгаанжуулах, өндөр хурдны галт тэрэг явуулахад шаардлага хангахуйц замын бүтэцтэй байх, шинээр баригдах контактын сүлжээний газардуулгын байгууламжийг ОУ-ын цахилгаан техникийн комиссын баталсан **NEC-(1987,250-83-3)** стандартын шаардлагын дагуу хөрсний шинжилгээ судалгааны ажлыг гүйцэтгэж байгаа болно. Үүний тулд төмөр зам тавигдах трассын дагуу байрлах газруудад хөрсний эсэргүүцлийн хэмжилт туршилт хийж, газрын гүнээс 0,6-0,8м гүнээс ухаж авсан хөрсний дээжид лабораторын орчинд химийн найрлагын ба механик бүрэлдэхүүний задлан шинжилгээг тус тус хийлгэсэний дүнд, цаашид хөрсний химийн найрлагаас нь хамааруулан хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл,

хөрсөн дахь потенциалын тархалтыг нарийвчлан судлах боломжтой болсон.

Хөрсний химийн задлан шинжилгээний дүнг үндэслэн УБТЗ-ын гол замын дагуу Замын-Үүд, Сайншанд, Чойр, Амгалан, Улаанбаатар, Зүүн-Хараа, Дархан, Сүхбаатар зэрэг төмөр замын өртөөд байрласан газрын хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцлийг хөрс тус бүрийн онцлогт нь тохируулан Евростандартын модулын газардуулгын системийг нормт хэмжээнд барьж ажиллах боломжтой болно.

NEC-(1987,250-83-3) стандартын шаардлага хангасан газардуулгын шинэ техник технологи болох **“Модулын газардуулгын байгууламж”**-ийг стандартын дагуу нэвтрүүлсэнээр төмөр замын цахилгаан хангамжийн сүлжээнд гүйдэлд нэрвэгдэх

хүний тоо эрс багасаж, цахилгаан гүйдлээс хамгаалах найдвартай арга хэмжээг улам боловсронгуй болгох ач холбогдолтой.

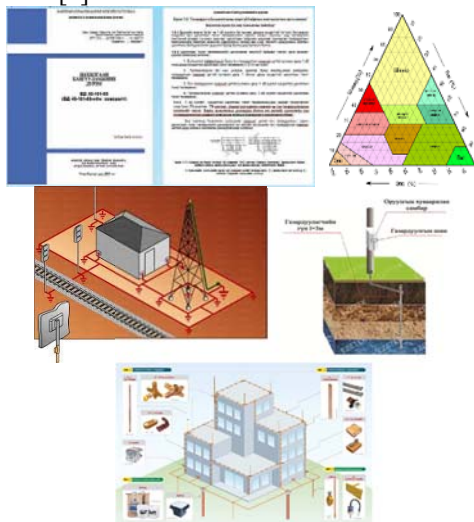
Түлхүүр үг. ОУ-ын цахилгаан техникийн комисс, **NEC-(1987,250-83-3)** стандарт, Модулын газардуулгын байгууламж.

I. ОРШИЛ

Төмөр замын цахилгаан хангамжийн сүлжээг цахилгаанжуулах, өндөр хурдны цахилгаан галт тэрэгний зам төмрийн хэлхээ байгуулах нь өндөр эрсдэлтэй бүс байдаг. Цахилгааны аюулгүй ажиллагааг найдвартай хангаж ажиллах үүднээс газардуулгын хамгаалалтын байгууламжид шинэ технологийн модулын газардуулгын байгууламжийг нэвтрүүлэх шаардлагатай байна. Үүний тулд одоо байгаа УБТЗ-ын гол замын трассын дагуу орших том өртөөдийн байрлаж буй хэсгийн төмөр замын ул шорооны бүтцийг судлах, гүний хөрсний тогтоцыг нарийвчлан судлах зэрэг ажлуудыг хийж байгаа болно.

Олон улсын цахилгаан техникийн комиссоос баталсан одоо ОХУ-д мөрдөж байгаа ГОСТ Р 50571.1-2009 (МЭК 60364-1:2005) стандартыг 2011 онд Монгол улсад шинэчлэн боловсруулж баталсан болно. “Цахилгаан байгууламжийн дүрэм” БД 43-101-03/*11-ийн 1.6 дугаар бүлгийн “Газардуулга ба цахилгаан аюулгүйн арга хэмжээ” хэсгийг шинэчлэн боловсруулсан дүрэмд зааснаар хамгаалалтын газардуулгын нормт хэмжээ 2, 4, 6, 8 Ом байхаар шинэчлэн тогтоосон байна [4].

Олон улсын хэмжээнд хүлээн зөвшөөрөгдсөн (МЭК 60364-1:2005) стандартын дагуу модулын газардуулгын байгууламжийг шинээр нэвтрүүлэхэд юуны өмнө суурилуулах хөрсний тогтоц, бүтэц, химийн найрлага зэрэгт судалгаа шинжилгээ, туршилт хэмжилтийн ажлыг гүйцэтгэх шаардлагатай. Иймд УБТЗ-ын гол замын дагуух 10 том өртөөний хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн нарийвчилсан судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэлээ [4].



Зураг 1. Цахилгаан байгууламжийн дүрэм, хөрсний бүтэц, ТЗ-ын цахилгаан байгууламж дахь газардуулга,

Газардуулгын электрод суулгасан байдал, Аянгийн газардуулгын холболт

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ.

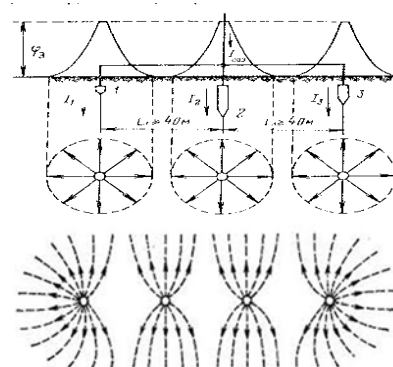
Судалгааны объектоор УБТЗ-ын гол замын дагуу Замын Үүд, Сайншанд, Чойр, Амгалан, Улаанбаатар, Зүүн-Хараа, Дархан, Сүхбаатар зэрэг төмөр замын 10 том өртөөдийн байрласан газрын хөрсийг судалсан болно. Энэ ажилд Хөрсний урвалын орчинг иономерийн арга, хөрсний нитратын азотыг потенциометрийн арга, хөрсний давсжилтыг ионометрийн арга, хөрсний механик бүрэлдэхүүнийг Качинскийн арга, хөрсний цахилгаан дамжуулах чадварыг ионометрийн арга зэрэг стандартын аргуудаар тодорхойллоо.

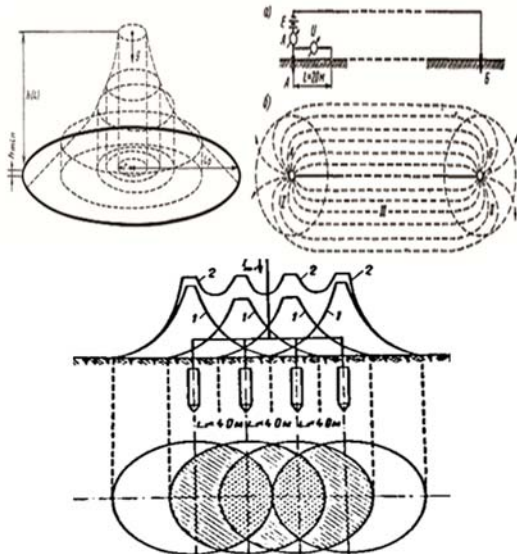
Цахилгаан байгууламжийн бүлэг газардуулгын орчны хөрсөнд тархах потенциалын тархалт

Цахилгаан байгууламжийн газардуулгын электродуудыг нь хоорондын зай нь тэнцүү хэмжээтэй байрладаг. Газардуулгын электродоор потенциал тархахдаа тархалтын муруй зураг үзүүлсэн байдлаар тархаж цахилгаан орны хүчний шугамуудыг үүсгэдэг. Энэ үед электродуудын орчинд үүссэн цахилгаан орон нь харилцан үйлчлэлцэхгүй. Зөвхөн электрод тус бүр өөрийн орчиндоо үүсгэсэн потенциалын тархалтын муруйн хэлбэртэй байна. Тархалтын муруйг дараах 2 тохиолдолд авч үзье.

1. Электродуудын хэлбэр, хэмжээнүүд нь ижил байвал потенциалын тархалтын муруй ижил байна.
2. Хэрэв өөр өөр байвал потенциалын тархалтын муруйн хэлбэр янз бүрийн хэлбэртэй байна.

Нэг электродын гүйдэл нь орчин тойрондоо 20 м-ийн дотор гүйж замхрах учраас электродууд 40 м, буюу түүнээс хол зайнд байх тохиолдолд цахилгаан орон бие биедээ нөлөөлөхгүй, цахилгаан оронд ямар нэгэн гажуудал үүсгэхгүй. Энэ тохиолдолд зураг 1-д үзүүлснээр гүйдлүүд нь тус тусдаа тархаж, потенциалын тархалтын муруйн зураг бие биедээ хамааралгүй болж байна.





Зураг 2. Газардуулгын потенциалын тархалтын муруйн хэлбэр дүрс, Из- газардлагын гүйдэл, Электрод бүрийн өөрийн потенциалын муруй, 2.Потенциалын тархалтын ерөнхий муруй

Газардуулгын байгууламжийн электродуудын хоорондын зай нь $S < 40\text{ м}$ үед бүлэг газардуулгын потенциалын тархалтын муруй ба цахилгаан орны хүчний шугамын хоорондын зай ойртож нэг электродын цахилгаан орон нь нөгөө электродад нөлөөлөх учраас хөрсөн дээрх потенциалын тархалтын муруй нь зураг 2-д заасан байдалтай 2 гэсэн муруйгаар хувирч өөрчлөгдөнө. Энэ үед потенциалын муруйн хэлбэр дүрс, потенциалын өсөлт уналтууд нь электродуудын тоо, хэлбэр, хэмжээ хоорондын зайнаас ихээхэн хамаарна.

Электрод хоорондын зай багасахад электрод хоорондын потенциалын хэмжээ өсч хамгийн их утга руугаа ойртоно. Харин зай холдож $L \gg 40\text{ м}$ байхад электрод хоорондын потенциал тэгтэй тэнцүү, потенциалын хамгийн их утга нэг электродын өөрийн потенциалтай тэнцүү болно. Ийм маягаар олон электродтой үед электрод хоорондын зай ойртоход электрод хоорондын потенциал ихсэж, газрын гадаргуугын потенциал жигдэрч байгаа нь хүрэх хүчдэл ба алхмын хүчдэлийг эрс бууруулдаг сайн талтай юм.

Олон тооны электродуудыг нэгтгэн холбож нэг газардуулах байгууламж болгон ашиглах үед бүх электродууд дээр байх потенциалууд нь хоорондоо тэнцүү хэмжээнд байх бөгөөд энэ потенциалыг **газардуулах байгууламжийн потенциал** гэнэ. Иймээс цахилгаан тоног төхөөрөмж байрлах газрыг сонгосоны дараа хөрсний инженер геодезийн шинжилгээг зохих стандартын дагуу хийж гүйцэтгэхдээ хөрсний цахилгаан хувийн цахилгаан эсэргүүцлийг туршилт хэмжилтийн аргаар нарийвчлан тогтоох нь хүний амь насыг аврах газардуулгын өндөр үнэтэй тоног төхөөрөмж суурилуулахад шаардлагатай мэдээлэл болдог байна.

Хөрсөн дэх цахилгаан орны туйлшралын үзэгдэл. Хөрсөн дэх цахилгаан дамжуулах шинж чанар нь эрдэс чулуулгийн цахилгаан эсэргүүцэл, диэлектрик тогтмол, соронзон мэдрэх чадвар, туйлшрал гэх мэт хэмжигдэхүүнүүдээр тодорхойлогддог. Бүх чулуулаг нь

чөлөөт электрон, холбоост ионы цэнэгүүдийг агуулна. Цахилгаан орны үйлчлэл болон гадны хүчний нөлөөгөөр нэмэх, хасах цахилгаан цэнэг нь шилжилтэд орох үзэгдлийг **чулуулгийн туйлшрал** гэнэ. Чулуулагт цахилгаан орон үүсгэхэд түүний кристаллын нэмэх, хасах цэнэг нь хуучин байсан төлөв байдлаасаа шилжин чулуулгийн гадаргууд нэвтэрдэггүй цэнэгүүдийг бий болгоно. Энэ цэнэгүүд нь гадны орны эсрэг чиглэсэн цахилгаан орныг давхар бий болгоно. Өөрөөр хэлбэл: Чулуулгийн туйлшрах чадвар нь гүйдэл гүйж байгаа үед цэнэг хуримтлуулах үйлдлийг хийсний дараа, гүйдэл тасарсан тохиолдолд хуримтлуулсан цэнэгээ аажмаар алдах үзэгдэл явагдах бөгөөд үүнийг туйлшралтын коэффициентээр илэрхийлнэ. Чулуулгийн туйлшралт нь ерөнхийдөө 1-4 % орчим байх бөгөөд дунджаар хэвийн туйлшралтыг 2-3 % гэж үздэг. Энэхүү үзүүлэлт нь магмын болон хувирмал чулуулагт 1-2% байх бөгөөд эрдэс чулуулгийн чийг ихсэх тусам туйлшрал буурдаг байна.

Цахилгаан химийн идэвхижил. Энэ нь чулуулгийн байгалийн тогтмол гүйдлийн цахилгаан орныг үүсгэх шинж төлөвийг авч үздэг. Туйлшралт нь чулуулаг ба хүдэр тогтмол болон хувьсах гүйдлийн нөлөөгөөр шингэн ба хатуу биетийн зааг дээр исэлдэн ангижрах урвал явагдаж харилцан адилгүй химийн найрлага, агуулгатай шингэнийг хөдөлгөөнд оруулж цахилгаан орныг үүсгэдэг. Заримдаа цахилгаан химийн идэвхжилтэд газар доорх усны нөлөөгөөр үүссэн байгалийн цахилгаан орны хүчлэгийн коэффициентийг авдаг бөгөөд энэхүү коэффициентийг милливольтоор хэмжинэ. Цахилгаан химийн идэвхжилийн коэффициент нь чулуулгийн эрдсийн найрлага, шаваржилт, нүх сүвшилт, чийгшилт, газар доорх усны эрдэсжилтээс хамаарна. [6]

Туйлшралын муруй. Туйлшралтын муруй гэдэг нь электрон ба ионы дамжуулагчийн заагаар гүйж байгаа гүйдэл ба энэ зааг дээрх потенциалын ялгавар 2-ын хамаарлыг графикаар дүрслэн үзүүлсэн муруй юм. Өөрөөр хэлбэл төрөл бүрийн эрдсүүд харилцан адилгүй цахилгаан дамжуулах чадвартай учраас өөрийн гэсэн туйлшралтын муруйтай, эдгээрийн заагаар тухайн биетийн байрлал хил заагийг тогтоох боломж бүрдэг. Электрон дамжуулагчтай эрдсүүд, ионон дамжуулагч бүхий уусмал 2-ын зааг дээр үүсч байгаа цахилгаан химийн урвалын нөлөөгөөр илэрхийлэгдсэн туйлшралтын муруйн хэлбэрийг үзүүлэгч цахилгаан химийн үзэгдлийг бүртгэхэд үндэслэсэн юм.

Байгалийн цахилгаан орон. Янз бүрийн цахилгаан химийн үйл ажиллагаагаар чулуулаг бүрхүүлд үүссэн цахилгаан орныг хэлнэ. Электрон ба ионы дамжуулагч 2-ын зааг дээр газар доорх усны нөлөөгөөр цахилгаан химийн харилцан үйлчлэл явагдаж давхар цахилгаан үе үүссэний улмаас энэ үеийн зааг дээр потенциалын огцом өөрчлөлт явагддаг. Энэ нь гол төлөв уусмалын исэлдэн ангижрах урвалтай холбоотой бөгөөд хүдрийн биетийн эрдсийн найрлага тэдгээрийн бүтэц ба цахилгаан дамжуулах чадвартай шууд хамааралтай байдаг.



Зураг 3. Газрын гүний хөрсний үе давхаргын тогтоцын судалгаа ба газардуулгын эсэргүүцлийн хэмжилт хийж байгаа байдал

Судалгааны ажлын хүрээнд элементүүдийн зүй тогтол, харилцан хамаарлыг тодорхойлно. Дээж, сорьцыг зохих стандартын дагуу авч гүйцэтгэхээс гадна хөрсний шинжилгээний лабораторт дээжийг шинжлүүлэх, боловсруулах, үр дүнг гаргах шаардлагатай.

Аливаа бүх төрлийн инженерийн хийцтэй барилга, газар дээрх бүтээн байгуулалтын ажлыг төлөвлөх зураг, загварыг гаргахаас өмнө уг байгууламжийн буурь хөрсний талаар бүрэн мэдлэгтэй байж ажлыг ул суурьтай, найдвартай, цэгцтэй хийх хэрэгтэй. Хөрсний ерөмдлөг, хээрийн бичиглэл, дээж авах, сорьцлолт, хөрсний дээжид хийсэн лабораторын шинжилгээ, суурин боловсруулалт, тайлагнал гэсэн үе шаттайгаар хийж гүйцэтгэдэг.

Авто зам, төмөр зам, цахилгааны шугам трассын хөрсний судалгаа. Инженерийн шугаман байгууламж нь олон төрлийн шинж чанартай хөрс-хурдасыг дайран өнгөрдөг, ихээхэн хөрөнгө цаг хугацааг зарцуулдаг томоохон бүтээн байгуулалтын ажил байдгаараа өндөр ач холбогдолтой юм. Энэ төрлийн байгууламж нь олон зуун жил оршин тогтож, хойч үе нь цаашид хөгжүүлэн засварлаж ашигладаг, өндөр өртөгтэй байдаг тул суурь шинжилгээний хөрс шороо нь маш тогтвортой, динамик хөдөлгөөнгүй байхыг шаарддаг. Энэ утгаараа хөрсний инженер геологийн ба геотехникийн судалгаанд хөрсний цахилгаан дамжуулах чадварын судалгаа нь баригдах цахилгаан байгууламжийнхаа хувьд маш их хариуцлагатай ажил болдог.



Зураг 4. Хөрсний гүнд хэмжилт туршилт хийж байгаа байдал, хөрсний лабораторын тоног төхөөрөмж.

III. ҮР ДҮН ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Хөрс судлалын итгэмжлэгдсэн лаборатори ба шинжилгээний төрөл

Монгол улсын Стандартчилал хэмжил зүйн үндэсний төвөөс итгэмжлэгдсэн лабораторын MNS/ISO/IEC 17025:2007 стандартын шаардлагыг хангасан хөрс судлалын лабораторт Nanjing soil instrument factory компанийн үйлдвэрлэсэн механик болон автомат ажиллагаатай тоног төхөөрөмж дээр хөрсний физик, механик шинжилгээг MNS, ASTM, ГОСТ, AASHTO, GB/T стандартын дагуу хийж гүйцэтгэдэг. Геотехникийн шинжилгээг Монгол улсын стандарт хэмжил зүйн газраас баталсан хөрсний шинжилгээний стандартын дагуу “Хөрсний шинжилгээний лаборатор”-т шинжлэн судлах шаардлагатай байдаг.

УБТЗ-ын гол замын дагуу байрласан 10 өртөөний хөрсний дээжид хийсэн физик, химийн, механик бүтцийн туршилт шинжилгээг ХААИС-ийн “Хөрсний шинжилгээний лаборатор”-т дараах стандартын дагуу хийсэн болно. [6]

Хөрсний физик, химийн шинжилгээний арга, аргачлалын стандарт

1. Хөрсний байгалийн нягт буюу эзэлхүүн жин тодорхойлох, байгалийн чийг тодорхойлох MNS 2143:2000, MNS ASTM 5182:2003
2. Хөрсний хатуу хэсгийн нягтыг тодорхойлох MNS AASHTO T 100
3. Хөрсний нягтралт ба хувийн жин тодорхойлох MNS2143:2000, MNS ASTM D 1556:2002
4. Хөрсний уян налархайн үзүүлэлт тодорхойлох MNS 2143:2000, ASTM D 4318
5. Хөрсний ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн тодорхойлох MNS 2306:1986 MNS ASTM C 136, MNS AASHTO T-88:2004, MNS ASTM D 421:2002,
6. Цэвдэг хөрсний нийлбэр чийг тодорхойлох MNS 2143:2000
7. Цэвдэг хөрсний байгалийн нягт буюу эзэлхүүн жин тодорхойлох, байгалийн чийг тодорхойлох MNS 2143:2000



Зураг 5. Хөрс судлалын лабораторид хөрсний физик, механик шинжилгээний тоног төхөөрөмж

Хөрсний механик шинжилгээ хийх стандартын жагсаалт:

Хөрсний хам шахалтын туршилт:

1. Муруйн аргаар $P=6,0$ кг/см² хүртэлх ачаалалд GB/T50123-1999, MNS 3478:1983

2. Хөрсний шилжээсийн эсэргүүцлийг тодорхойлох MNS 2310:84 GB/T50123-1999
3. Гурван тэнхлэгт шахагдлын туршилт GB/T50123-1999
4. Хөрсөнд “КО”-ийн багажаар туршилт явуулах GB/T50123-1999
5. Хөрсний суумтгай байдлыг тодорхойлох MNS 3075:81
6. Нягтруулсан хөрсний ачаа даацын харьцааг тодорхойлох /CBR-ын туршилт/MNS ASTM D 1883:2002

УБТЗ-ын гол замын дагуух хөрсний химийн задлан шинжилгээний дүн

Хөрсний химийн задлан шинжилгээг УБТЗ-ын гол замын дагуу Замын Үүд, Сайншанд, Чойр, Амгалан, Улаанбаатар, Зүүн-Хараа, Дархан, Сүхбаатар зэрэг төмөр замын өртөөдийн байрласан газрын хөрсний судалгаа, хэмжилт туршилтын ажил гүйцэтгэн, хөрсний дээжийг газрын 60-80см гүнээс ухан авч химийн задлан шинжилгээ хийсэн болно. Хөрсний химийн найрлага бүтэц нь чийглэгийн хэмжээнээс ихээхэн хамааралтай байдаг. Хөрсний найрлага нь хүчиллэг, шүлтлэг, давсархаг байхаас хамаарч хөрсөн дэхь потенциалын тархалт, цахилгаан дамжуулах чадвар нь харилцан адилгүй өөр өөр байна.

Хөрсний pH гэдэг нь хөрсний хүчиллэг эсвэл шүлтлэгийн хэмжээс юм. pH нь усан уусмал дахь идэвхтэй устөрөгчийн ионы (H^+ , илүү торуулбал гидроникатионы H_3O^+aq) сөрөг аравтын логарифмтэй (10 суурьтай логарифм) тэнцэнэ. Усан уусмалд энэ нь -1 ээс 14 хооронд байх ба 7 нь саармагийг илэрхийлнэ. pH долоогоос доош үед хүчиллэг, дээш үед шүлтлэг. Хөрсний pH нь гол (англ.master) хувьсагч ба түүнээс хөрсний олон химийн процессууд хамаарна. Ялангуяа, pH нь ургамлын тэжээлийн хүртээмжид, тэжээлийн бодисуудын химийн хэлбэрийг тодорхойлох замаар нөлөөлдөг [6].

Хүснэгт 1

УБТЗ-ын гол замын дагуух өртөө зөрлөгийн хөрсөнд хийсэн химийн задлан шинжилгээний дүн

№	Дээж	pH	Давс, %	ЦДЧ, ds/m	CO ₂ , %	Солилцох суурь, мг-экв/100гр		Ялзмаг, %	NO ₃ мг/100г	Шим тэжээлийн элементүүд мг/100гр	
						Ca	Mg			P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Замын-Үүд	7.1	0.15	0.475	0.64	8.7	2.3	0.23	11.51	0.5	5
2	Замын-Үүд 2012	7.9	0.05	0.188	-	7.9	2.1	0.20	1.62	0.9	10
3	Чойр	8.1	0.07	0.233	1.98	12.1	4.0	0.76	3.21	0.9	6
4	Чойр 2012	8.5	0.07	0.233	1.98	14.1	5.3	0.92	3.17	0.9	8
5	Сайншанд	8.2	0.30	0.950	0.33	17.0	8.7	0.70	27.88	1.2	18
6	Сайншанд 2012	8.2	0.16	0.490	0.33	12.9	7.5	1.68	12.01	1.1	13
7	Амгалан	7.8	0.35	1.091	0.16	21.8	9.1	3.95	32.77	1.1	8
8	Амгалан 2012	7.9	0.09	0.279	-	11.4	1.9	3.02	4.71	1.2	5
9	Улаанбаатар	7.8	0.05	0.148	-	8.5	3.3	1.44	0.28	0.9	2
10	Улаанбаатар 2012	7.4	0.16	0.488	-	13.5	4.6	4.00	12.06	1.0	6

11	Сүхбаатар	7.9	0.05	0.160	0.82	13.4	3.7	0.84	0.67	1.1	4
12	Сүхбаатар 2012	7.6	0.05	0.142	-	9.2	3.3	1.09	0.04	2.7	11
13	Дархан	7.8	0.17	0.537	0.16	12.8	3.5	0.84	13.66	2.0	10
14	Дархан 2012	7.6	0.04	0.123	-	6.8	2.7	0.21	-	1.0	5
15	Зүүнхараа	7.8	0.28	0.871	4.28	19.4	5.3	2.25	25.16	1.2	7
16	Зүүнхараа 2012	7.6	0.07	0.227	-	14.5	4.8	4.65	2.96	2.0	8
17	Толгойт	7.9	0.09	0.307	-	9.3	3.5	1.36	5.72	1.3	5
18	Толгойт 2012	7.7	0.07	0.232	1.15	8.6	6.1	1.86	3.16	1.1	8
19	Айраг 2012	7.4	0.08	0.241	-	11.6	3.6	1.26	3.42	1.2	8

Хүснэгт 2

Механик бүрэлдэхүүний задлан шинжилгээний дүн

№	Дээж	Механик ширхэгүүд, % ширхэгийн хэмжээ, мм						
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01
1	Замын-Үүд	14.5	74.2	0.4	0.8	9.1	0.9	10.9
2	Замын-Үүд 2012	16.7	74.6	0.8	0.4	5.3	2.2	7.9
3	Чойр	23.6	52.4	7.2	1.9	9.0	6.0	16.8
4	Чойр 2012	38.3	31.5	10.1	2.6	10.8	6.8	20.2
5	Сайншанд	19.8	37.8	11.0	2.5	18.7	10.1	31.3
6	Сайншанд 2012	28.3	41.1	10.3	1.4	12.9	5.9	20.2
7	Амгалан	7.9	41.1	25.6	9.7	10.0	5.7	25.4
8	Амгалан 2012	34.2	50.9	4.5	1.2	8.9	0.3	10.4
9	Улаанбаатар	58.2	25.2	6.5	0.3	8.5	1.2	10.1
10	Улаанбаатар 2012	27.8	39.8	16.2	0.3	8.2	7.7	16.2
11	Сүхбаатар	16.4	60.4	10.3	1.3	10.3	1.3	12.9
12	Сүхбаатар 2012	8.0	61.5	13.3	11.7	4.7	0.8	17.2
13	Дархан	5.2	66.9	15.7	3.3	8.4	0.6	12.2
14	Дархан 2012	30.1	58.2	3.4	3.6	4.3	0.4	8.3
15	Зүүнхараа	8.9	37.2	29.6	5.5	9.7	9.1	24.3
16	Зүүнхараа 2012	30.7	36.1	17.7	0.3	9.0	6.3	15.6
17	Толгойт	30.2	41.2	15.2	1.1	8.3	3.9	13.3
18	Толгойт 2012	20.1	43.7	16.9	0.8	13.7	4.8	19.4
19	Айраг 2012	20.4	66.0	1.5	0.4	8.1	3.5	12.0

Хүснэгт 3

УБТЗ-ын өртөөдийн байрласан газрын хөрсний хүчлэг давсны хэмжээнээс цахилгаан дамжуулах чадвар хамаарах

№	УБТЗ-ын өртөөдийн нэр	Хүчлэгийн хэмжээ, рН	Давсны хэмжээ, %	Цахилгаан дамжуулах чадвар, ds/m
1	Замын-Үүд	7.1	0.15	0.475
2	Сайншанд	8.2	0.3	0.950
3	Чойр	8.1	0.7	0.233
4	Амгалан	7.8	0.35	1.091
5	Улаанбаатар	7.8	0.05	0.148
6	Зүүн Хараа	7.8	0.28	0.871
7	Дархан	7.8	0.17	0.537
8	Сүхбаатар	7.9	0.05	0.160

Хүснэгт 5

Хөрсний рН-ийн хэмжээний ангилал. АНУ-ын ХААЯ-ны Байгалын Нөөцийг Хамгаалах Албанаас дараах хөрсний рН хэмжээний ангилалыг гаргасан [5]

Denomination	pH range
Хэт хүчиллэг	< 3.5
Туйлын хүчиллэг	3.5–4.4
Маш хүчтэй хүчиллэг	4.5–5.0
Хүчтэй хүчиллэг	5.1–5.5

Дунд хүчиллэг	5.6–6.0
Сул хүчиллэг	6.1–6.5
Саармаг	6.6–7.3
Сул шүлтлэг	7.4–7.8
Дунд шүлтлэг	7.9–8.4
Хүчтэй шүлтлэг	8.5–9.0
Маш хүчтэй шүлтлэг	> 9.0

Хөрсний хүчиллэгийн эх үүсвэр. Хөрсний хүчиллэг нь хөрсний гадаргууд шингэсэн хөрсний уусмал дахь H^+ ба Al^{3+} ионуудаас гаралтай. Хэдийгээр, pH нь уусмал дахь H^+ хэмжээ ч, 4 - 6 хооронд pH-тай хүчиллэг хөрсүүдийн хувьд Al^{3+} нь чухал үүрэгтэй.

Al^{3+} устай (H_2O) урвалд орж, илүүдэл H^+ ионыг ялгаруулан $Al(OH)^{2+}$ ба $Al(OH)_2^+$ -г үүсгэнэ. Al^{3+} ион бүр гурван H^+ ионыг үүсгэх чадвартай. Бороо, бордооны хэрэглээ, ургамлын үндэсний идэвхижил, хөрсний анхдагч ба хоёрдогч эрдсүүдийн элэгдэл зэрэг өөр олон процессууд хөрсний хүчиллэгт хувь нэмэрээ оруулдаг. Хөрсний хүчиллэг нь мөн бохирдлын шалтгаантай байж болно.

Хөрсний шүлтлэгийн эх үүсвэр. Шүлтлэг хөрсүүд суурь катионуудаар (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} and Na^+) ханасан байдал өндөртэй байдаг. Ийм хөрсүүдийг уусах давсуудын агууламжаар нь, давслаг хөрс, хужирлаг хөрс, давслаг-хужирлаг хөрс, шүлтлэг хөрс гэж ангилдаг. Бүх давслаг ба хужирлаг хөрсүүд их хэмжээний давсуудыг агуулдаг. Давслаг хөрсүүдэд кальцийн ба магнийн давсууд давамгайлдаг бол хужирлаг хөрсүүдэд натрийн давсууд зонхилно. Шүлтлэг хөрсүүд карбонатуудыг агуулах шинжтэй байдаг. Шохойн чулуу хөрсний гадаргууд ойрхон тохиолдолд хөрсний шүлтлэг нь шохойн чулууны кальцийн карбонат хөрстэй холилдсоных юм. Ийм газруудын хөрсний ус ууссан шохойн чулууг агуулдаг.

Хүчилжсэн хөрс. Хүчиллэг хөрсөнд ургаж буй ургамалуудад, хөнгөн цагааны (Al), устөрөгчийн (H), манганы (Mn) хордлогын, мөн кальцийн (Ca) ба магнийн (Mg) дутагдлын шинж тэмдэгүүд илэрч болно.

УБТЗ-ын гол замын дагуу байрласан томоохон өртөөдийн цахилгааны хуваарилах байгууламж байрласан газрын хөрсний химийн задлан шинжилгээний үндсэн үзүүлэлтүүдээс Хүчлэгийн хэмжээ, pH Давсны хэмжээ, %, Цахилгаан дамжуулах чадвар, ds/m гэсэн 3 үзүүлэлтийг тусгайлан авч нарийвлан судлаж, цахилгаан дамжуулах чадвар нь хэрхэн хэмааралтай болохыг судалсан болно.

Хөрсний цахилгаан эсэргүүцэл. Хөрс нь цахилгаан гүйдлийг маш муу дамжуулдаг. Дамжуулагчтай харьцуулахад дамжуулах чадвар нь хэдэн миллиард дахин бага байна. Жишээ нь: Хөрсний дундаж хувийн эсэргүүцэл нь $r=10^2$ Ом.м байхад зэсийн хувийн эсэргүүцэл $175 \cdot 10^{-10}$ Ом.м байдаг ба 5,7 миллиард дахин бага юм. Хөрсний хувийн эсэргүүцлээр хөрсний цахилгаан эсэргүүцлийг тодорхойлдог. Энэ нь 1 м юмуу 1 см урттай куб хөрсний эсэргүүцэл юм. Нэгж нь Ом.М, Ом.см байна. Хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь дараах хэд хэдэн хүчин зүйлээс хамаарна. Үүнд:

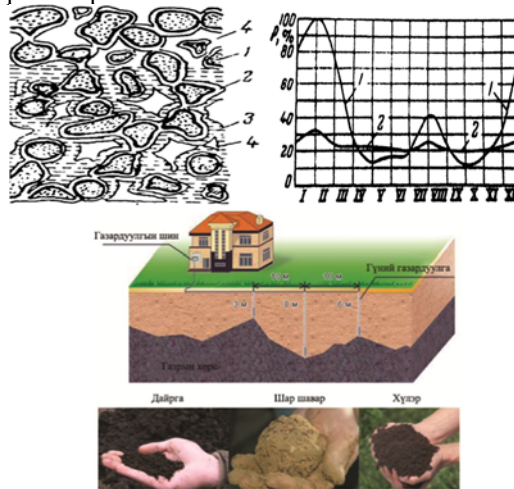
1.Чийгшилтээс хамаарна. Хөрс хэдий чинээ хуурай байна цахилгаан гүйдлийг төдий чинээ муу дамжуулна. Харин хөрсний чийглэгийн хэмжээг нэмэгдүүлэхэд хувийн эсэргүүцэл 10 , 100 дахин багасдаг . Үндсэндээ хөрсний шингэн хэсэг бол хөрсний үндсэн дамжуулагч юм.

2.Хөрсний төрлөөс хамаарна.Хөрс нь физик химийн найрлага , шинж байдлаараа хоорондоо ялгаатай байна.Үүнээс үндэслэн хөрсийг хар хөрс, шаварлаг, элс,

элсэрхэг гэж нэрлэх ба эдгээрийн хувийн эсэргүүцлүүд нь өөр өөр байна. Жишээ нь:

Шаварлаг хөрс	p=8-70 Ом.м
Элсэнд	p=40-150 Ом.м
Элсэрхэг хөрс	p=150-400 Ом.м
Хар хөрс	p=9-53 Ом.м
Чулуурхаг	p=500-800 Ом.м

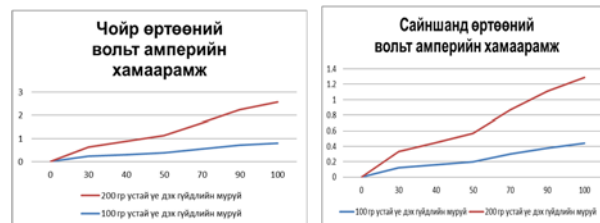
Эдгээрээс газардуулгыг суулгахад хамгийн тохиромжтой хувийн эсэргүүцэл багатай нь хар хөрс, шаварлаг хөрс юм.

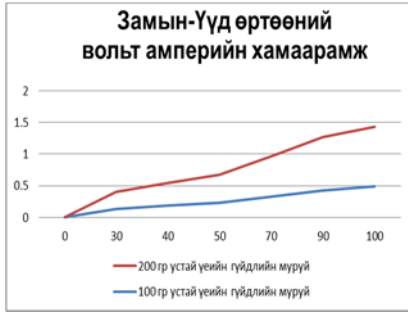


Зураг 6. Хөрсний бүтэц ба нэг жилийн хугацаанд хөрсний хувийн эсэргүүцэл өөрчлөгдөх муруй. 0.7 м-ийн гүнд суулгасан газардуулгын хувьд, 2.5 м-ийн гүнд суулгасан газардуулгын хувьд

3.Хөрсний нягтралаас хамаарна. Нягт ихтэй дагтаршсан хөрс нь чийгээ сайн барьдаг тул хувийн эсэргүүцэл бага байх ба гүйдлийг сайн дамжуулдаг. Иймд газардуулах байгууламжийг байрлуулахдаа хөрсийг сайн дагтаршуулах хэрэгтэй.

4.Улирлын температураас хамаарна. Хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь орчны цаг уурын өөрчлөлтөөс хамаараад өөрчлөгддөг. Ялангуяа манай орон шиг жилийн 4 улиралтай орны хувьд энэ асар их нөлөөтэй. Ингээд хөрсний хувийн эсэргүүцэл 1 жилийн хугацаанд хэрхэн өөрчлөгдгийг авч үзье. Доорх графикаас харахад өвөл зуны улиралд хөрсний эсэргүүцэл ихсэж хавар намрын улиралд багасаж байна.





Зураг 7. Чойр, Сайншандын хэсэг, Замын-Үүд хэсгийн Вольтметр, Амперметрийн аргаар хэмжилт хийсэн үеийн гүйдэл хүчдэлийн хамаарлын муруй

Энэ нь өвөл хөрсний чийг багасаж зунд нь чийг ууршиж хөрс хуурайших ба харин хавар, намрын улиралд хөрс чийгээ хадгалж байдагтай холбоотой. Мөн хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь дээд давхаргаараа их өөрчлөгдөж гүндээ бага өөрчлөгдөж байна. Ялангуяа хөрсний хөлдөлт хуурайшилт эрчимтэй явагддаг хөрсний дээд хэсэг 0.7 м-ийн гүнд хүчтэй ажиглагдаж байна. Харин хөрсний 2.5 м ба түүнээс доош гүнд бол жилийн туршид эсэргүүцлийн өөрчлөлт маш бага

ажиглагдаж байгаа нь газардуулгыг энэ хэмжээний гүнд суулгах шаардлагатай болохыг харуулж байна [1].

Чойр, Сайншанд, Замын-Үүдийн өртөөний гол замын дагуу байрлах хөрсийг Ф4103 газардуулгын эсэргүүцэл хэмжигч багаж, болон хөрсний эсэргүүцэл хэмжих Вольтметр, Амперметрийн арга, Босоо электродын аргаар хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэлийг тооцож гаргасныг доорх хүснэгтэнд үзүүлэв. Хөрсний эсэргүүцлийг тооцох илэрхийлэл:

$$\rho = 2\pi \cdot a \cdot R_{\text{хэмж}}$$

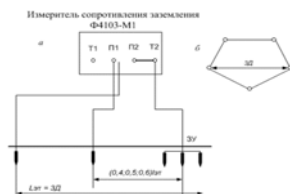
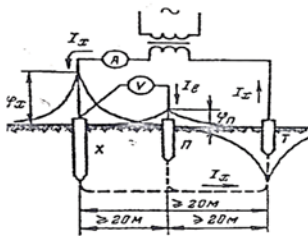
Үүнд: а- электрод хоорондын зай, $R_{\text{хэмж}}$ - электродын газардуулгын эсэргүүцэл.

Хөрсний хөлдөлтийн гүнээс доош суулгасан босоо электродууд нь газардуулах байгууламжийн эсэргүүцлийг тогтвортой байлгахад чухал үүрэгтэй. Иймд газардуулгыг суулгахдаа аль болохоор гүнд суулгах шаардлагатай. Газардуулгыг суулгахдаа хөрсний хувийн эсэргүүцлийг хэмжих шаардлагатай. Хэмжилтийг 5-р сар 10-р сард хийх нь тохиромжтой. Хэмжилтийн утгыг улирлын коэффициентоор үржүүлж тооцооны утгыг тодорхойлно [2].

Хүснэгт 4

Хөрсний хувийн жин, чийглэг, температурын хэмжээнээс хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн хамаарал

№	Өртөөний нэр	Бохир жин, кг	Цэвэр жин, кг	Амперметр вольтметрийн аргаар хөрсний эсэргүүцлийг тодорхойлох, хөрсний температур 16.5С, орчны температур 25.1С						ВЭЗ-ийн аргаар хөрсний эсэргүүцлийг тодорхойлох			
				Хүчдэл	Гүйдлийн утга, А			Эсэргүүцлийн утга, Ом		Температур, С	Электрод хоорондын зай, см	Ф4103 багажийн заалт, Ом	Хөрсний эсэргүүцлийн утга, Ом*м
					Хөрс жуурай үед	100 гр устай үед	200 гр устай үед 59.2%-ийн чийгшилтэй	100 гр устай үед	200 гр устай үед				
1	Чойр	1.455	1.13	0	0	0	0	0	7	2	341	42.83	
				30	0	0.23	0.4	130.4					75.0
				40	0	0.31	0.58	129.0					69.0
				50	0	0.39	0.75	128.2					66.7
				70	0	0.56	1.12	125.0					62.5
				90	0	0.72	1.53	125.0					58.8
				100	0	0.81	1.77	123.5					56.5
2	Сайншанд	2.005	1.32	0	0	0	0	0	5	2	1037	130.25	
				30	0	0.06	0.17	500.0					176.5
				40	0	0.08	0.22	500.0					181.8
				50	0	0.1	0.28	500.0					178.6
				70	0	0.14	0.38	500.0					184.2
				90	0	0.19	0.5	473.7					180.0
				100	0	0.21	0.56	476.2					178.6
3	Замын-Үүд	2.18	1.495	0	0	0	0	0	1	2	396	49.74	
				30	0	1.6	2.55	18.8					11.8
				40	0	2.19	3.44	18.3					11.6
				50	0	2.8	4.41	17.9					11.3
				70	0	4.01	6.29	17.5					11.1
				90	0	5.32	8.29	16.9					10.9
				100	0	6.03	9.48	16.6					10.5



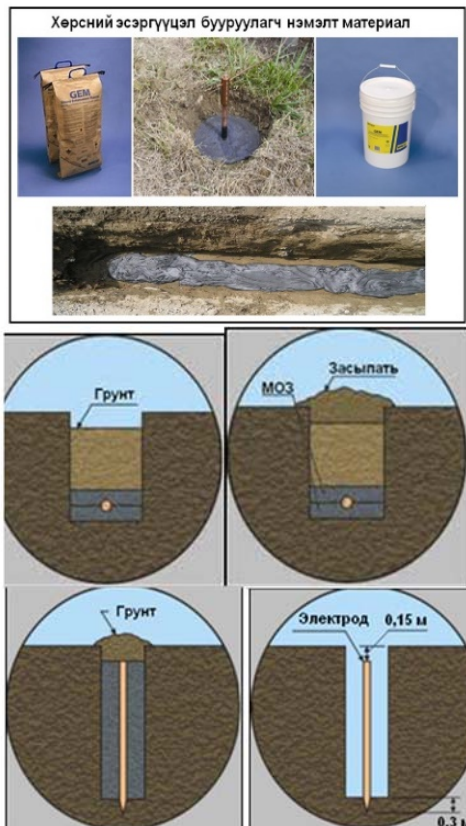
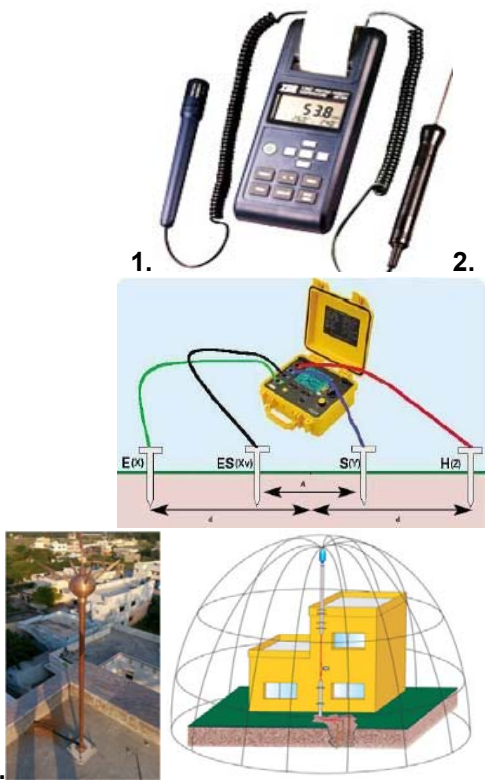
ДҮГНЭЛТ

Газардуулах байгууламжийн электродуудын потенциал нь тухайн электродын өөрийн потенциал ба бусад электродуудаас ирэх нөлөөллийн потенциалын нийлбэртэй тэнцүү байхаас гадна электрод байрлаж буй газрын хөрсний бүтэц, химийн найрлага, хөрсний температур, чийглэг, давсны хэмжээ, хүчиллэг байдал зэрэг үзүүлэлтээс хамаарна. Үүнд:

1. УБТЗ-ын гол замын дагуу байрласан томоохон өртөөдийн цахилгааны хуваарилах байгууламжийн хөрсний химийн задлан шинжилгээний үндсэн үзүүлэлтүүд нь Замын-Үүд өртөөний хөрсөнд рН-7.1, давс 0.15%, ЦДЧ 0.475 ds/m, Чойр өртөөний хөрсөнд рН-8.1, давс 0.07%, ЦДЧ 0.233 ds/m, Сайншанд өртөөний хөрсөнд рН-8.2, давс 0.30%, ЦДЧ 0.950 ds/m, Амгалан өртөөний хөрсөнд рН-7.8, давс 0.35%, ЦДЧ 1.091 ds/m, Улаанбаатар өртөөний хөрсөнд рН-7.8, давс 0.05%, ЦДЧ 0.148 ds/m, Сүхбаатар өртөөний хөрсөнд рН-7.9, давс 0.05%, ЦДЧ 0.160 ds/m, Дархан өртөөний хөрсөнд рН-7.8, давс 0.17%, ЦДЧ 0.537 ds/m байгааг тус тус тогтоов.

2. Хөрсний шинжилгээний лабораторт хийсэн хэмжилт туршилтын үр дүнг үндэслэн газардуулгын тооцоо хийж, төмөр замын цахилгаан хангамжийн сүлжээний газардуулгын байгууламжийн зохистой горимыг боловсруулах боломжтой болно.

ОУ-ын цахилгаан техникийн комиссийн баталсан НЕС-(1987,250-83-3) стандартын шаардлага хангасан газардуулгын шинэ техник технологи болох “Модулын газардуулгын байгууламж”-ийг стандартын дагуу нэвтрүүлснээр цахилгаан гүйдэлд хүний амь нэрвэгдэх тоо эрс багасаж, цахилгаан гүйдлээс хамгаалах найдвартай ажиллагаа улам нэмэгдэх ач холбогдолтой.



Зураг 8. Хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл хэмжих зарчмын схем, 1. Ф4103 Газардуулгын ба хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл хэмжиж буй байдал 2. TES-1362 Орчны чийгшил ба температурыг хэмжигч багаж 3. С.А6470 - 4 электродын Веннерийн ба Шлюмбергийн аргаар хэмжигч багаж

