



МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН
ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

MONGOLIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

“ЭРДМИЙН ЧУУЛГАН 2023”

*бакалавр, магистр, доктор оюутны
эрдэм шинжилгээний бага хурал*

**№23(06)
312**

УЛААНБААТАР ХОТ

2023 он



ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СУРГУУЛЬ
НИЙСЛЭЛ ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭ ХХК

“ЭРДМИЙН ЧУУЛГАН 2023”

бакалавр, магистр, доктор оюутны эрдэм шинжилгээний бага хурал

№23(06)312

Улаанбаатар хот
2023.03.10

ИЛТГЭЛҮҮДИЙН ЭМХЭТГЭЛ

Улаанбаатар хот
2023 он

ДАА 378
ННА 74,58
Э-733

© БАКАЛАВР, МАГИСТР, ДОКТОР ОЮУТНЫ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛИЙН
ЭМХЭТГЭЛ №23(06)312

ЭХС-д суралцаж буй бакалавр, магистр, доктор оюутнуудын эрдэм шинжилгээний хурлыг зохион байгуулахад гүн туслалцаа үзүүлж хамтран ажиллаж буй “НИЙСЛЭЛ ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭ” 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.

“ЭРДМИЙН ЧУУЛГАН 2023” бакалавр, магистр, доктор оюутны эрдэм шинжилгээний бага хурал. /Илтгэлүүдийн эмхэтгэл. УБ: 2023

хэвлэлийн редактор доктор (Ph.D) Д.Даваацэрэн.

Эрдэм шинжилгээний хурал бага зохион байгуулах комисс

Дарга: ЭХС-ийн захирал доктор (Ph.D), профессор Б.Бат-Эрдэнэ

Эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга: доктор (Ph.D) Д.Үлэмж

Бакалавр оюутнуудын эрдэм шинжилгээний хурлын гишүүд:

Доктор (Ph.D) Н.Жигжидсүрэн

Доктор (Ph.D) Д.Чимэдсүрэн

Доктор (Ph.D) М.Баттулга

Доктор (Ph.D) Ж.Нандагсамба

Доктор (Ph.D) Б.Өлзийбадрах

Магистр, доктор оюутнуудын эрдэм шинжилгээний хурлын гишүүд:

Доктор (Ph.D) Д.Үлэмж

Доктор (Ph.D), дэд профессор Д.Цэрэндолгор

Доктор (Ph.D), дэд профессор Д.Балдандорж

Доктор (Ph.D) П.Бямбацогт

Доктор (Ph.D) Д.Даваацэрэн

Доктор (Ph.D), дэд профессор Б.Пүрэвсүрэн

Доктор (Ph.D), дэд профессор Б.Загдхорол

Доктор (Ph.D) Б.Нямбаяр

Доктор (Ph.D) Н.Жигжидсүрэн

Доктор (Ph.D) Т.Батгэрэл

Хэвлэлийн дизайныг Д.Даваацэрэн

Хэвлэлийн эх бэлтгэсэн: А.Амарзаяа

Үсгийн гарнитур: Times New Roman

ГАРЧИГ

1-р хэсэг. Бакалавр оюутнуудын илтгэлүүд

МАНДАЛГОВЬ ХОТОД БАРИГДАХ 100 МВТ НАРНЫ ЦАМХАГТ ДУЛААНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН АЖИЛЛАГААНЫ ГҮЙЦЭТГЭЛ, ТЕХНИК-ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮДИЙН СУДАЛГАА Б.Цэрэнжамц, Б.Нямхүү, Ш.Энхбаяр	2
УЯН ДУРАНГИЙН ХЭВИЙН ҮЙЛ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ ЗАРИМ БОЛОМЖУУД У.Мядагсүрэн, Д.Пүрэвдаш	8
АГААРЫН БОЛОН УСАН ХӨРГӨЛТТЭЙ КОНДЕНСАТОРУУДЫН АЖИЛЛАГААНЫ ГОРИМЫН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА (К-6-35 МАЯГИЙН УУРЫН ТУРБИНЫ ЖИШЭЭН ДЭЭР) Х. Тэмүүлэн, Б. Нямхүү, Б. Цэрэнжамц, Ш. Энхбаяр	13
ЦУСАН ДАХЬ САХАРЫН ХЭМЖЭЭГ ИНВАЗИВ БУСААР БУЮУ БИЕЙН ЭСЭРГҮҮЦЛЭЭР ТОГТООХ У.Мядагсүрэн, О.Ялалт	19
ЦААСАН ТУСГААРЛАХ МАТЕРИАЛЫН НИРГЭХ ХҮЧДЭЛ БА ЦАХИЛГААН ОРНЫ ШИНЖИЛГЭЭ О.Даваачулуун, Ө.Хаш-Эрдэнэ, Ц.Чингэс	23
ГАММА КАМЕРЫН ХЭВИЙН ҮЙЛ АЖИЛЛАГАААНД НӨЛӨӨЛӨХ ХҮЧИН ЗҮЙЛҮҮД Г.Өлзийжаргал, Д.Пүрэвдаш	27
ТҮВШИН ХЭМЖИХ, ДОХИОЛОХ ХЭМЖИХ ХЭРЭГСЛИЙН ХИЙЦ, ТУРШИЛТ, ХЭМЖЛИЙН ҮР ДҮН Ц.Дэмбэрэлдодов, Х.Ангараг-Од, Б.Мөнхцэцэг, Х.Доржсамбуу, Д. Намнандорж, М.Баяржавхлан, Б.Даарий, Б.Дагийранз Х.Цолмон	32
МОНГОЛ УЛС ДАХЬ СОРОНЗОН РЕЗОНАНСЫН ТОМОГРАФИЙН ТҮГЭЭМЭЛ ГАРДАГ ГЭМТЛИЙН АСУУДАЛ С. Цэлмэг, Д. Мадина, Н. Элбэгзаяа, Д. Пүрэвдаш	36
МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫН УДИРДЛАГАТАЙ СИНУСЛАГ ИНВЕРТЕР А.Нямжав, Д.Өлзийноров	40
ЦАХИЛГААН МАШИН ЦЭНЭГЛЭХ СТАНЦЫН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙН СУДАЛГАА Б.Сувд, Т.Уянга, А.Бүжинлхам, Б.Сэргэлэн, Б.Номуулин	45

2-р хэсэг. Магистр оюутнуудын илтгэлүүд

БАРИЛГЫН ДУЛААНЫ АЛДАГДЛЫГ PHPP БА DESIGN PH ПРОГРАМ АШИГЛАН ТООЦООЛСОН ҮР ДҮН Н.Батбаяр, П.Бямбацогт	52
УЛААНБААТАР ХОТЫН ХҮЙТНИЙ УЛИРЛЫН АГААРЫН БОХИРДЛЫН СҮҮЛИЙН 7 ЖИЛИЙН СУДАЛГАА М.Аасүрэн, З.Баттогтох	57
УЛААНБААТАР ХОТЫН АГААРЫН БОХИРДОЛ ДАХЬ ХҮХЭРЛЭГ ХИЙН (SO₂)-Н ЭХ ҮҮСВЭРИЙН СУДАЛГАА М.Аасүрэн, З.Баттогтох	61
ДУНД ДАРАЛТЫН ЗУУХНЫ ТЭЖЭЭЛИЙН НЭМЭЛТ УСЫГ БОЛОВСРУУЛАХАД АНИОНИТ ШҮҮЛТҮҮРИЙГ АШИГЛАСАН ТУРШИЛТЫН АЖИЛ, ҮР ДҮН Б.Амарбаатар, Б.Оюунсүвд	67
БАРИЛГЫН ДУЛААНЫ АЛДАГДЛЫГ БУУРУУЛАХ ЗАМААР ДУЛААНЫ ДЭД СТАНЦЫН ЧАДЛЫН НӨӨЦИЙГ НЭМЭГДҮҮЛЭХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА Г.Молломжамц, Б.Намхайням	72
БАРИЛГЫН ДУЛААНЫ ТОДОРХОЙЛОМЖ ТОГТООХ ШААРДЛАГА, АЧ ХОЛБОГДОЛ	75

Б.Оюуномин, Б.Намхайням	
ДУЛААНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ТЕХНОЛОГИЙН УУРЫН ХЭРЭГЛЭГЧДИЙГ УУРААР ХЭВИЙН ХАНГАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА А.Ариунбаатар, Б.Өлзийбадрах	78
НҮҮРСЭНД АГУУЛАГДАХ МЕХАНИК ХОЛЬЦИЙГ БКЗ-75-39БД МАРКИЙН ЗУУХНЫ ГАЛЫН ХОТЛООС ЗАЙЛУУЛАХ АСУУДАЛД П.Баярцогт, Д.Балдандорж	81
ЦАГАРИГ ХЭЛХЭЭТЭЙ ДУЛААНЫ СҮЛЖЭЭНИЙ ТОХИРУУЛГЫН ОНОВЧТОЙ ХУВИЛБАР Ө.Энх-Амар, Г.Отгонбаяр, О.Пүрэвжал, Б.Өлзийбадрах	85
АГААРЫН ХӨРГӨЛТТЭЙ КОНДЕНСАТОРЫН ӨВЛИЙН ҮЕИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА Г.Дорждагва, А.Түмэнбаяр	91
ХАТУУ БОЛОН ХИЙН ТҮЛШЭЭР АЖИЛЛАХ БАГА ЧАДЛЫН ЗУУХНЫ ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА Э.Цэндбаяр, А.Түмэнбаяр	97
ТАВАНТОЛГОЙ, БАГАНУУР, ШИВЭЭ ОВООГИЙН НҮҮРСЭЭР ЛАБОРАТОРИЙН НӨХЦӨЛД БЭЛТГЭСЭН ШАХМАЛ ТҮЛШ БА ТЭДГЭЭРИЙН ДУЛААН ТЕХНИКИЙН ЗАРИМ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД Б.Хурцбаатар С.Батмөнх Д.Балдандорж	103
УС ДУЛААН ДАМЖУУЛАХ ТӨВД СУУРИЛАГДСАН ЦАХИЛГААН ТОНОГЛОЛЫГ НАРНЫ ЭНЕРГЭЭР ХАНГАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА Г.Жавхлан, Б.Өлзийбадрах	111
ҮЙЛДВЭРИЙН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИД ЗОРИУЛСАН НАР, САЛХИНЫ ЭХ ҮҮСВЭРИЙН ЗАГВАРЧЛАЛ А.Булган, М.Нүүдэл, О.Бавуудорж	117
GE 1.6MW САЛХИН ТУРБИНЫ DFIG ГЕНЕРАТОРЫН ЗАГВАРЧЛАЛ Л.Түмэнжаргал, О.Од-Эрдэнэ, М.Баттулга	122
БАРИЛГЫН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙН УХААЛАГ ШИЙДЛҮҮД Б.Ууганбаяр, Б.Сэргэлэн, Б.Номуулин	128
ХЭНТИЙ АЙМГИЙН ХОЙД ЧИГЛЭЛИЙН СУМ СУУРИН ГАЗРУУДЫН ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ЧАНАРЫГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХЭД АВСАН АРГА ХЭМЖЭЭ, ҮР ДҮН О.Хосбаяр, Ш.Гантөмөр, Л.Мөнхбат	135
“ДЦС-4” ТӨХК-НИЙ ДОТООД ХЭРЭГЦЭЭНИЙ РХА-ИЙН СУДАЛГАА Э.Намжин, Ш.Баасансүрэн, М.Баттулга	140
УХААЛАГ ТООЛУУРЫН АВТОМАТ УДИРДЛАГЫН СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА Б.Дагираза, Б.Сэргэлэн	144
ДЕФИБРИЛЛЯТОРЫН АППАРАТЫН АШИГЛАЛТ, АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫН СУДАЛГАА П.Жавхлан, Х.Сарангэрэл	150
ДАМЖУУЛАХ СҮЛЖЭЭНИЙ УЛААНБААТАР БҮСИЙН ТООН РЕЛЕ ХАМГААЛАЛТЫН СУДАЛГАА Б.Чинзориг, Ш.Баасансүрэн, WuSi Ha La, Xie Yong Xiang, М.Баттулга	154
ЦДҮС ТӨХК-ИЙН 110 кВ-ЫН ӨНДӨР АЧААЛАЛТАЙ БОГИНО ШУГАМУУДААР ХОЛБОГДСОН ТОЙРОГ СХЕМИЙН РЕЛЕ ХАМГААЛАЛТ, АВТОМАТИКИЙН НАЙДВАРТАЙ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ НЬ Н.Ичинхорлоо, Б.Чинзориг, Б.Лхагвадэмбэрэл, П.Түмэнгэрэл, М.Баттулга,	157
ТРАНСФОРМАТОРЫН ДИФФЕРЕНЦИАЛ ХАМГААЛАЛТЫН ГАРМОНИК ХОРИГИЙН СУДАЛГАА, ТАВИЛ ТОХИРУУЛГА Б.Тогтохжаргал, П.Түмэнгэрэл, М.Баттулга	166
БАРИГДАЖ БУЙ БАРИЛГЫН ХЯНАЛТ УДИРДЛАГЫН СИСТЕМИЙН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА Б.Биндэрьяа, Бя.Бат-Эрдэнэ	171
ГОВИЙН БҮСИЙН САЛБАРЫН РЕЛЕ ХАМГААЛАЛТЫН СУДАЛГАА Г.Цолмон, М.Баттулга, Б.Бат-Эрдэнэ	176

1-р хэсэг

БАКАЛАВР ОЮУТНУУДЫН ИЛТГЭЛҮҮД

МАНДАЛГОВЬ ХОТОД БАРИГДАХ 100 МВТ НАРНЫ ЦАМХАГТ ДУЛААНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН АЖИЛЛАГААНЫ ГҮЙЦЭТГЭЛ, ТЕХНИК-ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮДИЙН СУДАЛГАА

Б.Цэрэнжамц¹, Б.Нямхүү¹, Ш.Энхбаяр^{1,2*}

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

² Монгол улс, Улаанбаатар, Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн

*Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг: enkhbayar.sh@must.edu.mn

Хураангуй—Манай орны говийн бүс нь нарны шууд цацраг (НШЦ) өндөртэй тул төвлөрүүлэх технологи бүхий нарны дулааны цахилгаан станц байгуулах тохиромжтой бүс нутгуудын нэг юм. Энэхүү өгүүлэлд Монгол орны цаг уурын нөхцөлд 100 МВт чадалтай нарны цамхагт дулааны цахилгаан станц (НЦЦС)-ын ажиллагааны гүйцэтгэл, техник-эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг судалсан болно. Мөн НЦЦС-ын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хувьд технологи тус бүрийн тодорхойлолт, хэрэглэх боломж, давуу болон сул талуудыг харуулсан болно. НЦЦС-ын хувьд гелиостатын талбар нь анхны хөрөнгө оруулалт болон эрчим хүчний алдагдлын дийлэнх хувийг эзэлдэг. Тиймээс гелиостатын талбарыг зөв зохион байгуулах нь олон хүчин зүйлээс хамаардаг тул оновчлоход хэцүү ажлуудын нэг юм. Харин үүнийг бид SAM программын тусламжтайгаар тооцоолсон ба 13979 ширхэг гелиостатыг 2,018,215.3 м² талбайд байрлуулахаар төлөвлөсөн. Үр дүнгээс харахад 100 МВт НЦЦС-ын жилийн цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэл 564,922,688 кВт-ц/жил, хамгийн бага 1 кВт-ц цахилгааны энергийн тэгшитгэсэн өртөг нь 8.97 цент/кВт-ц тус тус байв.

Түлхүүр үг—Төвлөрсөн нарны эрчим хүч; Техник-эдийн засгийн үзүүлэлт; Төв хүлээн авагч систем; Гелиостат; System Advisor Model, IPSEPro.

I. УДИРТГАЛ

Өнөө үед хүн амын ба эдийн засгийн өсөлт, техник технологийн хөгжил зэргээс шалтгаалж дэлхийн цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ хурдацтай нэмэгдэж байгаа нь эрчим хүчний салбараас ялгарах хүлэмжийн хийг нэмэгдүүлэхэд хүргэж байна. Дэлхийн эрчим хүчний 2021 оны статистик тайлангаас харахад дэлхийн нийт хүлэмжийн хийн ялгаруулалт 40.8 Гтонн үүнээс нүүрсхүчлийн хийн ялгаруулалт 37.9 Гтонн байна [1]. Энэ нь нүүрстөрөгчийн хийн нийт ялгаруулалтын 92.8 хувийг хүлэмжийн хий дангаараа эзэлж байгаа ба одоогийн байдлаар СО₂ ялгаруулалтын 91 хувийг чулуужсан түлш эзэлж байгаа юм. Дэлхийн нийт СО₂ ялгаруулалтын 41 орчим хувь нь эрчим хүчний салбараас гарч байна. Мөн түүнчлэн чулуужсан түлшний нөөц нь багасаж, тэдгээрийн үнэ тасралтгүй өсөж байна. Одоогийн цахилгаан эрчим хүчний эрэлт хэрэгцээ, түлшний эх үүсвэрийн нөөцийн хязгаарлагдмал байдал, тасралтгүй нэмэгдэж буй түлшний зардал болон чулуужсан түлшний шаталттай холбоотой экологийн асуудлууд нь уламжлалт эрчим хүч үйлдвэрлэх системийг цэвэр, ногоон, тогтвортой эрчим хүч үйлдвэрлэх систем рүү шилжилт хийхэд хүргэж байна.

Төвлөрсөн нарны эрчим хүч (ТНЭХ) нь нүүрстөрөгчийн ялгаруулалтыг нэмэхгүйгээр дулаан үйлдвэрлэх боломжтой учраас нүүрстөрөгчгүйжүүлсэн эдийн засагт чухал үүрэг гүйцэтгэнэ. Нарны энергийн дулаанд суурилсан хэлбэр болох ТНЭХ нь дэлхийн агаар мандлын химийн тэнцвэрт байдлыг хангахын тулд СО₂-ыг зайлуулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. ТНЭХ нь дотроо хэд хэдэн төрөл байх ба (парабол тэвшин,

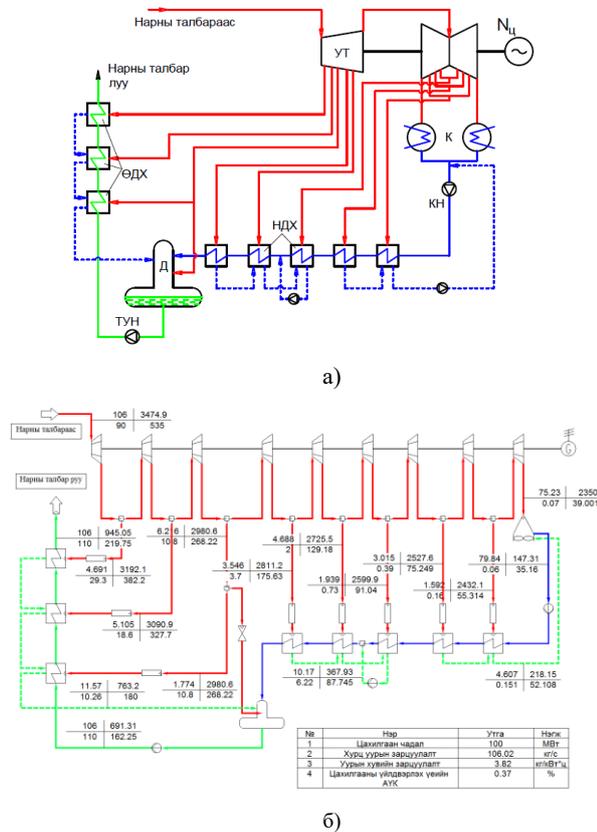
шугаман фреснел, парабол тавган, цамхагт) тэдгээрээс үр ашиг өндөртэй, өндөр температурын давуу талтай нь цамхагт технологи тул өндөр чадлын нарны дулааны цахилгаан станц (НЦЦС)-уудад хэрэглэхэд тохиромжтой юм [2], [3]. НЦЦС-д дулааны энерги хуримтлуур (ДЭХ) суурилуулах боломжтой бөгөөд эрчим хүчний циклд шаардлагатай нарны эрчим хүчийг ашигласны дараа, илүү гарсан хэсгийг дулаан хэлбэрээр хадгалж, шаардлагатай үед эрчим хүчний циклд нийлүүлж цахилгаан эрчим хүчийг тасралтгүй үйлдвэрлэх боломжийг олгодог. Мөн НЦЦС-д ДЭХ-ыг суурилуулснаар суурь ачааллын уламжлалт станцуудтай илүү өрсөлдөх чадвартай болж байна. ТНЭХ-ний системүүд нь ашиглалтын зардал бага, эрчим хүчийг үр ашигтайгаар үйлдвэрлэдэг. ТНЭХ-ний технологийг НЦЦС-д ашиглахаас [4] гадна нь ажиллагааны гүйцэтгэл, үр ашгийг нэмэгдүүлэх зорилгоор чулуужсан түлшний дулааны цахилгаан станцуудад нэгтгэх [5], нүүрстөрөгчийн ялгаруулалт багатай устөрөгч үйлдвэрлэх [6] зэрэгт ашиглах боломжтой юм. Сүүлийн жилүүдэд НЦЦС-тай холбоотой судалгааны ажлууд эрчимтэй хийгдэж байгаа бөгөөд НЦЦС-ын ажиллагааны гүйцэтгэл техник-эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг сайжруулах [7], НЦЦС-ын эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх [8], [9], НШЦ-ын өөр өөр угтад дулаан дамжуулах шингэний (ДДШ) судалгаа [10], гелиостатын талбайн оновчлол [11], төв хүлээн авагч системийн оновчлол [12], ТНЭХ-ний загварчлал болон оновчлол [13] зэрэг судалгааны ажлууд хийгдсэн байна.

Энэхүү өгүүлэлд 100 МВт чадалтай НЦЦС-ын ажиллагааны гүйцэтгэл, техник-эдийн засгийн

судалгааг Монгол орны эрс тэс цаг уурын нөхцөлд гүйцэтгэсэн.

II. СИСТЕМИЙН ТАЙЛБАР

100 МВт чадалтай НЦДЦС-ын эрчим хүчний циклд К-100-90-6 маягийн уурын турбиныг (ЛМЗ) ашиглахаар төлөвлөсөн [14] бөгөөд К-100-90-6 турбины дулааны зарчмын схемийг 1(а)-р зурагт үзүүлэв. К-100-90-6 маягийн уурын турбины тэжээлийн ус халаах систем нь даралт буурах дарааллаар гурван өндөр даралтын халаагуур (ӨДХ-1, ӨДХ-2, ӨДХ-3/Деаэратор), таван нам даралтын халаагуураас (НДХ-1, НДХ-2, НДХ-3, НДХ-4, НДХ-5) тус тус бүрдэнэ. Үйлдвэрлэгчийн техникийн тодорхойломжийн дагуу IPSErgo программ хангамж ашиглан боловсруулсан К-100-90-6 маягийн уурын турбины дулааны зарчмын схемийн загварыг 1(б)-р зурагт үзүүлэв.



1-р зураг. К-100-90-6 маягийн уурын турбины (а) процессын схем [15] ба (б) IPSErgo загвар.

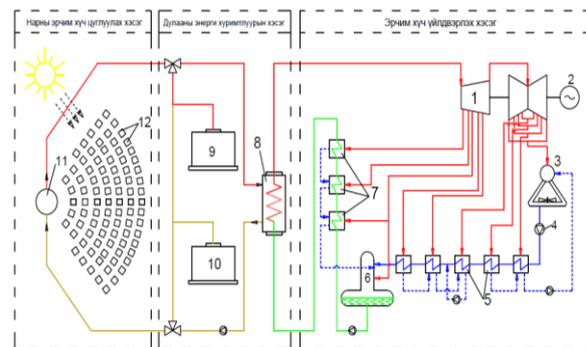
К-100-90-6 турбины дулааны зарчмын схемийн загварыг эхлээд үйлдвэрлэгчийн техникийн тодорхойломжийг ашиглан дизайны горимд загварчилсан ба дараа нь IPSErgo программ хангамж ашиглан боловсруулсан дулааны зарчмын схемийн загварын үр дүнг үйлдвэрлэгчийн техникийн тодорхойломжтой харьцуулж загварыг баталгаажуулсан. Үйлдвэрлэгчийн техникийн тодорхойломж болон дулааны зарчмын схемийн загварын үр дүнгийн харьцуулалтыг 1-р хүснэгтэд үзүүлсэн. 1-р хүснэгтээс харахад загварын

харьцангуй алдааны хамгийн их утга 1.22% байгаа нь К-100-90-6 маягийн уурын турбины дулааны зарчмын схемийн загвар үнэмшилтэй, цаашид судалгаанд ашиглаж болох нь харагдаж байна. Иймд бид К-100-90-6 маягийн уурын турбины дулааны зарчмын схемийн загварыг НЦДЦС-ын ажиллагааны нөхцөлд тохируулан агаарын хөргөлттэй конденсатортай ($p_k=0.07$ бар) байхаар дахин загварчилж үр дүнг 1-р хүснэгтийн 6-р баганад үзүүлэв.

1-Р ХҮСНЭГТ. 100 МВт УУРЫН ТУРБИНЫ ҮЙЛДВЭРИЙН ӨГӨГДӨЛ БОЛОН ЗАГВАРЧИЛСАН УТГЫН ҮНДСЭН ПАРАМЕТРУУДЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ.

Параметр	Нэгж	Үйлдвэрийн өгөгдөл	IPSErgo загвар	Харьцангуй алдаа	$P_k=0.07$ бар үеийн загвар
Хэвийн цахилгаан чадал	МВт	100	100	0	100
Хэт халсан уурын даралт	бар	90	90	0	90
Хэт халсан уурын температур	°C	535	535	0	535
Ажилласан уурын даралт	бар	0.035	0.035	0	0.07
Тэжээлийн усны температур	°C	217	219.75	1.22	216.46
Хэт халсан уурын зарцуулалт	т/ц	363	365.4	0.65	381.6
Ажилласан уурын зарцуулалт	т/ц	256	253.6	-0.94	270.8
Уурын хувийн зарцуулалт	кг/кВт·ц	3.66	3.66	0	3.82
Дулааны хувийн зарцуулалт	кДж/кВт·ц	9176	9247.0	0.77	9655.5

НЦДЦС нь гелиостатын талбар, төв хүлээн авагч систем бүхий нарны цамхаг зэргээс бүрдсэн нарны эрчим хүч цуглуулах хэсэг, халуун хүйтэн сав (бак)-аас бүрдсэн дулааны энерги хуримтлуурын хэсэг, уур үйлдвэрлэх дулаан солилцуур, уурын турбин, цахилгаан генератор зэргээс бүрдсэн цахилгааны эрчим хүчний үйлдвэрлэх хэсгээс тус тус бүрдэнэ (2-р зураг).



2-р зураг. 100 МВт цамхагт нарны дулааны цахилгаан станцын процессын схем: 1- уурын турбин; 2- цахилгаан генератор; 3- агаарын хөргөлттэй конденсатор; 4- хувирсан усны насос; 5- нам даралтын халаагуур; 6- деаэратор; 7- өндөр даралтын халаагуур; 8- уур үйлдвэрлэх дулаан солилцуур; 9- халуун ажлын бие

хадгалах сав; 10- хүйтэн ажлын бие хадгалах сав; 11- төв хүлээн авагч систем бүхий цамхаг; 12- гелиостат (нар ойлгогч толь).

Нарны талбар нь цамхгийн оройд байрлах төв хүлээн авагч систем дээр нарны цацрагийг төвлөрүүлэн тусгадаг олон тооны компьютерын удирдлагатай толинуудаас бүрддэг. Төв хүлээн авагч систем нь гелиостатын ойсон нарны цацрагийг шингээж, дулаан дамжуулах шингэнд дамжуулдаг ба өндөр температурын дулааны эрчим хүч болгон хувиргадаг. Төв хүлээн авагч системээс халсан ДДШ нь цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх систем рүү өгөгдөх ба илүүдэл хэсэг нь ДЭХ-т дулааны энерги байдлаар хадгалагдана.

Дэлхий дээр туршилт судалгааны зорилгоор хэрэгжүүлсэн хэд хэдэн нарны цамхагт дулааны цахилгаан станцууд ажиллаж байгаа бөгөөд одоогоор ажиллаж буй хамгийн өндөр хүчин чадлын НЦДЦС-ыг 2-р хүснэгтэд харуулав [16].

2-р ХҮСНЭГТ. Өндөр хүчин чадлын нарны цамхагт дулааны цахилгаан станцууд.

Нэр	Нэгж	Cerro Dominador Solar Thermal	Crescent Dunes Solar Energy Project	Ivanpah Solar Power Facility
Улс	-	Чили	Америк	Америк
Ашиглалтад оруулсан	он	2021	2016	2014
Чадал	МВт	110	110	392
Талбайн хэмжээ	м ²	7689027	6758250	14164500
Төвлөрүүлэгч толины тоо	ш	10600	10347	173500
Цамхгийн өндөр	м	252	200	140*3
Анхны хөрөнгө оруулалт	сая ам.доллар	1000	975	2510

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

100 МВт чадалтай НЦДЦС-ын судалгааг үйлдвэрлэгчийн тоног төхөөрөмжүүдийн техникийн үзүүлэлтүүд, бодит НЦДЦС-ын ажиллагааны өгөгдлүүдийг ашиглан IPSEpro, SAM зэрэг программ хангамжуудын тусламжтай гүйцэтгэсэн. Энэхүү судалгаанд тоон загварчлал, техник-эдийн засаг болон системийн шинжилгээ зэрэг аргуудыг ашигласан ба загварт ашиглагдсан зарим тэгшитгэл, томъёонуудыг дараах байдлаар өгөв.

Цамхагт хүлээн авсан нарны дулааны эрчим хүчийг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$q_{\text{х.авсан}} = q_{\text{талбай}} * \eta_{\text{гел}}; \text{кВт} \quad (1)$$

Энд: q- гелиостатын толины нийт талбайн нарны дулааны эрчим хүч, (кВт); $\eta_{\text{гел}}$ -тусгалаас бүрдэх гелиостатын үр ашиг, (%).

Гелиостатын толины нийт талбайн нарны эрчим хүч:

$$q_{\text{талбай}} = DII * A_{\text{гел}}; \text{кВт} \quad (2)$$

Энд: DII - косинусын алдагдлыг тооцсоны дараах нарны шууд цацраг, (кВт/м²); $A_{\text{гел}}$ -гелиостатын апертурын талбай, (м²).

Косинусын алдагдлыг тооцсоны нарны шууд цацраг:

$$DII = DNI * \cos\theta; \text{кВт/м}^2 \quad (3)$$

Энд: DNI - нарны шууд цацраг, (кВт/м²); θ - тусгалын өнцөг, (°).

Нарны цамхгийн дээд хэсэгт байрлах төв хүлээн авагчийн систем нь гелиостатын талбайн туссан нарны гэрлийг ДДШ-д шилжүүлэхэд ашиглагддаг. Гелиостатаас туссан нарны дулааны эрчим хүчийг:

$$q_{\text{цамхаг}} = q_{\text{х.авсан}} + q_{\text{алд}}^{\text{цамхаг}}; \text{кВт} \quad (4)$$

Энд: $q_{\text{алд}}^{\text{цамхаг}}$ - цацраг, конвекцийн алдагдлаас бүрдэх хүлээн авагчийн нарны дулааны алдагдал, (кВт).

Төв хүлээн авагчийн апертураас хүрээлэн буй орчинд алдах дулааны алдагдал:

$$q_{\text{алд}}^{\text{цамхаг}} = q_{\text{алд}}^{\text{х.авсан}} + q_{\text{алд}}^{\text{цацраг}} + q_{\text{алд}}^{\text{кон}}; \text{кВт} \quad (5)$$

Энд: $q_{\text{алд}}^{\text{х.авсан}}$ -хүлээн авагчаас тусгагдсан алдагдал, (кВт); $q_{\text{алд}}^{\text{цацраг}}$ - хүлээн авагчийн цацрагийн алдагдал, (кВт); $q_{\text{алд}}^{\text{кон}}$ - хүлээн авагчийн конвекцийн алдагдал, (кВт).

Дээрх 3-н алдагдлуудыг дараах байдлаар тодорхойлно.

$$q_{\text{алд}}^{\text{х.авсан}} = (1 - \delta) * q_{\text{х.авсан}}; \text{кВт} \quad (6)$$

$$q_{\text{алд}}^{\text{цацраг}} = \sum \varepsilon * \sigma_0 * A_T * (T_{\text{хана}}^4 - T_{\text{орч}}^4); \text{кВт} \quad (7)$$

$$q_{\text{алд}}^{\text{кон}} = \sum f_{\text{хольмог}} * (T_{\text{хана}} - T_{\text{орч}}); \text{кВт} \quad (8)$$

Энд: δ - хоолойн хавтангийн нарны шингээлтийн тухай, (0.95); ε - хагас бөмбөрцгийн цацраг, (0.88); σ_0 - Стефан-Больцманы тогтмол, (Вт/м²·К⁴); A_T -хоолойн хажуугийн гадаргуу, (м²); $f_{\text{хольмог}}$ - холимог конвекцийн коэффициент; $T_{\text{хана}}$ - ханын температур, (°C); $T_{\text{орч}}$ - орчны агаарын температур, (°C).

Төв хүлээн авагч системийн дулааны АҮК:

$$\eta_{\text{цамхаг}} = \frac{q_{\text{цамхаг}}}{q_{\text{х.авсан}}} = 1 - \frac{q_{\text{алд}}^{\text{цамхаг}}}{q_{\text{х.авсан}}}; \% \quad (9)$$

Гелиостатын толинд туссан нарны гэрэл нь цамхаг дээр төвлөрч, хүлээн авагчаас дулаан дамжуулах замаар ДДШ-ийн температур нэмэгддэг. ДДШ-руу шилжүүлсэн дулааныг:

$$q_{\text{шилж}} = m_{\text{ДДШ}} * (h_{\text{ДДШ}}^{\text{гар}} - h_{\text{ДДШ}}^{\text{ор}}); \text{кВт} \quad (10)$$

Энд: $m_{\text{ДДШ}}$ - дулаан дамжуулах шингэний массын урсгалын хурд, (кг / с); $h_{\text{ДДШ}}^{\text{гар}}$ болон $h_{\text{ДДШ}}^{\text{ор}}$ - хүлээн авагчийн гаралт ба оролт дээрх ДДШ-ий хувийн энтальпи (кЖ/кг) байна.

Нарны талбайн дулааны АҮК:

$$\eta_{\text{талбай}}^{\text{нарны}} = \frac{q_{\text{шилж}}}{A_{\text{НТ}} - DNI} = \frac{m_{\text{ДДШ}} * (h_{\text{ДДШ}}^{\text{гар}} - h_{\text{ДДШ}}^{\text{ор}})}{A_{\text{НТ}} - DNI}; \% \quad (11)$$

Энд: $A_{\text{НТ}}$ - гелиостатын апертурын талбай, (м^2).

Энэхүү өгүүлэлд хайлмал давсны хольцыг (бүтэц: 60% натрийн нитрат- NaNO_3 , 40% калийн нитрат- KNO_3) ДДШ-ээр сонгосон. Хайлмал давсны хольцын температурын функц болох дулааны шинж чанаруудын хамаарал:

$$\begin{cases} \rho = 2263.72 - 0.636 * T \\ C_p = 1396.02 + 0.172 * T \\ \lambda = 0.391 + 0.00019 * T \\ \mu = \left(\begin{matrix} 22.71 - 0.12 * T + \\ + 0.281 * 10^{-4} * \\ * T^2 - 1.47 * 10^{-4} * T^3 \end{matrix} \right) * 10^{-3} \end{cases} \quad (12)$$

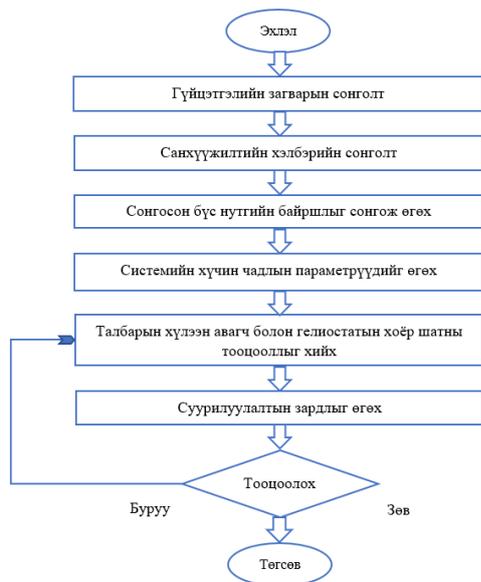
ДЭХ нь НЦДЦС-ын гол элементүүдийн нэг бөгөөд халуун ба хүйтэн савнаас тус тус бүрдэх ба тэдгээрийн массын ба дулааны баланс нь ижил учир халуун савны тэгшитгэлийг үзүүлэв.

Халуун савны дулааны энергийн алдагдал:

$$q_{\text{алд}}^{\text{х.сав}} = U * A_{\text{х.сав}} * (t_{\text{х.сав}} - t_{\text{алд}}) \quad (14)$$

Энд: U - дулаан дамжуулах нийт коэффициент; $A_{\text{х.сав}}$ - халуун савны дулаан дамжуулах талбай; $t_{\text{х.сав}}$ - температур.

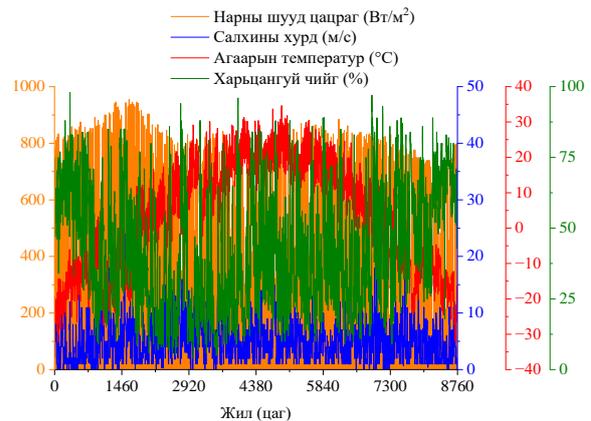
SAM программ ашиглан боловсруулсан 100 МВт НЦДЦС-ыг загварчлах хялбаршуулсан схемийг 3-р зурагт үзүүлэв.



3-р зураг. Нарны цамхагт дулааны цахилгаан станцыг загварчлах хялбаршуулсан схем.

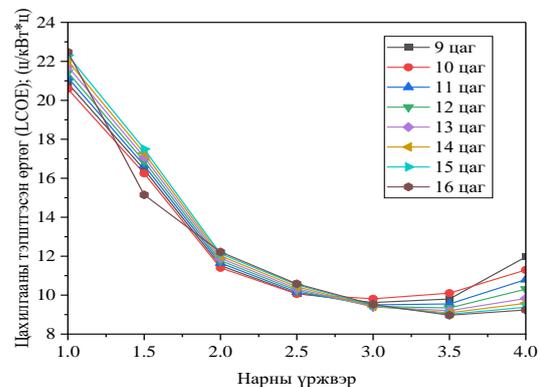
IV. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Аливаа НДЦС-ын төслийг хэрэгжүүлэхийн тулд сонгосон байршлын нарны шууд цацраг, цаг агаарын өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийх нь чухал юм. 100 МВт-ын чадалтай НЦДЦС-ын байгуулахаар сонгосон байршил (45.7632°N -ийн өргөрөг, 106.2650°E -ийн уртраг) нь Монгол орны хамгийн их нарны цацрагийн нөөцтэй газруудын нэг болох Дундговь аймгийн Мандалговь хот юм. НШЦ-ийн дизайны цэгийн утгыг 840 Вт/м^2 гэж тодорхойлсон. Сонгосон байршлын нарны болон цаг агаарын өгөгдлийн жилийн өөрчлөлтийг (НШЦ, агаарын температур, харьцангуй чийгшил, салхины хурд) 4-р зурагт үзүүлэв.



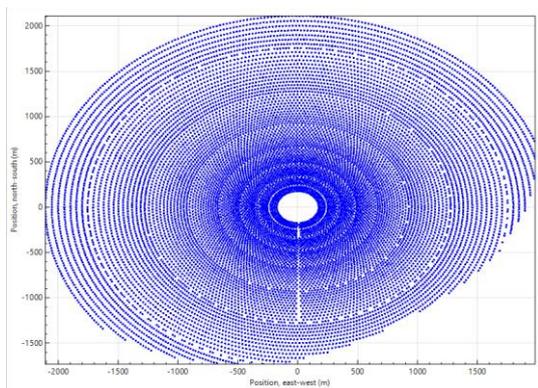
4-р зураг. Мандалговь хотын нарны болон цаг агаарын өгөгдөл.

НЦДЦС-ын үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүч (ЦЭХ) нь тухайн системийн гол үзүүлэлт бөгөөд энэ нь нарны үржвэр (НҮ) болон ДЭХ-ын ажлын цаг ихсэхийн хэрээр нэмэгддэг байна. Гэвч нарны талбарын хэмжээг илэрхийлэх нарны үржвэр ихэссэнээс хөрөнгө оруулалтын зардал нэмэгдэж, улмаар эдийн засгийн үр ашгийг бууруулдаг. Иймд нарны үржвэрийн буюу нарны талбарын оновчлол нь цаг уурын ямар ч нөхцөлд НЦДЦС-ыг хэвийн найдвартай, үр ашигтай ажиллуулахад чухал нөхцөл болдог. 5-р зурагт цахилгаан энергийн тэгшитгэсэн өртөг (ЦЭТӨ-LSOЕ) нарны үржвэр болон ДЭХ-ын ажлын цагаас хамаарах хамаарлыг үзүүлэв. 5-р зургаас харахад НҮ болон ДЭХ-ын ажлын цаг бага ойролцоогоор 8.97 цент/кВт-ц байна.



5-р зураг. Цахилгаан энергийн тэгшитгэсэн өртөг нарны үржвэр болон ДЭХ-ын ажлын цагаас хамаарах хамаарал.

6-р зурагт 100 МВт НЦДЦС-ын гелиостатуудын байрлалыг дүрслэв. Үр дүнгээс харахад нэг бүр нь 144.37 м² талбайтай нийт 13979 ш гелиостат 2018215.3 м² талбайд дараах бүдүүвчийн дагуу байрлахаар байна.



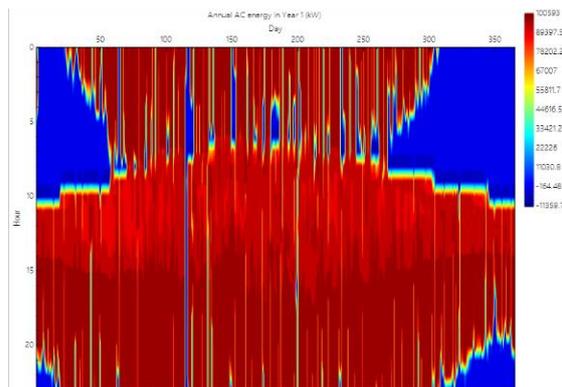
6-р зураг. 100 МВт НЦДЦС-ын гелиостат талбарын бүдүүвч.

3-р хүснэгтэд 100 МВт НЦДЦС-ын дизайны горим дахь техник-эдийн засгийн зарим үзүүлэлтүүдийг харуулав.

3-Р ХҮСНЭГТ. 100 МВТ НАРНЫ ЦАМХАГТ ДУЛААНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ТЕХНИК-ЭДИЙН ЗАСГИЙН ЗАРИМ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

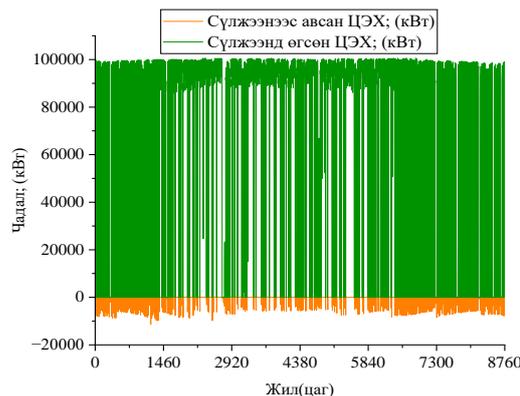
№	Тэмдэглэгээ	Нэгж	Утга
1	Жилд үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүч	кВт*ц	564,922,688
2	Хүчин чадлын ашиглалт	%	77.3
3	Жилд хэрэглэх усны хэрэглээ	м ³	128,700
4	Гелиостатын тоо	ш	13979
5	Нэг гелиостатын талбай	м ²	144.37
6	Нийт гелиостатын талбай	м ²	2,018,215.3
7	Цамхгийн өндөр	м	234
8	Газрын талбай	акр	3040.23
9	Анхны хөрөнгө оруулалт	ам.доллар	907,376,576
10	Нэг кВт цахилгааны тэгшитгэсэн өртөг	цент/кВт*ц	8.97

7-р зурагт 100 МВт чадалтай НЦДЦС-ын жилд үйлдвэрлэж, сүлжээнд нийлүүлэх ЦЭХ-ий хэмжээг харуулав. Тооцооллын үр дүнгээс харахад 100 МВт НЦДЦС нь жилд 564,922,688 кВт·ц/жил ЦЭХ сүлжээнд нийлүүлэх боломжтой ба жилийн X-р сараас I-р сарын хооронд хамгийн бага буюу нэг сард дунджаар 1.077.462 кВт·ц ЦЭХ-ийг сүлжээнд нийлүүлэх боломжтой байна. Энэ нь НШЦ, нарны тусгалын өнцөг, нарны гийгүүлэлтийн хугацаа болон цаг уурын нөхцөл зэргээс хамаарч байна.



7-р зураг. Жилд үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүч.

НЦДЦС нь эрчим хүчний системд ЦЭХ нийлүүлэхээс гадна, шаардлагатай үед өөрийн технологийн хэрэгцээнд системээс ЦЭХ авдаг байна. Өөрөөр хэлбэл наргүй үед болон шөнийн цагт ДДШ-ий температур эсвэл урсгалын хурдыг хадгалахын тулд ажилладаг насос, халаагч мөн бусад тоног төхөөрөмжийн цахилгаан энергийн зарцуулалт байдаг. 8-р зурагт 100 МВт НЦДЦС-ын системд нийлүүлсэн болон системээс авсан цахилгаан чадлыг жилээр үзүүлэв. 8-р зургаас харахад IX-өөс II-р сарын хооронд үйлдвэрлэсэн болон сүлжээнээс авсан цахилгаан чадал нь ихээхэн хэлбэлзэлтэй байгаа нь тухайн саруудад манай орны улирлаас хамааралтай нарны тусгалын өнцөг их, нарны гийгүүлэлтийн хугацаа бага байдагтай холбоотой юм. Харин III-р сараас VIII-р сард НЦДЦС-ын үйлдвэрлэсэн цахилгаан чадлын хэлбэлзэл бага, ойролцоогоор 80000-100000 кВт-ын хооронд байгаа ба НШЦ болон нарны гийгүүлэлтийн хугацаа их учир дараа өдрийн нар гарах хүртэл цахилгаан үйлдвэрлэл нь тогтвортой байна.

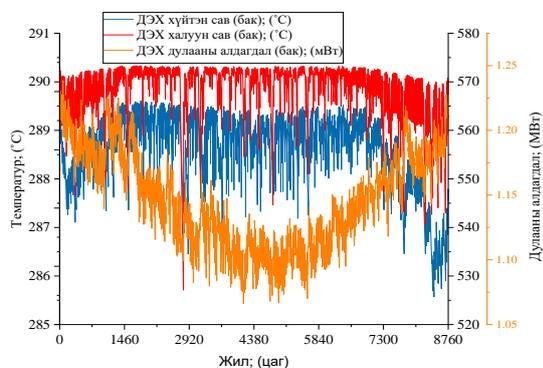


8-р зураг. Станцаас жилд сүлжээнд нийлүүлсэн болон сүлжээнээс авсан цахилгаан чадал.

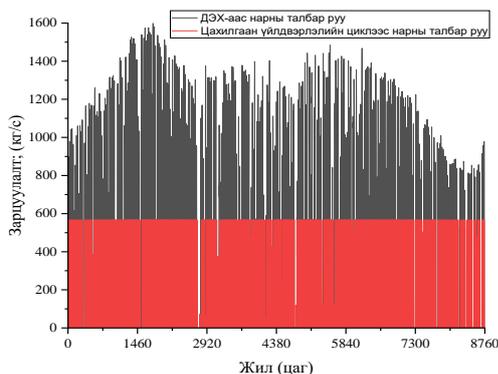
100 МВт НЦДЦС нь хайлсан давсыг ДДШ болгон ашиглахаар төлөвлөсөн ба тус ажлын бие нь температурын тодорхой хязгаарт ажиллана. ДЭХ-ын хүйтэн савнаас 290°C температуртайгаар гарч цамхгийн дээр байрлах төв хүлээн авагч системд нарны цацрагийн дулаанаар 574°C хүртэл халаагдана. Халаагдсан ДДШ-ий тодорхой хэсэг нь эрчим хүч үйлдвэрлэх хэсэг рүү явж уур үйлдвэрлэх

дулаан солилцооны төхөөрөмж рүү орж турбиныг тэжээх хэт халсан уурыг үйлдвэрлэдэг бол нөгөө хэсэг нь ДЭХ-ын халуун сав руу орно. 9-р зурагт нэг ДЭХ-ын халуун ба хүйтэн саван дахь ДДШ-ий оролт гаралтын температур болон ДЭХ-ын дулааны алдагдлын жилийн өөрчлөлтийг тус тус харуулав. 9-р зургаас харахад өвлийн улиралд дулааны алдагдал нь гадна агаарын температураас хамаарч өндөр (1.23 МВт) байна.

10-р зурагт ДЭХ-аас нарны талбар луу өгөгдөх болон эрчим хүч үйлдвэрлэх хэсгээс нарны талбар луу өгөгдөх ДДШ-ний зарцуулалтын жилийн өөрчлөлтийг харуулав. Эрчим хүч үйлдвэрлэх хэсгийн чадлаас хамаарч ДДШ нь 567.25 кг/с зарцуулалттайгаар нарны талбар өгөгдөж байна. Харин ДЭХ-аас нарны талбар луу өгөгдөх ДДШ-ий зарцуулалт хамгийн их үедээ 1603 кг/с байх ба энэ үед төв хүлээн авагч системийн дулааны АҮК 0.96% хүрч байна.



9-р зураг. ДЭХ дахь ДДШ-ий ажлын температур ба ДЭХ-ын дулааны алдагдлыг жилийн өөрчлөлт.



10-р зураг. Дулаан дамжуулах шингэний зарцуулалт.

V. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү өгүүлэлд Дундговь аймгийн Мандалговь хотын цаг уурын нөхцөлд 100 МВт НЦДЦС-ын ажиллагааны гүйцэтгэл, техник-эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийн судалгааг гүйцэтгэв. Тооцооллын үр дүнгээс харахад НЦДЦС нь цахилгаан эрчим хүчний дотоод хэргэлээ өндөр, мөн АҮК бага боловч уламжлалт ДЦС-тай харьцуулахад эрчим хүч үйлдвэрлэх явцад үүсдэг агаарын бохирдол, усны бохирдол, нүүрстөрөгчийн хийн ялгаруулалт

байхгүй тул хүрээлэн буй орчинд ээлтэй технологи юм.

НЦДЦС нь нартай үед цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэдэг тул жилийн 4 улиралтай, эрс тэс уур амьсгалтай манай орны хувьд НЦДЦС-ын ДЭХ-ын ашиглалтын цагийг өндрөөр тооцох шаардлагатай юм. Энэхүү судалгаанд ДЭХ-ын ашиглалтын цагийг 16 цаг байхаар сонгосон бөгөөд нарны үржвэр 3.5 байх нөхцөлд 100 МВт НЦДЦС-ын ажиллагааны гүйцэтгэл, техник-эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийн тооцооллыг гүйцэтгэхэд нарны талбарын хэмжээ 3040.23 акр, мөн гелиостатын тоо 13979 ширхэг бөгөөд анхны хөрөнгө оруулалт 907,376,576 ам.доллар байв. Үр дүнгээс харахад 100 МВт НЦДЦС-ын жилд 564,922,688 кВт·ц цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх боломжтой байна. Мөн хамгийн бага цахилгаан эрчим хүчний тэгшитгэсэн өртөг 8.97 цент/кВт·ц байгаа нь энэ төсөл эдийн засгийн хувьд сонирхол татахуйц байна.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг удирдсан ЭХС-ийн Дулааны инженерийн салбарын багш доктор (Ph.D.) Ш.Энхбаярт талархал илэрхийлье.

НОМ ЗҮЙ

- [1] European commission, “Global CO₂ emissions rebound”, EU Science Hub, 2022.
- [2] С.Батмөнх, “Монголын нөхцөлд нарны энергийг дулаанд хувиргах технологийн онол, практикийн үндэс” Соёмбо принтинг, Улаанбаатар хот, 2014 он.
- [3] Х.Энхжаргал, “Нарны эрчим хүч”, Улаанбаатар хот, 2022 он.
- [4] E.Shagdar, B.G.Lougou, B.Sereeter, Y.Shuai, A.Mustafa, E.Ganbold, D.Han, “Performance Analysis of the 50 MW Concentrating Solar PowerPlant under Various Operation Conditions” Energies, 2022.
- [5] E.Shagdar, Y.Shuai, B.G.Lougou, Ts. Jagvanjav, F.Wang, H.Tan, “Comparative Performance Assessment of 300 MW Solar-Coal Hybrid Power Generation System Under DifferentIntegration Mechanisms”, Energy Technol, 2021.
- [6] T.Prosina, T.Pryora, C. Creagha, L.Amsbeck, R.Buck, “Hybrid solar and coal-fired steam power plant with air preheating using a centrifugal solid particle receiver”, International Conference on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems, SolarPACES, 2014.
- [7] Amir H.Keshavarzadeh Pouria Ahmadi Marc A.Rosen, “Technoeconomic and environmental optimization of a solar tower integrated energy system for freshwater production”, Journal of Cleaner Production Volume 270, 10 October 2020.
- [8] R.Guédez, M.Topel, J.Spelling, B.Laumert, “Enhancing the Profitability of Solar Tower Power Plants through Thermoeconomic Analysis Based on Multi-objective Optimization”, Energy Procedia Volume 69, May 2015, 1277-1286.
- [9] Y.Xu, J.Pei, J.Yuan, G.Zhao, “Concentrated solar power: technology, economy analysis, and policy implications in China”, Environmental Science and Pollution Research volume 29, 2022, 1324–1337.
- [10] Kamran Mahboob, Awais A. Khan, Jawad Sarwar, M. Wajid Saleem, Tauseef A. Khan, “Comparison of a solar thermal tower power plant based on LiF-NaF-KF, NaCl-KCl-ZnCl₂, and NaNO₃-KNO₃ as HTF under different DNI conditions for different power cycles”, Solar Energy 235, 2022, 140–151.
- [11] J.Wang, L.Duan, Y.Yang, “An improvement crossover operation method in genetic algorithm and spatial optimization of heliostat field”, Energy 155, 2018, 15-28.

- [12] Q.Yu, P.Fu, Y.Yang, J.Qiao, Z.Wang, Q.Zhang, “Modeling and parametric study of molten salt receiver of concentrating solar power tower plant”, Energy 200, 2020.
- [13] Y.Luo, T.Lua, X.Du, “Novel optimization design strategy for solar power tower plants”, Energy Conversion and Management 177, 2018, 682-692
- [14] П. Н. Шляхин, М. Л. Бершадский, “Краткий справочник по паротурбинным установкам”, Москва 1970, 28-32.
- [15] “Главное техническое управление по эксплуатации энергосистем” Москва 1980.
- [16] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_tower

УЯН ДУРАНГИЙН ХЭВИЙН ҮЙЛ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ ЗАРИМ БОЛОМЖУУД

У.Мядагсүрэн¹, Д.Пүрэвдаш²

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар¹

Удирдагч багш

umydaysuren0101@yahoo.com¹, dashaa@must.edu.mn²

Хураангуй—Уян дуран нь хүний биеийн зарим хэсгийн шууд харах боломжгүй хэсэгт нэвтэрч оношилгоо, эмчилгээ хийх боломж олгодог анагаахын дүрслэл оношилгооны технологи юм. Дурангийн эмнэл зүйн ашиглалт нь өөр өөр байх бөгөөд диаметр, уртын хэмжээнээс хамаардаг. Нийслэлийн III шатлалын эмнэлгүүдийн уян дурангийн ариутгал хадгалалтаас шалтгаалан үүсдэг эвдрэл гэмтлийн судалгааг хийв.

Түлхүүр үг— шарьер, ширхэглэг оптик, дурангийн оношилгоо

I. ОРШИЛ

Дурангийн мэс заслын үндэс суурийн санааг анх зуу гаруй жилийн өмнө гаргаж байжээ. Гэсэн хэдий ч ерөнхий мэс заслын салбарт энэ техникийг нэвтрүүлсэн нь харьцангуй сүүлд хөгжсөн юм. Дурангийн мэс засал нь дурангийн техникийг хөгжүүлэн гаргаж ирсэн шинэ ололт юм. Арабын эмч Альбукасим, Франкфуртаас төрсөн эмч Филлип Боззини зэрэг эртний эмч нар хожим 1805 онд биеийн нүхийг шалгах аргыг анхлан боловсруулсан хүмүүсийн нэг байв. Дурангийн оношилгоог XVIII зууны сүүлээс хэрэглэх болсон бөгөөд анх МЭӨ 400 онд дурангийн суурь тавигдсан гэж үздэг байна. 1800-аад оны дундуур хэд хэдэн эрдэмтэд дурангаар төстэй багаж бүтээхийг оролдсон. Анхны үр дүнтэй нээлттэй хоолой дуранг 1853 онд Дезормо боловсруулсан. Энэ багажийг шээсний суваг болон давсагны шинжилгээнд ашигласан. Технологийн эдгээр дэвшлийг үл харгалзан 1986 оноос хойш зурагт дүрсийг томруулж, дүрслэх боломжийг олгодог компьютерын видео чипийг хөгжүүлсний дараа л дурангийн мэс заслын аргууд ерөнхий мэс заслын салбартай жинхэнэ утгаараа нэгдэж чадсан юм. Хүний өвчтөнд хийсэн анхны дурангийн холецистэктоми хагалгааг 1987 онд Францын эмч Моурет хийж байжээ[1]. Дурангийн мэс заслын аргыг хүн амын дунд хурдан хүлээн зөвшөөрсөн нь мэс заслын түүхэнд байгаагүй юм. Дурангийн аппаратын хөгжлийн үеүд нь тус бүр бие биеэсээ ялгарах онцлогуудтай 4 үндсэн хэсэгт хуваадаг. Үүнд:

Хатуу дуран	1875-1932 он
Хагас уян	1932-1958 он
Ширхэглэг оптик	1958-1981 он
Видео дуран	1981 оноос өнөөг хүртэл

хөгжсөн. Эдгээр хөгжлийн үе шатууд нь өөр өөрсдийн гэсэн онцлог шинж чанаруудтай бөгөөд улам хөгжингүй болсоор ирсэн юм. Хатуу дурангаас хагас уян дуранд шилжсэнээр өнцгийн хазайлттайгаар үзүүр нь эргэлддэг болон өөрчлөгдсөн. Ингэснээр хөндийт эрхтнийг оношлоход илүү сайжирсан юм. Гуравдугаар үе шат буюу ширхэглэг оптик дурангийн салбарт гарч ирснээр үсрэнгүй хөгжлийг үүсгэсэн.



Зураг 1. 1960 оны 10-р сард Америкийн Компани (АСМI) анхны арилжааны шилэн дурангаар хангасан бөгөөд дараа нь Япон дахь үйлдвэр нь биопсийн төхөөрөмж, камерын шилэн кабелийн гастроскопоор нэмсэн нь ходоодны гэрэл зургийг үр дүнтэй харуулсан.

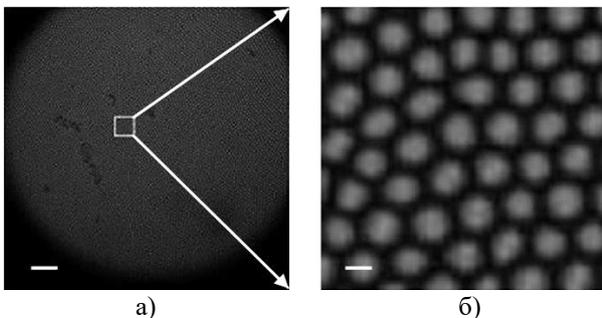
II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Орчин үед дурангийн тоног төхөөрөмж хөгжиж видео дуран, 100 дахин өсгөгч микроскоп, хэт авиат, рентген шинжилгээтэй хавсарсан шинжилгээ, дурангийн мэс заслын багажууд, будагч бодисууд зэргийг гастроэнтерологийн практикт хэрэглэх болсноор хоол боловсруулах эрхтний эмгэгүүдийн шалтгаан, өвчний ангилал, үе шатыг тогтоон оношлох, хорт хавдрыг эрт үед нь дурангаар эмчлэх, өвчтөний амьдралын чанарыг сайжруулах эмчилгээ хийх зэрэг боломжууд нээгдэж байна[2]. Дуран (Endoscopy) нь хөндийт эрхтнийг дотроос нь оношлох, эмчлэх зориулалттай төхөөрөмж юм. Аливаа дуранг оношилгооны ба мэс заслын гэж 2 ангилдаг. Дурангууд нь урт, голчоороо ялгаатай байдаг бөгөөд үүнийг Шарьер (Ch) хэмээх нэгжээр тодорхойлно. Орчин үеийн дурангийн иж бүрдэлд гэрэл үүсгэгч, видео процессор, ба уян дуран зэрэг багтдаг. Харж буй объектыг гэрэлтүүлэх систем, дүрсийг буцааж нүд эсвэл дэлгэц рүү хоромхон хугацаанд дүрсний өндөр чанартай дамжуулах ширхэглэг оптик систем нь дуран ажиллагааны цөм болдог. Дүрсийг CCD камераар дамжиж видео

процессорт дүрс боловсруулагдаж дэлгэцэнд харуулна. Гэрэл үүсгэгч нь гэрлийн фотоныг шинжлэх объект руу оптик шилэн багцаар дамжуулдаг. Уян дурангийн үзүүр нь нэг ба хоёр тэнхлэгээр хөдөлгөөн хийж эд эсээс шинжилгээ авах, тодорхой өөрчлөлт гаднын биетийг ойртож зөв өнцгөөс харах боломжийг олгодог. Хөндийт эрхтний аль хэсгийг харахаас хамаарч хазайлтын өнцөг нь 0°;12°;15°;30° гэх мэт өөр өөр байна. Дурангийн аль нэг өнцгийн хазайлгах тороос тасрахад тухайн өнцгөөс харах боломжгүй болдог гэмтэл нь түгээмэл байна.

Дурангийн физик үндэс

Ихэнх дурангийн аппарат ширхэглэгт оптикт үндэслэгдсэн байдаг. Ширхэглэг оптикоор гэрлийн урсгалыг дамжуулах санааг анх 1928 онд эрдэмтэн Бейрд гаргасныг эрдэмтэн Вен Хилл 1957 онд хэрэгжүүлсэн байна. Хэдэн арван мянган микрон диаметртэй ширхэглэг гэрэл дамжуулагчаар гэрлийг дамжуулахад түүний сарнилтыг арилгах болон хананаас ойх дүрсийг сайжруулахын тулд хугарлын бага үзүүлэлттэй шилээр ширхэглэгийг бүрдэг. Нэг тусдаа ширхэглэг нь объектын цуг л цэгийн дүрсийг дамжуулдаг гэсэн үг юм. Гэрлийн туяа нь ширхэглэгийн дотоод ханануудаас ээлж дараалан ойсоор эсрэг талын үзүүрээр бүрэн гарна. Ширхэглэгүүдийг дээр дээрээс нь давхарлан дурангийн ширхэглэг оптикийн системийг бүрдүүлдэг. Дурангийн ширхэглэг оптикийн системийг хамгаалалтын давхаргаар бүрж, уян хатан хоолой дотор байрлуулдаг.

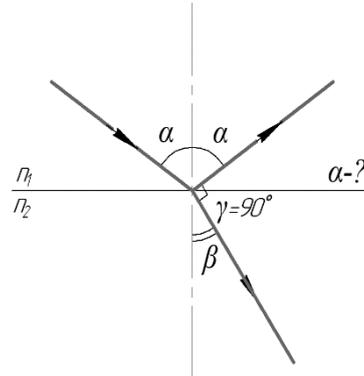


Зураг 2. Уян дурангийн а) ширхэглэг оптикийн хөндлөн огтлол б) ширхэглэг оптикийн багц

Гэрлийн мөн чанар нь гэрлийн энерги тарах процессыг судлах оптикийн бүлгийг геометр оптик гэнэ. Геометр оптик дараах гурван хуульд тулгуурлана. Нэг төрлийн орчинд гэрлийн туяа нь шулуун тархдаг. Оптик нягт ихтэй орчинд гэрэл тархах хурд нягт багатай сийрэг орчинд гэрэл тархах хурднаас бага байна. Хугарлын хууль:

$$\frac{\sin_1}{\sin_2} = \frac{c}{v} \tag{1}$$

Тусгалын мөн чанар нь тусгах гадаргуйн тэгш бус байдлын хэмжээ ба долгионы ургын харьцаанаас хамаарна. Гэрлийн цацраг нь хоёр тунгалаг зөөвөрлөгчийн хоорондох интерфесийг мөргөхөд тусгал нь хоёр цацраг болон хуваагдах бөгөөд хугарсан туяа орчинд тархахдаа чиглэлээ өөрчилдөг.

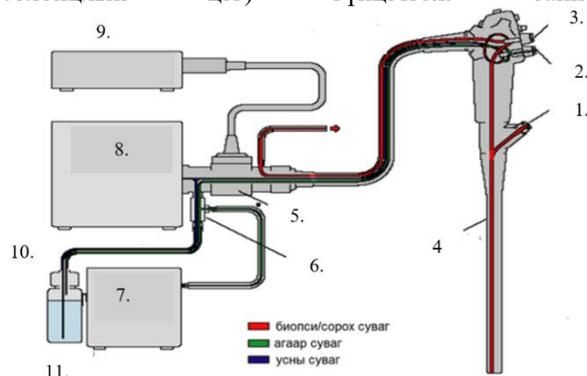


Зураг 3. Гэрлийн ойт болон хугарлын үзэгдэл

Нийт дотоод тусгалын үзэгдлийг ширхэглэг оптикт ашигладаг. Гэрлийн хугарлын илтгэгчийг бүрхүүлээр хүрээлэн чиглүүлснээр гэрэл шилийг даган тархаж шилэн бүрээстэй интерфесийн бүрэн тусгалд орно. Оптикийн гулзайлт нь гэрлийн нэвтрэлд саад болохгүй. Ширхэглэг оптик утаснуудад шингээлтийн улмаас гэрлийн алдагдал маш байдаг тул бөгөөд уян дуранд өргөнөөр ашигладаг бөгөөд ширхгийн тоо сая хүртэл байна.

Дурангийн техник хангамж

Орчин үед эмнэлгийн салбарт уян дуранг оношилгоонд түгээмэл ашиглаж байгаа бөгөөд уян дуран нь хөгжлийн түвшнээрээ дүрсийн чанар, уян байдлаараа олон давуу талтай. Видео уян дуран нь дүрслэл, механик хөдөлгөөн сайжруулалтанд 30 гаруй жилийг зарцуулсан байдаг. Уян дурангийн олон янзын төрлүүд нь тус бүр бага зэрэг ялгаатай шинж чанартай байдаг. Хэдийгээр дурангийн олон түвшний судалгаа, шинжилгээ хийгдсэн ч багажийн үндсэн хэлбэр, зохион байгуулалт ерөнхийдөө өөрчлөгдөөгүй. Орчин үеийн оптикийн чухал ололт нь дурангаар 10-30 дахин, үүнээс ч дээш томруулж объектын дүрсийг харж болох ба 2.5 мм-ээс тодорхой зай хүртэлх фокусиробкийг (гэрэл солбицлын цэг) гүйцэтгэж байна.



Зураг 4. Уян дурангийн бүтэц

1-биопси хавхлаг, 2-агаар/усны хавхлаг, 3-сорох хавхлаг, 4-оруулах хоолой, 5-гэрэл үүсгүүртэй холбогч, 6-хийн адаптер, 7-сорох насос, 8-гэрэл үүсгүүр, 9-видео процессор, 10-усны савны хоолой, 11-усны сав

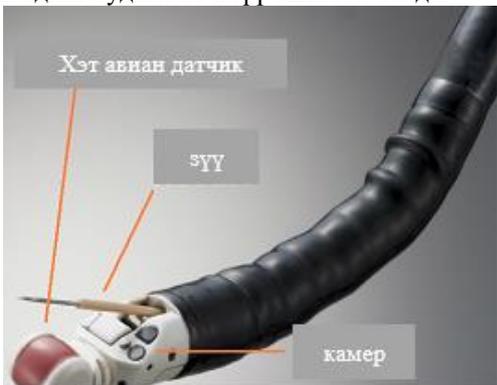
Тухайн орчноо харах хазайлтын өнцгийн хэмжээнээс шалтгаалан 00 , 120 , 150 , 300 , 450 гэх мэт дуран авайг ангилдаг. Учир нь ямар эрхтний аль нэг хэсгийг харахаас хамаарч хазайлтын өнцөг нь

өөр өөр байна. Мөн үүрэг зориулалтаасаа шалтгаалан дурангууд олон янз байдаг. Дурангийн голоор сорьц авах хавчаар, чулуу бутлагч, татагч багажууд оруулан оптикуудаа сольж ажилладаг зарчимтай. Уян дуран нь удирдах үзүүрийн хэсэг, дундах уян хэсэг сольж ажилладаг зарчимтай. Уян дуран нь удирдах үзүүрийн хэсэг, дундах уян хэсэг (их бие), удирдлагын систем (толгой хэсэг), окуляр болон гэрэл үүсгүүрээс гэрлийг дуран дамжуулах уян хоолой зэргээс тогтно. Уян дурангийн үзүүрийн хэсэг нь гэрэл дамжуулах хоолойн төгсгөлийн цонх, шаардлагатай багаж хэрэгслийг оруулах сувгийн амсар нүх, шингэнийг соруулах хоолой, агаар үлээгч хоолой зэргийг агуулсан байна.

Нарийн гэдэсний уян дурангийн бусдаасаа ялгаатай нэг зүйл нь нарийн гэдсийг хийлэх хийлэгчтэй байдаг. Учир нь нарийн гэдэс маш нарийн байдаг тул дотор нь дуран явуулах хангалттай зай байдаггүй.

Дурангийн хөгжил өнөөгийн байдал

Хүн төрөлхтөн өөрийнхөө биеийг судлахаа хэзээ ч зогсоогүй. Эртний Грекийн алдартай эмч, анагаах ухааны эцэг гэгддэг Гипократ нэгэнтээ шулуун гэдэсний оношилгооны аппаратыг тодорхойлсон нь өнөөгийн бидний хэрэглэж буй багаж хэрэгсэлтэй тун төстэй юм. 20-р зуунд шинжлэх ухаан, технологи хөгжихийн хэрээр дурангийн дурангууд эрчимтэй хөгжиж эхэлсэн. Хэт авианы дурангийн шинжилгээ нь 1980-аад онд нийлмэл дүрслэлийн эрин үеийг эхлүүлсэн [3]. Технологийн дэвшил, эмнэлзүйн хэрэглээг гүнзгийрүүлсэн нь хэт авианы дурангийн технологийн хөгжлийг тасралтгүй ахиулж, датчикийн диаметрийг багасгах, давтамж хувиргах, нийцтэй байдал, зураг боловсруулах автоматжуулалт зэрэгт ихээхэн ахиц дэвшил гаргасан. Төрөл бүрийн жижиг диаметртай, хэт нарийн диаметртай катетер датчик ялангуяа гурван хэмжээст хэт авианы датчик хэрэглэх болсноор нойр булчирхайн сувгийн доторх хэт авиан шинжилгээ хийх технологи улам боловсронгуй болж байна. Сорьцын давтамж хувиргах технологи нь нэг оруулгатай олон гүнийн дэлгэцийг гаргана. Сорьцын давтамжийн хүрээ өргөн байх тусам эмч нар өөр өөр гүний эдийг судлах нь илүү ашигтай байдаг.



Зураг 5. Эхо-той дуран

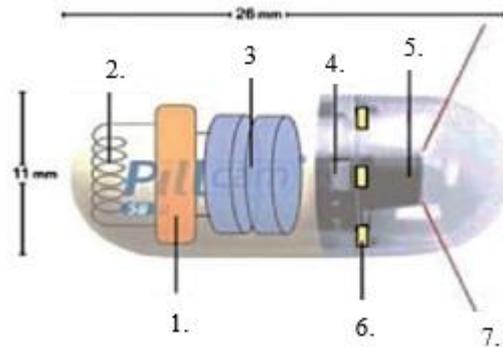
Одоогийн байдлаар Olympus болон Fujifilm-ийн цахим сканнерийн хэт авианы дуранг 5-12МГц давтамжийн хүрээнд, Pentax-ийн электрон каннердсан хэт авианы дуранг 5-10МГц давтамжийн хүрээнд тохируулах боломжтой.

Капсул дуран

Капсул дуран бий болсноор нарийн гэдэсний (SB) эмгэг судлалын оношилгоо, эмчилгээ нь хувьсгал хийсэн. SB нь ходоод гэдэсний замын хамгийн урт эрхтэн бөгөөд энэ нь судлахад хамгийн хэцүү байдаг. Утасгүй капсул дуран гэх шинэ бүтээл нь гастроэнтерологичдод нарийн гэдэсний эмгэг судлалын оношилгоог бүхэлд нь инвазив бус аргаар судлах боломжийг олгосон[4]. Капсул дуран нь ходоод гэдэсний цус алдалтын сэжигтэй өвчтөнүүдийг судлах эхний эгнээний арга гэж хүлээн зөвшөөрөгдсөн бөгөөд галд тэсвэртэй целиак өвчин, гэдэсний үрэвсэлт өвчтэй өвчтөнүүдийн судалгаанд рентген шинжилгээнд нэмэлт юм [5].

Ходоод гэдэсний дээд хэсгийн капсулын дурангийн шинжилгээ

Капсул дуран технологи нь ходоод гэдэсний замын дээд хэсгийг судлах инвазив бус аргыг бий болгоход тохируулсан. Зарим өвчтөнүүд тэвчихэд хэцүү, эрсдэлтэй инвазив мэс засал хийлгэхээс санаа зовдог тул эмчээс зөвлөгөө авахаас татгалздаг. Энэ нь дурангийн процедуртай харьцуулахад CE-ийг илүү сайн тэсвэрлэдэг болохыг харуулсан хэд хэдэн судалгааг дагаж мөрддөг.

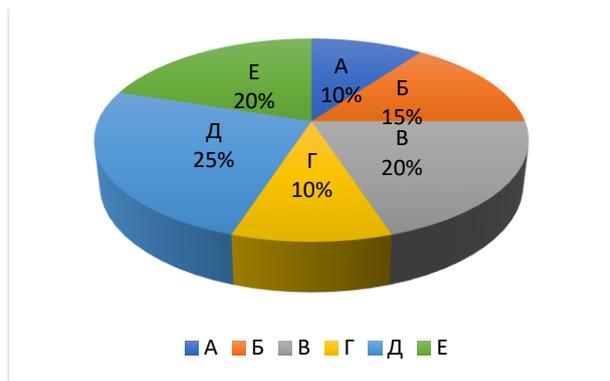


Зураг 5. Капсул дурангийн бүдүүвч
1- хэрэглээний тусгай нэгдсэн хэлхээ, 2- антен, 3- тэжээл, 4- CMOS чип, 5- линз, 6- гэрэл үүсгүүр, 7- харалтын өнцөг

III. СУДАЛГАА

Манай улсын хувьд дэлхийд хүлээн зөвшөөрөгдсөн оношилгооны дуран ашигладаг боловч тусламж, үйлчилгээний ачааллын улмаас түүний угаалга, халдваргүйтгэл хийх технологийн стандарт алдагдах магадлал өндөртэй байна. Тиймээс өөрийн орны нөхцөлд уян дурангаас үүдэлтэй эмнэлгийн дотоод халдварын тархалтаас урьдчилан сэргийлэхэд нөлөөлөх хүчин зүйлс, тулгамдсан асуудлууд, түүнийг шийдвэрлэх боломж тодорхойлж, оновчтой шийдлийг боловсруулах зорилготойгоор уг судалгааны ажлыг хийлээ. Уян дурангийн өнөөгийн байдал, угаалга, халдваргүйтгэлийн журам, стандартын талаарх

судалгаанд клиникийн III шатлалын эмнэлгүүдийн хоол боловсруулах замын эрхтэн системийн (улаан хоолой, ходоод, 12 нугалаа гэдэс, бүдүүн гэдэс, шулуун гэдэс) оношилгоо, эмчилгээнд ашиглаж буй 80 гаруй уян дуранг хамруулсан. Уян дуранд түгээмэл гардаг эвдрэл гэмтлүүдийг товч дурдвал нугаралтын резин цоорох, бие болон нугарах хэсэг гэмтэх, багажийн суваг цоорох, агаар усны гаралт муудах, удирдлагын товчлуур зурагдах ба цоорох, линзний гэрэл шатах, сорох цилиндр элэгдэх зэрэг гэмтлүүд орно.



Зураг 6. Уян дуранд түгээмэл гардаг гэмтлүүдийг эзлэх хувиар нь илэрхийлэв.

Тайлбар:

- A – сүвгийн цоорол – 10%
- B – өнгө хувиралт – 15%
- C – нугаралтын резин цоорол – 20%
- Г – холболтын хэсэг гэмтэх, ус нэвчих – 20%
- Д – тросс тасрах – 10%
- Е – линз хагарах, цуурах – 25%

Дараах хүснэгтэд улсын шатлалын эмнэлгүүдээс түүврийн аргаар сонгон авч судалгаа хийсэн бөгөөд харилцан өөр өөр ачаалалтай эмнэлгүүдийн хувьд гарах эвдрэл гэмтэл нь ялгаатай байв. Энэхүү судалгаагаар тус шатлалын эмнэлгүүдэд ямар зориулалтын уян дуранг түлхүү ашигладаг мөн тэдгээрт ямар эвдрэл гэмтэл гардаг талаар өгүүлэх бөгөөд хэвийн үйл ажиллагааг дээшлүүлэх боломжуудыг үр дүнд нь эрэлхийлэв. Гардаг гэмтлүүдийг дугаарлан гэмтэл бүр дээр гарах шалтгаан болоод урьдчилан сэргийлэх арга замыг үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Уян дурангийн ашиглалт, ариутгал, хадгалалт, гардаг эвдрэл гэмтлийн судалгаа.

Эмнэлэг	Үйлдвэрлэгч үйлдвэрлэсэн он	Дурангийн ариутгал, цэвэрлэгээ	Дурангийн төрөл	Дуранг хадгалах	Түгээмэл гардаг гэмтэл
УХТЭ	OLIMPUS Excelera3	Тусгай уян дурангийн угаагчтай давхар ариутгал хийдэг. Хатуу дуранг хэсэг хэсгээр нь салган угааж ариутгадаг.	Ходоодны дуран, Нарийн гэдэсний дуран, Бүдүүн гэдэсний дуран	Уян дуранг хадгалах тусгай шүүгээтэй бөгөөд шүүгээ нь тогтмол температурт хатаах үйлдэл хийдэг.	Гэмтэл1. Нугаралтын хэсгийн трос тасардаг Гэмтэл2. Олон удаагийн угаалтаас үүдэж дотоод эд ангид ус орж камер шатаадаг. Гэмтэл3. Хамгаалалтын резин үрэгдэж элэгдсэнээс үүдэн их бие гэмтдэг.
УЛСЫН 4-Р ТӨВ ЭМНЭЛЭГ	OLIMPUS	Уян дуранг угааж ариутгах 2 машинтай. 1) зориулалтын уян дурангийн угаагч машин нь хатаах үйлдэлтэй 2) тусгай кварц гэрлийн ариутгагчтай.	Ходоодны дуран Шулуун гэдэсний дуран Бүдүүн гэдэсний дуран	Уян дуранг хадгалахад тусгай кварцын гэрэлтэй хатаах шүүгээг ашигладаг.	Гэмтэл1. Нугаралтын хэсгийн трос тасардаг Гэмтэл2. Дотоод эд анги шатах Гэмтэл3. Хадгалалтаас үүдсэн нугаралтаас болж дотоод эд анги гаахьдаг. Гэмтэл4. Дурангийн оптик шил хагардаг .
СХДЭМТ	OLIMPUS	3 шатлалт ариутгал хийнэ. Гар угаалга Дурангийн ариутгалын машин Хатаах шүүгээ	Шулуун гэдэсний дуран Бүдүүн гэдэсний дуран	Хатаах шүүгээг ашигладаг.	Гэмтэл1. Нугаралтын хэсгийн трос тасардаг Гэмтэл2. Олон удаагийн угаалтаас үүдэж дотоод эд ангид ус орж камер шатаадаг. Гэмтэл3. Хамгаалалтын резин үрэгдэж элэгдсэнээс үүдэн их бие гэмтдэг.

Түгээмэл тохиолдох гэмтлүүд, шалтгаан болон тэдгээрээс урьдчилан сэргийлэх арга замууд

Гэмтэл 1.

Удирдлагын товчлуур зурагдах ба цоорох
Шалтгаан: Цэвэрлэх болон зөөвөрлөх үед дуранг хатуу гадаргууд цохих, хурц үзүүртэй зүйл хүргэх.
Авах арга хэмжээ: Дуранг цэвэрлэж байхдаа угаалтуурт цохиж болохгүй, үзүүрийн хэсгийг удирдлагын хэсэг болон холболтын хэсгээс тусад нь барих, зөөвөрлөхдөө энэ аргыг хэрэглэснээр удирдлагын товчлуурыг хатуу гадаргууд цохихоос сэргийлэх.

Гэмтэл 2.

Линзний хагарал, цууралт гэмтэл
Шалтгаан: Үзүүрийн хэсгийг хатуу үстэй сойзоор цэвэрлэх, хатуу гадаргууд цохих, шалан дээр унагах.
Авах арга хэмжээ: Их биеийн үзүүрийн хэсгийг доргиож болохгүй. Ялангуяа камерын линзний гадаргууг доргиохгүй байх. Линзийг цэвэр зөөлөн даавуугаар цэвэрлэх. Зааврын дагуу зөв барих зөөвөрлөх, цэвэрлэх үедээ.

Гэмтэл 3.

Сорох цилиндр элэгдэх
Шалтгаан: Сорох цилиндрийг троссон сойзоор үрж, зүлгэснээс эмтэрч элэгддэг.
Авах арга хэмжээ: Сувгийг сойздож цэвэрлэхдээ троссон сойзоор цилиндрийн амсрыг үрж зүлгэхээс болгоомжлох.

Гэмтэл 4.

Их бие болон нугарах хэсэг гэмтэх
Шалтгаан: Дурангийн ажиллагаа хэвийн мэт боловч шахагдсан, нугаларсан, дарагдсан гэмтлүүд ихэвчлэн дуранг ашиглахаа зогсоох хэрэгтэй.
Авах арга хэмжээ: Их биеийн хэсгийг 12см-ээс бага диаметртэй нугалахгүй байх, их биеийн хэсгийг хаалга болон угаалгын машин гэх мэт зүйлсэд цохихоос зайлсхийх, зуувч хэрэглэх.

Гэмтэл 5

Нугаралтын резин цоорох
Шалтгаан: хурц үзүүртэй зүйлээр цоолох, нугарах хэсгийг хатуу гадаргууд цохих.
Зохих арга хэмжээ: нугарах хэсгийн хурц үзүүртэй ойр тавих хатуу гадаргууд цохиж болохгүй.

IV. ДҮГНЭЛТ

Манай улсын хувьд дэлхийд хүлээн зөвшөөрөгдсөн оношилгооны дуран ашигладаг боловч тусламж, үйлчилгээний ачааллын улмаас түүний угаалга, халдваргүйтгэл хийх технологийн стандарт алдагдах магадлал өндөртэй байна. Дурангийн угаалга, халдваргүйжүүлэлт нь ашиглагдаж буй тоног төхөөрөмжийн технологиос ихээхэн хамааралтай байдаг. Мөн тухайн дуранд тохирсон халдваргүйжүүлэх уусмал, угаах дараалал нягт гүйцэтгэх, өрөө тасалгаанд тавигдах стандарт хангасан байдал зэргийг эмнэлгийн дотоод халдвар

тархах эрсдэлтэй шууд холбоотой байдаг. Техник технологи хурдацтай хөгжиж байгаа энэ үед эрүүл мэндийн салбарт шинэ технологийг нэвтрүүлж, тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын ачааллыг бууруулах нь чухал ач холбогдолтой. Мөн ихэнх эвдрэл гэмтэл ихэвчлэн ашиглалтаас шалтгаалсан байгаа бөгөөд дээрх гэмтлүүдийг засах боломжтой юм. Нийслэлийн III болон II шатлалын эмнэлэгт хийсэн судалгаанаас үзэхэд нийт гардаг гэмтлүүдийн 90%-ийг ашиглалтын буруу алдаанаас шалтгаалдаг хэмээн дүгнэж байна. Дээрх эвдрэл гэмтлүүдийн хамгийн ихийг буюу 25 хувийг линзний гэмтэл эзэлж байгаа нь түүнийг цэвэрлэх ариутгахдаа үзүүрийн хэсгийг хатуу сойзоор цэвэрлэх хатуу гадаргууд цохих, шалан дээр унагах зэрэг ашиглалтын буруу алдаанаас үүдэлтэй гэж үзэж байна.

Дуранг ашиглаж байх явцад стандарт ажиллагааны алдаанаас үүдэн гарах гэмтлүүд ихэнх хувийг эзэлдэг тул хэзээ, хаана, хэн нөхцөлүүдийг шинжилж урьдчилан сэргийлэх төлөвлөгөөг гаргах, дүн шинжилгээ хийж байх шаардлагатай. Дурангийн хэвийн үйл ажиллагааг хангаж тухайн тоног төхөөрөмжийн ашиглах хугацаа буюу насжилтыг илүү удаан байлгахын тулд дуранг стандартын дагуу ариутгах мөн хадгалах явдал юм. Дээрх ихэнх эмнэлгүүдэд нийтлэг гараад байгаа эвдрэл буюу тороос тасрах эд ангиуд шатах зэрэг нь буруу хадгалах болон буруу угаалга ариутгалаас үүдэлтэй хэмээн дүгнэж байна. Уян дурангийн хэвийн үйл ажиллагааг хангах дээрх механик эвдрэл гэмтлийг бууруулахын тулд дурангийн ариутгал халдваргүйжүүлэлтийг хийхдээ стандартын дагуу зөв дэс дарааллаар гүйцэтгэх, эмнэлгүүдийн ачааллаас хамаарч дурангийн нөөц тоог ихэсгэх, эмч сувилагчдад уян дурангийн зөв хадгалалт зөөвөрлөлт хэрэглээний талаар тогтмол мэдлэг мэдээллийг олгох, дурангийн линзний цэвэрлэгээний зориулалтын зөөлөн сойзыг нэвтрүүлэх, Энэхүү эрдэм шинжилгээний өгүүлэлдээ нийслэлийн II болон III шатлалын эмнэлгүүдэд уян дурангийн хэвийн үйл ажиллагааг дээшлүүлэх талаар судалгаа хийж авч болох арга хэмжээнүүдийг эрэлхийлэхийг хичээлээ.

НОМ ЗҮЙ

- [1] History of ultrasound endoscopy. Available from: <https://inf.news/en/health/538a05549c4cd528bc4a6d7a6d0c522c.html>
- [2] S.J.Spaner , G.L.Warnock- A brief history of endoscopy, laparoscopy, and laparoscopic surgery, 1997.
- [3] History of Olympus Products : Endoscopes. Available from: https://www.olympus-global.com/technology/museum/endo/?page=technology_museum
- [4] Computers in Biology and Medicine- Recent developments in wireless capsule endoscopy imaging: Compression and summarization techniques, October 2022.
- [5] Recent developments in wireless capsule endoscopy imaging: Compression and summarization techniques.

АГААРЫН БОЛОН УСАН ХӨРГӨЛТТЭЙ КОНДЕНСАТОРУУДЫН АЖИЛЛАГААНЫ ГОРИМЫН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА (К-6-35 МАЯГИЙН УУРЫН ТУРБИНЫ ЖИШЭЭН ДЭЭР)

Х. Тэмүүлэн¹, Б. Нямхүү¹, Б. Цэрэнжамц¹, Ш. Энхбаяр^{1,2*}.

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

²Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн

*Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг: enkhbayar.sh@must.edu.mn

Хураангуй— Дэлхийн хүн ам нэмэгдэхийн хэрээр цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ эрчимтэйгээр өсөж байна. Улс орнууд эрчим хүчний салбараас байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөллийг багасгах зорилгоор байгаль орчинд ээлтэй технологиудыг эрчим хүчний салбартаа нэвтрүүлж байна. Дулааны цахилгаан станц (ДЦС)-ын хувьд нэвтрүүлж болох байгаль орчинд ээлтэй технологиудын нэг нь агаарын хөргөлттэй конденсатор (АХК) юм. АХК нь анхны хөрөнгө оруулалт өндөр, цахилгаан эрчим хүчний дотоод хэрэглээ их зэрэг дутагдалтай талтай ч ашиглалтын зардал болон байгаль орчин үзүүлэх нөлөөлөл бага тул урт хугацаандаа эдийн засгийн хэмнэлттэй, хүрээлэн буй орчныг хамгаалахад чухал нөлөө үзүүлэх технологи юм. Энэхүү өгүүлэлд К-6-35 маягийн уурын турбины жишээн дээр агаарын болон усан хөргөлттэй конденсаторуудын ажиллагааны горимын харьцуулсан судалгааг гүйцэтгэв. Усан хөргөлттэй конденсатор (УХК)-ын хувьд К-6-35 маягийн уурын турбинаас гарах ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд цагт 910 тонн хөргөлтийн ус шаардагдах бол АХК-ыг ашигласнаар дээрх усны хэрэглээг хэмнэх боломжтой юм. УХК ашиглаж байхад конденсатор луу орох хөргөлтийн усны температур нь улирлаас шалтгаалан ихээхэн хэлбэлздэг бөгөөд +5°C-аас +30°C температурын зайцад хөргөлтийн усны зарцуулалтыг тооцоолж, турбинаас гарах уурын эцсийн даралт болон турбо-генераторын цахилгаан чадал нь хөргөлтийн усны температураас хэрхэн хамаарч буйг судлав. Мөн АХК ашиглах үед турбины ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардагдах агаарын зарцуулалт (2218 т/ц агаар) болон агаарыг шахах вентиляторын цахилгаан чадлыг монгол орны эрс тэс цаг уурын нөхцөлд -25°C-аас +25°C температурын зайцад тооцоолсон бөгөөд турбинаас гарах уурын эцсийн даралт болон турбо-генераторын цахилгаан чадал нь гадна агаарын температураас хэрхэн хамаарч буйг судалсан.

Түлхүүр үг— Агаарын хөргөлттэй конденсатор, усан хөргөлттэй конденсатор, К-6-35 турбин, усны хэмнэлт, хүрээлэн буй орчны хамгаалал.

I. УДИРТГАЛ

Монгол орны уул уурхайн орд газрыг дагасан цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ нэмэгдэхийн хэрээр найдвартай цахилгааны эх үүсгүүр хэрэгтэй болж байна. Монгол орон нь дэлхийн усны нөөц нэн багатай 22 орны нэг бөгөөд нийт нутгийн 70% нь говь цөл, цөл хээрийн хуурай, хуурайвтар бүс нутагт хамаарагддаг [1]. 2017 оны байдлаар манай улсын гадаргын усны нөөц 21035.4 сая м³ харин газар доорх усны нөөц 3062.1 сая м³ байсан [2]. Нийт усны нөөцийн 80%-ийг гадаргын ус, үлдсэн 20% нь газрын доорх ус юм. Манай орны усны ашиглалтын 25%-ийг эрчим хүч үйлдвэрлэхэд, 22%-ийг уул уурхайн салбарт, 16%-ийг хүн амын ундны ус, 16%-ийг мал аж ахуй, 12%-ийг газар тариалан, 8%-ийг хөнгөн үйлдвэрүүд, үлдсэн 1% аялал жуулчлалд зарцуулж байна [3].

ДЦС-ын техникийн усны 40-50%-ийг турбинаас гарах ажилласан уурыг шингэрүүлэх үүрэгтэй УХК-г ашигладаг. Тиймээс ДЦС-ын усны ашиглалтыг бууруулах арга нь АХК хэрэглэх юм. АХК-ыг усны нөөц бага хэт хуурай газар буюу говийн бүсэд байгуулах нь тухайн нутаг дэвсгэрийн тэнцвэрт байдал болон хүн амьтны ахуйн усны хэрэглээнд сөрөг нөлөөлөл үзүүлэхгүй юм. АХК нь ирээдүйд илүү чухал үүрэг гүйцэтгэх хандлагатай байна. УХК нь турбины маркаас хамааран усны хэрэглээ ихсэх бөгөөд К-6-35 маягийн турбины хувьд түүнд

ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардлагатай хөргөлтийн усны зарцуулалт, агаарын болон усан хөргөлттэй конденсаторуудын ажиллагааны горимын үеийн гол үзүүлэлтүүдийг харьцуулах зорилго тавьсан.

Сүүлийн жилүүдэд АХК-той холбоотой судалгааны ажлууд ихээхэн эрчимжиж байна. Янз бүрийн хүчин чадалтай ДЦС-ын агаарын хөргөлттэй конденсаторын хөргөх хоолойн хөлдөлт, уурыг бүрэн конденсацлах процессын судалгаа [7], АХК-ын салхилуурын эргэлтийн давтамжийн оновчлолыг тогтоох [8], АХК дахь хөргөлтийн хоолойн дулаан дамжуулалтыг сайжруулах [9], уурын эцсийн даралтын уналт болон дулаан дамжуулалтыг бууруулж буй шалтгаан [10], АХК дахь конденсац болон урсах урсгалыг дүрслэн үзүүлсэн тоон судалгаа [11], конденсаторын салхилуурын ажлын хүрзний байрлал, өнцгийн судалгаа [12], бага оврын эрчим хүч үйлдвэрлэх системийн техник эдийн засгийн үзүүлэлт, экологийн индексийг сайжруулах арга замууд [13], К-6-35 маягийн уурын турбины дулааны зарчмын схемийн судалгаанууд [14] тус тус судлагдсан байна.

БНХАУ нь усны хомсдолтой бүс нутагт байрлах ДЦС-ууд, ялангуяа зүүн хойд хятадын нүүрсний арвин нөөцтэй боловч усны нөөц муутай газрын ДЦС-уудын конденсац системийг шат дараалан АХК руу шилжүүлж байна [15]. БНХАУ улсад

ашиглагдаж буй АХК бүхий ДЦС-уудыг жишээ болгон 1-р зурагт үзүүлэв.



1-р зураг. АХК бүхий ДЦС-ууд.

Энэхүү өгүүлэлд К-6-35 маягийн турбинд үндэслэн АХК болон УХК-ын ажиллагааны горим, техник-эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийн харьцуулалт, ашиглагдаж буй усыг хэмнэх боломжийн талаар судалсан. Энэхүү судалгааны ажлын шинэлэг тал нь дараах зүйлст оршино.

- 1) АХК болон УХК-ын ажиллагааны горимын үеийн уурын эцсийн даралт болон уурын зарцуулалтыг харьцуулж судалсан.
- 2) Конденсатор дахь уурын эцсийн даралт болон цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэл нь хөргөлтийн усны температураас хамаарах хамаарлыг судалсан.
- 3) АХК ашигласнаар хэмнэх боломжтой хөргөлтийн усны зарцуулалтыг тооцоолсон.
- 4) Монгол орны эрс тэс цаг уурын нөхцөлд АХК ашиглах үед гадна агаарын температурыг $[-25^{\circ}\text{C}$ -аас $+25^{\circ}\text{C}$] хооронд сонгон, ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардагдах агаарын зарцуулалт болон түүнийг шахах салхилуурын хэрэглэх цахилгаан чадлыг тооцоолсон.
- 5) Улирлаас шалтгаалан хөргөлтийн усны температур ихээхэн хэлбэлздэг тул УХК руу орох хөргөлтийн усны температурыг $+5^{\circ}\text{C}$ -аас $+30^{\circ}\text{C}$ -ын хооронд сонгон, турбинаас гарах ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардлагатай хөргөлтийн усны зарцуулалтыг тооцоолсон.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

К-6-35 турбинтай 6.0 МВт ДЦС-ын дулааны зарчмын схемийн загварыг үйлдвэрлэгчийн тоног төхөөрөмжүүдийн техникийн үзүүлэлтүүдийг ашиглан тоон загварчлалын аргаар IPSEpro программ хангамжийг ашиглан боловсруулсан. IPSEpro программ хангамжийг ашиглан боловсруулсан К-6-35 уурын турбины дулааны зарчмын схемийг загварчлах хялбаршуулсан схемийг 2-р зурагт үзүүлэв [13].

К-6-35 турбины дулааны схемийн загварт ашиглагдсан термодинамикийн томъёонуудыг бүрэлдэхүүн хэсгийн загвар тус бүрээр дараах байдлаар өгөв.

A. Турбины загвар.

Материалын болон дулааны баланс:

$$\begin{cases} m_f - m_d = 0.0 \\ h_f - h_d = 0.0 \end{cases} \quad (1)$$

Турбины изентроп ашигт үйлийн коэффициент (АҮК):

$$\eta_s = (h_f - h_d) / (h_f - h_{d1}) \quad (2)$$

Цахилгаан үйлдвэрлэл

$$(h_f - h_d) \cdot \eta_m \cdot m_f + W_{in} - W_{out} = 0.0 \quad (3)$$

B. Генераторын загвар.

Үйлдвэрлэх цахилгаан энерги:

$$W - \eta_{el} \cdot \eta_m \cdot W_{shaft\ in} = 0.0 \quad (4)$$



2-р зураг. Дулааны зарчмын схемийг загварчлах хялбаршуулсан схем.

C. Зуухны загвар.

Материалын болон дулааны баланс:

$$\begin{cases} m_f = m_d \\ (h_f - h_d) \cdot m_d + \eta_b \cdot Q_{3y} = 0.0 \\ P_{i_ratio} = 0.0 \end{cases} \quad (5)$$

Дренаж хийх үеийн материалын болон дулааны баланс:

$$\begin{cases} m_f = m_{d1} + m_d \\ (h_f - h_d) \cdot m_d + (h_f - h_{d1}) \cdot h_{d1} + \eta_b \cdot Q_3 = 0.0 \\ P_f - P_{i_ratio} \cdot \Delta p = p_{d1} \end{cases} \quad (6)$$

Уурын үйлдвэрлэл:

$$\begin{cases} m_f = m_d + m_{d2} \\ (h_f - h_d) \cdot m_d + (h_f - h_{d2}) \cdot m_{d2} + \eta_b \cdot Q_3 = 0.0 \\ P_f - P_{i_ratio} \cdot \Delta p = p_{d2} \end{cases} \quad (7)$$

Дренаж хийх болон уурын үйлдвэрлэл:

$$\begin{cases} m_f = m_d + m_{d1} + m_{d2} \\ (h_f - h_d) \cdot m_d + (h_f - h_{d1}) \cdot m_{d1} + (h_f - h_{d2}) \cdot m_{d2} + \eta_b \cdot Q_{3y} = 0.0 \\ P_f - P_{i_ratio} \cdot \Delta p = p_{d1} \\ P_f - P_{i_ratio} \cdot \Delta p = p_{d2} \end{cases} \quad (8)$$

Үндсэн шугам хоолойн даралтын уналт:

$$p_f - \Delta p = p_d \quad (9)$$

D. Деаэраторын загвар.

Материалын болон дулааны баланс:

$$\begin{cases} m_f^c + m_f^h + m_{f,c} = m_d \\ h_f^c \cdot m_f^c + h_f^h \cdot m_f^h + h_{f,rc} \cdot m_{f,rc} = h_d \cdot m_d \end{cases} \quad (10)$$

Деаэратор руу орж буй хүйтэн усны даралтын өөрчлөлт:

$$p_f^c - \Delta p_d^c = p_d \quad (11)$$

Деаэратор руу орж буй уурын даралтын өөрчлөлт:

$$p_f^h - \Delta p_f^h = p_d \quad (12)$$

E. Конденсаторын загвар.

Материалын болон дулааны баланс (халуун тал):

$$\begin{cases} m_f^h + m_{f.rc} = m_d^h \\ m_f^h \cdot h_f^h + m_{f.rc} \cdot h_{f.rc} - m_d^h \cdot h_d^h = q_{trans} \end{cases} \quad (13)$$

Халуун талын даралтын уналт:

$$p_{f.rc} - \Delta p_{rc} = p_d^h \quad (14)$$

Материалын болон дулааны баланс (хүйтэн тал):

$$\begin{cases} m_f^c = m_d^c \\ m_f^c \cdot h_f^c - m_d^c \cdot h_d^c + q_{trans} = 0.0 \end{cases} \quad (15)$$

Хүйтэн талын даралтын уналт:

$$p_f^c - \Delta p_c = p_d^c \quad (16)$$

F. Өндөр болон нам даралтын халаагуурын загвар.

Материалын болон дулааны баланс (хүйтэн тал):

$$\begin{cases} m_f^c = m_d^c \\ m_f^h + m_{f.rc} = m_d^h \\ m_f^h \cdot h_f^h + m_{f.rc} \cdot h_{f.rc} = m_d^h \cdot h_d^h + q_{trans} \end{cases} \quad (17)$$

Материалын болон дулааны баланс (халуун тал):

$$\begin{cases} m_f^h = m_d^h \\ m_f^h + h_f^h = m_d^h \cdot h_d^h + q_{trans} \\ m_f^c \cdot h_f^c + q_{trans} = m_d^c \cdot h_d^c \end{cases} \quad (18)$$

G. АХК-ын салхилуурын загвар.

Материалын баланс:

$$\begin{cases} m_f = m_d \\ (h_f - h_d) \cdot \frac{m_f}{\eta_m} + W_{shaft\ in} - W_{shaft\ out} = 0.0 \end{cases} \quad (19)$$

Даралтын харьцаа:

$$p_f \cdot \text{pressure ratio} = p_d \quad (20)$$

H. Насосын загвар.

Материалын баланс:

$$\begin{cases} m_f = m_d \\ (h_f - h_d) \cdot \frac{m_f}{\eta_m} + W_{shaft\ in} - W_{shaft\ out} = 0.0 \end{cases} \quad (21)$$

I. Хөдөлгүүрийн загвар.

Хөдөлгүүрийн хэрэглэх цахилгаан чадал:

$$\eta_{el} \cdot \eta_m + W_{shaft\ in} = 0.0 \quad (22)$$

Энд: m – массын зарцуулалт, (т/ц); h – дулаан агуулалт, (кДж/кг); W – цахилгаан чадал, (кВт); p – даралт, (бар); q – дулаан, (кДж); η – АУК, f – оролт (feed); d – гаралт (drain); h – халуун (hot); c – хүйтэн (cold).

III. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

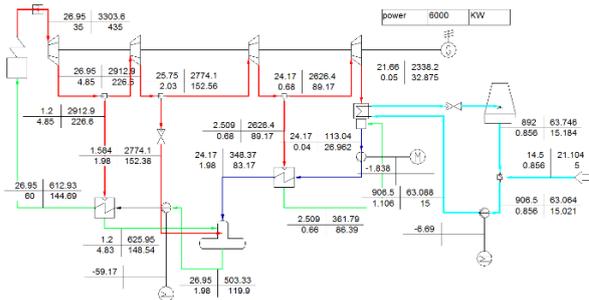
Энэхүү судалгаагаар IPSEpro программ хангамжийг ашиглан К-6-35 маягийн уурын турбинтай ДЦС-ын дулааны зарчмын схемийн загварыг дизайны нөхцөлд боловсруулсан бөгөөд агаарын болон усан хөргөлттэй конденсатортай хоёр тохиолдолд загварчилж, тэдгээрийн ажиллагааны горимыг харьцуулан судалсан. К-6-35 турбин нь 35 бар, 435°C температуртай уураар ажилладаг, хэвийн чадлын (6.0 МВт) үед цагт 27 тонн уур шаардлагатай. К-6-35 турбины үйлдвэрийн техникийн тодорхойломж, IPSEpro программ хангамж ашиглан

боловсруулсан загварын тооцоолсон утга болон загварын харьцангуй алдааг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

1-Р ХҮСНЭГТ. К-6-35 ТУРБИНЫ ТЕХНИКИЙН ТОДОРХОЙЛОМЖ БОЛОН ЗАГВАРЫН ТООЦООЛСОН УТГЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

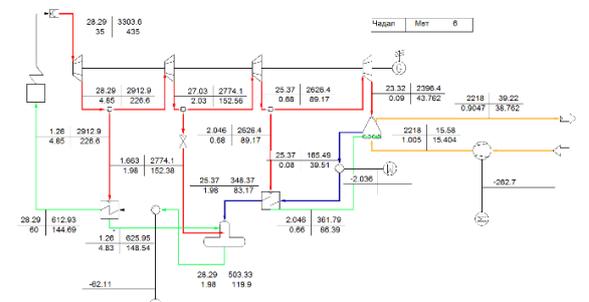
№	Параметр	Нэгж	Төслийн утга	Загварын утга	Алдаа, %
1	Турбогенераторын хэвийн чадал	кВт	6000	6000	0.0
2	Хэт халсан уурын даралт	бар	35	35	0.0
3	Хэт халсан уурын температур	°C	435	435	0.0
5	Ажилласан уурын даралт	бар	0.05	0.05	0.0
6	Тэжээлийн усны температур	°C	145	144.69	0.21
7	Хэт халсан уурын зарцуулалт	т/ц	27	26.95	0.18
8	Хөргөлтийн усны зарцуулалт	т/ц	910	906.5	0.38
9	Уурын хувийн зарцуулалт	кг/кВт.ц	4.53	4.5	0.66
10	Дулааны хувийн зарцуулалт	кДж/кВт.ц	12276	12150	1.02

IPSEpro программ хангамж ашиглан боловсруулсан усан хөргөлттэй конденсатор бүхий К-6-35 турбины дулааны зарчмын схемийн загварыг 3-р зурагт үзүүлэв.



3-р зураг. УХК бүхий К-6-35 уурын турбины дулааны зарчмын схемийн загвар.

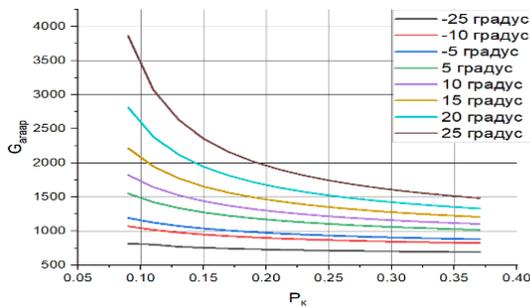
IPSEpro программ хангамж ашиглан боловсруулсан агаарын хөргөлттэй конденсатор бүхий К-6-35 турбины дулааны зарчмын схемийг 4-р зурагт үзүүлэв.



4-р зураг. АХК бүхий К-6-35 уурын турбины дулааны зарчмын схемийн загвар.

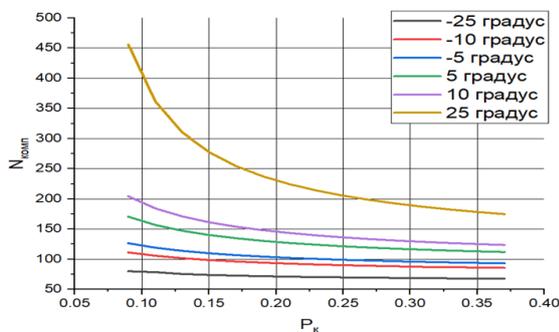
УХК бүхий К-6-35 турбинд хэвийн ачааллын үед цагт 26.95 тонн уур шаардлагатай бөгөөд конденсаторт цагт 21.66 тонн ажилласан уур орж байна. Харин АХК-ын хувьд К-6-35 маягийн уурын

турбин 6.0 МВт чадал тогтмол үйлдвэрлэхэд уурын зарцуулалт цагт 28.29 тонн уур орох шаардлагатай бөгөөд цагт 23.32 тонн ажилласан уур конденсаторд орохоор байна. Турбинаас гарж буй уурын эцсийн даралтыг 0.09 ата-аас 0.37 ата хүртэл авч, турбинаас гарж буй уурын даралтад нэг бүрчлэн гадна агаарын температурыг -25°C -аас $+25^{\circ}\text{C}$ хүртэл өөрчлөн хөргөлтийн усны оронд шаардагдах агаарын зарцуулалтыг тооцоолон 5-р зурагт үзүүлэв. Уурын эцсийн даралт нэмэгдэх тусам агаарын зарцуулалт буурсан бөгөөд гадна агаарын температураас ихээхэн хамаарч буйг харж болно. Уурын эцсийн даралт 0.09 ата үед гадна агаарын температур -25°C байхад агаарын зарцуулалт цагт 816.16 тонн, $+25^{\circ}\text{C}$ үеийн агаарын зарцуулалт цагт 3866.04 тонн буюу турбинаас гарч буй ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардагдах агаарын хэмжээ юм.



5-р зураг. Уурын эцсийн даралт болон гадна агаарын температураас хамаарсан агаарын зарцуулалт.

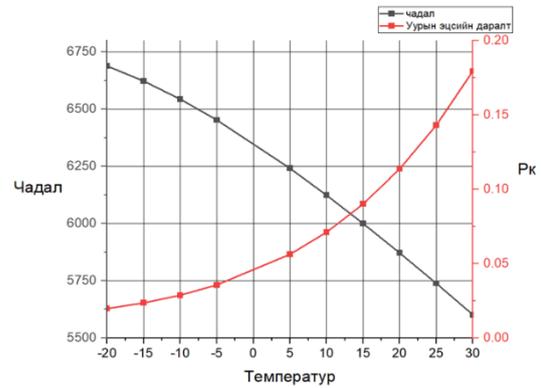
АХК нь агаарыг шахаж ажилласан уурыг хөргөхийн тулд том чадлын вентилятор ажилладаг бөгөөд энэ нь ДЦС-ын цахилгаан эрчим хүчний дотоод хэрэглээг УХК-тай харьцуулахад нэмэгдүүлдэг байна. 6-р зурагт турбины ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардагдах агаарыг шахахад шаардагдах вентиляторын цахилгаан чадлыг гадна агаарын температур -25°C -аас $+25^{\circ}\text{C}$ хүртэл өөрчлөгдөх үед тооцоолон харуулав. Гадна агаарын температур $+25^{\circ}\text{C}$ үед шаардагдах агаар цагт 3866.04 тонн байхад вентиляторын чадал 455.8 кВт, -25°C үеийн агаарын зарцуулалт 816.16 тонн шаардагдах бөгөөд түүнийг шахахын тулд 80.085 кВт цахилгаан эрчим хүч шаардагдахаар байна.



6-р зураг. Уурын эцсийн даралт болон гадна агаарын температураас хамаарсан вентиляторын чадал.

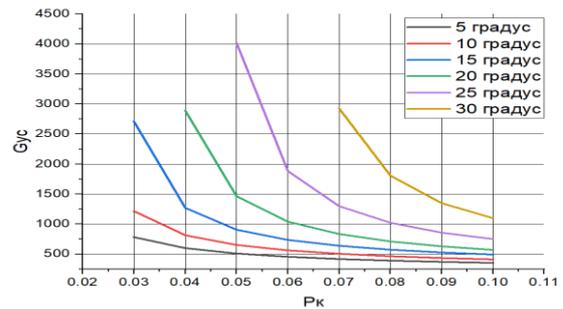
АХК-тай үед конденсатор дахь уурын эцсийн даралт болон турбо-генераторын цахилгаан чадал нь

гадна агаарын температураас хэрхэн хамаарч буй хамаарлыг 7-р зурагт үзүүлэв.



7-р зураг. Агаарын температураас хамаарах цахилгаан чадал болон уурын эцсийн даралтын хамаарал

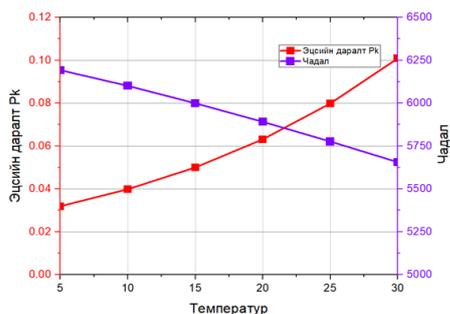
УХК-тай үед К-6-35 маягийн турбины ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардагдах хөргөлтийн усны зарцуулалт нь конденсатор луу орох хөргөлтийн усны температурын өөр өөр утгад конденсатор дахь уурын эцсийн даралтаас хэрхэн хамаарч буйг 8-р зурагт үзүүлэв. Монгол орны эрс тэс цаг уурын нөхцөлөөс шалтгаалан конденсатор луу орох хөргөлтийн усны температурыг 5°C -аас 30°C -ын хооронд авч үзэв. Турбины чадал 6.0 МВт, уурын эцсийн даралт 0.05 ата, хөргөлтийн усны температур $+15^{\circ}\text{C}$ үед ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд цагт 906.5 тонн хөргөлтийн ус шаардагдаж байна. 8-р зургаас харахад уурын эцсийн даралт ихсэх тусам хөргөлтийн усны зарцуулалт буурч байна. Турбин хэвийн ачаалалтай ажиллаж байхад конденсатор луу орох хөргөлтийн усны температур $+25^{\circ}\text{C}$, уурын эцсийн даралт 0.05 ата үед ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд 1500 тонн хөргөлтийн ус шаардлагатай байна.



8-р зураг. Уурын эцсийн даралт болон хөргөлтийн усны температураас хамаарах усны зарцуулалт.

Хөргөлтийн усны температур нь улираас буюу гадна агаарын температураас хамаарч ихээхэн өөрчлөгддөг бөгөөд үүнийг дагаад уурын эцсийн даралт болон турбины үйлдвэрлэх цахилгаан чадал хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг тооцоолсон. УХК-тай үед турбины цахилгаан чадал, конденсатор дахь уурын эцсийн даралт нь конденсатор луу орох хөргөлтийн усны температураас хэрхэн хамаарч буйг 9-р зурагт үзүүлэв. 9-р зургаас харахад турбин луу орж буй уурын зарцуулалт цагт 27 тонн байхад конденсатор

луу орох хөргөлтийн усны температур $+5^{\circ}\text{C}$ үед уурын эцсийн даралт 0.032 ата (сийрэгжилт сайжирч) болж турбин 6192.6 кВт цахилгаан эрчим хүчийг үйлдвэрлэхээр байна. Харин конденсатор луу орох хөргөлтийн усны температур нэмэгдэхэд уурын эцсийн даралт өсөж (сийрэгжилт муудаж), турбины үйлдвэрлэх цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ буурахаар байна. Конденсатор луу орох хөргөлтийн усны температур $+15^{\circ}\text{C}$ үед уурын эцсийн даралт 0.05 ата, турбины үйлдвэрлэх цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ 6.0 МВт байна.



9-р зураг. Турбины чадал хөргөлтийн усны орох температур болон уурын эцсийн даралтаас хамаарах хамаарал.

2-р хүснэгтэд 6.0 МВт ДЦС-ын техник-эдийн засгийн зарим үзүүлэлтүүдийг агаарын болон усан хөргөлттэй конденсатортай нөхцөлд харьцуулан үзүүлэв. К-6-35 турбин хэвийн ачааллын нөхцөлд АХК-ыг УХК-тай харьцуулахад уурын эцсийн даралтаас хамаарч турбинд орох уурын зарцуулалт их, ДЦС-ын АҮК үл мэдэг бага байна. Мөн турбины ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд ажлын биеийн дулаан багтаамжаас шалтгаалан агаарын зарцуулалт хөргөлтийн усны зарцуулалтаас 2.45 дахин их байгаа тул агаарыг шахах вентиляторын хэрэглэх цахилгаан чадлаас хамаарч ДЦС-ын дотоод хэрэглээ УХК-тай харьцуулахад нэлээд өндөр байна.

2-Р ХҮСНЭГТ. АГААРЫН БОЛОН УСАН ХӨРГӨЛТТЭЙ КОНДЕНСАТОРТой ҮЕИЙН СТАНЦЫН ТЕХНИК-ЭДИЙН ЗАСГИЙН ЗАРИМ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮДИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ

Параметр	АХК	УХК
Турбины цахилгаан чадал, кВт	6000	6000
Турбинд орох уурын зарцуулалт, т/ц	28.29	26.75
Ажилласан уурын зарцуулалт, т/ц	21.66	23.32
Уурын хувийн зарцуулалт, т/ц	4.715	4.492
Агаар/усны зарцуулалт, т/ц (Уурын эцсийн даралт, бар)	2218 (P _к =0.09)	906.5 (P _к =0.05)
Дотоод хэрэгцээний ЦЭХ, кВт	360.7	73.5
Түгээх ЦЭХ, кВт	5639.3	5926.5
АҮК, %	25.54	26.81
Дулааны хувийн зарцуулалт, кДж/кг	12686.2	11995.2

IV. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү өгүүлэлд К-6-35 турбины жишээн дээр агаарын болон усан хөргөлттэй конденсаторуудын ажиллагааны үзүүлэлтүүдийг харьцуулан судалсан. АХК нь усны алдагдалгүй учир усны нөөц багатай, говийн бүсэд хэрэглэхэд хамгийн тохиромжтой

технологи юм. АХК-ыг УХК-тай харьцуулахад цахилгаан эрчим хүчний дотоод хэрэглээ их, ДЦС-ын АҮК үл мэдэг бага байгаа боловч байгалийн нөхөн сэргэх боломжгүй түүхий эд буюу усны алдагдалгүй тул манай орны хувьд шинээр баригдах ДЦС-уудад АХК-ыг сонгож, суурилуулах нь зөв юм. 6.0 МВт цахилгаан чадал үйлдвэрлэхийн тулд УХК-ын хувьд уурын эцсийн даралт 0.05 ата үед турбинд орох уурын зарцуулалт цагт 27 тонн байгаа бол АХК-тай үед уурын эцсийн даралт 0.09 ата, турбинд орох уурын зарцуулалт цагт 28.29 тонн буюу уурын эцсийн даралтаас хамаарч илүү их уур ашиглагдахаар байна. Монгол орны эрс тэс цаг уурын нөхцөлтэй уялдуулан гадна агаарын температурыг -25°C -аас $+25^{\circ}\text{C}$ байх үед ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардагдах агаарын зарцуулалтыг тооцоолж, улмаар түүнийг шахахад шаардагдах вентиляторын цахилгаан чадлыг тооцоолж, ДЦС-ын цахилгаан эрчим хүчний дотоод хэрэглээ болон түгээх цахилгаан эрчим хүчний хэмжээг тооцоолох боломжтой болсон. УХК-ын хөргөлтийн усны орох температур болон уурын эцсийн даралтаас хамаарч ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардагдах хөргөлтийн усны зарцуулалтыг тооцоолсноор хэмнэх боломжтой усны хэмжээ гарсан. ДЦС-ын хувьд техникийн усны 40-50%-ыг зөвхөн уурын турбинаас ажиллаад гарсан уурыг конденсаторд шингэрүүлэхэд ашигладаг бөгөөд К-6-35 маягийн турбины хувьд хэвийн ачааллын үед цагт 910 тонн хөргөлтийн ус шаардлагатай байна. Уурыг шингэрүүлэхэд ашиглагдаж буй хөргөлтийн ус нь битүү циклээр ашиглагдах боловч ууршилтын алдагдал нь ойролцоогоор 5-6% байна. Тиймээс АХК-ыг ашигласнаар турбины ажилласан уурыг шингэрүүлэхэд шаардлагатай хөргөлтийн усыг хэмнэх бүрэн боломжтой бөгөөд усны алдагдал 0.0% юм. Мөн АХК-ыг ашигласнаар хөргөх цамхаг зэргэ нүсэр байгууламж шаардлагагүй юм.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг удирдсан ЭХС-ийн Дулааны инженерийн салбарын багш доктор (Ph.D.) Ш.Энхбаярт талархал илэрхийлье. Мөн судалгааны ажилд шаардлагатай өгөгдөл, материалуудаар хангасан “Ухаа Худаг” 18 МВт ДЦС-ын инженер М.Мөнхгэрэлд баярлалаа.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <http://www.unesco.mn/146>
- [2] <https://www.nso.mn/content/1552#.XLU8DDAzbIU>
- [3] <https://www.usug.ub.gov.mn/>
- [4] Тэмүүлэн Х., Энхбаяр Ш. “Хөшөөтийн уурхайг түшиглэн баригдах 24 МВт-ын конденсатын цахилгаан станцын төсөл” бакалаврын төгсөлтийн ажил. Хэвлэсэн: 2022, Улаанбаатар.
- [5] Энхбаяр Ш., Шагдарсүрэн Ц. “Дулааны цахилгаан станцын бодлогын хураамж” Хэвлэсэн: 2016, Улаанбаатар.
- [6] Шагдарсүрэн Ц. “Дулааны цахилгаан станцын горим” Хэвлэсэн: 2013, Улаанбаатар
- [7] Hui Deng, Jizhen Liu, “Numerical investigation on complete condensation and freezing of finned tube air-cooled condensers”, Applied Thermal Engineering, Volume 168, 5 March 2020, 114428.

- [8] Xiaoen Li, Ningling Wang, Ligang Wang, Yongping Yang, François Maréchal, “Identification of optimal operating strategy of direct air-cooling condenser for Rankine cycle based power plants”, *Applied Energy*, Volume 209, 1 January 2018, Pages 153-166.
- [9] Jennifer Lin, Allison J. Mahvi, Taylor S. Kunke, Srinivas Garimella, “Improving air-side heat transfer performance in air-cooled power plant condensers”, *Applied Thermal Engineering*, Volume 170, April 2020, 114913.
- [10] Allison J. Mahvi, Alexander S. Rattner, Jennifer Lin, Srinivas Garimella “Challenges in Predicting Steam-Side Pressure Drop and Heat Transfer in Air-Cooled Power Plant Condenser”, *Applied Thermal Engineering*, Volume 133, 25 March 2018, Pages 396-406.
- [11] Deng Hui, Liu Jizhen, Yang Tingting, Wu Sai, “Numerical study and visualization on flow characteristics of reflux condensation in air-cooling condenser”, *Applied Thermal Engineering*, Volume 148, 5 February 2019, Pages 1310-1323.
- [12] S.J. van der Spuy, F.N. le Roux, T.W. von Backström, and D.G. Kröger “The simulation of an axial flow fan performance curve at low flow rates”, *GT2011-45709*, pp. 425-434; 10 pages.
- [13] Shagdar E, Shuai Y, Guene L.B, Ganbold E, Chinonso O.P, Tan H.P, “Analysis of heat flow diagram of small-scale power generation system: Innovative approaches for improving techno-economic and ecological indices”, *Science China Technological Sciences* volume 63, pages 2256–2274 (2020).
- [14] Энхбаяр Ш, “К-6-35 маягийн уурын турбины дулааны схемийн судалгааны үр дүнгээс”, *Эрчим хүч & Engineering*, 2016-7(149)
- [15] Wu XD, Xia XH, Chen GQ, Wu XF, Chen B. Embodied energy analysis for coal-based power generation system-highlighting the role of indirect energy cost. *Appl Energy* 2016; 184:936–50.
- [16] <http://www.simtechnology.com/cms/ipsepro-menu/ipse-pro>
- [17] <https://www.greenesolpower.com/llh-china.html>

ЦУСАН ДАХЬ САХАРЫН ХЭМЖЭЭГ ИНВАЗИВ БУСААР БУЮУ БИЕИЙН ЭСЭРГҮҮЦЛЭЭР ТОГТООХ

У.Мядагсүрэн¹, О.Ялалт²

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

¹Биоинженерчлэл хөтөлбөр

Удирдагч багш²

Umydagsuren0101@yahoo.com¹, o.yalalt@must.edu.mn²

Хураангуй— Цусан дахь глюкозыг илрүүлэх, тодорхойлох, хэмжих нь нүүрс усны солилцооны эмгэгтэй өвчтөнүүдийг оношлох, эмчлэхэд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг бөгөөд эмнэлзүйн химийн шинжлэх ухаанд хамгийн их хийдэг тодорхойлолтуудын нэг юм. Глюкоз нь хөхтөн амьтдын цусны эргэлтэд байдаг хамгийн их хэмжээний нүүрс ус бөгөөд захын эдийг тэжээх үндсэн түлш энерги болдог. Тиймээс цусан дахь глюкозын концентрацийг хэвийн хэмжээнд барих нь маш нарийн хяналтад байх бөгөөд үүнд олон хүчин зүйл нөлөөлдөг. Цусан дахь глюкозын хэмжээг цусны шинжилгээгээр илрүүлэх нь маш их эрсдэлийг дагуулдаг. Энэхүү судалгааны ажил нь хүний биеийн цахилгаан дамжуулах чанарыг хэмжих замаар цусан дахь глюкозын хэмжээг тогтоох аргыг судалсан болно. Хүний бие махбод цахилгаан дамжуулагчийн шинж чанартай бөгөөд биеийн эсэргүүцэл ойролцоогоор 3 Ом гэж тооцдог. Энэхүү ажлын мэдрэгч сэнсор нь дамжуулах чадвар өндөртэй зэс байх бөгөөд хоёр зэс электродын хооронд дээжийг буюу хурууны өндгийг байршуулахад цахилгаан дамжина. Үүнийг ACS712 гүйдлийн сэнсороор хэмжин авч Arduino Эмбедер руу дамжуулан боловсруулаад LCD дэлгэцээр харуулдаг. Хөлсөн дэх давсны агууламж өндөр байх нь глюкозын түвшин өндөр байдгийг харуулна. Харин давсны агууламж бага байвал глюкозын хэмжээ мөн бага байна. Хөлсөн дэх давсны агууламжтай харгалзах хүчдэл ба глюкозын түвшин хоорондын хамаарлыг интерполяцийн тэгшитгэлээр тодорхойлно.

Түлхүүр үг— Чихрийн шижин, инвазив бус арга, глюкозын хэмжилт, Arduino микроконтроллер

I. УДИРТГАЛ

Өнөө үед хүмүүсийн эрүүл мэндэд тулгараад байгаа хамгийн том бэрхшээлүүдийн нэг бол чихрийн шижин өвчин юм. Чихрийн шижин нь хүний биеийн нойр булчирхай хангалттай хэмжээний инсулин боловсруулж чадахгүй, эсвэл боловсорсон инсулин нь бие эсүүдэд нөлөөлж чадахгүй болсон үед үүсдэг бодисын солилцооны бүлэг өвчин юм. Чихрийн шижин нь хоёр хэлбэр байдаг. I хэлбэрийн чихрийн шижин нь инсулины гуйлын дутагдал. Нойр булчирхайн үйл ажиллагааны алдагдалтай холбоотойгоор үүснэ. Үүний улмаас цусан дахь сахарын хэмжээг зохицуулдаг инсулин нэртэй дааврыг ялгаруулахаа больдог. Ихэвчлэн бага насны хүүхдэд илэрнэ. II хэлбэрийн чихрийн шижин нь инсулины харьцангуй дутагдал: Энэ нь инсулиний ялгаралт хэвийн байдаг ч биеийн эсүүд инсулинийг мэдрэхээ байдаг. II төрлийн чихрийн шижин нь голдуу 35 буюу түүнээс дээш насныханд илэрдэг.

Бидний хоол хүнснээс авч буй нүүрс ус цусанд шимэгдэн глюкоз болдог. Инсулин нь глюкозын зохицуулалтын даавар юм. Энэ нь глюкозын үйлдвэрлэлийг дарангуйлж, глюкозын боловсруулалтыг хурдасгаж, улмаар эд эсийн плазмын глюкозын концентрацийг бууруулдаг.

2022 оны Гуравдугаар сарын 29-ны байдлаар дэлхий дээр энэ өвчнөөр өвдсөн хүний тоо 347 саяд хүрээд байгаа бөгөөд жил бүр энэ өвчнөөр долоон сая хүн шинээр оношлогдож, 3,8 сая хүн хорвоог орхиж байна[1]. Чихрийн шижингийн үед хүний цусан дахь сахарын хэмжээ буюу глюкоз өндөр болдог. Эрүүл хүмүүсийн цусан дахь глюкозын концентраци ихэвчлэн 4.9-6.9 мм хооронд хэлбэлздэг бол чихрийн шижин өвчтэй хүмүүсийнх хоол идсэний дараа 40 мм хүртэл нэмэгддэг байна. Чихрийн шижин нь

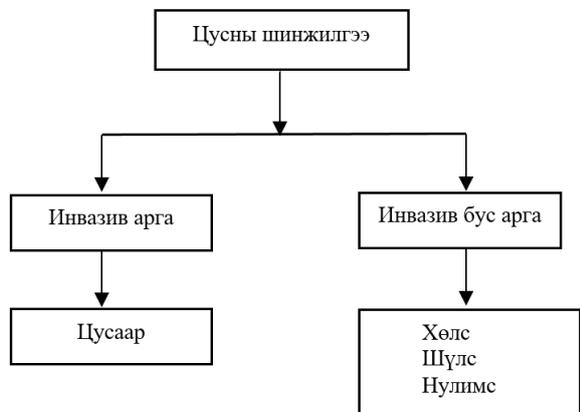
ерөнхийдөө бодисын солилцооны синдром гэж тодорхойлдог өргөн хүрээний эмгэгүүдийн нэг хэсэг бөгөөд зүрхний өвчин, ретинопати, захын нефропати, тэр ч байтугай хорт хавдар ч үүсгэдэг өвчлөл юм. Чихрийн шижин өвчний хүндрэлээс урьдчилан сэргийлэхийн тулд цусан дахь глюкозын түвшнийг тогтмол хянах шаардлагатай. Цусан дахь глюкозын шинжилгээ нь хүний арьсанд гэмтэл учруулсан эсэхээс хамааран цусан дахь глюкозын хяналтг инвазив болон инвазив бус гэж хувааж болно. Ердийн цусан дахь глюкоз хэмжих аргууд нь ихэнх нь инвазив шинж чанартай байдаг. Чихрийн шижингийн хэмжээг инвазив аргаар тогтмол хянахад маш их эрсдэл болоод хүндрэлийг дагуулдаг.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллагаас хэвийн хүний цусан дахь сахарын хэмжээг хоол хүнс хэрэглээгүй үед 100 мг/дл-ээс бага, харин хоол идсэний дараа 140 мг/дл-ээс хэтрэхгүй гэж заасан байдаг. Сүүлийн 10 жилийн хугацаанд цусан дахь глюкозыг тодорхойлох аргуудын тоо эрс нэмэгдээд байгаа юм. Хамгийн анх 1970 онд цусаар глюкоз хэмжигчийн мэдрэгчийг буюу электродыг нээж байжээ. Энэ оны дундуур цаашдын хөгжил явагдаж, устөрөгчийн хэт ислийг илрүүлж, глюкозын концентрацийг тооцоолох боломжтой болсон нь глюкозын анхны биосенсорыг арилжаалахад хүргэсэн.

Чихрийн шижингийн оношлогооны бүх аргыг хоёр бүлэгт хуваадаг. Эхний инвазив арга нь мэс заслаар эсвэл ямар нэгэн арьсны гадаргууд зүслэг, гэмтэл учруулах замаар буюу цусаар хийгддэг судалгааны арга юм. Харин хоёр дахь инвазив бус арга нь эсрэгээрээ өвчтөнд гэмтэл учруулахгүйгээр гаднаас нь дээж авч шинжлэх арга юм[2]. Сүүлийн

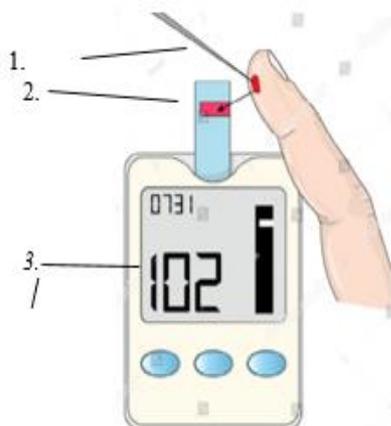
үед инвазив бусаар оношлох тал талын арга замуудыг судалсаар байгаа бөгөөд оптик аргаар буюу гэрлийн долгионоор, амьсгалаар, биеийн эсэргүүцлээр тогтоох боломжтойг илрүүлээд байгаа юм.



Зураг 1. Цусны шинжилгээний аргын ангилал

Спектроскопийн аргууд, ялангуяа хэт улаан туяаны спектрийн дуран нь глюкозыг инвазив бусаар илрүүлэхэд ашигладаг бас нэгэн чухал аргуудын нэг юм. Одоогийн байдлаар цусан дахь глюкозыг илрүүлэх инвазив арга буюу цусны шинжилгээ нь хамгийн түгээмэл арга тул эмнэлэг болон өрхүүдэд ихэвчлэн ашиглагддаг. Уг шинжилгээг хийхдээ өлөн үед авсан цусны дээжид биохимийн автомат анализатороор шинжилгээ хийдэг.

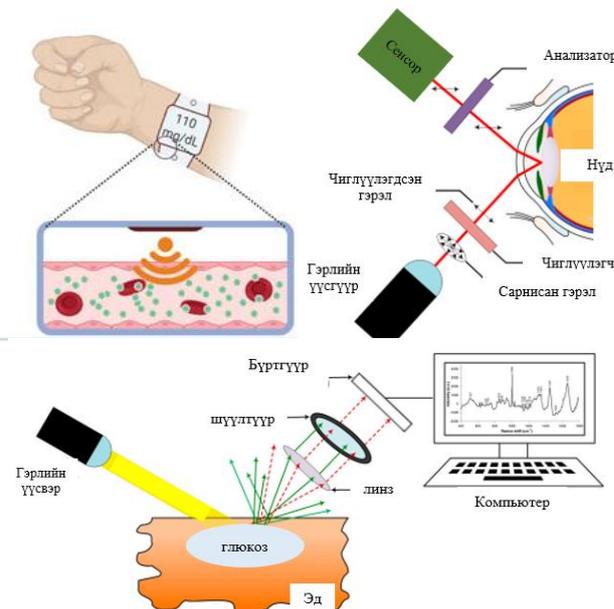
Хэдийгээр энэ аргын үр дүн нь нарийн оновчтой боловч удаан үйл явцтай, илрүүлэх хугацаа урт, өвчтөн заавал харьяа эмнэлэг дээрээ очиж шинжилгээ өгдөг, эмнэлгийн хаягдал буюу нэг удаагийн хэрэгсэл их ашигладаг, венийн цус их хэмжээгээр авдаг. Мөн хамгийн эрсдэлтэй нь зүү тариураар халдварт өвчин тархах магадлалтай байдаг тул чихрийн шижин өвчнийг тасралтгүй хянахад тохиромжгүй байдаг.



Зураг 2. Глюкоз хэмжих инвазив арга 1- хатгагч зүү, 2- цус цуглуулах тууз, 3- хэмжилтийн утга.

Цусан дахь сахарын хэмжигч нь ахуйн нөхцөлд глюкозын хэмжээгээ тогтмол хянах боломж олгодог төхөөрөмж юм. Ихэвчлэн хурууны үзүүрийн цусыг

нэг удаагийн цаасан туузаар цуглуулж, туузан дахь химийн урвалын гүйдлээр цусан дахь глюкозын концентрацийг оксидазын биосенсорыг ашиглан тодорхойлдог.



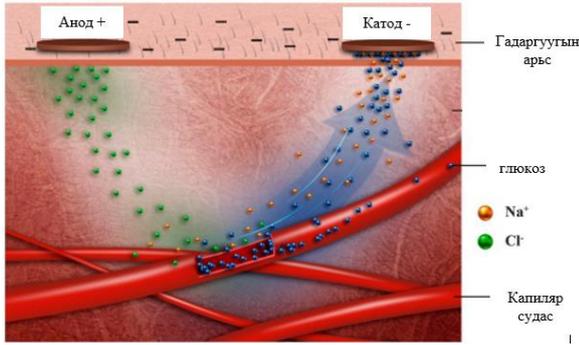
Зураг 3. Глюкоз хэмжих инвазив бус аргууд

Энэ төрлийн мэдрэгч нь эмнэлзүйн практикт чухал үүрэг гүйцэтгэж, бидний эрүүл мэндэд тулгараад буй өвчлөлийг илүү хурдан оношлох, эрт илрүүлэх боломжийг олгодог. Гэсэн хэдий мэдрэгчийг нь улам хөгжүүлж оновчтой болгох нь түүнийг найдвартай ажиллахад чухал болоод байгаа юм. Одоогийн байдлаар зах зээл дээрх хамгийн түгээмэл тоолуур бол Roche, Sano, Omron, Johnson and Johnson, Bayer, Abbott, Echeng, Ecco гэх мэт брэндүүд юм.

Зөвхө боломжтой, хямд, ашиглахад хялбар, харьцангуй үнэн зөв мэдээлэл өгдөг, өдөрт хэд хэдэн удаа хянах зэрэг давуу талууд нь глюкоз хэмжигчийг гэрт өргөнөөр ашиглах болсон шалтгаан юм. Гэсэн хэдий ч түүний сул тал нь шинжилгээ бүрийн өмнө хурууны үзүүрээс тодорхой хэмжээний цус авдгаас арьсыг гүн цоолоход хүргэдэг. Цусанд шинжилгээ хийх давтамж ихсэх тусам өвчтөний хурууны үзүүрийн шархыг эдгээхэд хэцүү байдаг. Мөн цус цуглуулах тууз зүү зэрэг нь бүгд нэг удаагийн хэрэглэгдэхүүнүүд байх шаардлагагүй.

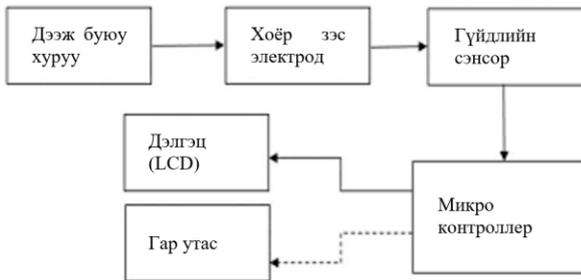
Чихрийн шижин өвчнийг тодорхойлох шинжилгээнүүд нь дээрх эрсдэлүүдийг дагуулж байдаг учраас би инвазив бус арга буюу хүний биеэс ялгарах хөлсөөр дамжуулан цусны сахар хэмжих шийдлийг судаллаа.

Судалгаанаас үзэхэд цусан дахь глюкоз ихтэй өвчтөнүүд бөөрний үйл ажиллагааны доголдолтой байдаг учир биеийн шингэн дэх давсны агууламж ихтэй байдаг. Тиймээс энэ судалгаан дээр үндэслэн глюкозын түвшнийг тогтоох юм[3].



Зураг 4. Хүний биед глюкоз давсны агууламж

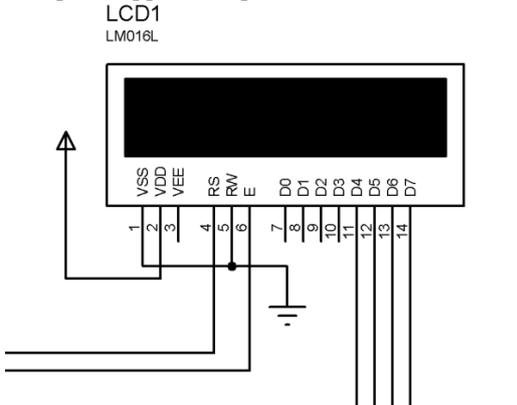
Давсны цахилгаан дамжуулах чадварыг хэмжсэн хэмжилтээр цусан дахь сахарын түвшнийг тогтооно. Энд дамжуулалтыг хэмжих үүргийг зэс электрод гүйцэтгэдэг. Давсны агууламж өндөр байвал дамжуулалт өндөр байна.



Зураг 5. Ажиллагааны блок диаграмм

LCD дэлгэц:

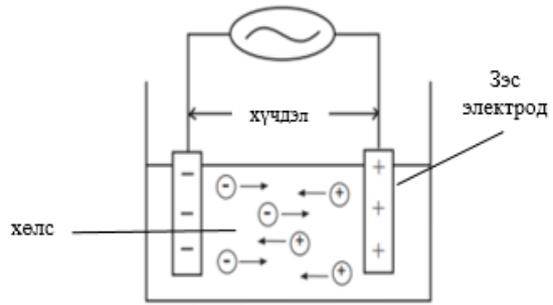
LCD (Liquid Crystal Display) нь зөөврийн компьютер болон бусад жижиг компьютерын дэлгэцэнд ашигладаг технологи юм. LCD нь шингэн талстуудын гэрлийг хувиргадаг шинж чанарыг ашигладаг хавтгай дэлгэц юм. Шингэн талстууд нь өөрөө гэрлийг үүсгэдэггүй.



Зураг 6. Дэлгэцийн хөлний оролтууд

Зэс электрод:

Энэхүү ажиллагааны хэлхээнд мэдрэгчийн үүргийг гүйцэтгэнэ. Зэсийн электродыг хөлсний дамжуулах чадварыг хэмжихэд ашигладаг. Зэс нь мөнгөнөөс илүү бат бөх боловч исэлдэлтийн эсэргүүцэл багатай байдаг. Зэс электрод нь цахилгаан гүйдэл дамжуулалт өндөр байдаг тул цахилгаан дамжуулах чанарыг хэмжихэд ашигладаг.

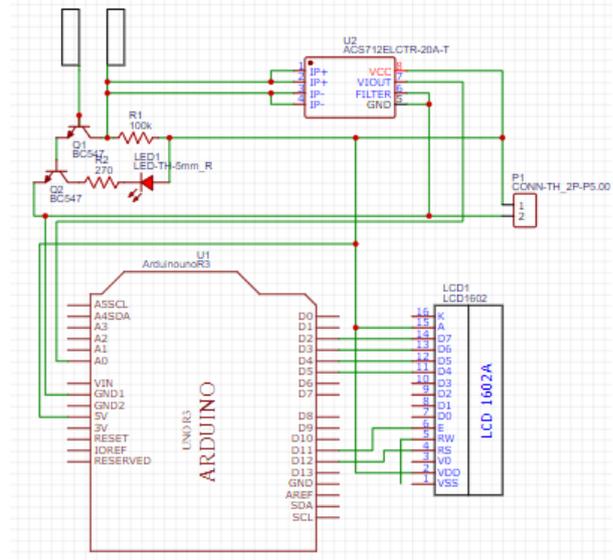


Зураг 7. Зэс электродны ажиллах зарчим

Arduino UNO:

Arduino UNO нь AT Mega 328 дээр суурилсан микроконтроллерийн самбар юм. Энэ нь 14 дижитал оролт гаралтын зүү, 6 аналог оролт, 16 МГц клок импульсийн давтамжтай, USB холболт, тэжээлийн залуур, ICSP толгой болон дахин тохируулах товчлууртай. Энд arduino-г хянагч болгон ашигласан. Энэ нь электродоос аналог дохиог авч дижитал дохионд шилжүүлдэг[4].

Зэс электрод



Зураг 8. Ажиллагааны хэлхээ

Математик тооцоолол:

Глюкозын түвшнийг тогтоохын тулд хөлсний цахилгаан дамжуулах чадвар ба цусан дахь сахарын түвшин хоорондын хамаарлыг интерполяцийн тэгшитгэл ашигладаг.

$$\frac{Out - X_n}{X_{n+1} - X_n} \times (Y_{n+1} - Y_n) + Y_n \quad (1)$$

Out - мэдрэгч буюу зэс электродоос авах утга

X_n - хамгийн бага хүчдэл

X_{n+1} - хамгийн их хүчдэл

Y_{n+1} - цусан дахь сахарын дээд утга

Y_n - цусан дахь сахарын бага утга

III. ҮР ДҮН БУЮУ ХЭРЭГЖИЛТ

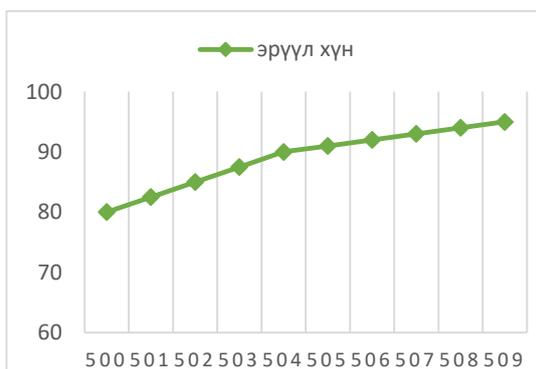
Дээрх ажиллагааны бүдүүвч схемийн дагуу цусан дахь сахар хэмжигчийг угсарч туршиж үзэв. Туршилтад чихрийн шижин өвчтэй болоод хэвийн сайн дурын эрэгтэй эмэгтэй хүмүүсийг хамруулав. Энэхүү хэлхээний гол ажиллах үндэс бол ионы шилжилт буюу хөлсөнд агуулагдах давсны агууламжаар хүчдэл дамжих явдал юм.

Хүснэгт 1. Хэвийн хүнд хийсэн туршилтын үр дүн

	Туршилтад хамрагдсан хүмүүс	Мэдрэгчээс орж ирэх утга (mV)	Цусан дахь сахарын хэмжээ(мг/дл)
1.	Объект 1	502	85
2.	Объект 2	504	90
3.	Объект 3	509	95

Хүснэгт 2. Чихрийн шижинтэй хүнд хийсэн туршилтын үр дүн

	Туршилтад хамрагдсан хүмүүс	Мэдрэгчээс орж ирэх утга (mV)	Цусан дахь сахарын хэмжээ(мг/дл)
1.	Объект 4	510	141
2.	Объект 5	515	145
3.	Объект 6	517	150



Зураг 9. Чихрийн шижингүй хүмүүсийн шинжилгээний үр дүнгийн график



Зураг 10. Чихрийн шижинтэй хүмүүсийн шинжилгээний үр дүнгийн график

Дээрх графикаас хөлсний үзүүлэлт ихсэх тусам глюкозын түвшин ч мөн нэмэгдэж байгааг харж болно. Хөлс дэх давсны агууламж багасвал цахилгаан дамжуулах чанар нь мөн буурдаг.

IV. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар цусан дахь глюкозын үзүүлэлтийг инвазив бус аргаар тодорхойлох талаар өгүүлэв. Чихрийн шижингээр өвчилсөн хүмүүс өдөрт хамгийн багадаа 3 удаа хурууны өндөгнөөсөө цус авч хэмждэг байна. Энэ хүндрэлийг үүсгэхгүйгээр цусан дахь сахарыг хэмжих томоохон гарцыг энэхүү ажлаар судлав. Хүний биеэс илүүдэл бодис болон гадагшилдаг хөлс, шүлс, нулимс зэрэг бусад төрлийн сорьцууд нь хуруугаараа цусны шинжилгээ хийх үед гардаг өвдөлт, цаг хугацааны хувьд илүү удаан үр дүн гарах сул талуудыг арилгах зорилготой юм.

Энд зэс электродыг хөлсний мэдрэгч болгон ашигладаг бөгөөд түүний цахилгаан гүйдэл дамжуулах чадварыг хэмждэг. Хөлсөн дэх натрийн агууламжийг хүчдэлээр илэрхийлнэ. Элсэн чихрийн түвшнийг интерполяцийн тэгшитгэлийн тусламжтайгаар хүчдэлийн мужид хамааруулж боддог. Инвазив бус аргаар цусан дахь глюкозыг тогтоосноор:

1. Өдөрт хэдэн ч удаагийн хэмжилт авч болно.
2. Өвдөлт мэдрэхгүй.
3. Эдийн засаг болоод цаг хугацааны хувьд хэмнэлттэй.
4. Цусаар дамжих халдварт өвчнөөс сэргийлэх.
5. Их бага хэмжээний цус алдах шаардлагагүй.
6. Дасгал хөдөлгөөн хийх, хоол хүнс хэрэглэсний дараа тогтмол хянах боломжтой.
7. Хамгийн чухал нь эрүүл мэндэд учруулах ямар нэгэн эрсдэлүүд үүсэхгүй гэсэн олон давуу талуудтай юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Krishnasamy S, Abell TL (July 2018). "Diabetic Gastroparesis: Principles and Current Trends in Management"
- [2] Wikipedia
- [3] K. Nivetha, N. Ramya, R. Thendral & A. Gopikrishnan, "Blood Glucose Measurement by Sweat Using Arduino", Journal of Engineering, Scientific Research and Applications, Volume 4, Issue 2, Page Number 10-17, 2018.
- [4] Зоригтбаатар. Б "Arduino программчлал" Улаанбаатар, 2021он
- [5] Saima Jadoon, Sabiha Karim, Muhammad Rouf Akram, Abida Kalsoom Khan, Muhammad Abid Zia, Abdul Rauf Siddiqi, and Ghulam Murtaza, "Recent Developments in Sweat Analysis and Its Applications".
- [6] J M Burrin 'Measurement of blood glucose' November 1984
- [7] 741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].

ЦААСАН ТУСГААРЛАХ МАТЕРИАЛЫН НИРГЭХ ХҮЧДЭЛ БА ЦАХИЛГААН ОРНЫ ШИНЖИЛГЭЭ

О.Даваачулуун, Ө.Хаш-Эрдэнэ, Ц.Чингэс

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
akwaddawka120@gmail.com, chingee@must.edu.mn

Хураангуй—Энэхүү өгүүлэлд өргөн хэрэглэгддэг цаасан тусгаарлах материалыг цилиндр-хавтгай электродын системд хувьсах өндөр хүчдэлээр туршин симуляцын анализ шинжилгээ хийж үзлээ. Ингэхдээ цаасны ниргэх хүчдэлийг туршилтаар тодорхойлж цахилгаан орны дундаж хэмжээг тодорхойлов. Цилиндр-хавтгай электродын системийн физик загварыг КОМСОЛ-ФИЗИК программ хангамжийн орчинд байгуулж холбогдох цахилгаан орныг загварчлав. Хэмжилтээр гарсан цахилгаан орны хэмжээ нь симуляцын үр дүнтэй сайн тохиров. Симуляцийн үр дүнгээс харахад цахилгаан орны тархалт электродууд, цаас, агаарын захын зааг хэсгээрээ төвлөрсөн болох нь ажиглагдав.

Түлхүүр үг—Хүчний трансформаторын үндсэн тусгаарлага цаас, лабораторийн хэмжилт, КОМСОЛ-ФИЗИК, цахилгаан орны загвар

I. УДИРТГАЛ

Өндөр хүчдэлийн трансформаторуудын найдвартай ажиллагаа нь тэдгээрийн үндсэн тусгаарлагуудын (цаас-тос) ниргэх хүчдэлийн шинж чанараас онцгой хамаардаг. Монгол орон нь далайн түвшнээс дээш ихэвчлэн 1000 м ба түүнээс дээш өндөрт өргөгдсөн учраас агаар сийрэгжиж, харьцангуй бага цахилгаан орны үйлчлэл доор тусгаарлага ниргэх боломжтой байдаг [1].

Хүчний трансформаторын цаас-тосон нэвчлэгтэй тусгаарлагын ниргэлэгийн загварчлалыг хязгаарын элементийн анализын аргаар КОМСОЛ-ФИЗИК программын орчинд нарийвчлал сайтайгаар гүйцэтгэн, дүн шинжилгээг хийж байна [2-3].

Энэхүү өгүүллийн зорилго нь хүчний трансформаторт ордог цаасан тусгаарлагын ниргэх хүчдэл, цахилгаан оронгын хэмжээг туршилтын болон симуляцын тооцооллын үндсэн дээр хийж гүйцэтгэн, дүн шинжилгээ хийх болно.

Дараах үндсэн хоёр хэсгээс өгүүлэл бүрдэнэ. Үүнд: Туршилтын хэсэг. Цилиндр-хавтгай электродын систем цаасны ниргэх хүчдэлийг тогтоож, цахилгаан орны тодорхойлох хэмжилт. Симуляцийн хэсэг. Туршилтыг явуулсан электродын системийн цахилгаан орны физик загварыг КОМСОЛ-ФИЗИК орчинд үүсгэн байгуулж цахилгаан орны түгэлтийг тооцоолох.

II. СТАТИК ЦАХИЛГААН ОРНЫ АНАЛИЗ

Цахилгаан оронг отгоргуйд үүссэн байдлаар дараах дифференциал тэгшитгэлээр илэрхийлж бичиж болно. Цахилгаан статикийн хуулиар E орон нь тэгтэй тэнцүү болж, энерги хадгалагдах нөхцөл хангагдана. Иймд вектор цахилгаан орон нь 1-р тэгшитгэлээр бичигдэнэ.

$$\nabla \times E = 0 \quad (1)$$

Тухайн электродын систем болон цаасан тусгаарлагын эзлэхүүн цэнэгүүд цахилгаан орны

хүчлэгийг үүсгэнэ. Гауссын теорем ёсоор цахилгаан орны нийт хүчлэг нь доор дифференциал хэлбэрээрээ бичигдэнэ.

$$\nabla \cdot D = \rho \quad (2)$$

$$D = \epsilon_0 \epsilon_{\text{цаас}} E \quad (3)$$

Үүнд: ϵ_0 - орчны хөндийрүүлгийн нэвтрэмж $8,85419 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, ϵ - Тр-ын цаасны харьцангуй нэвтрэмж, ρ - цилиндрийн эзлэхүүн цэнэг С/мм³, E , кВ/мм, D орны хүчлэгийн нягт С/мм².

Цахилгаан орны улмаас мөн хамтаар скаляр потенциал функц оршин байж, огторгуйн дурын цэг бүрд цэгэн потенциал буюу хүчдэлтэй болно. Цахилгаан орон болон хүчдэл хоёрын хамаарал нь 4-р тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэнэ.

$$-\nabla \cdot V = E \quad (4)$$

Цахилгаан орны тархалтыг бодохын тулд потенциал хэлбэртэй бичигдсэн дифференциал тэгшитгэлүүд (2) ба (4) -с дараах Паусоны тэгшитгэл гарч бичигдэнэ.

$$\nabla \cdot \nabla \cdot V = -\rho / \epsilon_0 \epsilon_{\text{цаас}} \quad (5)$$

5-р тэгшитгэл нь Паусоны тэгшитгэл болно. Хэрвээ $-\rho / \epsilon_0 \epsilon_{\text{цаас}}$ нь тэг болох буюу чөлөөт цэнэгүүд тухайн электрод болон цаасан дээр түгэлтгүй болсон байна гэж үзвэл Лапласын тэгшитгэл (6) болно.

$$\nabla \cdot \nabla \cdot V = 0 \quad (6)$$

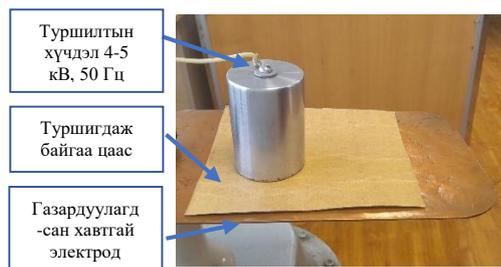
Тр-ын цаасан дээр Лапласын тэгшитгэл нь

$$\epsilon_0 \epsilon_{\text{цаас}} \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \right) = 0 \quad (7)$$

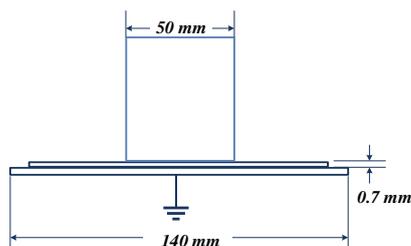
III. ТРАНСФОРМАТОРЫН ЦААСАН ТУСГААРЛАГЫН НИРГЭХ ХҮЧДЭЛИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ

Туршилтыг хувьсах 15 кВ-ийн хүчдэлийн трансформатораар гүйцэтгэв. Цилиндр-хавтгай электродын системийг ашигласан учир жигд цахилгаан орон цаасанд үйлчилж, цахилгаан орныг энгийн хялбар илэрхийллээр тодорхойлох боломж өгдөг давуу талтай. ЭХС-ийн цахилгаан техникийн материалын лабораторид хэмжилтийг явуулж гүйцэтгэв.

Хэмжилт явуулсан электродуудын харагдах байдлыг 1-р зурагт үзүүлэв.



1-р зураг. Электродуудын хэлбэр ба хэмжээс, туршигдаж байгаа трансформаторын цаасан тусгаарлага.



2-р зураг. Цилиндр-хавтгай электрод ба цаасан тусгаарлагын хэмжээс. (Цаасны зузаан ойролцоогоор 0.7 мм, харьцангуй цахилгаан нэвтрэмж $\epsilon_{\text{цаас}} 3.0$)

2-р зурагт электродуудын геометр хэмжээсийг үзүүлэв. Хэмжилтийг явуулахдаа цаасан тусгаарлагаар нэвт ниргэлэг болтол нь хүчдэлийг аажмаар өсгөн ниргэлэг болох үеийн хүчдэлийн хэмжээг трансформаторын нам талд холбогдсон вольтметрээр хувирган (15000:100 харьцаатай) хэмжиж авав. Хэмжилтийг таван удаа давтан гүйцэтгэсэн ба үр дүнг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Цахилгаан орон жигд байна гэж үзвэл дараах хялбар аналитик тэгшитгэлээр дундаж цахилгаан орныг тодорхойлж болно.

$$E_{\text{дундаж}} = \frac{V_{\text{нир}}}{d} \quad (8)$$

Үүнд, d – цаасны зузаан 0.7 мм, V_n ниргэх хүчдэлийн хэмжээ кВ, E_d хамгийн их цахилгаан орон, кВ/мм

Трансформаторын цаас нь өргөн хэрэглэгддэг хамгийн сайн тусгаарлага ба целлилоз бүтэцтэй, туйлт молекултай. Цаасны харьцангуй цахилгаан нэвтрэмж нь 2-6 хооронд хэлбэлздэг.

1-р хүснэгт. Ниргэх хүчдэл ба цахилгаан орны хэмжээ

$V_{\text{нир}}$, кВ	4.1	4.0	3.9	3.5	4.0
E_d , кВ/мм	5.85	5.71	5.57	5.0	5.71

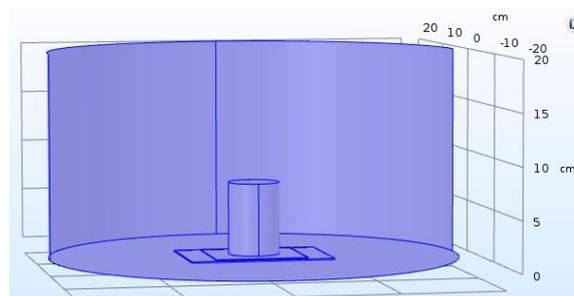
3-р зурагт ниргэлэг явагдсан цаасыг харуулав. Ниргэлэг ихэвчлэн цилиндр электродын заахын хэсгээр явагдаж байсан нь туршилтын үеэр ажиглагдав.



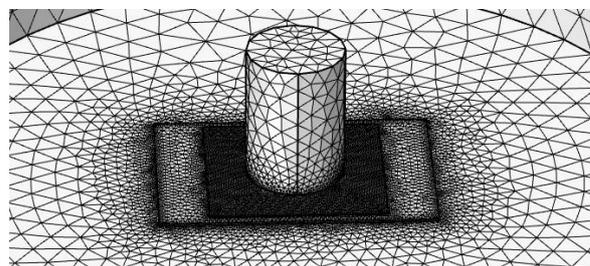
3-р зураг. Ниргэлэг болсон цаасан тусгаарлага. (Цахилгаан орны энерги бага учир доорсон нүх жижиг байна)

IV. СИМУЛЯЦИ БОЛОН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Комсол программын орчинд 2-р зурагт үзүүлсэн хэмжээсээр хэмжилт явуулсан электрод болон цаасны загварыг байгуулав.



4-р зураг. Цилиндр-хавтгай электрод ба цаасан тусгаарлагын цахилгаан орны тархалт, цахилгаан багтаамжийг тооцоолох загвар

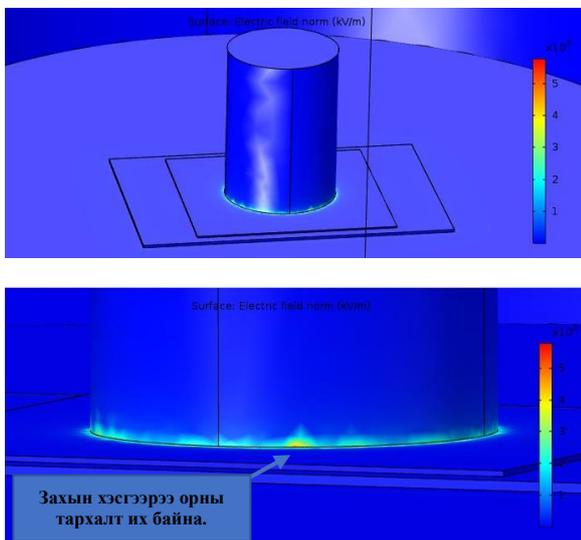


5-р зураг. Гурвалжин элементүүд болгон хуваасан электродууд болон цаас

5-р зурагт харуулснаар байгуулсан цилиндр хавтгай цаас нь Комсол-Физик программд автоматаар олон зангилаатай тор бүхий элементүүдэд хуваагдан загварчлагдана.

Хувьсах хүчдэлээр турших үед чөлөөт цэнэгүүд цилиндр электродын эргэн тойронд жигд

бус байдалтайгаар тархана. Цилиндр цаасны зарим хэсэг газрууд (электрод цаасны захын хэсгээр) дээр цахилгаан орон ихээр гажуудна. Мөн цаасанд хөндийрүүлгийн алдагдлын улмаас бага зэргийн халалт бий болно. Эдгээр хүчин зүйлсийн улмаас хувьсах хүчдэлийн үед тогтмол хүчдэлтэй байх үеэс харьцангуй бага хүчдэл ниргэлэг болно.



6-р зураг. Цахилгаан орны тархалт

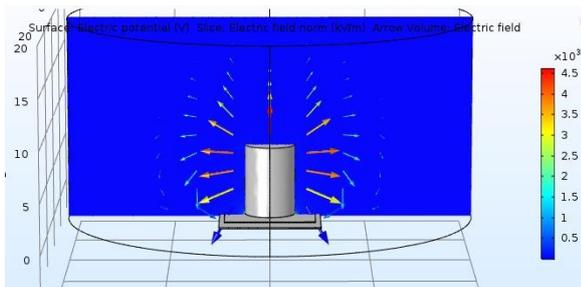
Энэхүү захын хэсгээр цахилгаан орны хэмжээ сарниж байгааг харж болно. 2-р хүснэгтэд хэмжилт болон симуляцын үр дүнгүүдийг харьцуулан харуулав.

2-р хүснэгт. Цаасанд үүссэн дундаж цахилгаан орны хэмжээ

	Тушилт	Комсол программ
E_d , кВ/мм	5.56	5.7

5-р зургаас харахад цахилгаан орны тархалтын хамгийн их хэмжээ нь электрод-цаас-агаарын зааг дээр 6 кВ/мм орчим хүрч байна. Цаасны төв орчимд орны тархалтын хэмжээ 2 дахин бага үүсэх нь үр дүнгээс харагдав. Симуляцын үр дүн эрдэм шинжилгээний өгүүлэл [4] тохирсон учир загвар нь зөв болсон гэдэг нь батлагдав.

6-р зурагт цахилгаан орны вектор шугам хэрхэн агаарт хязгааргүйд шилжиж байгааг харуулав.



7-р зураг. Цахилгаан орны вектор шугамын зураглал

Мөн энэхүү симуляцын аргаар хэмжилтийн явцад тооцооход төвөгтэй, боломжгүй байсан цаасан дээрх чөлөөт цэнэгүүдийн хэмжээг тодорхойлох боломж гарав. Өндөр хүчдэл цаасанд үйлчлэх үед цилиндр-хавтгай электродуудад үүсэх цахилгаан багтаамжийн хэмжээ нь 47.401 пФ гарав. Ниргэлэг болгоход шаардагдах нийт цэнэгийн дундаж хэмжээ нь доорх илэрхийллээр тодорхойлогдож болно.

$$Q = C \cdot V = 47.4015 \text{ пФ} \cdot 4 \text{ кВ} \approx 190 \text{ нКл} \quad (9)$$

Энэхүү цэнэгийн хэмжээ нь цаашдаа гадаргуугийн цахилгалт болон цаасны ниргэлэгийн үзэгдлийг загварчлах болон судлах үед хэрэгтэй мэдээлэл болж өгнө.

Цахилгаан орны хэмжээ туршилтаас бага зэрэг зөрүүтэй байгаа нь трансформаторын тусгаарлах цаасны нэвтрэмжийг Комсолд оруулахдаа $\epsilon=3.0$ авсан нь бодит цаасны утгаас зөрүүтэй байсан байж болох боломжтой.

Энэхүү загварыг ашигласнаар цахилгаан техникийн материалын лабораторийн ажлаар хэмжигдэх боломжгүй байсан чөлөөт цэнэгийн хэмжээ, цахилгаан орны тархалтын зураглалыг тааварлах, тооцох боломж гарч ирж байна. Мөн импульсын болон тогтмол, хувьсах хүчдэлээр Комсол программ дээр туршилт хийсэнтэй адилхан үр дүнг үзүүлэх байдлаар тэдгээрийн ялгааг ойлгох, онолын мэдлэгээ гүнзгийрүүлэн ойлгох боломж нээгдэнэ.

V. Дүгнэлт

Энэхүү өгүүлэлд цилиндр-хавтгай электродын систем болон хүчний трансформаторын үндсэн тусгаарлага болох цаасанд үүсэх цахилгаан орныг Комсол-физик программын орчинд загварчлав. Лабораторид явуулсан ниргэх хүчдэлээс цаасны цахилгаан орны дундаж хэмжээг симуляцын үр дүнтэй харьцуулан үзлээ. Дараах дүгнэлтүүд гарлаа.

- Электродын ирмэг орчинд цахилгаан орны гажуудал үүсэн ниргэдэг байсан үзэгдэл симуляцын үр дүн, онолоор батлагдав. Цахилгаан нэвтрэмжийн хэмжээг зохистой сонгож авах нь үр дүнд нөлөөлж байв.

- Комсол программ нь олон давуу талуудыг өгсөн ба цаасанд үүссэн чөлөөт цэнэгүүдийн цахилгаан орны тархалтыг харуулав. Мөн тухайн лабораторид хэмжигдэх боломжгүй байсан цахилгаан багтаамж, цэнэгийн түгэлт, хэмжээг тооцоолох боломж бүрдэв.

- Энэхүү загварыг хөгжүүлснээр хатуу тусгаарлагын ниргэлэгийг бүрэн хэмжээнд судлах боломжтой. Практикт хэрэглэгддэг цаас-тосон тусгаарлагын ниргэлэгийн механизмыг загварчилна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэбат “Өндөр хүчдлийн техник:1. Гадаад тусгаарлага: Онол практикийн үндэс” Монгол улсын шинжлэх ухаан технологийн их сургууль,Улаанбаатар хот ,2015 он.
- [2] AC/DC Module User's Guide, pp. 75-84. COMSOL Multiphysics® v. 5.3. COMSOL. 2018
- [3] Chen, W.; Chen, X.; Su, X.; Long, Z. Simulation and Analysis of Surface Discharge Development in Oil Immersed Paper Insulation. Przegl. Elektrotech. 2012, 88, 290–295
- [4] Akin, Firat & Arıkan, Oktay & Uydur, Cihat. Analysis of Solid Insulating Materials Breakdown Voltages Under Different Voltage Types. Turkish Journal of Electrical Power and

ГАММА КАМЕРЫН ХЭВИЙН ҮЙЛ АЖИЛЛАГААНД НӨЛӨӨЛӨХ ХҮЧИН ЗҮЙЛҮҮД

Г.Өлзийжаргал*, Д.Пүрэвдаш**

*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль
ganboldulzaijargal@gmail.com, dashaa@must.edu.mn

Хураангуй: Гамма камерын хөгжил нь анх үүссэн цагаасаа өнөөг хүртэл үргэлжилдэг. Зургийг бүтээхэд ашигласан аналог импульсийн арифметикийн өмнөх хэлбэрүүдийн талаар ярихаас гадна гүйцэтгэлийг сайжруулж, төрөлхийн нэг төрлийн бус байдлыг засах сүүлийн үеийн микропроцессорт суурилсан техникуудийн жишээг тайлбарлав. Камерын гүйцэтгэлийг үнэлэх одоогийн аргуудыг орчин үеийн системүүдийн ердийн өгөгдлийн хамт үзүүлэв. Эдгээр өгөгдлийг олон талст ба өндөр цэвэршилттэй германий камер гэх мэт дүрсэлсэн бусад гамма-туяа дүрслэх төхөөрөмжөөс олж авсан мэдээлэлтэй харьцуулсан болно. Мөн ялгаруулалтын СТ-д тавигдах гамма камерт тавигдах шаардлагуудыг мөн товчхон авч үзнэ.

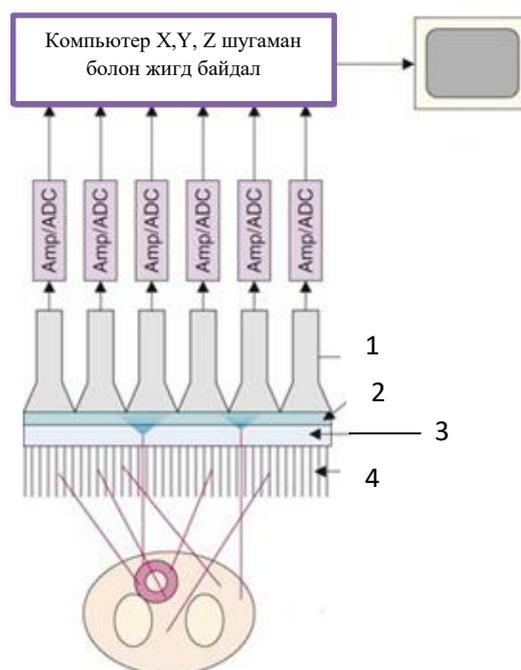
1. Оршил

Сцинтилляцийн камерыг нэвтрүүлсэн нь цөмийн анагаах ухааны салбарт томоохон дэвшил болсон юм [1] Хэдэн жилийн дотор камерын орон зайн нарийвчлал нь эмнэлзүйн орчинд сонгох хэрэгсэл болох шулуун шугаман сканнерыг орлуулах боломжийг баталгаажуулсан. Өнөөгийн үеийн гамма камерын гүйцэтгэл нь сүүлийн арван жилд энэ байдал өөрчлөгдөхгүй гэдгийг харуулж байна. Камерын дизайнд ашиглаж байгаа камерын бүрэлдэхүүн хэсгүүд болон микропроцессоруудыг тасралтгүй сайжруулснаар детекторын мэдрэмж, шугаман чанар (зураг авсан байрлал болон үйл явдлын анхны газартай харгалзах) -ын төрөлхийн гажуудал багасах нь дамжиггүй. Гүйцэтгэлийн эдгээр болон бусад жигд бус байдал нь импульсийн аналог арифметикийн янз бүрийн хэлбэрийг ашигласан уурын камеруудад илүү их ажиглагдаж байсан бөгөөд эдгээр тохиолдолд залруулах процедур нь ихэвчлэн өмнө нь олж авсан үеийн талбайн зураг дээр тулгуурладаг. Орчин үеийн уурын камерын орон зайн нягтаршил, талбайн жигд байдал, тоолох хурд зэрэг нь ижил чухал ач холбогдолтой бөгөөд учир нь статик дүрслэлд зориулсан илүү сонгомол радиофармацевтикууд байгаагийн зэрэгцээ онлайн компьютер ашиглан тоон динамик судалгаанд ихээхэн анхаарал хандуулж байна. Цөмийн кардиологи бол сүүлийн жилүүдэд олны анхаарлыг татсан нэг салбар юм. Гамма камерын үндсэн тодорхойлолт, үйл ажиллагааны зарчмуудыг аналог болон дижитал импульсийн арифметикийн төрлүүд болон дүрсний гажуудлыг засах оролдлого хийх арга замыг тусгайлан авч үзэх болно. Гүйцэтгэлийн параметрийн үнэлгээний одоогийн аргуудыг тайлбарлаж, өндөр цэвэршилттэй германий болон олон талст төхөөрөмж зэрэг гамма камерын бусад хэлбэрүүдтэй харьцуулах холбогдох цэгүүдийг хийсэн. Төгсгөлд нь компьютержуулсан томографийн судалгаанд амжилттай хэрэглэхэд шаардагдах гамма камерын шаардлагыг товч дурдлаа.

2. Системийн үндсэн тодорхойлолт ба функц

Гамма камерын үндсэн тодорхойлолт, функцийг Эмнэлгийн Физикчдийн Нийгэмлэгээс гаргасан Сэдвийн Бүлгийн тайлан [2], Эллиотт ба Шорт [3]

зэрэг янз бүрийн хэвлэлд хянуулсан. Зураг 1-д гэрлийн чиглүүлэгчээр дамжуулан олон тооны фото үржүүлэгч хоолойтой холбосон нимгэн, том диаметртэй NaI(Tl) талстаас бүрдэх детекторын толгойн ердийн бүдүүвч дүрслэлийг үзүүлэв. Камерын геометрийн харах талбар нь болор нүүрэн дээр байрлуулсан хар тугалга коллиматороор хязгаарлагддаг. Коллиматороор дамжин өнгөрч буй гамма-туяа фотон харилцан үйлчлэлцэж талст дотор сцинтилляци үүсгэдэг. Тодорхой фото үржүүлэгч хоолойгоор хүлээн авсан гэрлийн импульсийн эрч хүч нь тухайн үйл явдлаас хол байхаас хамаарна.



Зураг 1. Гамма камерын схем

1-фотоэлектрон үржүүлэгч хоолой, 2-гэрэл чиглүүлэгч, 3-NaI(Tl) болор, 4-коллиматор

Хэрэв x, y тэнхлэгүүд тодорхойлогдсон бол хоолойн гаралтыг боловсруулж болор дахь үйл явдлын байрлалын координатыг өгч болно. Цаашилбал, хоолойн гаралтыг нэгтгэсэнээр харилцан үйлчлэлд хуримтлагдсан энергийг тодорхойлохын тулд импульсийн өндрийн шинжилгээнд оруулах боломжтой энергийн дохиог олж авдаг. Эрчим хүчний бүрэн шингээлтийн үр дүнд үүссэн

импульсийг (фотопик үйл явдлууд) дүн шинжилгээгээр хүлээн авч, дэлгэцийн системд бүртгэл үүсгэдэг. Тиймээс хангалттай тооны үйл явдлыг олж авснаар зургийг олж авдаг

2.1 Коллиматор

Гамма камерт зориулсан коллиматорууд нь ихэвчлэн нягтрал ба мэдрэмжийн хооронд буулт хийх эсвэл тодорхой төрлийн цөмийн анагаах ухааны судалгаанд зориулж нэг юмуу нөгөөг нь онцлоход зориулагдсан байдаг. Эмнэлзүйн судалгаанд зориулж хэд хэдэн төрлийн хар тугалга коллиматор байдаг боловч хамгийн өргөн хэрэглэгддэг нь зэрэгцээ олон нүх юм. Энэхүү коллиматорыг дараах тэгшитгэлийн дагуу тодорхой хэрэглээнд зориулж оновчтойгоор боловсруулж болно.

$$\text{Геометр, } g = \left[\frac{kd^2}{a_e(d+t)} \right]^2 \quad (1)$$

$$\text{Нарийвчлал, } R_g = \frac{d(a_e+b+c)}{a_e}; \quad (2)$$

$$\text{Мэдрэмж, } S = k^1 \left[\frac{kd^2}{a_e^2(d+t)^2} \right] \quad (3)$$

d = нүхний өргөн,

t = "нүх" хоорондын таславчны зузаан,

k = нүхний хэлбэр, тохиргооноос хамаарч тогтмол,

b = коллиматорын нүүрээс заасан зай,

c = коллиматорын арын нүүр ба дунд хэсгийн хоорондох зай, болорын хавтгай ба

k^1 = үйл ажиллагаа, илрүүлэх үр ашиг, гамма-цацрагийн элбэг байдлаас хамааралтай тогтмол.

Аф параметр нь $a_e = a - 2\mu^{-1}$ тэгшитгэлийн дагуу геометрийн нүхний урттай (а) хамааралтай. # нь материал дахь гамма-цацрагийн дундаж чөлөөт зам [5]. g нь нягтралтай урвуу хамааралтай бөгөөд объект ба коллиматорын хоорондох зайнаас хамааралгүй тул агаарт жигд гүний хариу үйлдэл үзүүлдэг гэдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй. Системийн ерөнхий нягтаршил (R_s) нь коллиматорын нягтрал (R_c)-ийн детекторын дотоод нягтрал (R_i)-ийн хувирал юм. Орчин үеийн камерын дотоод нягтрал сайжрахын хэрээр коллиматорын дизайны сонголтууд улам бүр чухал болж байна. Нарийвчлалын гурван тэгшитгэл нь хоорондоо ойролцоо байдаг:

$$R_s^2 = R_i^2 + R_c^2 \quad (4)$$

2.2 Сцинтилляцийн болор

Одоогийн бүх гамма камеруудад ашигладаг сцинтилляцийн материал нь NaI (Tl) юм. Өндөр цэвэршилттэй германий детекторыг ашигладаг гамма камерын төхөөрөмжүүдийг мөн боловсруулсан бөгөөд эдгээрийг дараа нь товч авч үзэх болно. Өргөн хүрээний харагдацтай уурын камерт ихэвчлэн 400 мм диаметртай, 13 мм зузаантай NaI(Tl) болор, хөдөлгөөнт камерт 250 мм диаметртай болор ашигладаг. Сүүлийн үеийн зарим камерууд бага эрчим хүчний гамма-туяа ялгаруулагчийн дотоод нягтралыг сайжруулахын тулд нимгэн талстыг (жишээ нь 6 мм) нэгтгэсэн. Натрийн иодид нь хоёр үндсэн давуу талтай. Нэгд, атомын тоо өндөр учир унтрах коэффициент өндөртэй, хоёрдугаарт, гэрлийн гаралт ихтэй.

Натрийн иодид нь гигроскопийн шинж чанартай бөгөөд ихэвчлэн хөнгөн цагаан лаазанд битүүмжлэгдсэн байх ёстой. Лаазны дотоод гадаргуу нь бүх гэрлийг гаралтын цонхоор гэрэлтүүлэгч/фото үржүүлэгч хоолойн угсралт руу чиглүүлэхийн тулд тохиромжтой сарнисан тусгал материалаар бүрсэн байна.

Гамма цацрагийн харилцан үйлчлэлийн дараах болороос ялгарах гэрлийн тархалтыг фотоэлектрик шингээлт ба сарнилын аль алинаар нь судалсан [6,8].

2.3 Гэрэл чиглүүлэгч

Гэрлийн хөтөч нь болороос гарах цонх болон фото үржүүлэгч хоолойн хооронд оптик холбогч үүрэг гүйцэтгэдэг. Энэ нь кварц шингээсэн Plexiglass гэх мэт тунгалаг хуванцараар хийгдсэн байдаг. Силикон тос эсвэл тосыг гарах цонх ба гэрлийн хөтөч, гэрлийн хөтөч ба хоолойн хооронд оптик холбох материал болгон ашигладаг. Орон зайн нарийвчлалыг болорын хугарлын илтгэгчтэй тохирох нимгэн гэрлийн хөтлүүр ашиглан сайжруулж болох боловч нимгэн нь камерын орон зайн шугаман бус, гажуудал, жигд бус байдлыг нэмэгдүүлэх хандлагатай байдаг ч эдгээр нөлөөг арилгахын тулд импульсийн арифметик залруулга ашиглаж болно. , үнэн хэрэгтээ, гэрлийн хөтөчийг бүхэлд нь орхих боломжтой. Бейкер, Скримгер [9] нар гэрлийн дамжуулагчийн хамгийн оновчтой зузаан нь хоолойн радиусаас 0.7 дахин их байна гэж тооцоолсон нь хувь нэмэр оруулах функцийг ашиглан батлагдсан үр дүн юм. [10]

2.4 Фото үржүүлэгч хоолой

Эртний гамма камерууд нь зургаан өнцөгт массиваар байрлуулсан долоон дугуй хоолой ашигладаг байв. Төхөөрөмж эмнэлзүйн орчинд тавигдах үед ердийн 19 гуурстай байсан. Сүүлийн жилүүдэд орон зайн нарийвчлалыг сайжруулахын тулд илүү олон тооны (жишээ нь 61 эсвэл 75) жижиг диаметртай хоолойг ашиглах хандлага ажиглагдаж байгаа боловч энэ нь ихэвчлэн жигд бус асуудалд хүргэдэг. Кристалаас хуруу шил рүү гэрэл дамжуулах хамгийн их үр ашгийг хангахын тулд хоолойнуудын нийлбэр хатуу өнцөг нь аль болох том байх ёстой [9]. Одоо түгээмэл хэрэглэгддэг зургаан өнцөгт хөндлөн огтлолын хоолойг хөгжүүлснээр цуглуулгын үр ашгийг дээшлүүлсэн. Хоолойн фотон нь болорын хөх-ногоон гэрлийн ялгаралд тохирсон байх ёстой бөгөөд гаралтын дохионы статистик хэлбэлзлийг багасгахын тулд квантын өндөр үр ашигтай байх ёстой. Хүчдэл ба температурын тогтвортой байдал нь бериллий-зэсийн динодуудаар хангагдах гол шаардлага боловч галли фосфидоор бүрсэн динодууд нь тийм ч өндөр ашиггүй байдаг [11]. Хамгийн үр дүнтэй динодын бүтэц нь анхдагч электронуудын тусгалын өнцгийн нөлөөгөөр хариу урвалын жигд бус байдлыг даван туулахын тулд "цайны аяга" хэлбэрээр бүтээгдсэн анхны динод бүхий төрөл юм. Хоолойн ашиг нь хэрэглэсэн хүчдэлээс ихээхэн хамаардаг тул энэ хүчдэлийн өндөр тогтвортой

байдал нь заавал байх ёстой. Жишээлбэл, 1% -иар хүчдэлийн өсөлт нь арван үе шаттай хоолойн 10% -ийн өсөлтийг бүхэлд нь өөрчлөхөд хүргэдэг.

3. Гамма камерын гүйцэтгэлийн үнэлгээ

Өндөр хүчин чадалтай гамма камерууд гарч ирснээр тэдгээрийн гүйцэтгэлийг үнэлэх илүү дэлгэрэнгүй, үнэн зөв аргууд шаардлагатай болж байна. Улсын Цахилгаан Техникийн Комисс (ИЕС) зэрэг ангиллын туршилтын протоколууд нь үйлдвэрлэгч өөрийн уурын камерын гүйцэтгэлийг тодорхойлох арга хэрэгслийг өгдөг. Эдгээр протоколууд нь хувь хүний шууд хэрэглээнд зориулагдаагүй боловч эмнэлзүйн орчинд ашиглаж болох гүйцэтгэлийн үнэлгээ, чанарын баталгааны протоколд үндэс суурь болж чадна. Ангиллын туршилтын протоколууд нь мөн ОБЕГ-ын баримт бичиг нь цацрагийн мэдрэгчийн угсралтын үндсэн гүйцэтгэлийг голчлон авч үздэг бол ИЕС-ийн баримт бичиг нь хэмжилтэд тархах нөлөөг харгалзан үздгээрээ эрс ялгаатай. Хэрэглэгч практикт хэрэгжүүлэхэд илүү тохиромжтой гэж үзсэн хоёр төстийн онцлогуудыг багтаасан гүйцэтгэлийн үнэлгээний тайланг нийтэлсэн байна. Сүүлчийн тайланд хэд хэдэн төрлийн өндөр хүчин чадалтай орчин үеийн уурын камерын өгөгдлийг тайлбарлахдаа орон зайн нарийвчлал болон талбайн жигд бус байдлыг илүү өргөн, үнэн зөв хэмжихийн тулд мини компьютер ашигласан болно. Илүү хялбарчилсан гарын авлагын процедурыг ашиглан өгөгдөл гаргах боломжгүй байсан.

Гамма камерын гүйцэтгэлийн гол үзүүлэлтүүд нь орон зайн нягтрал (дотоод болон мэдрэгчийн толгой), талбайн жигд бус байдал (орон зайн гажуудал ба орон нутгийн мэдрэмжийн өөрчлөлт), эрчим хүчний нягтрал, тоолох чадвар юм. Эдгээр параметруудийг хэмжих аргуудыг доор товч тайлбарлав.

3.1. Дотоод нарийвчлал

Дотоод нарийвчлал нь болор гадаргуу дээр шууд байрлуулсан шугамын эх үүсвэрийн шугамын тархалтын функцийн (Isf) хагас хамгийн их (fwhm) бүрэн өргөнөөр тодорхойлогддог. Хэд хэдэн хэмжилтийг эх үүсвэрийг X, Y тэнхлэгт ээлжлэн тохируулсан. Өгөгдлийг хуримтлуулах, шугамын эх үүсвэрийн байрлалд тохируулгын хүчин зүйл өгөхийн тулд хангалттай хувиргах ашиг бүхий олон сувгийн анализаторыг ашиглаж болно. fwhm дотор дор хаяж 10 суваг байх ёстой бөгөөд статистикийн нарийвчлалыг хангахын тулд оргил сувгийн тоо 104-өөс багагүй байх ёстой. Олон шугамын дамжуулах эх үүсвэр болон 1024 x 16 эсвэл 2048x8 матриц болгон дахин форматлагдсан мини компьютерийг ашигласнаар X ба Y-ийн олон тооны уншилтыг авч болно. Гауссын муруй тохируулах процедурыг тохирох программ хангамжаар ашигладаг бөгөөд дундаж, муж, стандарт хазайлт, дундаж утгыг олно.

3.2. Илрүүлэгчийн толгойн нарийвчлал

Энэ хэмжилт нь тархалтын орчинд сонгосон гүнд байгаа детекторын толгойн коллиматор-аар

тодорхойлогддог. Хатуу хэлбэрт хадгалагдсан нэг шугамын эх үүсвэрийг гарын авлагын техник ашиглан хэд хэдэн уншилт хийх, эсвэл илүү өргөн хүрээний уншилтыг хангахын тулд олон шугамын эх үүсвэрийг жижиг компьютертэй хамт ашиглаж болно.

3.3. Нэгдмэл бус байдал

64x64 матрицад өндөр статистик дүрсийг хуримтлуулахын тулд үерийн талбайн зохих эх үүсвэрийг ашигладаг. Шаардлагатай харах талбарыг гараар сонгосны дараа өгөгдлийн гаралтад пикселийн дундаж тоо, хүрээ ба стандарт хазайлт, дифференциал жигд бус байдал, дундаж утгын 5, 10 ба 15%-д багтах пикселийн тоо орно. Орон зайн гажуудлын хэмжүүрийг олон ан цавын эх үүсвэрээр дотоод нарийвчлалыг хэмжихэд зориулж цуглуулсан өгөгдлөөс авч болно. Өгөгдлийн хэвлэмэл дэх тасархай шугам бүрийн хувьд 16 профайл тус бүрийн шинжилгээний программ хангамжаар тооцоолсон оргил байрлалыг дундажлаж, шугамд тохирох дундаж оргил сувгийг олно. Суурилуулсан болон дундаж байрлалын хоорондох ялгааны үнэмлэхүй хэмжээг X, Y хэвлэмэл бүрийн бүх шугамын сегментүүдэд тооцоолно. Дундаж хазайлтыг зэргэлдээх профайлуудын аль ч шугамын суурилуулсан оргилуудын хоорондох хамгийн их зөрүүтэй хамт гаргана (дифференциал орон зайн гажуудал).

Детекторын мэдрэмжийн өөрчлөлтийг нэгтгэсэн цэгийн эх үүсвэр болон детектор дээр байрлуулсан ортогональ байрлалын сүлжээг ашиглан судалдаг. Тооцооллын утгуудын дундаж, муж, хэлбэлзлийн коэффициентийг тооцоолно.

Хүснэгт 1. Одоогийн гамма камеруудын 140 кВ-ын гүйцэтгэлийн өгөгдөл

Параметр	Ердийн утга
Эрчим хүчний нягтрал (%)	-10
Орон зайн дотоод нягтрал (мм)	3-4
Системийн орон зайн нарийвчлал 100 мм (өндөр нарийвчлалтай коллиматор) (мм)	-10
Тооцоолох чадвар (кcps, 10% алдагдлын утга)	-30 (Хэвийн горим) >100(Хурдан горим)
Нийт жигд байдал (%)	-10
Шугаман бус байдал (%)	<0.1

3.4. Эрчим хүчний нарийвчлал

Энэ параметрийг коллиматорын орой дээр байрлуулсан үерийн талбайн эх үүсвэрийг ашиглан хэмждэг. Үүссэн энергийн дохиог тохируулсан олон сувгийн анализаторт хуримтлуулж, энергийн нарийвчлалыг фото оргилын fwhm-ээр хувиар илэрхийлнэ. Цахим хэлхээний зөв цэгийг ашиглаж, фотофик доторх хангалттай суваг, статистик байгаа эсэхийг анхаарах хэрэгтэй.

3.5. Тооцоолох чадвар

Идэвхтэй эзэлхүүнийг агуулсан цилиндр хэлбэрийн хийсвэрийг коллиматор дээр байрлуулсан бөгөөд өндөр идэвхтэй эмнэлзүйн судалгаанд байгаа тархалтыг дуурайлган хийдэг. Хамгийн их утгад хүрэх хүртэл хий үзэгдэл дэх үйл ажиллагааны мэдэгдэж буй хэмжилтийн ажиглагдсан тоолох хурдыг тэмдэглэнэ. Хүлээгдэж буй тооллогын хурдны утгыг доод түвшний тоололд хэрэглэж буй шугаман регрессийн программыг ашиглан тооцдог. Хүлээгдэж буй тооллогын хурдны эсрэг хүлээгдэж буй муруйг зурж, алдагдлыг хүлээгдэж буй хэмжээнээс 10, 20, 30%-тай тэнцүүлэх ажиглагдсан хурдны утгыг гаргаж болно. Ажиглагдсан тооллогын дээд хэмжээг тэмдэглэнэ. Хамгийн сүүлийн үеийн гамма камеруудын гүйцэтгэлийн ердийн өгөгдлийг Хүснэгт 1-д үзүүлэв.

4. Гамма камерыг эмиссийн томографид ашиглах

Ихэнх гамма камер үйлдвэрлэгчид нэг фотон ялгаралтын томограф (SPECT CT) хийх сонголтыг санал болгодог. SPECT CT нь гамма туяаг ашиглан цөмийн анагаах ухааны томографийн дүрслэлийн арга юм.

Одоо гамма камер, цахим компьютерийг ялгарлын томографид ашиглах тухай ном зохиол өргөн хүрээтэй байна. Камерыг өвчтөний эргэн тойронд эргүүлж, өгөгдлийг сонгосон өнцгөөр бүртгэнэ. Шүүгдсэн "буцах проекц" компьютерийн алгоритм нь үйл ажиллагааны тархалтын хэд хэдэн трансаксиаль сэргээн босголтыг нэгэн зэрэг гаргахын тулд өгөгдөлд хэрэглэгддэг. Олдворууд нь ихэвчлэн сэргээн босгох алгоритмын хязгаарлалт,

Хүснэгт 2. УНТЭ-ийн SPECT CT, түүний үзүүлэлт, түгээмэл

Эмнэлэг	Үйлдвэрлэгч	Загвар	Гамма камерын төрөл	Түгээмэл гардаг гэмтэл			Үзүүлэлтүүд
				1	2	3	
УНТЭ	Mediso	Anyscan	SPECT CT	1	2	3	<p>SPECT: Детектор кристалл:9.5 мм Нүхний хэмжээ:75 см Эрчим хүчний хүрээ:40-960 кВ Скан хийх хүрээ:245 см хүртэл</p> <p>CT: Эргэлтийн хурд:0.5-2 сек Нүхний хэмжээ:70 см Хоолойн гүйдэл:10-440мА Эргэлтийн хурд: 0.5-2 сек</p>

гардаг гэмтэл

УНТЭ-ийн SPECT CT-ний механик талаасаа одоогоор асуудал байхгүй.

1. Цахилгааны асуудал гардаг тохиолдол нь тог хэлбэлздэг, 380В-р орж ирээд “тог” баригч руу 380В очиж байх ёстой. Гэтэл орж ирж буй оролтын хүчдэл өндөр байгаагаас болж 380В байх ёстой зүйл дээд тал 420В хүртэл орж ирээд байдаг.
2. Өндөр хүчдэл орж ирэхэд гал хамгаалагчууд шатчихдаг.

ялангуяа сулруулах хүчин зүйлийн сонголт эсвэл гамма камерын гүйцэтгэлийн нэг төрлийн бус байдлаас шалтгаалж илэрдэг. Эрчим хүчний нарийвчлалын өөрчлөлт, орон зайн гажуудал, ерөнхий жигд бус байдал нь ердийн хавтгай дүрслэлийн горимоос хамаагүй илүү трансаксиаль зургийн чанарт нөлөөлдөг. Зургийн зөвшөөрөгдөх хугацаанд статистикийн өндөр нарийвчлалтай өгөгдлийг олж авахад хэцүү байдаг. Амьдрах чадвартай нэг фотон ялгарлын томографийн шаардлага нь өндөр нарийвчлалтай, тогтвортой цахилгаан механик үзүүлэлт, өндөр эрчим хүч, орон зайн нарийвчлал, өндөр мэдрэмж, камерын өндөр жигд байдал юм. Трансаксиаль сэргээн босголтын



чанарыг цаашид сайжруулах нь өндөр хүчин чадалтай камер ашиглах эсвэл камерын нэг төрлийн бус байдлыг засах процедурыг компьютерт хадгалах боломжоос хамаарна.

Зураг 2. Нэг фотон ялгаруулалтын компьютер томографи

3. Мөн тоног төхөөрөмжид программ хангамжийн шинэчлэлт буюу UPDATE хийгээгүйгээс болж программ талын алдаануудыг заадаг.

5. Дүгнэлт

Гамма камерын үндсэн функц, гүйцэтгэлийн үнэлгээг тайлбарласан болно. Гамма камерын бусад аргуудтай харьцуулах нь гамма камер нь ойрын ирээдүйд эмнэлгийн цөмийн дүрслэлийн

төхөөрөмж хэвээр байх магадлалтайг харуулж байна.

Ном зүй

- [1] H.O. Anger, Rev. Sci. Instr. 29 (1958) 27.
- [2] Hospital Physicists' Association, London, Topic Group Rept. No. 27 (1978).
- [3] A.T. Elliott and M.D. Short, in Physical aspects of medical imaging, eds. Moores, Parker and Pullen (Wiley, New York, 1980) p. 169.
- [4] H.O. Anger, J. Nucl. Med. 5 (1964) 515.
- [5] R.L. Mather, J. Appl. Phys. 28 (1957) 1200.
- [6] H.O. Anger and D.H. Davis, Rev. Sci. Instr. 35 (1964) 693.
- [7] L. Lavoie, Phys. Med. Biol. 18 (1973) 120.
- [8] J.W. Scrimger and R.G. Baker, Phys. Med. Biol. 12 (1967) 101.
- [9] R.G. Baker and J.W. Scrimger, Phys. Med. Biol. 12 (1967) 51.
- [10] K. Ueda, F. Kawaguchi, K. Takami and K. Ishimatsu. J. Nucl. Med. 19 (1978) 825.
- [11] R.W. Simon and B.F. Williams, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS 15/3 (1968) 167.
- [12] A. Todd-Pokropek, F. Erbsmann and F. Soussaline, in Medical Radionuclide Imaging, Vol. 1 (IAEA, Vienna, 1976) p. 67.
- [13] R. Wicks and M. Blau, J. Nucl. Med. 20 (1979) 252.
- [14] J.R. Mallard and M.J. Myers, Phys. Med. Biol. 8 (1963) 183.
- [15] J.B. Svedberg, in Medical radioisotope scintigraphy, Vol. L (IAEA, Vienna, 1969) p. 125.
- [16] E. Tanaka, T. Hiramoto and N. Nohara, J. Nucl. Med. 11 (1970) 542.
- [17] T. Hiramoto, E. Tanaka and N. Nohara, J. Nucl. Med. 14 (1973) 160.
- [18] N. Nohara, E. Tanaka, T. Hiramoto, N. Kumano and M. Kakegawa, J. Nucl. Med. 12 (1971) 635.
- [19] C. Guldberg and N. Rossing, J. Nucl. Med. 19 (1978) 545.

ТҮВШИН ХЭМЖИХ, ДОХИОЛОХ ХЭМЖИХ ХЭРЭГСЛИЙН ХИЙЦ, ТУРШИЛТ, ХЭМЖЛИЙН ҮР ДҮН

Ц.Дэмбэрэлдодов, Х.Ангараг-Од, Б.Мөнхцэцэг, Х.Доржсамбуу, Д. Намнандорж, М.Баяржавхлан, Б.Даарий, Б.Дагийранз
Х.Цолмон

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

Хураангуй. Нунтаг болон шингэн биеийн хэмжээг тодорхойлох аргуудын нэг болох түвшин хэмжүүрийг судалж, түвшин хэмжих, дохиолох хэмжих хэрэгслүүд хийж, тэдгээрээр туршилт, хэмжилт хийж, үр дүнг харуулав.

Түлхүүр үг - түвшин хэмжүүрийн төрөл, түвшин хэмжих хэрэгсэл, түвшний цахилгаан багтаамжийн хэмжих хэрэгсэл, түвшний хэт авианы хэмжих хэрэгсэл.

I. УДИРТГАЛ

Технологийн процессын хэмжлийн үндсэн физик хэмжигдэхүүний нэг нь түвшин юм. Түвшний хэмжүүрийг дулааны процессын болон төхөөрөмжийн аюулгүй, найдвартай, хэвийн ажиллагааг хангах, эдийн засгийн хувьд үр ашигтай байдлыг сайжруулах болон технологийн процессын хяналт, автомат удирдлагад тус тус ашиглаж байна. Түвшний хэмжилд хэмжих орчны төрөл, хэмжих арга, хэмжих хэрэгслийн төрөл, хэмжих хязгаар, хэмжлийн алдаа г.м олон хүчин зүйлүүдийг багтаан авч үзэж болно. I.TE402 кодтой Дулааны хэмжил хэмжүүр хичээлийн хүрээнд температур, даралт, зарцуулалт, түвшний хэмжих арга, хэмжих хэрэгсэл, тэдгээрийн төрлүүдийг судалж үзээд цахилгаан багтаамжийн, хэт авианы түвшний хэмжих аргыг сонгон авч, дээрх аргуудыг нарийвчлан бие даан судалсан. Түвшин хэмжих хэрэгслийг бие даалтын ажлын даалгавраар багаараа хийж, өөрсдийн хийсэн хэмжих хэрэгслээр туршилт, хэмжилт хийсэн.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Түвшин хэмжүүрийг эрчим хүчний, химийн, хүнсний г.м үйлдвэрүүд, технологийн процесст ажлын биеийн түвшний хэмжээг тасралтгүй хэмжихэд ашигладаг. Түвшний хэмжих хэрэгслийн ангиллыг хүснэгтээр үзүүлэв.

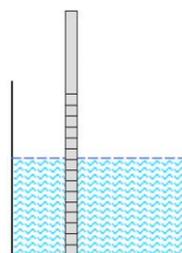
Хүснэгт 1. Түвшин хэмжих хэрэгслийн ангилал

Хэмжих орчны төрөл	Шингэн	Нунтаг
Хэмжлийн ажлын горим	Тасралтгүй	Тоон (дискрет)
Хэмжүүрийн төрөл	Шууд, Механик, Гидростатк, Цахилгаан, Хэт авиан, Радар, Рефлекс богино долгион, Радиацийн	

Заагч шилтэй түвшний хэмжүүр

Шингэний түвшний өндрийг заагч хуваариар ба бага даралттай саван дахь шингэний түвшнийг заагч, хуваарьтай шилэн хоолой дахь шингэний өндрөөр хэмжинэ.

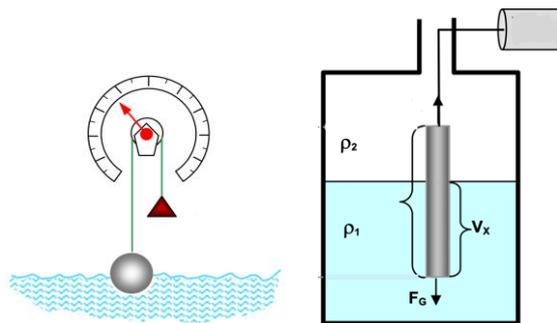
Өндөр даралттай шингэний түвшин хэмжилд бат бөх тусгай хийцтэй заагч шил хэрэглэнэ. [1] Заагч хуваарьтай түвшний хэмжих арга нь шууд хэмжилд хамаарах ба түүний ерөнхий байдлыг зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1 Заагч хуваарьтай түвшний хэмжүүр

Механик түвшний хэмжүүр

Механик түвшний хэмжүүрийг хэмжих зарчмаар нь хөвүүрийн, буйкны, чичиргээний гэж ангилна. Шингэнд дүрэгдсэн хөвүүрт шингэний зүгээс үйлчлэх хүчний үйлчлэл өөр байдгаас тэдгээрийн шингэнд дүрэгдсэн хэмжээ, шингэний түвшнээс хамааран өөр өөр байх ба хөвүүртэй эсвэл буйктай түвшин хэмжүүр [1] гэж ангилна.

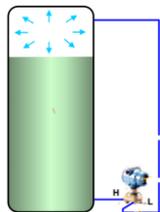


Зураг 2 Хөвүүртэй болон буйктай түвшний хэмжүүр

Гидростатик түвшний хэмжүүр

Гидростатик түвшний хэмжүүрт саван дахь шингэний түвшнийг түүний үүсгэж буй гидростатик даралтыг хэмжиж, түвшнийг тодорхойлно.

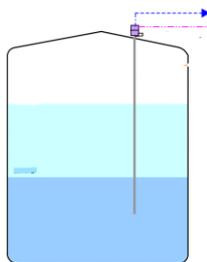
Гидростатик даралтыг дифманометрээр ихэвчлэн хэмжих ба дифманометрийн нэг талд хэмжигдэж байгаа шингэний гидростатик даралт нөгөөд тогтмол даралт үйлчилдэг.



Зураг 3 Гидростатик түвшний хэмжүүр

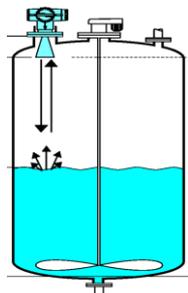
Цахилгаан багтаамжийн түвшний хэмжүүр

Цахилгаан багтаамжит түвшин хэмжүүр нь шингэний түвшний өөрчлөлтөөс хамаарч анхдагч хувьсгуурын цахилгаан багтаамж өөрчлөгдөж түвшин тодорхойлдог. Энэ аргаар түвшин хэмжих орчны шингэнийг цахилгаан дамжуулдаг, дамжуулдаггүй шингэний гэж ангилах ба хэмжлийн холболт схем өөр өөр байна.



Зураг 4 Цахилгаан багтаамжийн түвшин хэмжүүр

Хэт авианы түвшний хэмжүүр нь хэмжүүрийн хэт авианы өөрчлөлтөөр түвшний хэмжээг тодорхойлно. Хэмжих гадаргуу дээр ойсон хэт авианы долгионыг үүсгэгч болон хүлээн авагч мэдрэн, объектууд хоорондын зайг хугацааг хэмжиж тодорхойлно.



Зураг 5 Хэт авианы түвшний хэмжүүр

Хэт авианы анхдагч хувьсгуур тусламжтайгаар объектын материал, өнгө, гадаргуугийн шинж

чанараас үл хамааран найдвартай хэмжих, хянах боломжтой давуу талтай.

III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Дулааны хэмжил, хэмжүүр хичээлийн сэдвийн хүрээнд бие даалтын ажлын даалгавраас хэмжих хэрэгслийг сонгон хийж, өөрсдийн хэмжих хэрэгсэл, түвшин хэмжих аргыг бие даан судалсан. Даалгаврын дүнд шингэн биеийн түвшин хэмжих, дохиолох хэмжих хэрэгсэл, нунтаг биеийн түвшин эсвэл хатуу хоёр биеийн хоорондын зайг хэмжих хэрэгслүүдийг тус тус хийж туршилт хийсэн болно. Бүтээх, хийх, турших, хэмжих ажлуудыг багаар гүйцэтгэсэн ба баг бүрийн хийсэн хэмжих хэрэгслийг багын дугаараар нэрлэв. Жишээ нь 1-р багын гүйцэтгэсэн даалгавар, хэмжих хэрэгслийг Хэмжих хэрэгсэл 1 болно.

А. Түвшний дохиолох хэрэгсэл

Хэмжих параметрийн зориулалтаас хамаарч хэмжих хэрэгслийг зориулалтаар ангилах ба хянах, дохиолох хэмжих хэрэгсэл чухал үүрэгтэй байна. Нэг, хоёрдугаар багуудын хийсэн цахилгаан түвшний хэмжих, дохиолох хэрэгслийг Зураг 6, 7 -д үзүүлэв. Тэдгээрийн шингэний түвшин хэмжих арга, хийц, хэмжих хязгаар, цахилгаан холболт г.м өөр өөр болно.



Зураг 6 Хэмжил хэрэгсэл №1

Хэмжих хэрэгсэл №1 дотор талд хөвүүр байрлуулсан ба ингэснээр шингэний түвшний утгыг тасралтгүй хэмжих боломжтой давуу талтай.



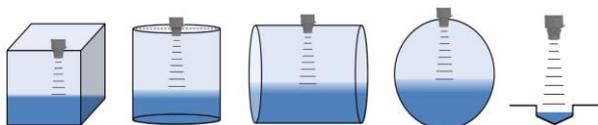
Зураг 7 Хэмжил хэрэгсэл №2

Хэмжих хэрэгсэл №2 нь объектын түвшний тодорхой утгуудыг гэрлээр дохиолох ба түвшин хамгийн их утгад хүрэхэд дуут дохио өгнө. Хоёр

шатны дохиолол нь түвшний өөрчлөлтийг хянах, дуут дохиолол нь түвшин дүүрч асгарах нөхцөлөөс сэргийлэх ба хэмжлийн утга, хэмжлийн гадна орчин зэргээс хамаарч хэмжих хэрэгслийн давуу тал болно. Хэмжих хэрэгсэл №2-ын хэмжлийн дохиог шингэний хоосрох, дүүрэх түвшний технологийн хамгаалалтад хэрэглэх боломжтой.

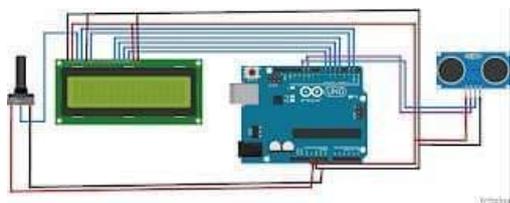
В. Хэт авианы түвшний хэмжих хэрэгсэл

Гуравдугаар баг нунтаг биеийн түвшин хэмжих хэт авианы түвшин, хатуу бие хоорондын зай хэмжих, заах хэрэгсэл хийсэн ба 9-р зурагт үзүүлэв. Хэт авианы түвшний хэмжүүрийг хүнсний, химийн үйлдвэрлэлд өргөн хэрэглэх ба нөөцлөх савны хийцийн төрлийг зураг 8-д үзүүлэв. [2]



Зураг 8. Хэт авианы түвшний хэмжих хэрэгслийг суурилуулж болох нөөцлөх савны төрөл

Энэ хэмжих хэрэгсэл нь анхдагч хувьсгуур, дамжуулах хувьсгуур, хоёрдогч хувьсгуур, цахилгаан тэжээл бүрдэх ба холболтын схемийг зураг 9-д үзүүлэв.



Зураг 9. Хэт авианы түвшний хэмжих хэрэгслийн холболтын схем

Энэ хэмжүүр нь зөвхөн түвшин хэмжихээс гадна хоёр биеийн хоорондын зайг хэмжинэ. Хоёрдогч хувьсгуур болох заах дэлгэцтэй, мөн компьютерт холбогдон дэлгэц дээр хэмжлийн дүн харуулах боломжтойгоороо техникийн давуу талтай болно. Хэмжих хэрэгслийн хэрэглэгдэх хүрээгээр өргөнөөр харж байгаа ба түүний зардлын дүнг дараагийн хэсэгт оруулсан болно.

IV. ТУРШИЛТ ХЭМЖЛИЙН ҮР ДҮН

Хэмжих хэрэгсэл тус бүрийг хийх явцад болон бэлэн болсны дараа олон удаагийн туршилт хийсэн ба бэлэн болсны хэмжих хэрэгслээр хэмжилт хийж, хэмжлийн дүн, хэмжлийн алдааг тодорхойлов. Хэмжих хэрэгслүүдийн бүтэц, техникийн үзүүлэлтийг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 2 Хэмжих хэрэгслийн бүтэц, техникийн үзүүлэлт

№	Хэмжих хэрэгсэл	№1	№2	№3
1	Анхдагч хувьсгуур	+	+	+
2	Дамжуулах хувьсгуур	-	+	+
3	Хоёрдогч хувьсгуур	+	+	++
4	Хэмжих	+	+	+
5	Дамжуулах	+	+	-
6	Дохиолох	+	+	+

Хэмжлийн дүн нь хэмжсэн физик хэмжигдэхүүний утга, хэмжигдэхүүний нэгжээр илэрхийлэгдэнэ. Дулааны хэмжил хэмжүүр хичээлийн лабораторын хэмжих хэрэгсэл шалгах аргачлал дээр тулгуурлан үнэмлэхүй алдааг дараах томъёогоор тодорхойлсон болно. [3]

$$\Delta x = X_{жу} - X_{ху} \tag{1}$$

$$\delta x = \frac{\Delta x}{X_N} \tag{2}$$

Энд: Δx – хэмжлийн үнэмлэхүй алдаа, δx – хэмжлийн харьцангуй алдаа, X_N – хэмжүүрийн норматив утга, $X_{жу}$ – жинхэнэ утга, $X_{ху}$ – хэмжсэн утга

Хэмжлийн дүнгээс үнэмлэхүй алдааны хамгийн их утгыг сонгож, хүснэгтэд оруулсан болно.

Хүснэгт 3 Хэмжлийн дүн

Хэмжих хэрэгсэл	Хэмжих хэрэгсэл №1	Хэмжих хэрэгсэл №2	Хэмжих хэрэгсэл №3
Хэмжих орчин	Ус	Ус	Хатуу, нунтаг бие
Хэмжих хамгийн бага утга	700мл	80мл	10мм
Хэмжих хамгийн их утга	3200мл	500мл	2000 мм
Жинхэнэ утга	1900мл	260мл	110 мм
Хэмжлийн утга	1940мл	275мл	110.1 мм
Үнэмлэхүй алдаа	40мл	15мл	0.1 мм
Харьцангуй алдаа, %	0.012	0.03	0.00005

Хэмжүүрийн зөвшөөрөгдөх алдаа хуваарийн заалт, хэмжих арга, хэмжүүрийн нарийвчлалын утгаас хамаарч тодорхойлогдоно. Хэмжих хэрэгслийн зөвшөөрөгдөх алдааг тодорхойлохын тулд нэмэлт туршилт, лаборатори шаардагдана. Бид хэмжих хэрэгслээ Дулааны хэмжил, хэмжүүр хичээлийн бие даалтын даалгаврын дагуу хэмжих хэрэгсэл бүрийг хэмжлийн алдаа багатай, хэмжлийн дохиог үнэ өртгийн хувьд хэмнэлттэй хийхийг эрмэлзэж хийсэн болно.

Хэмжих аргаас хамаарч орлуулах боломжгүй зориулалтын дамжуулагч, холбох утас, үүсгэвэр, дохиологч, хоёрдогч хэмжүүр зэргийг мөнгөн дүнгээр худалдаж авсан ба хэмжих хэрэгсэл №3-ын мөнгөн дүнгийн зардлыг хүснэгт 3-д харуулав.

Хүснэгт 4 Хэт авианы хэмжих хэрэгслийн зардлын тооцоо

Нэр	Тоо, ш	Үнэ, төг
Arduino uno	1	89000
LCD дэлгэц	1	6000
Хэт авианы мэдрэгч	1	6000
Холболтын самбар	1	2500
Потенциометр	1	1000
Холболтын утас	15	3000
Нийт	20	107500

Дээрх үнийн дүнд түүнийг хийх явцад эвдэрсэн, шатсан, туршилтын явцад холболт буруугаас сольсон, тодорхойломж таараагүй зэрэг хэмжих хэрэгслийн хэсгүүдийг оруулаагүй болно.

V. Дүгнэлт

Энэ нь бүтээл, эрдэм шинжилгээний өгүүллийн үр дүнд дараах төрөл дүгнэлтүүдийг хийж байна.

1) Мэдлэг, чадвар

- Технологийн процессын хэмжил, хяналт, удирдлагын хэмжлийн параметр, түвшин хэмжих аргуудыг авч үзэж онолын мэдлэгээ бататгасан.

- Хэмжих хэрэгслийг өөрсдөө хийснээр тухайн сонгосон арга, аргачлалаа илүү нарийвчлан судалж онолын мэдлэгээс гадна практик мэдлэгтэй болсон.

- Бүтээц, холболт, туршилт хийх чадвар эзэмшсэн, багаар ажиллах чадвараа дээшлүүлсэн.

2) Туршилт, хэмжил

- Хэмжлийн дүнд үнэмлэхүй алдаа, харьцангуй алдаа хэмжих хэрэгсэл бүрд өөр өөр хамгийн их утга 0.03% байна.

- Анхдагч хувьсгуурын гаралтын дохиог хэмжил, хяналтад зориулан хийсэн ба цаашид удирдлагын оролтын дохио болгон өөрчлөх бүрэн боломжтой болно.

VI. НӨМЗҮЙ [1]

- [1] N.Asyiddin, "Level measurement," [Online].
- [2] Atek Sensor Tehcnologies, "Ultrasonic level sensor," Istanbul, 2018.
- [3] Х. Ц.Жамбалсамбуу, "Дулааны хэмжил, хяналтын хичээлийн гарын авлага," in *Дулааны хэмжил хэмжүүр*, Улаанбаатар, ШУТИС Хэвлэлийн газар, 2020, p. 115.
- [4] Ц. Д. Д. Ц.Эрдэнэцэцэг, Технологийн процессын автоматжуулалт, Улаанбаатар, 2006.

МОНГОЛ УЛС ДАХЬ СОРОНЗОН РЕЗОНАНСЫН ТОМОГРАФИЙН ТҮГЭЭМЭЛ ГАРДАГ ГЭМТЛИЙН АСУУДАЛ

С. Цэлмэг¹, Д. Мадина¹, Н. Элбэгзаяа¹, Д. Пүрэвдаш²

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар

¹ Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын инженерийн ангийн оюутан

² Удирдагч багш dashaa@must.edu.mn

tselemeagsaa@gmail.com, madinadargerhan@gmail.com, elbegzaya@gmail.com

Хураангуй— Соронзон резонанст томографи нь (СРТ) 30 жилийн хугацаанд олон эмнэлзүйн асуудлыг анхан шатанд нь судлах, оношлох асар их боломжийг хүн төрөлхтөнд олгосон маш чухал техник болжээ. Соронзон резонансын дүрслэл нь хүний биеийн анатоми, физиологийн үйл явцыг дүрслэх зорилгоор оношилгоонд ашигладаг. Гэмтэл Согог судлалын Үндэсний Төвд ашиглагддаг СРТ Philips, Siemens аппаратуудын эвдрэл гэмтлийн тухай авч үзсэн болно.

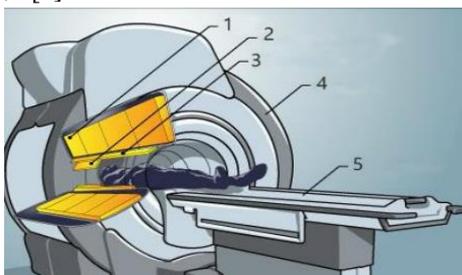
Түлхүүр үг— соронзон орон, радио давтамж, гэмтэл, хөргөлтийн систем.

I. ОРШИЛ

Соронзон резонанст томографи нь (СРТ) нь эмнэлгийн орчинд хэрэглэгддэг, хүний эд эрхтний байдлыг дүрслэх зориулалттай, маш өндөр хүчин чадал бүхий соронзон орон дээр тулгуурлан оношилгоо хийдэг төхөөрөмж юм. Анх 1977 онд хүн өөрөө өөрийнхөө биеийг таньж мэдэх боломжтой болсноос хойш СРТ төхөөрөмж нь эмчилгээ, оношилгоонд зайлшгүй шаардлагатай тоног төхөөрөмжүүдийн нэг болсон юм. Уг төхөөрөмжийн хамгийн чухал хэрэглээ нь олон төрлийн өвчин эмгэгийн оношилгооноос гадна нэн ялангуяа хорт хавдрыг оношлоход оршдог. Philips, Siemens-н СРТ нь Монголд эмнэлгүүдэд ихэвчлэн хэрэглэгддэг.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Соронзон резонансын дүрслэл нь хүний биеийн анатоми, физиологийн үйл явцыг дүрслэх зорилгоор оношилгоонд ашигладаг билээ. СРТ нь радио давтамжийн хүрээнд ажилладаг тул ионжуулагч цацраг байхгүй ч маш хүчтэй соронзон орныг бий болгодог. СРТ системд хэт дамжуулагч соронзон ашиглагддаг нь олон ороомог эсвэл утас бүхий ороодсуудаар цахилгаан гүйдэл дамжиж 2.0 тесла хүртэл соронзон орныг үүсгэдэг. Хэт дамжуулагч соронз нь үнэтэй байдаг боловч хүчтэй соронзон оронтой тул чанартай зураг авах боломжийг олгодог[1].



Зураг 1. СРТ төхөөрөмжийн бүдүүвч 1-соронз, 2-радио давтамжит ороомог, 3-налуу ороомог, 4- сканнер, 5- ор

1. Соронз: Өвчтөний байрладаг метал цилиндрийг цооног гэж нэрлэдэг. (Дэлхий дээрх соронзон орон 0.5 Гаусс байдаг бол СРТ аппаратын соронзон орон 20.000 Гаусс байдаг) Ихэнх СРТ аппаратууд хэт дамжуулагч соронз ашиглан цахилгаан гүйдэл дамжуулж 2.0 тесла хүртэлх соронзон орон үүсгэдэг (энэ нь 20.000 Гаусс). Ийм том соронзон орныг хадгалахын тулд дамжуулалтаар хийгддэг эсвэл утаснуудын эсэргүүцлийг бараг тэг болгож бууруулдаг. Үүнийг хийхийн тулд утсыг 71 шингэн гелийд 269.10C-аас бага температурт тасралтгүй хөргөж байдаг

2. Налуу ороомог. СРТ аппарат дотор гурван хөндлөн соронз байдаг. X, Y ба Z ороомгууд өөр өөр байрлалд хэмжилт хийх хувьсах талбарыг үүсгэсэн соронз нь үндсэн соронзон оронтой харьцуулахад бага хүчтэй байдаг; Тэд 180- 270 гаус хүртэл хүчин чадалтай байдаг. Градиент ороомог нь биеийн янз бүрийн хэсгүүдийг сканердах боломжтой. X ороомог Баруун-зүүн, Y ороомог Дээд-доод, Z ороомог Толгой-хуруу.

3. Радио давтамжит ороомог. Хүний биеийн эдийн цөмийн эргэлт нь чичиргээт соронзон радио – давтамжийн оронгоор өдөөгдөнө. Эдгээр радио давтамж нь чичиргээг дамжуулдаг бөгөөд хүлээн авагдах спинээс соронзон резонансийн дохиог хүлээн авна. Цахилгаан соронзон RF (Радио давтамжит) орон нь радио долгионы давтамжинд байрлах соронзон резонансыг ашигладаг. RF-ийн цахилгаан соронзон долгионууд нь эд эсийн доторх молекулуудыг өдөөж цахилгаан дамжуулагчид гүйдэл үүсгэнэ. Хэлбэлзлийн дүнд эд эс халдаг. Ихэвчлэн 100C–аас өснө. SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR) гэдэг нь нэгж хугацаа ба килограм нэг бүрээс шингээсэн RF – ийн гаралт юм[2].

Ажиллах зарчим: Хүний биеийн 75%-ийг эзлэх усны молекул нь устөрөгч ба хүчилтөрөгчийн атомуудаас бүрдэнэ. Протон нь аливаа соронзон оронд мэдрэмтгий атом бүрийн төвд байрлах ба соронзон шиг үйлчлэлтэй байдаг. Хүний биед

агуулагдах усны молекулууд ерөнхийдөө санамсаргүй байдлаар зохицуулагддаг боловч СРТ төхөөрөмжийн соронзон оронд орсноор протон нь соронзон орны нөлөөгөөр тэнхлэгээ тойрон хэлбэлзэж эргэлдэнэ. Соронзон орны нөлөөгөөр эргэлдэх хөдөлгөөн улам хүчтэй болж устөрөгчийн атомууд нь эмх замбараагүй байрлалд ороход хөндлөнгийн радио долгионоор үйлчилж атомууд нь жигд нэгэн урсгалд орсноор атомын цөм нь радио долгионыг шингээдэг. Радио давтамжийн өдөөлт зогсоход нэгэн жигд урсгалд орсон атомууд буцаж хуучин байрлалдаа орох ба шингээсэн энергиэ цацруулахад энерги буюу радио долгионыг бүртгэн авч дүрслэл бий болгодог. Өвчтөн эдгээр өөрчлөлтийг мэдрэхгүй ч сканер нь тэдгээрийг илрүүлж, компьютертой хамт рентген судлаачийн хөндлөн огтлолын дүрсийг нарийвчлан гаргадаг байна. Эрүүл эд эс, өвчтэй эд эсээс цацрах долгион өөр өөр байдаг нь оношилгооны үндэс болдог[3].

СРТ-ийн бүтэц: СРТ нь нээлттэй, хаалттай гэсэн загвартай байдаг. 0.3T – 0.35T хүртэл нээлттэй загвартай соронзон оронгоор өндөр чанартай зураг авахын тулд СРТ аппаратыг хаалттай загвараар зохион бүтээхэд цаг хугацаа их шаарддаг. Хүчтэй соронзон орныг хамгаалахын тулд хаалттай супер дамжуулагчтай загварыг зохион бүтээжээ[4]. СРТ үндсэн хэсгүүдэд:

- Гадаад соронз
- Градиентын ороомог
- Радио давтамжийн ороомог
- Компьютер

СРТ-ийн физик зарчим: Соронзон резонанст дүрслэл аппарат нь үндсэн 3 нь хүчин зүйл дээр тулгуурлан оношилгоо хийдэг. Үүнд: 1. Устөрөгчийн атом - MRI аппарат нь устөрөгчийн атомын соронзон чанарыг ашиглаж оношилгоо хийдэг. Хүний биеийн 75% -ийг ус эзэлнэ. Энэхүү атомын цөм нь үргэлж хөндлөн огтлолынхоо дагуу эргэж байдаг ба өөрийн гэсэн соронзон оронтой. 2. Соронзон орон - Тогтмол соронзон болон хувьсах соронзон оронтой. Соронзон орон N болон S гэсэн туйлтай байдаг. “Tesla” болон Гаус нэгжээр хэмждэг.

III. МОНГОЛ УЛСАД АШИГЛАГДАЖ БҮЙ СРТ-УУДЫН СУДАЛГАА

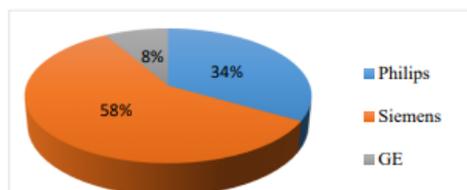
Манай улсын хувьд дэлхийд хүлээн зөвшөөрөгдсөн төхөөрөмжийг ашигладаг боловч тусламж үйлчилгээний ачааллын улмаас түүний ажиллах стандарт алдагдах магадлал өндөртэй байна. Тиймд СРТ-д тохиолдох түгээмэл эвдрэл гэмтлээс урьдчилан сэргийлэхэд нөлөөлөх хүчин зүйл түүнийг шийдвэрлэх боломжийг тодорхойлох зорилготой судалгааг хийв. Клиникийн III шатлалын эмнэлэг болох Гэмтэл Согог Судлалын Үндэсний Төвд ашиглагддаг СРТ-ийн эвдрэл гэмтэл, засвар үйлчилгээг 2022 оны 12 сард асуумжийн аргаар судалгаа хийсэн.

Улаанбаатар хотын эмнэлгүүдэд хэрэглэгдэж буй СРТ-н үйлдвэрлэгчдийг хүснэгт 1-т харуулав.

Хүснэгт 1. Монгол улс дахь СРТ аппаратууд

№	Эмнэлгийн нэр	Үйлдвэрлэгч	Марк
1	УНТЭмнэлэг	Siemens 0.35T	Magnetom C
		Philips 3T	Multive
2	УХТЭмнэлэг	GE Healthcare	SIGNA Hero
3	УГТЭмнэлэг	Philips 1.5T	Multive
4	Гэмтэл согог судлалын үндэсний төв	Philips	Brilliance-6
5	Цэргийн төв эмнэлэг	Siemens	Magnetom symphony
6	ТТАХНЭ	GE 1.5T	SIGNA
7	Интермед	Siemens 1.5T	Avumtom
8	Гранд мед	Siemens 1.5T	Magnetom Essanza
9	УБ Сонгдо	Siemens 1.5T	Magnetom symphony
10	Мөнгөнгүүр	Philips	Magnetom achieva
11	Люкс мед	Siemens	Magnetom avento
12	Медтравма	Siemens	Magnetom Essanza

Монгол улсын 2022 оны хүн амын тооллогоор 3.326.866 хүн бүртгэгдсэн байдаг бол Улаанбаатар хотод 14 СРТ аппарат байдаг нь 1 сая



Зураг 2. Монгол улс дахь СРТ аппаратуудын брэндийн хэрэглээ

хүн тутамд дунджаар 13 ширхэг СРТ аппарат байна. Япон улс нь соронзон резонанст томограф аппаратаараа (MRI) 1 хүнд ноогдож буй байдлаараа тэргүүлдэг ба хүн амын нэг сая тутамд 55 гаруй СРТ аппарат байдаг[5]. Мөн АНУ, Герман улсууд нэг сая хүн тутамд 40, 35 орчим хувь ноогдож байгаа нь Монгол улсын 1 СРТ аппаратад ачаалал элэгдэл маш их байгаагаас Улаанбаатар хот дахь СРТ аппаратууд нь бүгд хэвийн ажилладаггүй мэргэшсэн инженер,



техникч хомсдолтойн улмаас эвдрэл гэмтэлтэй үйлдвэрлэгч орны инженерийн онош үзлэгийг хүлээж буй гэсэн байдалтай байгаа нь бусад хэвийн ажиллагаатай СРТ аппаратуудад ч хэрэглээний элэгдэл үүсэх нөхцөл бүрдээд байгаа юм [6, 7]. Мөн өвчтөн урт дугаар үүсгэн цаг тухайд нь зохих эмчилгээгээ авч чадахгүйтэй холбоотой СРТ аппаратаар нарийн оновчтой оношлуулах байсан боловч урт удаан дараалал хүлээх боломжгүй тул зарим тохиолдолд Компьютер томограф аппаратаар оношлуулж буруу онош гаргах цаашлаад буруу эмчилгээ хийлгэн эрүүл мэндээрээ хохирч болохуйц байдал үүсээд байгаа юм[8, 9]. Тийм учраас Монгол улс дах СРТ аппаратуудын ажиллагаа хэвийн эсэх ихэвчлэн юунаас болоод эвдрэл гэмтэл гаран ажиллагаагаа зогсоох хэрэгтэй болдог талаар судалгааг хийсэн юм.

2023 оны байдлаар Монгол улсад 16 (хүснэгт 1) СРТ аппаратуудыг ашиглаж байгаагаас Улаанбаатар хотод 14, Эрдэнэт хотод нэг СРТ аппарат байна. ГССҮТ-д ашиглагдаж буй 2 СРТ-н харьцуулалтыг хүснэгт 2-т үзүүлэв.

Хүснэгт 2. ГССҮТ-н СРТ-н үзүүлэлт

СРТ-н загвар	Philips Magnetom achieva	Philips Brilliance-6
Тохиргоо	Богино цооног	хэт богино нээлтэй цооног
Талбайн хүч	1.5T	1.5T
Төгсгөлийн гол халганы жин “kg”	5100	5500
Төгсгөлийн гол хаалганы хэмжээ (урт*өргөн*өндөр)	125*150*225	160*230*230
DISOM 3.0 дэмжлэгтэй	Тийм	Тийм
Хамгийн бага төгсгөлийн цооногны диаметр“cm”	120	150
Хамгийн бага ор оруулах хэмжээ“cm”	70	60
Энгийн тэнхлэг дэх хамгийн их далайц“mTm”	33	45
Энгийн тэнхлэг дэх хамгийн их эргэлдэх хэмжээ“mTm”	170	200
Чадал “Kw”	85	110

СРТ-ийн гэмтэлд тухайн төхөөрөмжийн үзүүлэлт нөлөөлдөг.

IV. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН АРГА ЗҮЙ

Түгээмэл тохиолддог эвдрэл гэмтлийн хувьд унтрах товч (Quench) СРТ нь өндөр давтамжинд ажилладаг учраас хөргөлтийн шингэн гелийг ашигладаг нь ойролцоогоор 4.0 К-тай үнэмлэхүй хүйтэн байдаг [10]. Зарим тохиолдолд гели хэт халалтын улмаас хурдан дуусах, уурших тохиолдол

гарч соронзыг халаан соронзон орныг санамсаргүйгээр алдахад хүргэдэг. Үүнийг "quench" гэх ба СРТ-ын яаралтай тусламжийн улаан товчийг дарах, гелийн түвшин буурах үед (30% орчим) автоматаар унтрахыг "uncontroled quench" гэнэ [11].

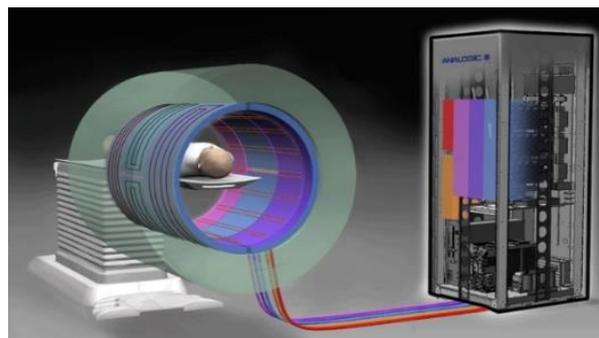
ГССҮТ-ийн СРТ 2018нд хөргөлтийн систем гэмтсэн ба түүнийг шийдсэн.

Хүснэгт 3. Хөргөлтийн системийн гэмтлийн судалгаа

№	Хөргөлтийн системд гарч байсан гэмтлүүд	Гэмтлийг арилгасан арга зам
1	Хөргөлтийн систем нь орчны температур 200С– ээс ихсэхэд төхөөрөмж халж тохируулсан температураа барихгүй	Өрөөнд нэмэлтээр агааржуулалтын сэнс байрлуулсан
2	Аппарат халж улмаар өрөө болон дамжуулалтын хяналтын блок хэт халж ажиллахгүй болсон	Хөргөлтийн системийн буруу холбогдсоныг залруулав

Зураг 3. Хөргөх систем гэмтсэн байдал

Ховор тохиолдолд гаднын тодорхойгүй хүчин зүйлээс шалтгаалан унтрах тохиолдол гардаг. Унтрах үйл ажиллагаа нь амь насанд аюул учруулж болзошгүй онцгой үед эрх бүхий инженерээр хийгдсэн байх шаардлагатай. Соронзон орон зогсоох нь маш үнэтэй ажилбар ба соронзон орон маш хурдан “0” болтлоо буурдаг байна [12].



Зураг 4. СРТ-н градиентийн систем

Түгээмэл гэмтэл нэг нь цахилгаан станцын тасалдал нөлөөлдөг. Эрчим хүч тасарснаар СРТ унтарч томоохон гэмтлийг үүсгэдэг байна.

Хүснэгт 3. ГССҮТ-ийн СРТ аппаратын цахилгааны гэмтлийг шийдвэрлэсэн байдал

№	Цахилгаан тэжээлд гарч байсан гэмтлүүд	Гэмтлийг арилгасан арга зам
1	Цахилгаан тэжээл тасрахад аппарат өөрөө асдаггүйн улмаас дамжуулалтын хяналтын температур доош унадаг	Автоматаар сэлгэн залгах төхөөрөмж шинээр хийсэн.
2	АС POWER CORP маркийн хүчдэл тогтворжуулагч төхөөрөмж цахилгаан тасарсны улмаас гэмтсэн	Шинийг захиалж, үндсэн тэжээлээс шууд холбон аппаратыг ажиллуулсан.
3	Хүчдэл тогтворжуулагч төхөөрөмжийн инверторын хэсэгт гэмтэл гарч Вурасс горимоор ажиллуулав.	Шинээр инверторын хэсгийн плат захиалав
4	Аппарат цахилгааны хэлбэлзлээс оролтын гал хамгаалагчууд, тэжээлийн блок шатсан. Төхөөрөмжийг засварлах боломжгүй болсон.	Хүчдэл тогтворжуулагч төхөөрөмжийн оронд шинээр UPS захиалсан.

Цахилгаан тасралт: 2018 оны 3 сард Гэмтэл согог судлалын үндэсний төв эмнэлэгт цахилгаан тасарч цахилгаан хүчдэл баригч муудаж эвдэрснээр хөргөлтийн систем болон СРТ аппарат тэжээлгүй болж гэмтэл гарсан юм.

V. ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хот дахь СРТ аппаратуудын гэмтэлийн 45%-ийг техник үзлэг, засвар үйлчилгээг тогтмол хийдэггүйн улмаас доголдол эвдрэл гардаг байна. Түүнчлэн мэргэшсэн инженер, техникч байдаггүй. Иймд эмнэлэгийн тоног төхөөрөмжийн инженерүүдийг үйлдвэрлэгч орон руу мэргэжил дээшлүүлэх сургалтанд хамруулах, төлөвлөгөөт техникийн үзлэг, үйлчилгээг хийх нь зүйтэй юм. Хөргөлтийн системийн нийтлэг алдаа нь хөргөлтийн шингэн-гели нь эзэлхүүний 35%-ийн түвшингөөс бага болоход ажиллагаа зогсох, усан хөргөлийн системд бүлээн усаар хангалттай хөргөөгүйн улмаас алдаа заадаг. Тиймээс өдөр бүр үзлэг хийж хяналт тавих шаардлагатай байна. Монгол улсад 1 сая хүнд дундажаар 14 СРТ аппарат байгаа нь нэг СРТ аппаратанд хэт их хүн ноогдож аппаратын ачааллыг

ихэсгэх асуудал болж байна. Иймээс нэг СРТ аппаратанд ноогдох хүний тоог багасгаж аймаг, дүүргүүдийн эмнэлгүүдэд суурилуулснаар аппаратуудын ачаалал буурснаар ороомгийн элэгдэл багасаж, оношилгоонд орох өвчтөнүүдийн хүлээгдэлгүй болж шуурхай оношлуулах юм. Ингэснээр аливаа эмгэг өөрчлөлтүүдийг үнэн зөв оношилж чадна. СРТ нь дүрсийн чанарыг температурын шаардлагыг бүрэн биелүүлэх шаардлагатай маш нарийн тоног төхөөрөмж юм. Төхөөрөмжийн бүтэц бүрэлдэхүүний хамгийн чухал хэсэг нь соронзон юм. Бага талбай бүхий бүтэн биеийн СРТ-ын соронз нь (<0.35 тесла) нь төмрийг эсэргүүцэх соронз болон тогтмол соронзонгийн холимог байдаг. Харин тогтмол соронзонтой СРТ төхөөрөмжүүдийг суурилуулах өртөг өндөр, жин ихтэй боловч засвар үйлчилгээний зардал бага байдаг. Монгол улс дахь соронзон резонансын томографын түгээмэл гардаг гэмтлийг судлан асуудлыг хэрхэн шийдэх арга хэмжээнүүдийг эрэлхийлж шийдэл олохыг хичээж ажилласан.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Энхжаргал .Б “Соронзон резонанст томографи” 2010 он
- [2] Пүрэвдаш .Д “Дүрслэл оношилогооны тоног төхөөрөмжүүд” 2021 он
- [3] “Number of magnetic resonance imaging (MRI) units in selected countries as of 2019”
- [4] Энхжаргал .Б “Эмнэлгийн дүрслэл оношилгооны тоног төхөөрөмж” 2012 он
- [5] “Монгол улсын хүн амын тооллого” судалгаа 2020 он
- [6] Renee Haugsdal “MRI compatible miniature motor system: Proof of Concept” 2019
- [7] Мөнхжаргал .Ц “Монгол улс дахь соронзон резонанст томографи аппаратын техник хангамжийн” 2021 он
- [8] Jiachen Zhuo, Rao P. Gullapalli “MR Artifacts, Safety, and Quality Control” 2006
- [9] “Өндөр өртөгтэй эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн судалгаа” 2019 он
- [10] Kauh, Jeddah “Design and implementation of a modified cooling system for mri scanner to enhance image quality” 2016
- [11] Catherine Westbrook “Handbook of MRI Technique 2008”
- [12] “Top ten diagnostic imaging device manufacturers”

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫН УДИРДЛАГАТАЙ СИНУСЛАГ ИНВЕРТЕР

А.Нямжав, Д.Өлзийноров

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг

nymaa270@gmail.com, ulziinorov@must.edu.mn

Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлаар микроконтроллерын удирдлагатай синуслаг инвертерийг SPWM сигнал ашиглан хийж гүйцэтгэсэн. Үүнийг Atmel Mega 328P микроконтроллерийн тусламжтай SPWM сигнал гарган авсан ба синуслаг импульсийн өргөний модуляцийг (SPWM) гүүрэн инвертерийг удирдахад ашигласан. Ингэснээр цэвэр синуслаг долгионтой хувьсах гүйдэл, хүчдэлийг гаргаж авсан. Ачаалалтай зэрэгцээгээр конденсатор тавьж өгснөөр синуслаг сигнал гарган авч чадсан.

Түлхүүр үг: Синуслаг импульсийн өргөний модуляц (SPWM), Синуслаг инвертер, Микроконтроллер.

I. ОРШИЛ

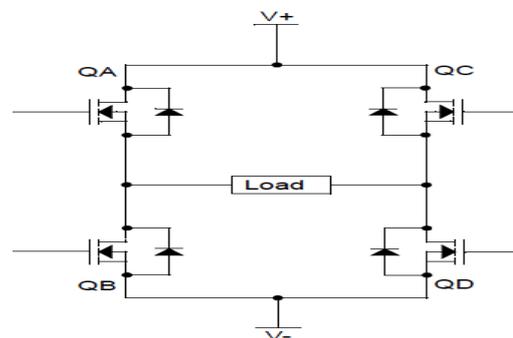
Сүүлийн жилүүдэд цахилгаан эрчим хүчний эрэлт хэрэгцээ их байгаатай холбогдуулан хүн ам, эдийн засгийн өсөлтөөс шалтгаалж сэргээгдэхгүй эрчим хүчний эх үүсвэр хурдацтай хомсдож сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүд ихээр нэмэгдэж байна. Тэдгээрийн нэг нь нарны зайн үүсгэвэр фотоволтайк (PV) ашигласан систем юм. Үүнийгээ дагаад инвертер нь сэргээгдэх эрчим хүчийг хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд чухал үүрэг гүйцэтгэж байгаа бөгөөд PV модуль нь тогтмол хүчдэлийн гаралтыг хувьсах хүчдэл болгон хувиргадаг электрон төхөөрөмж. Инвертерүүдийг гаралтын хүчдэлийн хэлбэрээс нь хамааруулж хөрөө хэлбэртэй, шаталсан хэлбэртэй, цэвэр синуслаг хэлбэртэй гэж ангилдаг. Хөрөө хэлбэрийн гаралттай инвертер нь хямд боловч цахилгаан ачаалалд тохиромжгүйгээс гадна гармоник гажилт өндөр, ашигт үйлийн коэффициент багатай байдаг [1].

Тиймээс сүүлийн жилүүдэд цэвэр синуслаг гаралттай инвертерийн эрэлт асар их нэмэгдэж байна. Цэвэр синуслаг гаралттай инвертер нь уламжлалт инвертерүүдээс давуу талтай ба бага гармоник гажилт, цахилгаан болон дуут чимээг багасгах, индуктив ачааллыг илүү хурдан ажиллуулдаг давуу талтай. Цэвэр синуслаг долгион үүсгэх хэд хэдэн арга байдаг ба тэдгээрийн нэг нь синуслаг импульсийн өргөний модуляцийг (SPWM) түлхүүрэн транзисторуудыг удирдахад ашиглана. Энэ судалгааны ажлаар 32 битийн өндөр хүчин чадалтай зардал багатай ашиглахад хялбар Atmel Mega 328P микроконтроллерийн ашиглан синуслаг импульсийн өргөний модуляцийг арган авч SPWM-д суурилсан цэвэр синуслаг долгионы инвертерийн ажлыг туршилтанд суурилсан аргаар ажиллуулсан.

II. ИНВЕРТЕРИЙН АЖИЛЛАХ ЗАРЧИМ

Цахилгаан инвертер нь тогтмол хүчдэлийг (DC) хувьсах хүчдэл (AC) болгон өөрчилдөг нарны цахилгаан станцын гол төхөөрөмж юм. Оролтын хүчдэл, гаралтын хүчдэл ба давтамж, нийт тэжээлийн зохицуулалт нь

тухайн төхөөрөмж эсвэл хэлхээний загвараас хамаарна. Инвертер нь ямар ч хүчдэл гаргадаггүй харин оролтын хүчдэлийг тогтмол гүйдлийн эх үүсвэрээр хангадаг. Эрчим хүчний хувиргагч нь бүхэлдээ электрон байж болно эсвэл механик нөлөөлөл (эргэдэг төхөөрөмж гэх мэт) болон электрон хэлхээний хослол байж болно. Статик инвертер нь хувиргах явцад хөдөлгөөнт хэсгүүдийг ашигладаггүй. Инвертерийг голчлон өндөр гүйдэл, хүчдэлтэй цахилгаан хэлхээнд ашигладаг. Инвертерийн гол зарчим нь 4 ширхэг MOSFET транзистор ээлжлэн нээгдэж, хаагдах зарчмаар ажиллаж тогтмол хүчдэлийг хувьсах хүчдэл болгон хувиргадаг. Зураг 1-т нэг фазын гүүрэн инвертерийг харуулав.

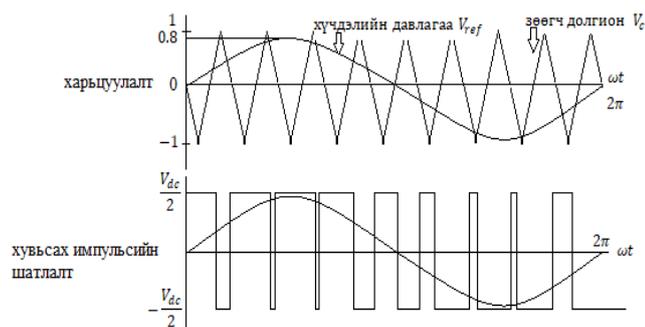


Зураг 1. Гүүрэн инвертер

III. СИНУСЛАГ ИМПУЛЬСИЙН ӨРГӨНИЙ МОДУЛЯЦИ

Синуслаг импульсийн өргөний модуляци нь ердийн импульсийн өргөний модуляцын аргаас ялгаатай юм. Энэхүү синуслаг импульсийн өргөний модуляци нь синуслаг хүчдэлийг өндөр давтамжийн гурвалжин зөөгч долгионтой харьцуулагчаар харьцуулж туйл бүрийн шилжих төлөвийг бодит цаг хугацаанд (Real time) тодорхойлдог. Харьцуулсны дараа туйл бүрийн шилжих төлөвийг дараах дүрэмд үндэслэн тодорхойлно [2].

- Синуслаг сигнал $v_{ref} > v_c$ Гурвалжин зөөгч Гаралтын хүчдэлийн дээд утга $= v_{dc}/2$
- Синуслаг сигнал $v_{ref} < v_c$ Гурвалжин зөөгч Гаралтын хүчдэлийн доод утга $= -v_{dc}/2$



Зураг 2. Синуслаг импульсийн өргөний модуляци

Энд гурвалжин зөөгч долгионы дээд хязгаар ба доод хязгаарын утгыг тогтмол гүйдлийн хүчдэл гэж үзнэ. Энэхүү синуслаг импульсийн өргөний шугаман модуляцийн зайлшгүй нөхцөл бол хүчдэлийн давлагааны далайц, гурвалжин зөөгчийн дээд утгаас доогуур байх ёстой өөрөөр хэлбэл энэхүү синуслаг импульсийн өргөний модуляц нь хүчдэлийн модуляцын хувьд өндөр давтамжийн дамжуулагч долгион ашигладаг тул ийм төрлийн синуслаг импульсийн өргөний модуляцыг зөөгч дээр суурилсан синуслаг импульсийн өргөний модуляци гэж нэрлэдэг. Ялангуяа энэ зөөвөрлөгч дээр суурилсан аргыг синуслаг импульсийн өргөний модуляци гэж нэрлэдэг. Учир нь давлагаа нь синуслаг долгионы хэлбэртэй юм. Үүнийг гурвалжин-харьцуулах синуслаг импульсийн өргөний модуляци гэж бас нэрлэдэг, учир нь гурвалжин долгионы дамжуулагчийг ашигладаг [2]. Зураг 2- д нэг фазын синуслаг импульсийн өргөний модуляцыг харуулав.

I. Синуслаг импульсийн өргөний модуляцад суурилсан инвертер

SPWM дээр суурилсан инвертерийг хоёр үе шаттайгаар гүйцэтгэсэн:

- 1) Синуслаг импульсийн өргөний модуляцийн тооцоолол
- 2) Инвертерийн техник хангамжийн дизайн ба хэрэгжилт

1-р үе шат нь: SPWM тооцоолол

Ардуино уно микроконтроллер нь синус косинусын өнцгийн хүснэгтийн дагуу PWM-ийн ажиллах циклийг өөрчлөх замаар SPWM үүсгэдэг. Дараах тооцоог синус косинусын өнцгийн хүснэгтийг боловсруулна.

$$f_d = 50\text{Hz} \tag{1}$$

$$T_d = 20\text{ms} \tag{2}$$

Энд f_d - синуслаг дохионы хүссэн давтамж

T_d - түүний хугацаа

Хагас үет шаардагдах хугацаа нь 10ms байна, учир нь SPWM нь зөвхөн нэг хагас үет үүсдэг ба хоёр дахь хагас үет тэг хэвээр байна. Инвертерийг хэрэгжүүлэхийн тулд хоёр SPWM-ийг ээлжлэн солих загвараар үүсгэдэг. Тээвэрлэгчийн дохионы давтамжийг (3) -р тэгшитгэлээр тодорхойлох бөгөөд энэ нь C шүүлтүүрийн хэмжээтэй урвуу хамааралтай бөгөөд f_c -ийн өндөр утга нь шүүлтүүрээр орсны дараа цэвэр синуслаг долгионыг сайжруулдаг. Иймд энэхүү судалгааны ажилд 20кГц давтамжтай дамжуулагч дохиог ашигласан бөгөөд дамжуулагч дохионы үргэлжлэх хугацааг (4) -р тэгшитгэлд үзүүлэв.

$$f_c = 20\text{kHz} \tag{3}$$

$$T_c = 50\text{us} \tag{4}$$

Лавлах дохионы хагас мөчлөгийг дуусгахад шаардагдах зөөгч дохионы импульсийн тоог (5) -р тэгшитгэлд үзүүлэв

$$N_p = \frac{T_{d/2}}{T_c} = 200 \tag{5}$$

200 импульсийн дохионы хагас циклийг (180 градус) дуусгахын тулд синуслаг дохионы градусаар нэмэгдэх алхам бүрийн (I_{step})-ийг (6)-р тэгшитгэлээр олно.

$$I_{step} = \frac{180^\circ}{200} = 0.9^\circ \tag{6}$$

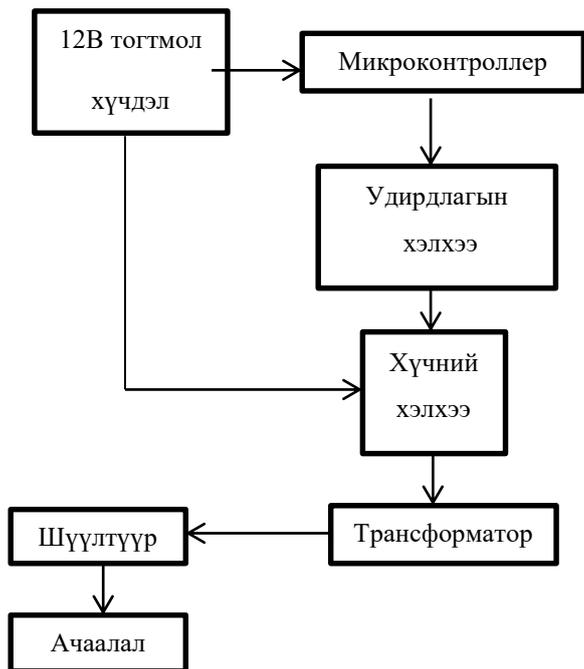
(6) -р томъёоноос 200 утгатай синусын хайлтын хүснэгтийг үүсгэхэд маш хялбар бөгөөд тэгшитгэлд үзүүлсэн шиг синус хайлтын хүснэгтийн утгыг PWM-ийн нийт хугацаатай үржүүлж PWM-ийн циклийн үүргийг (7) -р тэгшитгэлээр олно.

$$duty_{cycle} = \text{синус хайлтын хүснэгтийн утга} * \text{PWM хугацаа} \tag{7}$$

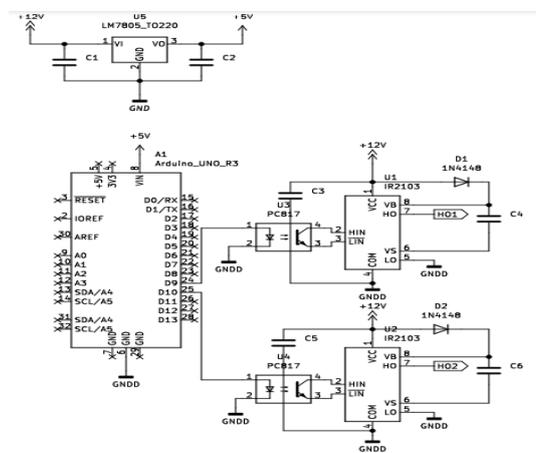
Гаралтыг харьцуулах модулийг (OCM) PWM үүсгэхэд ашигладаг. OCM нь олон төрлийн үйлдлийн горимтой боловч энд OXCON хяналтын регистрийн дурын гаралтын портыг оноож PWM үүсгэхэд л ашигласан.

Микроконтроллер нь гүүрэн инвертерийг хянахад чиглэсэн тодорхой давтамжтай хоёр SPWM үүсгэдэг. Тусгаарлалтын хэлхээ нь микроконтроллороос бага чадлын оролтыг хүлээн авдаг бөгөөд гүүрэн инвертерийн өндөр гүйдлийн гарцыг нээхэд хангалттай гүйдэл хүчдэлээр хангадаг. MOSFET транзисторууд нь тогтмол гүйдэл, хүчдэлийг хувьсах гүйдэл болгон хувиргахад ашигладаг инвертер хэсгийг боловсруулдаг. Хувьсах хүчдэлийг 110V хүртэл нэмэгдүүлэхийн тулд

инвертерийн гаралтыг трансформатортай холбож, дараа нь 50 Гц давтамжтай цэвэр синус долгионы гаралтыг үүсгэхийн тулд шүүлтүүрээр шүүдэг.



Зураг 3 Инвертерийн блок диаграмм



Зураг 4 инвертерийн удирдлагын схем

Батарей: 12V, DC батарей нь микроконтроллер, тусгаарлах хэлхээ болон хүчдэлийн зохицуулагч ашиглан гүүрэн инвертерийг хүссэн хүчдэлийн түвшинд ажиллуулахад ашиглагддаг. Энэ нь 110V хувьсах хүчдэл болгон хөрвүүлэхийн тулд 12V тогтмол хүчдэлийг гүүрэн инвертерийн оролтонд холбоно.

Микроконтроллер: Atmel Mega 328P нь SPWM дохио үүсгэхэд ашигласан. Энэ нь 8 битийн микроконтроллер бөгөөд маш өндөр давтамжийн PWM үүсгэх чадвартай. Энэ нь PWM үүсгэх дижитал оролт, гаралтын 6 порттой. Гаралтыг харьцуулах модулийг (ОСМ) PWM үүсгэхэд ашигладаг. ОСМ нь олон төрлийн ажлын горимтой

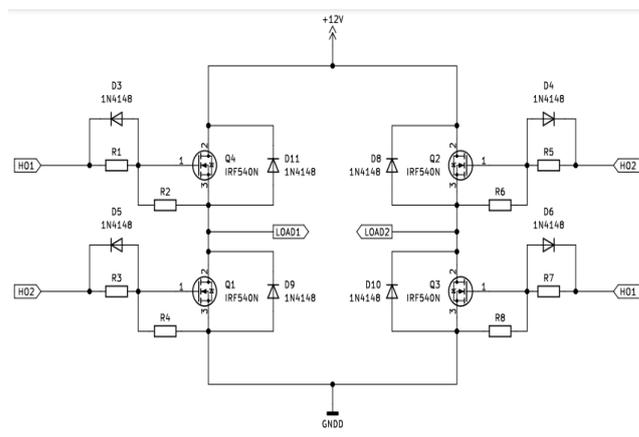
боловч энд ОСХСОН хяналтын регистрийн дурын гаралтын портыг оноож PWM үүсгэхэд л ашигладаг.

Удирдлагын хэлхээ: Удирдлагын хэлхээ нь инвертерийн хэлхээнд хоёр зорилготой хэрэглэгдэнэ.

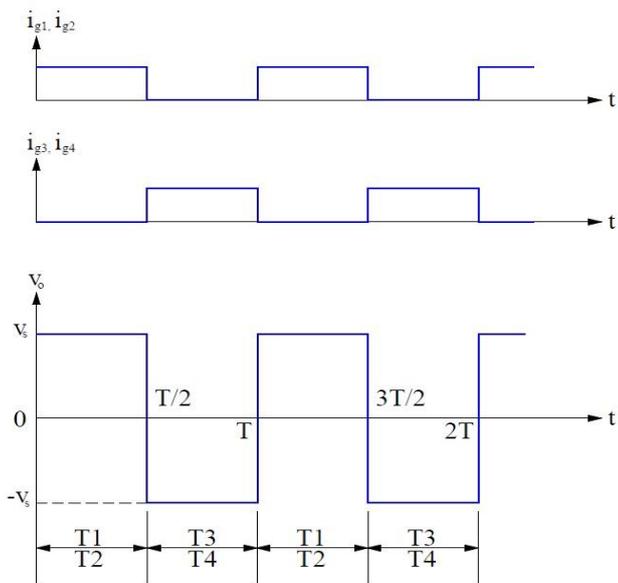
Нэгдүгээрт: Бага чадлын Atmel Mega 328P микроконтроллер болон өндөр хүчин чадалтай MOSFET транзисторуудын хооронд тусгаарлалтыг хангадаг.

Хоёрдугаарт: Энэ нь микроконтроллороос бага чадлын оролтыг хүлээн авч, шаардлагатай өндөр гүйдлийг гүүрэн инвертерийн хэсэгт дамжуулдаг.

Хүчний хэлхээ: Хүчний хэлхээ нь 5-р зурагт үзүүлсэн тогтмол гүйдлийн хүчдэлийг хувьсах гүйдэл болгон хувиргах дөрвөн өнцөг давтамжийн MOSFET транзисторуудаас бүрдэнэ. Гүүрэн инвертерийн оролт дээр SPWM 1 ба SPWM 2 микроконтроллороор үүсгэгдсэн хоёр SPWM-ийг өгсөн. Гэсэн хэдий ч SPWM1-ийг QA ба QD-д, харин SPWM 2-ыг QC, QB-т холбосон. QA, QD-ийг нээж, QC, QB-ийг хааснаар хувьсах гүйдлийн хүчдэлийн эерэг мөчлөг нээгдэж, QC, QB-ийг нээж, QA, QD-ыг хааснаар хувьсах гүйдлийн сөрөг цикл үүсдэг. 6-р зурагт гүүрэн инвертерийн гаралтын хүчдэлийн графикийг үзүүлэв.



Зураг 5. Гүүрэн инвертер цахилгаан схем



Зураг 6 Гүүрэн инвертерийн гаралтын тэгш өнцөгт график

Энэхүү ажилд 55V, 49A гүйдэлтэй дөрвөн IRFZ44N MOSFET транзисторыг ашигласан.

Трансформатор: Инвертерийн хувьсах гүйдлийн гаралтын хүчдэлийг сүлжээний 110V i-е стандарт хүчдэл болгон нэмэгдүүлэхийн тулд энгийн нам давтамжийн өсгөгч трансформаторыг ашигладаг.

Тооцоо: Гүүрэн инвертерийн оролтын чадал нь 25.92Вт буюу 12В - ын тогтмол хүчдэл 2.16А гүйдлийн оролттой. Харин трансформаторын гаралтын утга нь 110В - ын хувьсах хүчдэл. Трансформаторын гаралт дээр 35Вг-ын улайсах чийдэн тавьж гаралтын гүйдлийг хэмжихэд 0.2А гарсан.

Оролтын чадлыг (8)-р томъёогоор тодорхойлов:

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= V_{in} * I_{in} & (8) \\
 V_{in} &= 12V & \text{оролтын хүчдэл} \\
 I &= 2.16A & \text{оролтын гүйдэл} \\
 P_{in} &= 12V * 2.16A = 25.92W & \\
 & & \text{оролтын чадал}
 \end{aligned}$$

Трансформаторын гаралтын утга.

Трансформаторын оролт, гаралтын хүчдэл гүйдлийг харьцаанаас гаралтын гүйдлийг тодорхойлов.

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{out}}{V_{in}} &= \frac{I_{in}}{I_{out}} = \frac{N_2}{N_1} & (9) \\
 \frac{110V}{12V} &= \frac{2.16}{I_{out}} \\
 I_{out} &= \frac{2.16 * 12V}{110V} = 0.23A & \text{гаралтын гүйдэл}
 \end{aligned}$$

IV. ТЕХНИКИЙН ҮР ДҮН

SPWM цэвэр синуслаг долгионы инвертерийг 7-р зурагт үзүүлэв.

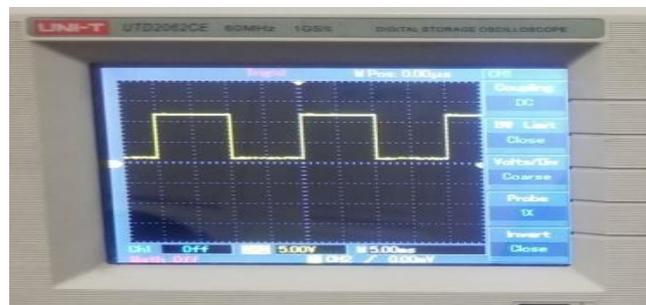


Зураг 7. SPWM дээр суурилсан инвертерийн бодит байдал.

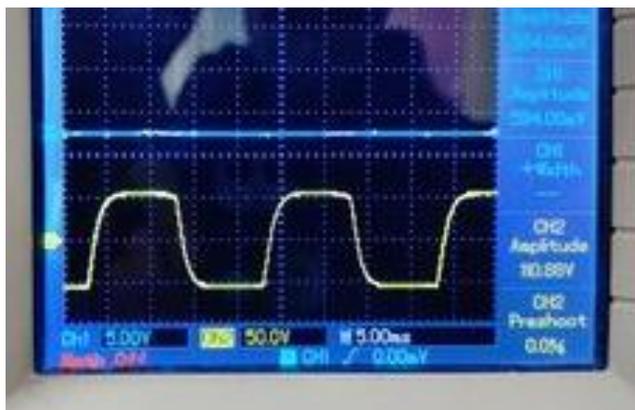
Дээрх зурагт микроконтроллертэй хэсэг нь удирдлагын хэсэг буюу гүүрэн инвертерийн MOSFET транзистор нээж, хаах үүргийг гүйцэтгэнэ. Гүүрэн инвертер нь 12В-ын тогтмол хүчдэлээр ажиллах бөгөөд микроконтроллер нь синусоидын импульсийн өргөний модуляц буюу SPWM гаргана. Трансформатор нь гүүрэн инвертерийн гаралтыг өсгөх зориулалттай. Тогтмол 12В -ын хүчдэлийг 110В -ын хувьсах хүчдэл болгон өсгөнө. Харин трансформаторын гаралтан дээрх конденсатор нь инвертерийн гаралтыг аль болох цэвэр синуслаг болгоход чиглэнэ.



Зураг 8. Микроконтроллерийн гаралт график



Зураг 9. MOSFET транзистор нээгдэж, хаагдаж буй байдал



Зураг 10. Трансформатор ашиглан гүүрэн инвертерийн гаралтыг 110V хувьсах хүчдэлийг харуулав.

Ашигт үйлийн коэффициент :

Инвертерийн ашигт үйлийн коэффициент:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100\% \tag{10}$$

Гаралтын чадал олох томьёо

$$P_{out} = V_{out} * I_{out} \tag{11}$$

$$P_{out} = 110V * 0.2A = 22W \quad \text{гаралтын чадал}$$

$$\eta = \frac{22W}{25.92W} = 0.848$$

инвертерийн ашигт үйлийн коэффициент

Хүснэгт 1. Оролт болон Гаралтын утга

Оролтын хүчдэл	12Вольт
Гаралтын хүчдэл	110Вольт
Гаралтын чадал(max)	500Ватт
Давтамж	50Гц

V. ДҮГНЭЛТ

Технологийн процесст инвертерийн гаралтын хүчдэлийг аль болох синуслаг хэлбэртэй байлгах хэрэгтэй болдог. Өөрөөр хэлбэл инвертерээр тэжээгдэж байгаа тоног төхөөрөмж нь цэвэр синуслаг хэлбэртэй гүйдэл хүчдэл хэрэглэх юм. Ихэнх тохиолдолд инвертерийн гаралтад дээд гармоник гүйдэл хүчдэл үүсдэг. Бага дунд чадлын хэрэглэгчийн хувьд гаралтын хүчдэл тэгш өнцөгт, шаталсан тэгш өнцөгт, трапец хэлбэртэй байхыг зөвшөөрдөг. Харин их чадлын хэрэглэгчийн хувьд инвертерын гаралтын хүчдэлийн дээд гармоникүүдийн далайцыг багасгах зорилгоор нэмэлт элементүүдийг суурилуулдаг. Мөн инвертерийн хамгийн чухал зүйл бол чадал юм. Инвертер нь аль болох өндөр чадалтай АҮК ихтэй шаарддаг. Энэ судалгааны ажлаар хийж гүйцэтгэсэн инвертерийн гаралтын чадал нь

500Ватт(max) АҮК нь $\eta=0.848$ гарсан. Инвертерийг микроконтроллертой холбохын тулд тухайн микроконтроллерт программ бичих шаардлагатай бөгөөд 2 портоос ээлж, ээлжээр өгөгдөл гаргаж байхаар зохицуулах бөгөөд тэдгээр гаралтууд нь давтамж болон гарах бөгөөд энэ нь микроконтроллер тус бүрд өөр байна. Микроконтроллерын гаралт MOSFET транзисторын оролттой холбогдож мэдээлэл хувиргагдаж синуслаг хэлбэрт дөхөж очно. MOSFET транзисторын гаралтад дээр трансформатор байх бөгөөд эндээс синуслаг хүчдэлээ гарган авч чадна. Энэ нь судалгааны үр дүн бөгөөд инвертерийн чадал маш чухал бөгөөд тухайн трансформаторын чадал их байх нь сайн байдаг, мөн гаралтад конденсатор байх нь гармоникийг багасгаж синуслаг хүчдэлд илүү дөхөж очиход маш их нөлөөлсөн.

Ашигласан материал

1. Rafid Haider, Rajin Alam, Nafisa Binte Yousuf, Khosru M. Salim “Design and Construction of Single Phase Pure Sine Wave Inverter for Photovoltaic Application”
2. Sajid Sarwar, Sohaib Aslam, Wajahat Arsalan, “Design and Real-Time Implementation of Transformer-less Pure Sine-Wave Inverter”
3. Ahmed Sony Kamal Chowdhury , M. Shamir Shehab , M. Abdul Awal , M. Abdur Razzak “Design and Implementation of a Highly Efficient Pure Sine-Wave Inverter for Photovoltaic Applications”
4. Meraj Hasan, Junaid Maqsood, Mirza Qutab Baig, Syed Murtaza Ali Shah Bukhari, Salman Ahmed “Design & Implementation of Single Phase Pure Sine Wave Inverter UsingbMultivibrator IC”
5. Dr.P.S.Bimbhra “Power Electronics (2006, Khanna Publishers) ”
6. Behzad Razavi “Design of Analog CMOS Integrated Circuits ”
7. Д.Өлзийноров, Х.Сарангэрэл “Хүчний электроник хувиргах техник”, 2020 он
8. Г.Энхбаяр “Хүчний хувиргах техник”, 2014 он

ЦАХИЛГААН МАШИН ЦЭНЭГЛЭХ СТАНЦЫН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙН СУДАЛГАА

Б.Сувд, Т.Уянга, А.Бүжинлхам, Б.Сэргэлэн, Б.Номуулин
Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

Хураангуй— Цахилгаан машин цэнэглэх станцын цахилгаан хангамжийн төрлүүдийг судлан цахилгаан хангамжийн тооцоог хийж системд хэрхэн нөлөөлөх судалгааг хийлээ. Цахилгаан цэнэглэх станц нь 4 төрлийн цэнэглэх станц байдаг ба Монголд TAC-W7-G5-R-0 маркийн цэнэглэх станцуудыг ашиглаж байна. Үүнд эрэлт хэрэгцээг судлан, тодорхой ачааллын нөлөөг тооцохын тулд хотхоны болон оффис, супермаркетэд цэнэглэх станцын цахилгаан хангамжийн тооцоонууд хийж үзлээ. Энэ үед дэд станцын трансформаторын насжилт, ашиглалтад сөрөг нөлөөтэй болохыг тодорхойллоо. Энэхүү судалгааны ажлын объектоор сонгон авсан ШУТИС - ийн Т байрны ABB маркийн цэнэглэх станц нь 3 фазын 11 кВт-н хүчин чадалтай. Энэ нь 11 кВт боловч 6 кВт-р машин цэнэглэж байгаа нь тасралтгүй найдвартай эрчим хүчээр хангах зорилготой.

Түлхүүр үг— Цахилгаан хангамж, нарны фото-цахилгаан үүсгүүр, ухаалаг эрчим хүч, HOMER программ, хосолмол систем

I. УДИРТГАЛ

Эрчим хүчний хэрэглээг бууруулах талаар бодоход хүргэдэг хэд хэдэн хүчин зүйл байдаг. Эдгээрийн хамгийн чухал нь эрчим хүчний үнэ өсөхийн хэрээр байгаль хүрээлэн буй орчноо хамгаалах шаардлага гарч байна. Хүлэмжийн хий, Нүүрстөрөгчийн давхар исэл (CO₂) хамгийн их ялгарч байгаль орчин, хүн амын эрүүл мэндэд их хохирол учруулж байна. Үндсэндээ ялгаруулалт нь эрчим хүч үйлдвэрлэх, шатахуун түлшний шаталтаас үүдэлтэй [9]. Манай оронд сүүлийн жилүүдэд орон сууцны зориулалттай барилга байгууламж ихээр баригдаж байгаа нь эрчим хүчний хэрэглээг хэд дахин нэмэгдүүлж, (CO₂) ялгаралтыг улам нэмэгдүүлж байна. Өнөөгийн байдлаар хууль эрх зүйн зохицуулалт нь зөвхөн шинэ барилга байгууламж төдийгүй одоо байгаа хөнгөн ба хүнсний үйлдвэрүүд, хүнд аж үйлдвэр, уул уурхайн салбар зэрэг эрчим хүчний хэрэглээний бүх салбарт хамардаг. Барилгын цахилгаан хангамжид эрчим хүчний ашиглалтын олон төрлийг хэрэглэдэг.

Цахилгаан хөдөлгүүртэй тээврийн хэрэгсэл тэдгээрийн ангилал

Олон төрлийн цахилгаан тээврийн хэрэгслийг хөдөлгүүр ба цахилгаан моторын хослолоор нь ангилж болно. Дэвшилтэт цахилгаан хөдөлгүүртэй тээврийн хэрэгслийг Hybrid Electric Vehicles (HEVs), Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs), Battery Electric Vehicle (BEVs) болон бусад цахилгаан тээврийн хэрэгсэл гэж ангилж болно.

Төрөл I : Хосолсон хөдөлгүүрт цахилгаан машин (HEV-Hybrid Electric Vehicles) нь үндсэндээ дотоод шаталтат хөдөлгүүрээр ажилладаг. Дотоод шаталтын болон цахилгаан гэсэн 2 төрлийн хөдөлгүүртэй. Дотоод шаталтын хөдөлгүүр нь ажиллаж байх үедээ цахилгаан хөдөлгүүрийн батареийг цэнэглэдэг. Эрлийзжүүлэлтийн хүчин зүйлээс хамааран хосолсон цахилгаан тээврийн хэрэгслийг микро хосолсон, дунд зэргийн хосолсон, цахилгаан хосолсон, эрчим хүчний хосолсон болгон хувааж болно. Эрлийзжүүлэлтийн коэффициентыг тээврийн хэрэгслийн нийт цахилгаан ба механик

чадлын оргил утгын харьцаагаар тодорхойлно. Бичил хосолсон нь эрлийзжүүлэлтийн коэффициент 5-10% , дунд зэргийн хосолсон 10-25%, цахилгаан хосолсон нь илүү өндөр коэффициенттой байдаг.

Төрөл II : Залгуур бүхий хосолсон цахилгаан тээврийн хэрэгсэл (Plug-in hybrid electric vehicle-PHEVs) нь үндсэндээ эрчим хүчний хадгалах системээ сүлжээнээс цахилгаанаар цэнэглэх боломжтой цахилгаан машин юм. Энэ төрлийн машин нь гаднаас цэнэглэгдэх боломжтой энерги хадгалах системтэй бөгөөд ердийн хосолсон цахилгаан машинаас удаан хугацаанд зөвхөн цахилгаан эрчим хүчээр ажилладаг тул түлшний хэмнэлт сайжирсан. Тээврийн хэрэгслийн хэрэглээг нэмэгдүүлэхийн тулд батареийг цэнэглэгчээс цэнэглэж болно.

Төрөл III: Зайн хураагуурт цахилгаан автомашин (BEV-Battery Electric Vehicle) нь дотоод шаталтын хөдөлгүүр байхгүй, бүрэн цахилгаан хөдөлгүүр болон батареинаас бүрдэх ба батареины багцад хадгалагддаг химийн энергийг ашигладаг цахилгаан тээврийн хэрэгсэл юм. Энэ төрлийн автомашинд хэрэглэгддэг мотор нь дунджаар 96%-ын ашигтай ажилладаг бол орчин үеийн Тоёотагийн дотоод шаталтын хөдөлгүүр 40% ашигтай ажилладаг нь цахилгаан мотор дотоод шаталтын хөдөлгүүрээс даруй 2 дахин ашигтай ажилладаг байх нь. Монголд түлхүү орж ирснээр нь ойролцоогоор 2014 оны 24кВт/ц батареитай Nissan Leaf нь бүрэн цэнэгтэй үед 120км замыг туулах боломжтой, 6.6кВт чадалтай цэнэглэгчээрээ 4 цагт бүрэн цэнэглэгддэг. Бүрэн цахилгаан автомашинуудын дутагдалтай тал нь нэмэлт хүч гаргах дотоод шаталтын хөдөлгүүр байдаггүй, цахилгаан эрчим хүчний сүлжээнээс авах цэнэгийн хэмжээнээс бүрэн хамаардаг нь цахилгаан түгээх сүлжээнд нөлөөлөх төлөвтэй байдаг.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

A. Цахилгаан тээврийн хэрэгслийг цэнэглэх горим

Цахилгаан тээврийн хэрэгслийн бүрэн цэнэгээр хэр хол зайд явах нь дараах зүйлүүдээс шалтгаална: батареины чадал, батареины хэмжээ, хурд,

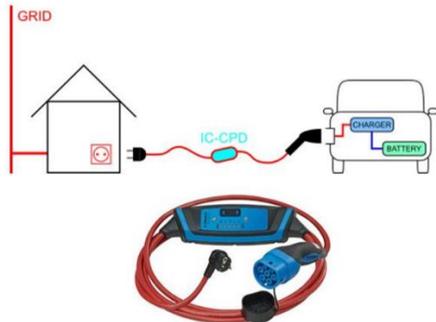
хэрэглээний байдал, жолоодлогын шинж чанар, жин, замын нөхцөл, хөдөлгөөн зэрэг тус бүрээс бүрдэнэ. Стандад цахилгаан тээврийн хэрэгслийг цэнэглэх хугацаа нь цэнэгийн төлөв байдал буюу State of Charge (SOC), батарейны насжилт болон цэнэглэх горимоос хамаарах бөгөөд цэнэглэх горимыг SAE стандарт болон олон улсын IEC 61851-1 стандартад дараах байдлаар ангилдаг.

IEC 61851-1 "Цахилгаан тээврийн хэрэгслийн цэнэглэх систем"- "Electric vehicle conductive charging system"-ээр олон улсын цахилгаан техникийн хороо нь дараах цэнэглэх 4 горимыг тодорхойлсон болно.

- Цахилгаан тээврийн хэрэгслийн хүлээн авах эрчим хүчний төрлөөр (тогтмол гүйдлийн, нэг фазын, гурван фазын хувьсах гүйдлийн),
- Хүчдэлийн түвшнээр (нэг фазын 120В-оос гурван фазын 500В хооронд хэлбэлздэг хувьсах гүйдлийн),
- Цэнэглэх станц ба цахилгаан тээврийн хэрэгсэл хоорондох моно буюу хоёр талын хооронд холбогдох боломж бүхий газардуулга ба хяналтын шугам байхгүй.
- Төхөөрөмжийн хамгаалалт байгаа эсэх

В. Дахин цэнэглэх горимыг олон улсын IEC 61851-1 стандартад дараах байдлаар ангилдаг.

Горим I: Энэ горим нь цахилгаан тээврийн хэрэгслийг 250 В-оос хэтрэхгүй нэг фазын хувьсах гүйдлийн шугам эсвэл 480 В-ээс хэтрэхгүй гурван фазын хувьсах гүйдлийн шугамаар холбодог. Энэхүү бага эрчим хүч бүхий машиныг цэнэглэх горим нь хамгийн удаан горим бөгөөд шөнийн цагаар зайг цэнэглэхэд илүү тохиромжтой юм. Шөнийн нэг удаагийн цэнэглэлт нь сүлжээнд бага цахилгаан ачаалал өгөх боломжийг олгодог бөгөөд шөнийн өртөг багатай цахилгаан эрчим хүчийг ашигладаг тул автомашины хэмнэлттэй байдаг. Энэ цэнэглэх горимыг ихэвчлэн гэр, оффис дээр ашигладаг тул нэмэлт дэд бүтэц шаардагддаггүй.

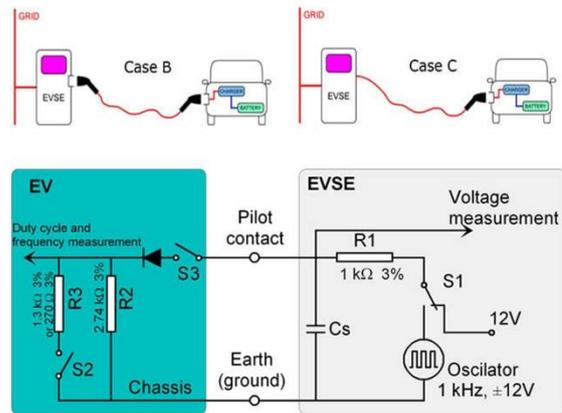


1-р зураг. Цахилгаан машин цэнэглэх горим 1

Горим II : Энэ горим нь хамгаалалтын газардуулган дамжуулагчтай 32А -ээс хэтрэхгүй стандарт хананы залгуурыг ашиглан 1-р горимын хүчдэлтэй ижил хүчдэлтэй хувьсах гүйдлийн сүлжээнд холбогддог. 1-р горимоос ялгагдах ялгаа

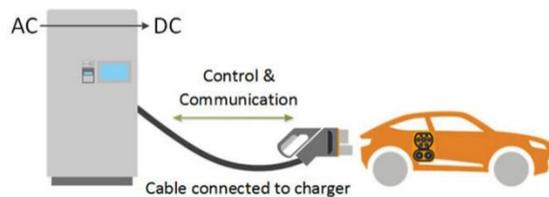
нь тээврийн хэрэгслийн оруулга ба холбогчид хяналтын зүү байрлуулсан байдаг. Энэ цэнэглэх горимыг ихэвчлэн зориулалтын хувийн байгууламжид ашигладаг.

Горим III : Энэ горим нь цахилгаан тээврийн хэрэгслийг тусгай төхөөрөмж ашиглан 63 А-аас хэтрэхгүй хувьсах гүйдлийн сүлжээнд холбодог бөгөөд хяналтын горимын функцийг 2-р горимын дагуу хяналтын төхөөрөмжтэй холбодог. Энэ тохиолдолд кабелийн хоёр талд хяналтын бүлгийн болон дохионы тээглүүр бүхий холбогч шаардлагатай. Энэхүү цэнэглэх горим нь олон нийтийн цэнэглэх станцуудад 50 / 60Гц-ийн давтамжтай гурван фазын хувьсах гүйдлийн сүлжээнээс тэжээгддэг. Жолооч нь зайгаа хэдхэн цагийн дотор цэнэглэх боломжтой байдаг тул үүнийг "хагас хурдан" цэнэглэх шийдэл гэж нэрлэдэг.



2-р зураг. Цахилгаан машин цэнэглэх горим 3

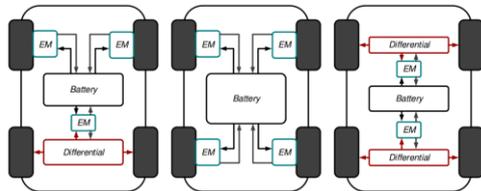
Горим IV : Үүнийг CHAdeMO консорциум хэрэгжүүлсэн бөгөөд сүлжээний хувьсах гүйдлийг цэнэглэх станцад тогтмол болгон хөрвүүлдэг бөгөөд залгуур нь зөвхөн тохирох цахилгаан машиныг холбож өгдөг. Энэ горимын ердийн цэнэглэх хугацаа нь 20-30 минутын хооронд байдаг.



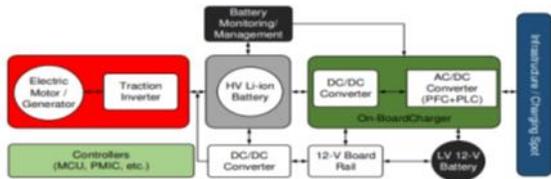
3-р зураг. Цахилгаан машин цэнэглэх горим 4

С. Бүрэн цахилгаан автомашин (EV)

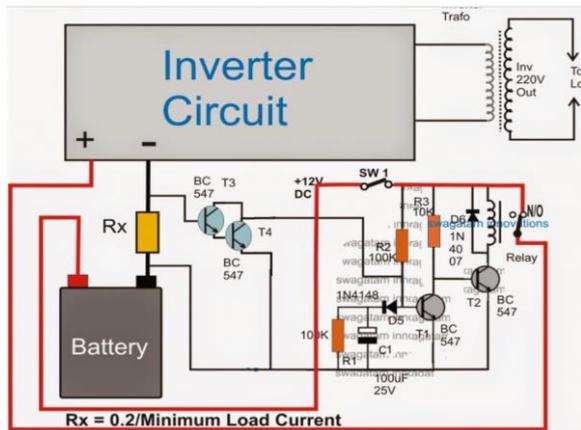
Цэвэр цахилгаан тээврийн хэрэгсэлд дотоод шаталтад хөдөлгүүр (ICE) байхгүй бөгөөд зөвхөн энерги дээр тулгуурладаг ба цахилгаан хөдөлгүүр ба батарейн зарим өөр тохиргоог Зураг 1.3.1-т үзүүлэв. Цахилгаан тээврийн хэрэгслийн дотоод бүтцийн үр дүнд инвертерийн янз бүрийн тэжээлийн шаардлага гардаг. Цахилгаан хөдөлгүүрийг (а) ба (b) тохиргоонд заасны дагуу дугуй руу, эсвэл зурагт үзүүлсэн шиг дифференциалаар дугуйнд холбоно(а) ба (в). Шууд дугуйтай хөтлөгчүүд нь бага засвар үйлчилгээ хийдэг тул энгийн бөгөөд өндөр үр ашигтай байдаг. Дифференциал хөтөч нь өндөр боломжийг олгодог цахилгаан нягтрал, мотор нь өндөр эргэлттэй ажиллах чадвартай байх ба машины дифференциал нь тогтмол араагаар хангагдана. Сул тал нь механик араа нь засвар үйлчилгээ шаарддаг бөгөөд дамжуулалтын алдагдал ихтэй .



4-р зураг. Цахилгаан тээврийн хэрэгсэл дотоод бүтэц



5-р зураг. EV системийн блок схем



6-р зураг. EV системийн холболтын схем

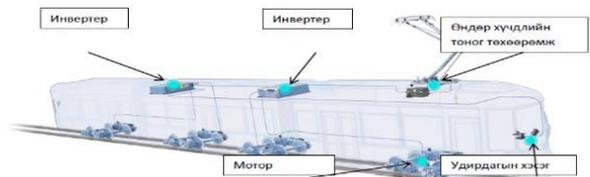
Дээрх зурагт үзүүлсний дагуу энэ загварыг аль ч инвертерийн хэлхээнд оруулснаар ачаалал илрүүлэгч байхгүй бөгөөд процедурыг бууруулах боломжтой болно.

Эвдрэлийн горимыг бүхэлд нь тээврийн инвертерийн дизайн, хэрэгжилтийн явцад харгалзан үзэх ёстой аюулгүй, үр ашигтай ажиллагааг хангана.

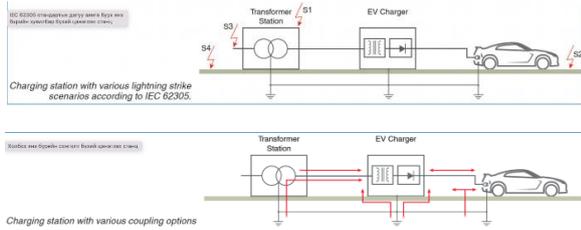
Хувьсах гүйдлийн цахилгаан хангамжийн бүтэц

Хувьсах гүйдлийн цахилгаан хангамжийн системд дан, гурван фазын болон нийлмэл систем орно. Нэг фазын системүүд нь 11,75 кВ-ын хүчдэлтэй, 16,7 Гц, 25 Гц-ийн хувьсах гүйдлийн моторуудын хувьсах хурдыг хөнгөвчлөх боломжтой. Өндөр хүчдэл ба үйлдвэрлэлийн давтамжаас хөрвүүлэхийн тулд шаталсан трансформатор ба давтамж хувиргагчийг ашигладаг. 50Гц-ийн нэг фазын 25кВ нь хувьсах гүйдлийн цахилгаан хангамжийн хамгийн түгээмэл хэрэглэгддэг тохиргоо юм. Энэ нь давтамж хувиргах шаардлагагүй тул хүнд даацын систем болон үндсэн шугамын үйлчилгээнд ашиглагддаг. Энэ бол тогтмол зүтгүүрийн хөдөлгүүрийг хөтлөхийн тулд нийлүүлэлтийг тогтмол гүйдэл болгон хөрвүүлдэг нийлмэл системийн нэг төрөл юм. Гурван фазын систем нь зүтгүүрийг жолоодоход гурван фазын индукцийн мотор ашигладаг бөгөөд 3.3.кВ, 16.7 Гц давтамжтай. 50 Гц-ийн тэжээлийн өндөр хүчдэлийн түгээлтийн системийг трансформатор ба давтамж хувиргагчаар энэхүү цахилгаан хөдөлгүүрийн зэрэглэлд шилжүүлдэг. Энэхүү систем нь хоёр агаарын шугамыг ажиллуулдаг бөгөөд тусгай зам нь өөр үе шатыг бүрдүүлдэг боловч гарц, уулзвар дээр олон асуудал үүсгэдэг.

Нийлмэл систем: Нийлмэл систем (эсвэл олон системтэй) цахилгаан галт тэрэгнүүдийг нэгээс илүү систем ашиглан цахилгаанжуулсан маршрутын дагуу тасралтгүй аялал хийхэд ашигладаг. Үүнийг хэрэгжүүлэх нэг арга бол шилжүүлэгч станцууд дахь зүтгүүрүүдийг солих явдал юм. Эдгээр станцууд нь нэг хүчдэлээс нөгөө хүчдэл рүү шилжих боломжтой агаарын утастай байдаг. Өөр нэг арга бол хэд хэдэн өөр хүчдэл ба гүйдлийн төрлөөр ажиллах чадвартай олон системийн зүтгүүрүүдийг ашиглах явдал юм. Европт дөрвөн системтэй зүтгүүр ашиглах нь түгээмэл байдаг. (1.5 кВ тогтмол, 3 кВ тогтмол, 15 кВ 16⅔ Гц хувьсах, 25 кВ 50 гц AC)



7-р зураг. Цахилгаан галт тэрэг ба EmCon I1000-AR инвертерийн блок диаграмм



8-р зураг. Цэнэглэх станцын ерөнхий схем

III. ЦАХИЛГААН АВТОМАШИН ЦЭНЭГЛЭГЧ СУУРИЛАГДСАН ҮЕИЙН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙН ТООЦОО

A. Хотхоны цахилгаан автомашин цэнэглэх цэнэглэгч бүхий гражийн ачааллын тооцоо

Nissan leaf машины цэнэглэгчийн чадлыг доорх линкнээс авав. 1 цэнэглэгчийн чадал: P=11кВт

Хотхоны гражид нэг дор 10 цахилгаан автомашин цэнэглэх боломжтой.[11]

$$P_{\text{нийт}} = n \cdot P \tag{1}$$

$$P_{\text{нийт}} = 10 \cdot 11\text{кВт} = 110\text{кВт}$$

B. Цахилгаан автомашин цэнэглэх цэнэглэгч суурилагдсан үеийн дэд станцын хоногийн ба жилийн ачааллын график

Өгөгдөл: P_{max}=858.6 кВт+110кВт=968.6кВт ; α=1.26; cosφ=0.96;

Ирээдүйд баригдах дэд станцын хэрэглэгчдийн ачаалал графикийг төсөл боловсруулах явцад тодорхойлж байгуулна.Төсөл боловсруулалтын үе шатанд ачааллын 10 жилийн өсөлтийг тооцоолох шаардлагатай байдаг.

1) Жилийн ачааллын өсөлтийг орон сууцны нийт ачааллын тоо хэмжээ ба ачааллын харьцангуй өсөлт α -г ашиглан “n” жилийн дараах өссөн тоо хэмжээг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$P_{\text{max}}^n = P_{\text{max}} * \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)^n = 968.6 * \left(1 + \frac{1.26}{100}\right)^{10} \tag{2}$$

P_{max} = Хэрэглэгчдийн нийлбэр ачаалал
α – ачааллын харьцангуй өсөлт

1-р хүснэгт. Хэрэглэгчдийн ачааллын 10 жилийн өсөлтийн тооцооны үр дүн

Жилүүд	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ачааллын утга	980,8	992,5	1003,8	1015,9	1028,12	1036,6	1046,08	1055,7	1065,45	1076,4

2) Дээр тодорхойлсон P_{max}ⁿ хэрэглэгчийн жилийн хамгийн их утга бөгөөд ерөнхийдөө өвлийн

их ачаалалд харгалзах ба хойшид тооцооны хамгийн их ачааллын утга P_{max} гэж авч үзэж тооцоог үргэлжлүүлнэ. P_{max} мэдэгдэж байгаа учир графикийн шатлал бүр дэх харьцааг ашиглан тухайн өгөгдсөн хэрэглэгчийн нэг маягийн ачааллын графикийг гаргаж болно.

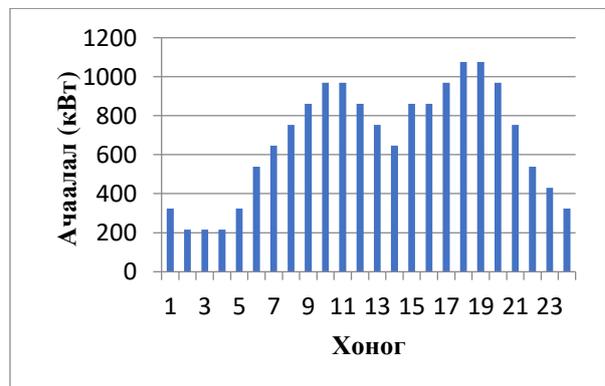
$$P_{\text{max}i} = P_{\text{max}} * \frac{n_{\%i}}{100} \tag{3}$$

n_(%i) – нэг маягийн графикт харгалзах шатлалын чадлын харьцаа, %

3) Тэгвэл n_(%i) = 100% бол P₁₀₀ = P_{max} болох бөгөөд дээрх тооцооны үр дүн 10 жилийн дараах чадал P_{max}=1076.4 кВт ба ачааллын графикийн чадлын харьцаа цахилгаан автомашин цэнэглэх цэнэглэгч суурилагдсан үед доорх маягаар өгөгдсөн. Тэгвэл өвлийн болон зуны ачааллын графикийн тооцоо дараах байдлаар хийгдэнэ.

2-р хүснэгт. Өвлийн хоногийн ачааллын графикийн тооцооны үр дүн

Цаг	1	2	3	4	5	6
n _{%i}	30	20	20	20	30	50
P(кВт)	322,9	215.2	215.2	215.2	322.9	538.2
Цаг	7	8	9	10	11	12
n _{%i}	60	70	80	90	90	80
P(кВт)	645,8	753.4	861.1	968.7	968.7	861.1
Цаг	13	14	15	16	17	18
n _{%i}	70	60	80	80	90	100
P(кВт)	753,4	645.8	861.1	861.1	968.7	1076
Цаг	19	20	21	22	23	24
n _{%i}	100	90	70	50	40	30
P(кВт)	1076	968.7	753.4	538.2	430.5	322.9

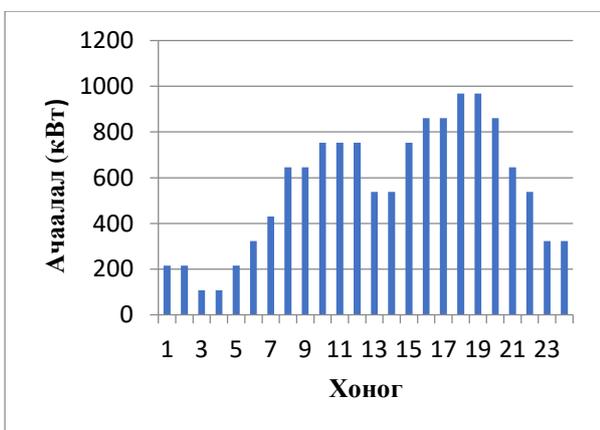


9-р зураг. Өвлийн хоногийн ачааллын график

2-р хүснэгт. Зуны хоногийн ачааллын график

Цаг	1	2	3	4	5	6
n _{%i}	20	20	10	10	20	30

P(кВт)	215.2	215.2	107.6	107.6	215.2	322.9
Цаг	7	8	9	10	11	12
n_{ai}	40	60	60	70	70	70
P(кВт)	430.5	645.8	645.8	753.4	753.4	753.4
Цаг	13	14	15	16	17	18
n_{ai}	50	50	70	80	80	90
P(кВт)	538.2	538.2	753.4	861.1	861.1	968.7
Цаг	19	20	21	22	23	24
n_{ai}	90	80	60	50	30	30
P(кВт)	968.7	861.1	645.8	538.2	322.9	322.9



9-р зураг. Зуны хоногийн ачааллын график

Дэд станцын өндөр хүчдэл талын ерөнхий ачаалал:

$$P_{ДС} = P_{max} + \Delta P_{тогт} + \Delta P_{хувь} + P_{өх} \quad (4)$$

$$P_{ДС} = 1076.4 + 11.53 + 127.26 + 5.76 = 1220.95 \text{ кВт}$$

Тогтмол алдагдал:

$$\Delta P_{тогт} = P_{max} * \frac{1}{100} \quad (5)$$

$$\Delta P_{тогт} = P_{max} * \frac{1}{100} = 1076.4 * \frac{1}{100} = 10.76 \text{ кВт}$$

Чадлын хувьсах алдагдал:

$$\Delta P_{хувь} = \frac{\sum P_i^2}{100 * P_{max}} \quad (6)$$

$$\Delta P_{хувь} = \frac{\sum P_i^2}{100 * P_{max}} = \frac{14670835.35}{100 * 1076.4} = 136.2 \text{ кВт}$$

Дэд станцын өөрийн хэрэгцээний чадал:

$$P_{өх} = P_{max} * \frac{0.5}{100} = 1076.4 * \frac{0.5}{100} = 5.38 \text{ кВт} \quad (7)$$

Жилийн ачааллын график байгуулах

Энэ график нь бүтэн жилийн турш дэд станц ачааллын ямар хэлбэлзэлтэй ажилласан горимыг тодорхойлон харуулдаг ба дэд станцын үргэлжлэн

ажилласан хугацааг тодорхойлдог ба бодит (P) чадлаар байгуулна.

Жилийн ачааллын графикийн i-р шатлалд харгалзах бодит чадлын үргэлжлэх хугацааг (өвлийн шатлалын чадлын утга зуны өөр шатлалын утгатай тэнцүү байж болно, эсвэл зөвхөн өвөл ба зуны шатлалын утгатай байж болно) өвөл зуны хоногуудын тоогоор үржүүлсэн байхаар авах, графикийн нийт үргэлжлэх хугацааг шатлал бүрийн үргэлжлэх хугацааг ашиглан дараах илэрхийллээр тодорхойлно.

$$T_{жил} = t_i^{өв} * P_{өв} + t_i^{зун} * P_{зун} \quad (8)$$

$$T_{жил} = t_i^{өв} * P_{өв} + t_i^{зун} * P_{зун} = 24 * 205 + 24 * 160 = 8760 \text{ цаг}$$

Дээр бодсон өгөгдөл болон өвөл, зуны хоногийн ачааллын графикийг ашиглан жилийн ачааллын графикийг байгуулъя. Үүний тулд хоёр графикийн хамгийн их ачааллын утгатай шатлалаас эхэлнэ. Тооцооноос үзэхэд 944.76 кВт чадлаар өвөл 2 цаг зун тийм утгатай чадал байхгүй учир энэ чадлаар жилд ажиллах хугацаа нь $2 * 205 = 410$ цаг болно. Цааш нь хоёр дахь буурсан шатлалын чадлын утга дээрх хоёр графикаас үзвэл 850.2 кВт байгаа бөгөөд өвөл 4 цаг, харин зун 2 цаг байна. Иймд $4 * 205 + 2 * 160 = 1140$ цаг байна. Энэ аргаар тооцоог бодож хүснэгтээр үзүүлэв.

3-р хүснэгт. Жилийн ачааллын графикийн тооцооны үр дүн

P(кВт)	1076	968.7	861.1	753.4	645.8
Цаг	410	1140	1300	1255	890
P(кВт)	538.2	430.5	322.9	215.2	107.6
Цаг	890	365	1095	1095	320

IV. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар Цахилгаан тээврийн хэрэгслийг цэнэглэх горимуудыг судалж манай оронд хэрэглэх боломжтой станцын төрлүүдийг тодорхойлов. Цахилгаан машин цэнэглэх цэнэглэгчийн үзүүлэх нөлөөг тооцооны аргаар тодорхойлохыг зорьсон болно. Тооцооны хэсэг хотхоны цахилгаан хангамжийн тооцоог цахилгаан машин цэнэглэх цэнэглэгчгүй үед хийж гүйцэтгэсэн ба үүний дараагаар 11кВт чадал бүхий цахилгаан машин цэнэглэх цэнэглэгчийг суурилуулсан гэж үзэн тооцоог дахин хийж дэд станцын ачааллын графикийг харьцуулан харахад дэд станцын ачааллын график төдийлөн өөрчлөгдөөгүй буюу оргил ачааллыг харьцуулан үзвэл хотхоны “хамгийн их” ачаалал цахилгаан машин цэнэглэх цэнэглэгчгүй үед 944.6кВт байснаа хотхоны “хамгийн их” ачаалал цахилгаан машин цэнэглэх цэнэглэгчтэй үед 1076.4кВт болж ачаалал 13.95%-иар буюу 131.8кВт-аар өссөн үр дүн гарсан. Үүнээс үзвэл 11кВт чадалтай удаан цэнэглэх горим

бүхий цэнэглэгч хотхоны цахилгаан хангамжийн системд үзүүлэх нөлөө багатай байна.

Тооцооны хэсэг хоёрт хотын захад байрлах супермаркетын гадна талбайд түргэн цэнэглэх зориулалт бүхий АBB Terra 54 CJ маркийн 5 ширхэг цэнэглэх цэнэглэгчийг суурилуулсан гэж үзэн тооцоог “Тооцооны хэсэг нэгтэй” адил аргаар гүйцэтгэсэн болно. АBB Terra 54 CJ маркийн цэнэглэгч нь нэг бүр нь 50кВт-ийн номиналь чадалтай. Тооцооны үр дүнг харвал супермаркетын “хамгийн их” ачаалал ЦАМ цэнэглэх цэнэглэгчгүй үед: 308.8кВт байснаа супермаркетын “хамгийн их” ачаалал ЦАМ цэнэглэх цэнэглэгчтэй үед: 667.15кВт болж ачааллын өсөлт: 358.3кВт буюу 116 хувиар өссөн. Үүнээс харвал түргэн цэнэглэх зориулалт бүхий цэнэглэгч ачааллын огцом өсөлтийг бий болгодог сул талтай. Ингэснээр цахилгаан хангамжийн системд ялангуяа дэд станцын трансформаторын насжилт, ашиглалтад сөрөг нөлөөтэй болохыг харж болно.

Тооцооны хэсэг гурвын хувьд оффисын барилгыг сонгон авч хийсэн. Оффисын барилгын гражид 11кВт чадалтай цэнэглэгч 15 ширхгийг гадна зогсоолд түргэн цэнэглэгч 5 ширхгийг суурилуулна гэж үзэн тооцоог хийсэн. Тооцооны үр дүн дээрх

хоёр тооцоотой адил үр дүн ажиглагдсан ба ачааллын өсөлт 165.23% байна. Гурван тооцооны үр дүнгээс ажиглавал цахилгаан машин цэнэглэх цэнэглэгчийн, цахилгаан хангамжийн системд үзүүлэх нөлөө нь түүний тоо ширхгээс шууд пропорциональ байна.

V. НОМ ЗҮЙ

- [1] З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэтуяа, Цахилгаан хангамж түгээлтийн үндэс, боть 1, Улаанбаатар хот, 2017 он
- [2] З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэтуяа, Цахилгаан хангамж түгээлтийн үндэс, боть 2, Улаанбаатар хот, 2017 он
- [3] З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэтуяа, Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ ба энергийн хуримтлуур, Улаанбаатар хот, 2016 он
- [4] Цахилгаан тоноглол суурилуулалтын гарын авлага, ЕС60364 стандарт
- [5] Б.Тэнгис, Хотхоны цахилгаан хангамжийн системд цахилгаан хангамжийн системд цахилгаан машин цэнэглэх цэнэглэгчийн үзүүлэх нөлөө
- [6] <https://www.tog.mn>
- [7] <http://www.shunkhlai.mn/prices>
- [8] <https://estandard.gov.mn>
- [9] <https://ikon.mn/n/2jrt>
- [10] <https://gogo.mn/r/e1md9>
- [11] <https://www.nissanusa.com/vehicles/electric-cars/leaf.html>

2-р хэсэг

МАГИСТР ОЮУТНУУДЫН ИЛТГЭЛҮҮД

БАРИЛГЫН ДУЛААНЫ АЛДАГДЛЫГ PHPP БА DESIGN PH ПРОГРАММ АШИГЛАН ТООЦООЛСОН ҮР ДҮН

Нэрбаатар Батбаяр¹, Пашка Бямбацогт² Цэрэндорж Цэцгээ³,

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

¹batbayar.ner@gmail.com, ² p.byambatsogt@gmail.com, ³TserendorzhT@mpei.ru

Хураангуй — Эрчим хүчний салбар үүсгэн байгуулагдаад өдгөө зуун жилтэй золгож буй манай улсын хувьд бид бүхний өмнө өвлийн ид оргил ачааллын үед дулаан болон цахилгааны эрчим хүчээр тасралтгүй, найдвартай хангах асуудал жил ирэх тусам хурцадмал болсоор байна. Анхны Дулааны станц 1931 онд байгуулагдаж, 1965 онд ДЦС-2, үүний дараа 1971 онд ДЦС-3, 1981 онд ДЦС-4 байгуулагдсанаас хойш 2015 онд зөвхөн Амгалан дулааны станц байгуулагдсан түүхтэй [1]. Дулааны цахилгаан станцуудын хүчин чадлыг өргөтгөхөөс өөр шинээр одоог хүртэл нэмж эх үүсгүүр барьж байгуулаагүй учир жил ирэх тусам өсөн нэмэгдэж буй хүн амын өсөлттэй уялдан эрчим хүчний хэрэглээг хааж чадахгүй хэвээр байна. Энэхүү өсөн нэмэгдэж буй хэрэгцээг хангахын тулд бидэнд эрчим хүчний хэрэглээг хэмнэх шаардлага тулгарч байгаа юм. Хамгийн боломжит хувилбар нь барилгын дулааны алдагдлыг багасгах замаар нөөц дулааны эрчим хүч гаргах боломжтой юм.

Түлхүүр үг — барилгын дулаалга, дулааны алдагдал, designPH ба PHPP программ.

I. УДИРТГАЛ

Дулаан болон цахилгааны хэрэглээ нь үйлдвэрлэлтэйгээ нэгэн зэрэг тасралтгүй үргэлжлэх процесс бөгөөд тухайн агшинд үйлдвэрлэж, түгээсэн эрчим хүчийг шууд хэрэглэдэг. Мөн бусад салбарыг бодвол нөөцөлж, хадгалах боломжгүйгээрээ онцлогтой. Иймд бид бүхэн нэгэнт үйлдвэрлэсэн дулааны эрчим хүчийг хэмнэх замаар дутагдаж буй дулааны хэрэглээг хангах бололцоотой.

Улаанбаатар хот нь бусад орны нийслэлтэй харьцуулахад хамгийн хүйтэн гадна агаарын тооцоот температур (-39)°C ба зарим үед (-45)°C хүртэл хүйтэрдэг. Дулаан дамжих процесс нь температурын зөрүүнээс үүсдэг бөгөөд дотор болон гадна агаарын температурын зөрүү их байх тусам дулааны ачаалал төдий хэмжээгээрээ их байдаг. Дулааны ачаалал нь алдагдалтайгаа тэнцүү байх бөгөөд хэдий хэмжээгээр дулаан алдагдаж байна төдий хэмжээгээр дулааны эрчим хүчээр хангах шаардлагатай болдог. Иймээс бид барилга доторх агаарын температурыг тогтмол байлгахын тулд дулаан алдагдал ихтэй барилгуудыг дулаалах замаар эрчим хүч хэмнэх боломжтой.

Зураг 1-т төвийн бүсийн эрчим хүчний системийн оргил ачааллын нэгдсэн таацыг үзүүлэв. 2021 оны хувьд суурилагдсан дулааны ачаалал 2318 Гкал/ц, шаардлагатай дулааны ачаалал 3403.3 Гкал/ц [2].



Зураг 1. Дулааны ачаалал болон хэрэглээний график.

Судалгаанаас үзэхэд Улаанбаатар хотын төвлөрсөн дулаан хангамжийн системд холбогдсон барилгуудын ихэнх нь 1950-1980 оны хооронд баригдсан. Эдгээр барилгууд нь дулаан тусгаарлалт хангалтгүй байдаг учир одоогийн эрчим хүчний хомсдолтой үед барилгын ханыг нэмэлтээр дулаалан, давхар шиллэгээтэй орчин үеийн, эрчим хүчний хэмнэлттэй цонхоор солих боломжтой бөгөөд энэ нь дулааны цахилгаан станцын дулааны хүчин чадлыг 300-500 Гкал/цаг-аар нэмэгдүүлэх боломжтой юм [3].

Барилга байгууламжууд нь урт хугацааны мөчлөгтэй, дэлхийн эрчим хүчний хэрэглээний ихээхэн хувийг эзэлдэг [4] нь хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах үйл ажиллагаанд чухал үүрэг гүйцэтгэж байна. Тиймээс барилга байгууламжийн эрчим хүчний хэмнэлт, хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг бууруулах зэрэг олон тооны барилга байгууламжтай холбоотой зорилтууд боловсруулсан [5]. Сүүлийн жилүүдэд агаар мандал дахь нүүрсхүчлийн хийн агууламж нэмэгдсэнтэй холбоотойгоор дэлхийн температур ч мөн адил нэмэгдсэн бөгөөд энэ нь үндсэндээ хүлэмжийн хийн ялгаруулалт нэмэгдсэнтэй холбоотой юм. Европын улсуудад эрчим хүчний анхдагч эх үүсвэрийн 40%-ийг барилга байгууламж ашигладаг тул хүлэмжийн хий ялгаруулж буй ихэнх хувийг уг салбар эзэлж байна [6]. Харин манай улсын хувьд уур амьсгалын өөрчлөлтийн тухай НҮБ-ын суурь конвенцын Парисын хэлэлцээрийг Монгол улс 2016 онд соёрхон баталсан. Уг хэлэлцээрийн хувьд 2030 он гэхэд үндэсний хүлэмжийн хийн ялгаралтыг бууруулах зорилтыг тодорхой салбарын хувьд тавьсан бөгөөд эрчим хүч үйлдвэрлэлийн салбарт 8.34 сая тонн нүүрсхүчлийн хийтэй дүйцэхүйц хэмжээгээр бууруулах зорилт тавьсан. Барилгын салбарт 830 мянган тонн нүүрсхүчлийн хийтэй дүйцэхүйц хэмжээгээр бууруулахтай холбогдуулан Улаанбаатар хотын угсармал орон сууцыг дулаалснаар 231 мянган тонн CO₂ экв-аар бууруулахаар зорилт тавьсан [7].

II. Барилгын дулааны алдагдлыг шаардлагат болон хөрвүүлсэн эсэргүүцлийн аргаар тодорхойлох

Дулаан хангамжийн системийн найдвартай ажиллагаа, хүмүүсийн тав тухыг хангахын тулд барилгын дулааны алдагдлыг зөв тооцох шаардлагатай. Барилгын дулааны алдагдлыг хоёр аргаар тодорхойлдог. Үүнд:

A. Шаардлагат эсэргүүцлийн арга

Шаардлагатай эсэргүүцэл нь дулаан дамжуулах хамгийн бага эсэргүүцлийн хэмжээ юм.

$$R^{\text{ш}} = \frac{n(t_d - t_r)}{\Delta t_d^{\text{н}} \alpha_d}; \tag{1}$$

Энд: $R^{\text{ш}}$ шаардлагат эсэргүүцэл, n дотоод болон гадна агаарын температурын бууралтыг тооцсон коэффициент (БНБД 25 – 01 – 20) [2]; t_d - дотор агаарын температур, °C; $\Delta t_d^{\text{н}}$ барилгын хаших хийцийн дотор агаарын нормчлогдсон зөрүү (БНБД).

Хаших хийцийн дотор гадаргуун температурыг тооцоонд шууд сонгон авах нь хүндрэлтэй байдаг тул дээрх температурын зөрүүгийн нормчлогдсон утгаар тооцоог гүйцэтгэж, дараа нь шалгана.

B. Хөрвүүлсэн эсэргүүцлийн арга

Хөрвүүлсэн эсэргүүцэл нь тухайн нийлмэл бүтэцтэй хаших хийцийн дулаан дамжилтад нөлөөлөх хамгийн бага нормчлогдсон эсэргүүцэл юм. Хөрвүүлсэн эсэргүүцлийг барилгын төрөл, хийц бүтээцэд халаалтын улирлын хэм хоногоос хамааруулан тодорхойлно. Халаалтын улирлын хэм хоногийг тооцохдоо:

$$ХУХХ = (t_d - t_{\text{дуг}}) \cdot n; \tag{2}$$

Үүнд: ХУХХ халаалтын улирлын үргэлжлэх хугацаа, t_d - барилгын дотор агаарын температур, °C ; $t_{\text{дуг}}$ - халаалтын улирлын гадна агаарын дундаж температур, °C n - халаалтын улирлын үргэлжлэх хугацаа.

Дулаан техникийн шаардлага ёсоор:

$$R^b \geq R^{\text{хөр}}; R^b \geq R^{\text{ш}}; \tag{3}$$

Энд: R^b бодит эсэргүүцэл, $R^{\text{хөр}}$ хөрвүүлсэн эсэргүүцэл.

Барилгын дулааныг хоёр янзаар алддаг. Үүнд:

- Барилгын хаших хийц буюу хана, цонх, шал, $Q_{\text{ин.алд}}$.
- Барилгын нүх сүвээр алдагдах дулааны алдагдал $Q_{\text{ин.алд}}$.

$$Q_{\text{х.алд}} + Q_{\text{ин.алд}} = Q_{\text{хал}} + Q_{\text{дот.д}}; \tag{4}$$

Энд: $Q_{\text{хал}}$ халаалтын системээс барилгад өгсөн дулаан, $Q_{\text{дот.д}}$ дотоод дулаан ялгаруулалт.

Улаанбаатар хотын төвийн 6 дүүрэгт 1965-2000 оны хооронд баригдсан нийт 47916 өрх оршин суух 1077 блок угсармал орон сууц байна. Эдгээр орон сууцууд нь дулаан алдагдал ихтэйгээс шалтгаалж дулааны эрчим хүчний зарцуулалт өндөр байна. Угсармал орон сууцыг давхарын тоогоор нь авч үзвэл 12 давхар - 34 блок, 9 давхар – 780 блок, 5 давхар – 263 блок байна гэсэн

судалгаа гарсан байна [8]. Судалгааны ажлын объектоор Улаанбаатар хотын Сүхбаатар дүүргийн Баянбүрдийн урд байрлах 5 давхар угсармал 19 болон 8-р барилгыг сонгов.

Хүснэгт I. 5 ДАВХАР УГСАРМАЛ ОРОН СУУЦНЫ БОДИТ БОЛОН ШААРДЛАГАТ ДУЛААНЫ ЭСЭРГҮҮЦЛИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ [9].

№	Хэлбэр	Бодит эсэргүүцэл, м ² °C/Вт	Шаардлагат эсэргүүцэл м ² °C/Вт	Шаардлагат нийцсэн эсэх
1	Гадна хана	1,37	3,83	Үгүй
2	Цонх	0,45	0,65	Үгүй
3	Хучилт	2,02	5,05	Үгүй

III. Туршилтын хэсэг

Судалгааны объектын хувьд 2008 онд Германы техникийн хамтын ажиллагааны нийгэмлэгийн (ГТХАН) захиалгаар угсармал барилгыг гадна талаас нь дулаалсан үр дүнг авч үзэв.

Анхны өгөгдөл:

- Халаалтын систем дэх тооцоот температур: $t_r = (-39) \text{ } ^\circ\text{C}$.
- Өрөөний температур: $t_{\text{дз}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Халаалтын улирлын турш үргэлжлэх гадна агаарын дундаж температур: $t_r^{\text{дз}} = (-10.6) \text{ } ^\circ\text{C}$.
- Халаалтын улирлын үргэлжлэх хугацаа $H_x = 242$ хоног.

Доорх зурагт нэгэн ижил загвараар баригдсан 5 давхар барилгын харьцуулалтыг харуулсан бөгөөд нэг нь дулаалгагүй, нэг нь пенополистрол материалаар дулаалсан зургийг харьцуулж харуулав.



Зураг 2. Зүүн: Нэгэн ижил загвараар баригдсан дулаалга хийгдээгүй барилга (19-р байр). Баруун: Нэгэн ижил загвараар баригдсан барилгыг гадна талаас дулаалсны дараах байдал. (8-р байр).

Тус хоёр барилгыг нэг өдөр дулааны камер ашиглан дулааны тархалтыг хэмжсэн үзүүлэлтийг зураг 3-т харуулав. 19-р байрны гаднах гадаргуун температур (-

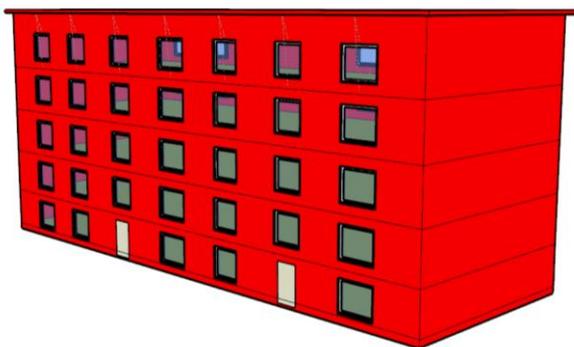
12)°C, 8-р байрны гаднах гадаргуун температур (-25) °C байна. Эндээс 8-р байрны гадна гадаргуун температур харьцангуй өндөр байгаа нь дулаан тусгаарлах чадвар өндөр байгааг харуулж байна [10].



Зураг 3. Зүүн: нэгэн ижил зургаар баригдсан дулаалга хийгдээгүй барилга (19-р байр). Баруун: Гадна талаас пенополистрол ашиглан дулаалсан байдал. (8-р байр).

IV. DESIGNPH БА PHPP ПРОГРАММЫН АШИГЛАЛТ

DesignPH программ нь барилгын гурван хэмжээт дүрслэлийг гарган авахад ашиглах бөгөөд барилгын хаших хийцээс хамааран барилгын дулааны ачааллыг тодорхойлох боломжтой программ юм. Энэхүү программтай хослон PHPP программ ажилладаг бөгөөд энэ программ нь мөн адил барилгын хаших хийцээс хамааран дулааны ачааллыг тухайн газар орны цаг уурын нөхцөлд тааруулан тооцоолдог. Уг программ нь улс орон, хотуудын цаг уурын нөхцөлийг НАСА-ын мэдээлэлд тулгуурлан оруулж өгсөн байдаг учир дулааны ачааллын хувьд илүү нарийн тооцох боломжтой. Бодит нөхцөлийн хувьд DesignPH программд Монгол орны цаг уурын нөхцөл байхгүй байсан тул уг программыг PHPP программ руу хөрвүүлэн дулааны алдагдлыг тодорхойлов. PHPP программын хувьд Улаанбаатар хотын цаг уурын нөхцөлийг оруулснаараа давуу талтай. Мөн цаашлаад уг программаар дамжуулан сэргээгдэх эрчим хүч ашиглах тохиолдолд, гарах үр ашгийг тооцоолох боломжтой программ юм.



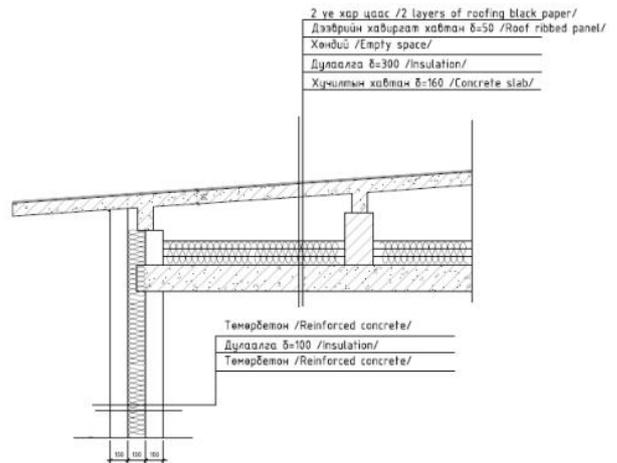
Зураг 4. Барилгын гурван хэмжээт загварчлал designPH программаар загварчлав.

Зураг 5- д барилгын хананы хаших хийцийн үзүүлэлтийг тодорхойлбол 7:

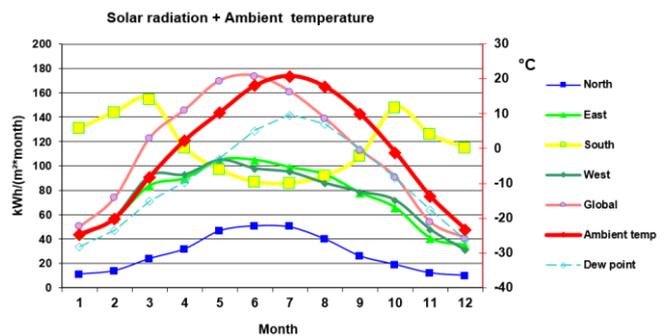
- Төмөр бетон хавтан δ – 100мм
- Шилэн хөвөн δ – 100мм
- Төмөр бетон хавтан δ – 100мм

Дээврийн хувьд:

- Хавиргатай хавтан δ – 100мм
- Хоёр үет хар цаас δ – 4мм
- Төмөр хавтан δ – 160мм
- Шилэн хөвөн δ – 300мм



Зураг 5. Объектын хана болон дээврийн бүтэц.

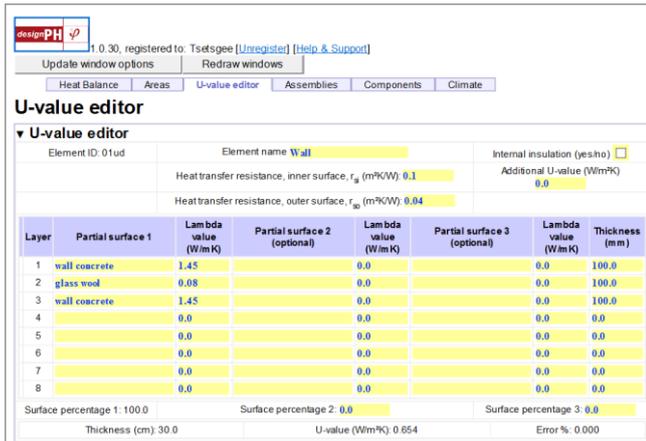


Зураг 6. Монгол орны нарны цаираг ба гадна агаарын температур.

Зураг 7-д PHPP программ ашиглан дээрх зураг 4-д дүрсэлсэн гурван хэмжээт моделийн өгөгдлийг импортлон оруулж тодорхойлсон үзүүлэлтийг үзүүлэв.

Specific building demands with reference to the treated floor area			
	Treated floor area	2040.0 m ²	
Space heating	Heating demand	96 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
	Heating load	34 W/m ²	10 W/m ²
Space cooling	Overall specif. space cooling demand	kWh/(m ² a)	-
	Cooling load	W/m ²	-
	Frequency of overheating (> 25 °C)	13.4 %	-
Primary energy	Heating, cooling, dehumidification, DHW, auxiliary electricity, lighting, electrical appliances	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)
	DHW, space heating and auxiliary electricity	kWh/(m ² a)	-
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	-
		kWh/(m ² a)	-
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0.6 1/h	0.6 1/h

Зураг 7. Дулаалахаас өмнөх үеийн дулааны ачаалал. PHPP программаар тооцов.



Зураг 8. Дулаалахаас өмнөх үеийн хаших хийцийн үзүүлэлт.

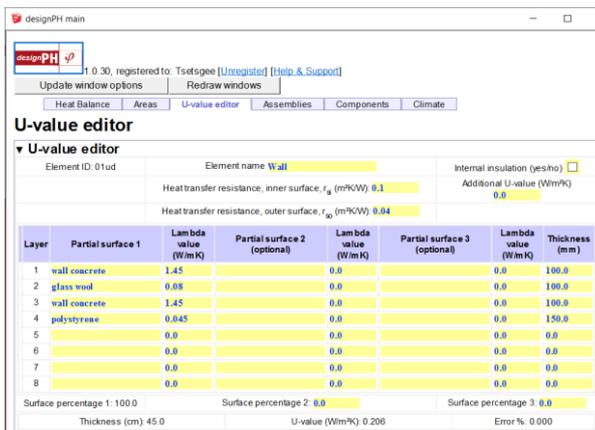
Зураг 8-д дулаан дулаалахаас өмнөх үеийн дамжуулалтын коэффициентын U утга нь 0.654 Вт/м²К.

PHPP программаар тодорхойлсон дулааны алдагдлын үр дүнг хүснэгт II-т нэгтгэн үзүүлэв.

Хүснэгт II. ХАШИХ ХИЙЦ БҮРЭЭР ТОДОРХОЙЛСОН ҮР ДҮН.

Бүс	F _i , м²	G _i , кК·ц/жил	U _i , Вт/м²·°К	Q _i , кВт·ц/жил	U _i , Вт/м²·°К	Q _{хи} , кВт·ц/жил
			Дулаалахаас өмнө		Дулаалсны дараа	
Цонх	234,47	137	0,95	30516,2	0,95	30516,2
Дээвэр	483,63	137	0,15	9938,59	0,15	9938,59
Хана	1177,71	137	0,654	105520,5	0,206	33237,3
Шал	2040	137	0,15	41922	0,15	41922
Суурийн хэсгийн шал	408	137	0,15	8384,4	0,15	8384,4
Нийт				196281,7		123998,6

Уг барилгыг барилгын норм дүрэмд нийцүүлэн гадна талаас нь 150мм зузаантай пенополистрол хавтан ашиглан дулаалсан бөгөөд уг үр дүнг PHPP программ ашиглан U коэффициентын үр дүнг зураг 10-т үзүүлэв.



Зураг 9. Дулаалсны дараах үр дүн.

Зураг 9-д дулаалсны дараах дулаан дамжуулалтын коэффициентын U утга 0.206 Вт/м²К.

Барилгын норм дүрмийн дагуу уг барилгыг гадна талаас нь 150мм зузаантай полистрол материалаар дулаалсан тооцооны үр дүнг зураг 10-т үзүүлэв.

Specific building demands with reference to the treated floor area	Treated floor area	Requirements	Fulfilled?
Space heating	2040,0 m²	Heating demand: 45 kWh/(m²a) Heating load: 21 W/m²	15 kWh/(m²a) no 10 W/m² no
Space cooling		Overall specif. space cooling demand: kWh/(m²a) Cooling load: W/m² Frequency of overheating (> 25 °C): 25,0 %	- - -
Primary energy		kWh/(m²a) kWh/(m²a) Specific primary energy reduction through solar electricity: kWh/(m²a)	120 kWh/(m²a) - -
Airtightness		Pressurization test result n ₅₀ : 0,6 1/h	0,6 1/h yes

Зураг 10. Дулаалсны дараах үр дүн.

Нийт дулаан алдагдал Q_i – 196281.7 кВт/жил ба дулаалахаас өмнө дулаан дамжуулалтын U коэффициентын утга утга 0.654 Вт/м²К ба 150мм зузаантай пенополистрол хавтангаар гадна талаас нь дулаалсан үед дулаан дамжуулалтын U коэффициентын утга 0.206 Вт/м²К болж багассан байна. Дулаалсны дараа дулааны алдагдал Q_i – 123998.6. Эндээс бид өмнөх дулаалаагүй үеийн барилгын үзүүлэлттэй харьцуулахад 72283 кВт/жил буюу 33.7% дулааны эрчим хүчийг хэмнэсэн нөөц үүсэж байна.

V. ДҮГНЭЛТ

Манай улсын дулаан хангамжийн системд эх үүсгүүр дээрх дулааны ачаалал оргил ачааллын үеийн дулааны хэрэглээг хангахад дутмаг байгаагаас шалтгаалан эрчим хүчний хэрэглээг зөв зохистой ашиглах шаардлага тулгарч байгаа юм. Энэхүү нөхцөл байдлаас шалтгаалан шинээр баригдаж буй барилгыг дулаанд холбох асуудал хурцадмал болсон. Гэвч тэр бүрийг буулгаж шинээр барих нь өртөг зардал өндөртэй богино хугацаанд шийдэгдэх боломжгүй асуудал юм. Иймд эдгээр барилгуудыг гадна талаас нь нэмж БНБДүрэмд заасны дагуу дулаалснаар эрчим хүч хэмнэх боломжтой талаар уг өгүүлэлд тусгав.

Уг судалгаагаар PHPP программ болон design PH программыг ашиглан тухайн барилгыг дулаалсны өмнөх болон дулаалсны дараах үр дүнг харьцуулан үзэхэд 33.7% дулааны эрчим хүчийг хэмнэж чадсан байна. Гэвч энэ нь зөвхөн хананы дулаалгын хувьд тооцсон үр дүн юм. Нэмэлтээр цонх болон дээвэр, шал зэргийг тусгавал эрчим хүчийг 50 хүртэл хувиар хэмнэх боломжтой болох нь харагдаж байна.

Улаанбаатар хотод 5 давхар ганц угсармал барилгыг дулаалснаар 72283 кВт/жил дулааны эрчим хүчийг хэмнэх боломжтой гэж үзвэл нийт 1077 барилгын хувьд авч үзвэл дээрх 5 давхар судалгааны объекттой төстэй 367 барилгыг дулаанаар бүрэн хангах боломжтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Эрчим хүчний яамны үндсэн сайт, түүхэн замнал, <https://energy.gov.mn/p/23>.
- [2] Улаанбаатар дулаан сүлжээ ТӨХК-ийн үндсэн сайт, <https://www.dulaan.mn/>.
- [3] Е.Г.Гашо, Х.Энхжаргал, Л.Батмэнд, Г.Баярсайхан, С.Мөнхбаяр, “Модернизация систем теплоснабжения в Монголии”, №226, 2021.

- [4] Levermore G.A. review of the IPCC Assessment Report Four, Part 1: the IPCC process and greenhouse gas emission trends from buildings worldwide. *Build Serv Eng Res Technol* 2008;29:349-61. <http://dx.doi.org/10.1177/0143624408096263>.
- [5] Ó Broin, Nässén, J, Johnsson F. Energy efficiency policies for space heating in EU countries: a panel data analysis for the period 1990-2010. *Applied Energy* 2015; 150:211-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.063>.
- [6] Directive 2009/28/EC of the european parliament and of the council, Off. J. Eur. Union (2009) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0028>.
- [7] Засгийн газрын 2019 оны 407 дугаар тогтоолын хавсралт, “Парисын хэлэлцээрийг хэрэгжүүлэх үндэсний хэмжээнд тодорхойлсон хувь нэмрийн зорилт”.
- [8] С.Давааням, “Угсармал орон сууцны дулаан техникийн шинэчлэлийн судалгаа”, Улаанбаатар, 2020.
- [9] Барилгын норм ба дүрэм, “Барилгын дулаан хамгаалал”, х. 5-6, [БНБД 25 – 01 – 20], Улаанбаатар, 2020.
- [10] Д.Цэрэндолгор, П.Бямбацогт, “2012 оны 2-р сарын 4-14-ний хооронд Сүхбаатар дүүргийн 23-р байр, 2013 оны 4 дүгээр сарын 19-ний хооронд Баянзүрх дүүргийн 12-р байранд хийсэн судалгааны үр дүнгийн тайлан”.
- [11] Барилгын дулаан хамгааллын үнэлгээний ажлын тайлан, ШУТИСийн Барилгын эрчим хүч хэмнэх төв, Улаанбаатар, 2011.
- [12] Ts.Tsetsgee, D.Tserendolgor, “The research of Thermal Energy Saving Potential” International conference of Khurel Togoot, pp.11-15, 2018. https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4221.

УЛААНБААТАР ХОТЫН ХҮЙТНИЙ УЛИРЛЫН АГААРЫН БОХИРДЛЫН СҮҮЛИЙН 7 ЖИЛИЙН СУДАЛГАА

М. Аасүрэн¹, З. Баттогтох²

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

² Монгол улс, Улаанбаатар, Дулааны техник үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн

m.aasvren@gmail.com

Хураангуй— Улаанбаатар хот нь цаг уурын хувьд эрс тэс уур амьсгалтай, өвлийн хүйтний улиралд гэр байшинд амьдардаг иргэдийн нүүрсний хэрэглээ өндөр бөгөөд хөдөө орон нутгаас нийслэлд шилжин ирэгсдийн хөдөлгөөн ихсэж, хүн амын төвлөрөл нэмэгдсэний улмаас агаарын чанарын төлөв байдал хүний эрүүл мэндэд аюул учруулах түвшинд хүрээд байна. Улаанбаатар хотын агаар бохирдуулах бодисуудад PM_{2.5} тоосонцор, PM₁₀ тоосонцор, хүхэрлэг хий(SO₂), азотын исэл (NO_x), озон (O₃) орно. Улаанбаатар хотын хувьд 2019 оноос эхлэн гэр хорооллын айл өрхүүдэд түүхий нүүрсний хэрэглээг бүрэн халж Тавантолгой ХХК-ийн сайжруулсан шахмал түлшийг хэрэглэж болсон билээ. Тиймээс түүхий нүүрс хэрэглэдэг байх үеийн агаар бохирдуулах бодисын агууламжийг сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхэлсэн үеийн агаар бохирдуулах бодисын агууламжтай харьцуулан үзэхэд хүхэрлэг хийн агууламж өмнөх онуудаас эрс өссөн үзүүлэлттэй байна. Утааны хийтэй хаягдах хүхэрлэг хийн хэмжээ түвшинд агуулагдаж байгаа шатамхай хүхрийн агууламжаас хамаарах бөгөөд хатуу түлшийг шатаахад түүний 80 хүртэлх хувь нь, шингэн түлшийг шатаах үед бүх хүхэр нь SO_x үүсгэдэг.

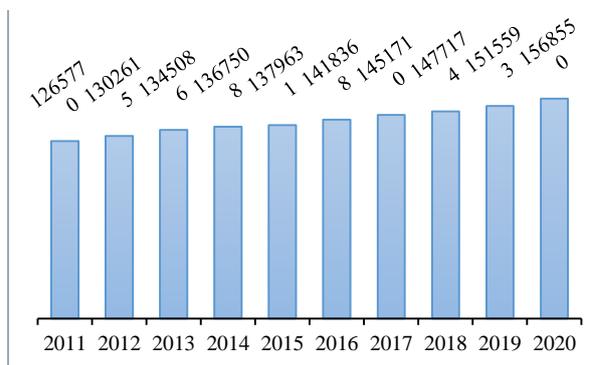
Түлхүүр үг— агаар бохирдуулах бодис, гэр хороолол, хүхэрлэг хий

I. ОРШИЛ

Улаанбаатар хотод сүүлийн жилүүдэд хүн амын өсөлтийг дагаад суурьшил, гэр хорооллын айл өрхийн тэлэлт нэмэгдэж байна. Үүнийгээ дагаад гэр хорооллын өрхүүдийн яндангаас гарах утааны хэмжээ ихсэж, агаарын бохирдол зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс давж, хүн амын эрүүл мэнд, байгаль орчинд сөргөөр нөлөөлж байгаа нь тулгамдсан асуудал болоод байна. Агаарын бохирдлын 80 хувийг гэр хороолол, 6 хувийг дулааны цахилгаан станц, 10 хувийг тээврийн хэрэгсэл, 4 хувийг бусад эх үүсвэр эзэлдэг ба ихэнх хувийг гэр хорооллоос үүдэлтэй утаа эзэлж байна[1].

II. УЛААНБААТАР ХОТЫН ГАЗАРЗҮЙН БАЙРШИЛ, СҮҮЛИЙН 10 ЖИЛИЙН ХҮН АМЫН ДУНДАЖ ӨСӨЛТ

Улаанбаатар хот урдуураа Төв аймгийн Сэргэлэн, Алтанбулаг, баруун талаараа мөн Алтанбулаг, Аргалант, Баянцогт, баруун хойгуураа мөн аймгийн Батсүмбэр, зүүн хойгуураа, зүүнээр мөн аймгийн Эрдэнэ сумтай хиллэн Дөрвөн уулын хөндийд далайн түвшнээс дээш 1300 гаруй м өндөрт 470444 га нутаг дэвсгэртэй[2].



1-р зураг. Улаанбаатар хотын сүүлийн 10 жилийн хүн амын дундаж өсөлт [3]

Монгол улсад бүртгэлтэй нийт хүн амын 46 хувь буюу 1568550 нь Улаанбаатар хотод оршин сууж байна. Дээрх зураг дахь тоон үзүүлэлтийг нэгтгэн үзэхэд:

1. Монгол улсад бүртгэлтэй нийт хүн амын 46 хувь буюу 1568550 нь Улаанбаатар хотод оршин сууж байна.
2. Улаанбаатар хотын хүн амын тоо 2011 оны байдлаар 1265570 байсан бол 2020 оны статистик мэдээгээр 1568550 болж сүүлийн 10 жилийн хугацаанд 23.94 хувь буюу 302980 хүн ам нэмэгдсэн байна.
3. Сүүлийн 10 жилийн статистик үзүүлэлтээр Улаанбаатар хотын хүн амын тоо жил бүр дунджаар 2.2 хувь нэмэгдсээр байна.

III. УЛААНБААТАР ХОТЫН АГААРЫН БОХИРДЛЫН СУДАЛГАА

Улаанбаатар хотын агаарын чанарыг гэр хороолол, автозам, орон сууцны хороолол, үйлдвэрийн дүүрэг орчмын 15 цэгт агаар бохирдуулах бодис болох хүхэрлэг хий (SO₂), азотын давхар исэл (NO₂), PM2.5, PM10 тоосонцор, нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO), озон (O₃) болон цаг уурын үзүүлэлтүүдийг автомат багажаар тодорхойлж байна[4].

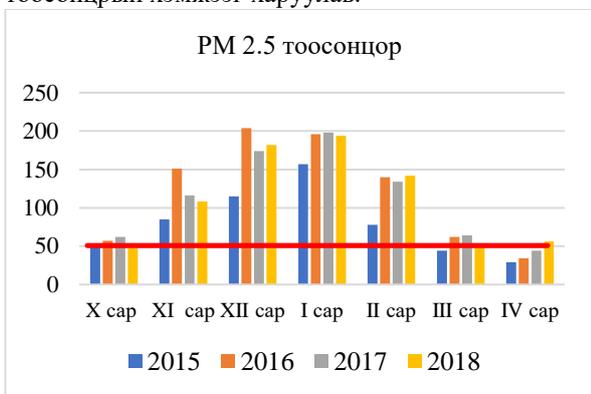
1-р хүснэгт . Агаар бохирдуулах бодисуудын хүлцэх агууламж

Бохирдуулах бодисын нэр	Агаарын чанарын стандарт MNS 4585:2016
	Хүлцэх агууламж, мкг/м ³
Хүхэрлэг хий, SO ₂	50
PM2.5 тоосонцор	50
PM10 тоосонцор	100
Азотын исэл, NO _x	50

^aАгаарын чанарын стандарт MNS4585:2016

PM2.5 тоосонцор

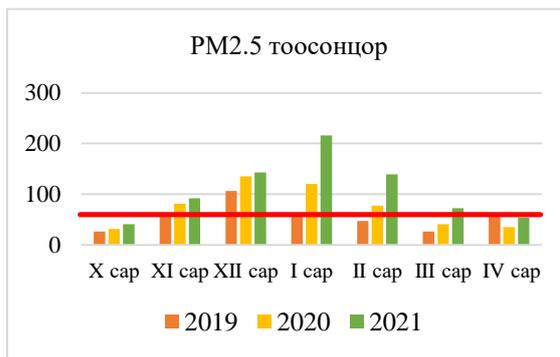
Доорх графикт түүхий нүүрс хэрэглэж байх үеийн агаарын бохирдуулагч бодисуудын PM2.5 тоосонцрын хэмжээг харуулав.



2-р зураг. Хүйтний улирлын PM2.5 тоосонцрын сарын дундаж агууламж (2015-2018) [5]

Энэхүү графикаас харахад PM2.5 тоосонцрын хэмжээ 2016 оны 12-р сард хамгийн их ба өмнөх оны мөн үеийнхтэй харьцуулахад 89мг/м³-ээр буюу 43.6 хувиар их, агаарын чанар дахь хүлцэх агууламжтай харьцуулахад 2.3 дахин их байна.

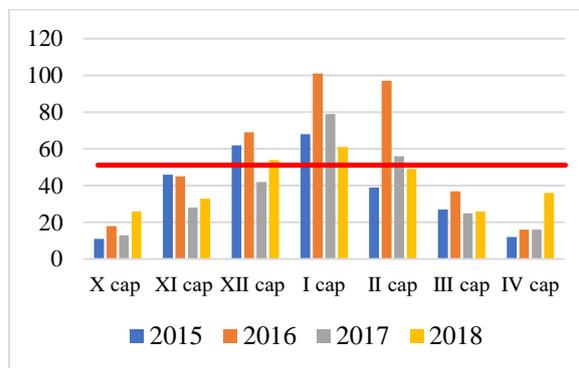
2019-2021 он буюу сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхэлсэн үеийн тоосонцрын хэмжээг доорх графикт харуулав.



3-р зураг. Хүйтний улирлын PM2.5 тоосонцрын сарын дундаж агууламж (2019-2021) [5]

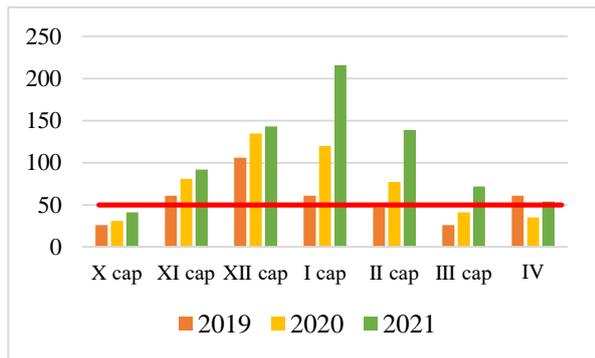
PM2.5 тоосонцрын хүйтний улирлын дундаж агууламжийг өмнөх оны мөн үеийн дундаж агууламжтай харьцуулахад 2019 онд 12 мг/м³ буюу 10 хувиар их, 2020 онд 20 мг/м³ буюу 23 хувиар бага, 2021 онд 2 мкг/м³ буюу 8 хувиар багассан байна. Үүнээс үзэхэд сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхэлснээр агаар бохирдуулах PM2.5 тоосонцрын хэмжээ буурсан үзүүлэлттэй байна. Мөн 2019 оны 1-р сард тоосонцрын хэмжээ их буюу 195 мг/м³-г хүрч агаарын чанарын стандартын хүлцэх агууламжаас 2.9 дахин их байна.

Хүхэрлэг хий



4-р зураг. Хүйтний улирлын хүхэрлэг хий (SO₂)-ийн сарын дундаж агууламж (2015-2018) [5]

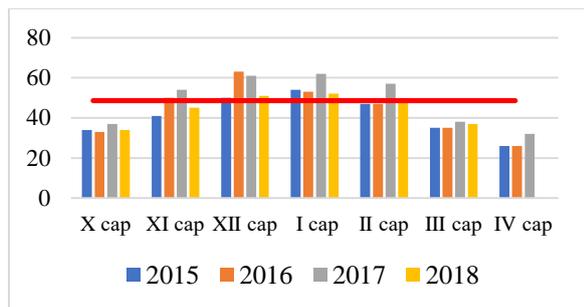
Хүйтний улирлын SO₂-ийн хэмжээг өмнөх оны дундаж агууламжтай харьцуулж үзвэл 2016 онд 17 мг/м³-иар буюу 21 хувиар их, 2017 онд 18 мг/м³-иар буюу 20 хувиар бага, 2018 онд 3 мг/м³-иар буюу 10 хувиар ихэссэн байна. Энэхүү графикаас харахад 2016 оны 1-р сард хүхэрлэг хийн агууламж хамгийн их 101мг/м³ буюу агаарын чанарын стандарт дахь хүлцэх агууламжаас 1.3 дахин их байна.



5-р зураг. Хүйтний улирлын хүхэрлэг хий (SO_2)-ийн сарын дундаж агууламж (2019-2021) [5]

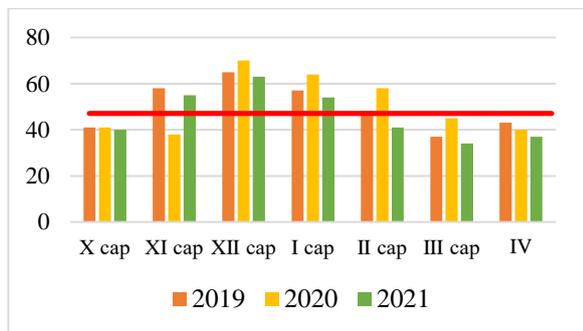
Дээрх графикаас үзэхэд хүхэрлэг хийн сарын дундаж агууламжийг өмнөх оны дундаж агууламжтай харьцуулахад 2019 онд 6.8 мг/м^3 -иар буюу 14.8 хувиар их, 2020 онд 27.2 мг/м^3 -иар буюу 36,7 хувиар их, 2021 онд 33 мг/м^3 -иар буюу 20.8 хувиар их байна. 2021 оны 1-р сард хүхэрлэг хийн агууламж их буюу 216 мг/м^3 -г хүрч агаарын чанарын стандартын хүлцэх агууламжаас 3.1 дахин их байна.

Азотын исэл



6-р зураг. Хүйтний улирлын азотын исэл (NO_x)-ийн сарын дундаж агууламж (2015-2018) [5]

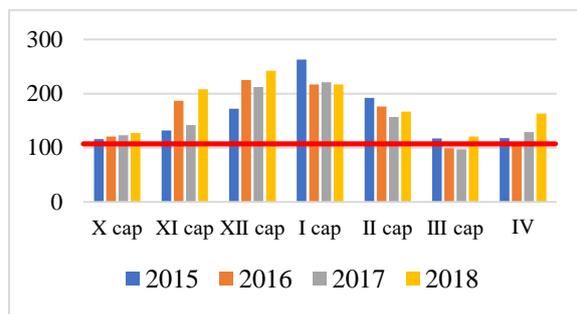
Дээрх графикаас харахад азотын ислийн хэмжээ тус онуудаас 2016 оны 12-р сард их буюу 63 мг/м^3 болж агаарын чанарын стандартын хүлцэх агууламжаас 1 дахин ихэссэн байна.



7-р зураг. Хүйтний улирлын азотын исэл (NO_x)-ийн сарын дундаж агууламж (2019-2021) [5]

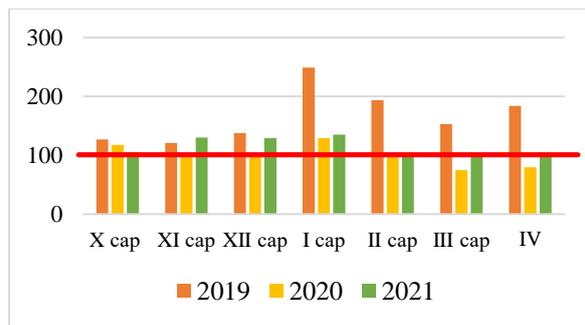
Дээрх графикаас харахад 2020 оны 12 сард бусад саруудаас ихэсж агаарын чанарын стандартын хүлцэх агууламжаас 1 дахин ихэссэн байна.

PM10 тоосонцор



8-р зураг. Хүйтний улирлын PM10 тоосонцрын сарын дундаж агууламж (2015-2018) [5]

Дээрх графикаас харахад PM10 тоосонцрын хэмжээ 2016 онд өмнөх оны дунджаас 10 мг/м^3 -иар буюу 1.8 хувиар их, 2017 онд 161 мг/м^3 буюу өмнөх оны үеийнхээс 8 мг/м^3 -иар бага, 2018 онд 17 мг/м^3 -иар буюу 11 хувиар ихэссэн байна. Мөн эдгээр онуудад PM10 тоосонцрын хэмжээ агаарын чанарын стандартын хүлцэх хэмжээнээс 1-2 дахин ихэссэн үзүүлэлттэй байна.



9-р зураг. Хүйтний улирлын PM10 тоосонцрын сарын дундаж агууламж (2019-2021) [5]

PM10 тоосонцрын хэмжээ 2019 онд 11 мг/м^3 -иар буюу 6.6 хувиар их, 2020 онд 67 мг/м^3 -иар буюу 40 хувиар бага, 2021 онд 15 мг/м^3 -иар буюу 13.1 хувиар ихэссэн байна. Дээрх графикаас харахад 2019 онд PM10 тоосонцрын хэмжээ харьцангуй их буюу агаарын чанарын стандартын хүлцэх хэмжээнээс 3.5 дахин ихэссэн байна.

Сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхлэхээс өмнө болон дараах агаарыг бохирдуулах бодисуудын агууламжийг харьцуулж үзэхэд сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхэлснээр агаарыг бохирдуулах бодисуудын хэмжээ буурсан байна.

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын 80 хувь нь гэр хороолол, 10 хувь нь автомашин, 6 хувь нь ДЦС, 4 хувь нь бусад эх үүсвэр эзэлдэг[1]. Үүнээс үзэхэд агаарын бохирдлын дийлэнх хувийг гэр хорооллоос гарах бохирдол эзэлж байна. 2019 оны байдлаар Улаанбаатар хотод оршин суудаг нийт өрхийн 210020 өрх гэр хороололд амьдардаг. Үндэсний статистикийн хорооноос гэр хорооллын 211871

өрхийн 51.4 хувь нь хувийн байшинд, 48.6 хувь нь уламжлалт гэр сууцанд амьдардаг ба эдгээр өрх айлууд инженерийн зураг төсөлгүй, стандартын бус ахуйн аргаар баригдсан дулаан алдагдал ихтэй сууцанд амьдардаг байна[1]. 2018 он болон түүнээс өмнөх онуудад Улаанбаатар хотод түүхий нүүрс хэрэглэдэг байсан ба гэр хорооллын 211 мянган өрх жилд дунджаар 1.2 сая тонн түүхий нүүрс хэрэглэдэг байсан бөгөөд энэ агаарын бохирдлын 60-70 хувийг бүрдүүлдэг байна. 2019 оны 5 сарын 15-ны өдрөөс эхлэн сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэх шийдвэр гарсан. Жилд дунджаар 600 мянган тонн сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэдэг гэсэн тооцоо байна. Гэр хорооллын нэг өрх жилд дунджаар 4-5 тонн түүхий нүүрс хэрэглэдэг ба 5 тонн түүхий нүүрсийг /1 тонн нь 170000/ 850000 төгрөгөөр худалдан авдаг байсан. Түүхий нүүрсний 3-4 цагт бүрэн шатаж дуусдаг. Тэгвэл сайжруулсан шахмал түлшийг хэрэглэж эхэлснээр нэг өрхийн жилийн дундаж хэрэглээ 3 тонн шахмал түлш /1 тонн нь 220000/ 660000 төгрөгөөр авснаар 190000 төгрөг хэмнэж байна гэсэн тооцоолол гарч байна. Шахмал түлшний бүрэн шаталтын хугацаа нь 6-7 цаг байдаг[6]. Үүнээс үзэхэд сайжруулсан шахмал түлшний хэрэглээ нь хүн амд эдийн засгийн хувьд ач холбогдолтой байгаа юм.

IV. Дүгнэлт

1. Сүүлийн 10 жилийн статистик үзүүлэлтээр Улаанбаатар хотын хүн амын тоо жил бүр дунджаар 2.2 хув нэмэгдсээр байна. Харин гэр хорооллын айл өрхийн тоо жилд дунджаар 1700-аар өссөөр байна. Үүнийгээ дагаад гэр хорооллын айл өрхүүдийн яндангаас гарах бохирдлын хэмжээ ихсэж, агаарын бохирдлын хэмжээ ихсэх шалтгаан болж байгаа юм.
2. 2015-2018 оны хүйтний улирлын агаар бохирдуулах PM10 тоосонцрын дундаж агууламж 162.5 мкг/м³-д хүрч агаарын чанарын стандартын хүлцэх хэмжээнээс 2.1 дахин ихэссэн бол 2019-2021 оны сайжруулсан шахмал хэрэглэж эхэлсэн үеийн дундаж агууламж 28.3 хувиар багассан байна. Харин агаарын чанарын стандартын хүлцэх агууламжаас 1.6 дахин их байна. PM2.5 тоосонцрын 2019-2021 оны дундаж агууламж нь 4 жилийн дундаж агууламжаас 34 хувиар багассан үзүүлэлттэй байна. Азотын давхар ислийн

2019-2021 оны жилийн дундаж агууламж нь түүхий нүүрс хэрэглэдэг байх үеийн жилийн дундаж агууламжаас 15 хувиар багассан байна. Хүхэрлэг хийн хэмжээ түүхий нүүрс хэрэглэж байх үеийн дунджаас 2019-2021 оны дундаж нь 34.8 хувиар нэмэгдсэн байна. Тиймээс хүхрийн нэмэгдсэн шалтгааныг үргэлжлүүлэн судлах шаардлагатай. Дээрх үзүүлэлтүүдээс харахад агаарыг бохирдуулагч бодисуудын хэмжээ 2019 оноос эхлэн өмнөх онуудтай харьцуулахад багассан үзүүлэлттэй байгаа ч хүхэрлэг хийн агууламж өссөн нь муу үзүүлэлт юм.

3. Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын 80 хувийг эзэлдэг гэр хорооллын өрхүүдийн нэг өрх жилд дунджаар 5 тонн түүхий нүүрсийг 850000 төгрөгөөр хэрэглэдэг байсан ба энэ хэрэглээгээ сайжруулсан шахмал түлшээр сольж хэрэглэснээр жилд 600 мянган тонн шахмал түлшийг 660000 төгрөгөөр хэрэглэж 190000 төгрөг хэмнэх эдийн засгийн ач холбогдол гарч байна.
4. Сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхэлснээр агаарыг бохирдуулах зарим бодисуудын хэмжээ буурч мөн эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй байгаа ч хүхэрлэг хийн агууламж өмнөх жилүүдээс эрс ихэссэн үзүүлэлттэй байна.

Номзүй

- [1] Л. Мөнхмандах. Улаанбаатар хотын агаарын чанарын индексийг боловсруулах аргачлалын судалгаа /магистрын судалгаа/. Улаанбаатар хот, 2020
- [2] Г. Пүрэвдорж. Улаанбаатар хотын утааг бууруулах үндсэн төлөвийг тодорхойлох судалгаа. Улаанбаатар хот, 2012
- [3] <https://www.1212.mn/>
- [4] Агаарын чанарын стандарт MNS 4585:2016
- [5] <http://tsag-agaar.mn/>
- [6] <https://news.mn/>

УЛААНБААТАР ХОТЫН АГААРЫН БОХИРДОЛ ДАХЬ ХҮХЭРЛЭГ ХИЙН (SO₂)-Н ЭХ ҮҮСВЭРИЙН СУДАЛГАА

М. Аасүрэн¹, З. Баттогтох²

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

² Монгол улс, Улаанбаатар, Дулааны техник үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн

m.aasvren@gmail.com

Хураангуй – Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын 80 орчим хувийг гэр хороолол эзэлдэг. Нийслэлийн дүүргүүдээс Сонгинохайрхан дүүрэгт гэр хороололд амьдардаг айл өрхийн тоо хамгийн их байна. Агаар, орчны бохирдлыг бууруулахад чиглэсэн Монгол Улсын Засгийн газрын 2018 оны 02 дугаар сарын 28-ний өдрийн “Түүхий нүүрс хэрэглэхийг хориглох тухай” 62 дугаар тогтоол батлагдаж, 2019 оны 05 дугаар сарын 15-ны өдрөөс эхлэн хэрэгжиж эхлээд байна. Агаарын чанарын суурин харуулын мэдээнд анализ хийж үзэхэд сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхэлснээс хойш зарим агаар бохирдуулагчдын агууламж багассан ч SO₂ буюу хүхэрлэг хийн агууламж ихэссэн үзүүлэлтийг зааж байна. Мөн гэр хорооллын айл өрхийн зуухны түлшний шаталтаас гарах агаар бохирдуулах бодисын ялгарлын хэмжээг тооцож үзэхэд SO₂ (хүхэрлэг хий)-н агууламж нь бусад агаар бохирдуулагчдаас хамгийн их байна. Энэхүү хүхэрлэг хий нь гэр хорооллын нягтрал хамгийн ихтэй Сонгинохайрхан дүүрэгт өндөр агууламжтай байна.

Түлхүүр үг – агаарын бохирдол, гэр хороолол, агаарын чанарын харуул.

I. УДИРТГАЛ

Монгол улсад бүртгэлтэй нийт хүн амын 46 хувь буюу 1568550 нь Улаанбаатар хотод оршин сууж байна. Улаанбаатар хотын хүн амын 24.7 хувь буюу 361689 нь Баянзүрх дүүргийн нутаг дэвсгэрт, 22.3 хувь буюу 327580 нь Сонгинохайрхан дүүрэгт оршин суудаг[1]. Улаанбаатар хотод Монгол Улсад хүн ам орон сууцны тооллогоор нийт 920165 өрх тоологдсоноос 412527 өрх буюу нийт өрхийн 45.8 хувь нь Улаанбаатар хотод амьдарч байгаа гэж бүртгэгдсэнээс 45.2 хувь буюу 188545 айл өрх орон сууцанд, 54.6 хувь буюу 223981 айл өрх гэр хороололд амьдарч байна. Гэр хорооллын 223981 өрхийн 51.4 хувь нь хувийн байшинд, 48.6 хувь нь уламжлалт гэр сууцанд амьдардаг ба эдгээр айл өрхүүд инженерийн зураг төсөлгүй, стандартын бус ахуйн аргаар баригдсан дулаан алдагдал ихтэй сууцанд амьдарч байна [2]. Улаанбаатар хот агаарын бохирдол ихтэй орнуудын тоонд зүй ёсоор багтдаг. Сайжруулсан шахмал түлш эхэлсэн үеэс эхлэн агаар бохирдуулах бодисын хэмжээ харьцангуй багассан ч хүхэрлэг хийн хэмжээ ихэссэн гэж мэргэжлийн байгууллагууд дүгнэх болсон. Нүүрс ашигладаг газар бүрд (халаалтын зуух, дулааны цахилгаан станц г.м) хүхрийн исэл (SO₂) ялгардаг. Түлшний шаталтын бүтээгдэхүүн утааны хий дэх хүхрийн нэгдлийн 98...99 хувь нь SO₂, 1 хувь орчим нь SO₃ хэлбэрээр оршино. Хүхэр нь агаар дахь усны ууртай харилцан үйлчлэлцсэнээр хүхрийн хүчил үүсэж, хотын агаар дахь бүх бодисын 20 хүртэл хувийг эзлэхэд үзэгдэх орчин хязгаарладаг[3].

II. АГААРЫН БОХИРДОЛД ГЭР ХОРООЛЛЫН ҮЗҮҮЛЖ БҮЙ НӨЛӨӨЛӨЛ

A. Сайжруулсан хатуу түлшний стандарт MNS5679:2019

Сайжруулсан шахмал түлшний техникийн үзүүлэлтийг MNS 5679:2019 сайжруулсан хатуу түлшний стандарт утгатай харьцуулан хүснэгтэд харуулав. Харьцуулалтаас үзэхэд “Таван толгой түлш” ХХК-ийн нүүрсэн шахмал түлшний техникийн үзүүлэлтүүд стандартын шаардлага хангаж байна.[4]

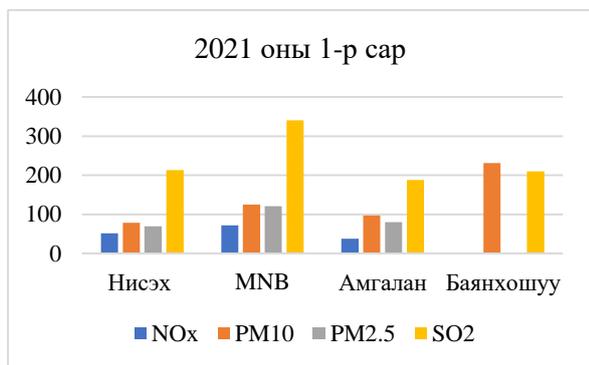
1-р хүснэгт. Сайжруулсан хатуу түлшний стандарт MNS5679:2019

Компани	5679:2019 стандарт					
	Чийглэг (W ⁿ), %	Үнслэг (A ⁿ), %	Дэглэмхий бодис (V ⁿ), %	Нийт хүхэр (S ⁿ), %	Бодит илчлэг (Q _b ^{ad}) ккал/кг	Баг бөх, %
	≤ 10	≤ 29.00	≤ 22.00	≤ 1.00	≥	≥ 80
Таван толгой түлш ХХК “Сайн” түлш	2.7	23.3	19.3	0.86	6334	-

^a Д.Дариймаа, Нүүрсэн шахмал түлшний шинжилгээний дүн, Улаанбаатар хот, 2022 он

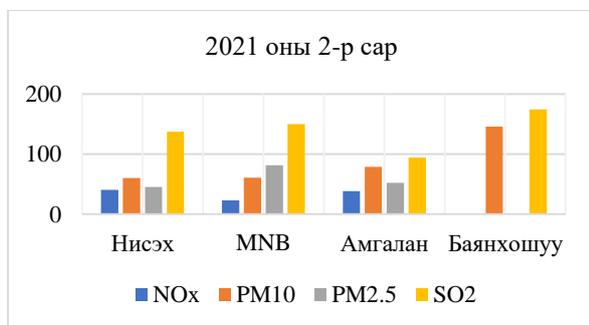
В. Агаарын чанарын суурин харуулын хэмжилтийн үр дүнгийн тооцоолол

2019 оноос эхлэн сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхэлсэн ба тэр Агаарын чанарын суурин харуулуудын мэдээнээс үзэхэд сүүлийн жилүүдэд SO₂-ын агууламж харьцангуй өссөн үзүүлэлттэй байна. Судалгааны ажилд ашиглах зорилгоор Нисэх, Амгалан, Баянхошуу, MNB /Зурагт/ дахь агаарын чанарын харуулуудын цаг тутмын хэмжилтийн дүнг Нийслэлийн агаар орчны бохирдолтой тэмцэх газраас авч нэгтгэн агаарт хамгийн их ялгарч буй бохирдуулах бодисын хэмжээг тодорхойлов. Дараах графикуудад агаарын чанарын харуулуудын харьцуулсан мэдээг оруулав.



1-р зураг. 2021 оны I сард суурин харуулууд дээрх бохирдуулах бодисуудын агууламж

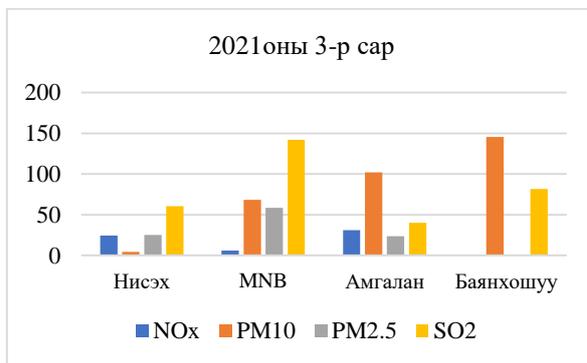
2021 оны 1-р сарын байдлаар NO_x, PM10, PM2.5, SO₂-ын агууламж MNB буюу зурагтад байрлах агаарын чанарын харуулд хамгийн их бүртгэгдсэн байна. Эдгээр 4 агаарын бохирдуулагч бодисоос хамгийн их нь SO₂ буюу хүхэрлэг хий 340.31 мг/м³ байна. Энэ нь агаарын чанарын хүлцэх агууламжаас 290 мг/м³ буюу 85 хувиар их байна. Үүнийг агаарын чанарын индекстэй харьцуулж үзвэл “их бохирдолдолтой (301-400) - Удаан хугацаагаар гадаа байхад хүний эрүүл мэндэд мэдэгдэхүйц сөрөг нөлөөлөл үзүүлнэ” гэсэн үзүүлэлттэй байна.



2-р зураг. 2021 оны II сард суурин харуулууд дээрх бохирдуулах бодисуудын агууламж

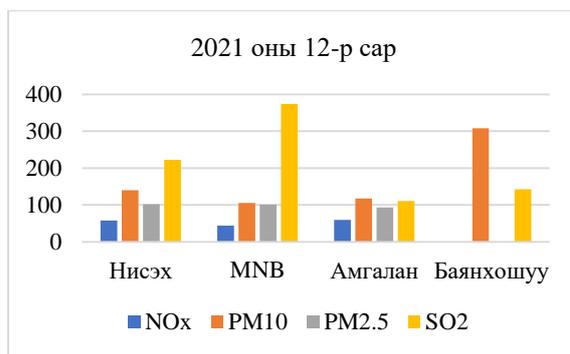
2021 оны 2-р сарын байдлаар NO_x, PM2.5, SO₂-ын агууламж мөн л MNB буюу зурагтад байрлах агаарын чанарын харуулд хамгийн их бүртгэгдсэн

байна. PM10 буюу том ширхэглэгт тоосонцрын агууламж Баянхошуунд бусад харуулуудтай харьцуулахад хамгийн их буюу агаарын чанарын хүлцэх агууламжаас 45.57 мг/м³ буюу 31.3 хувиар их байна. Харин хүхэрлэг хийн агууламж Баянхошуу (агаарын чанарын хүлцэх агууламжаас 124.43 мг/м³ буюу 71.33 хувиар их, өмнөх сараас 35.36 мг/м³ буюу 20.27 хувиар буурсан) болон MNB (агаарын чанарын хүлцэх агууламжаас 99.67 мг/м³ буюу 66.59 хувиар их, өмнөх сараас 190.64 мг/м³ буюу 56.01 хувиар буурсан) дэх агаарын чанарын харуулуудад их үзүүлэлттэй байна. Энэхүү графикаас харахад 2021 оны 2-р сард агаар бохирдуулах бодисуудын агууламж өмнөх сараас багассан байна.



3-р зураг. 2021 оны III сард суурин харуулууд дээрх бохирдуулах бодисуудын агууламж

2021 оны 3-р сард өмнөх сартай харьцуулахад бохирдол багассан байгаа нь цаг агаар дулаарч байгаатай холбоотой юм. Нисэх (60.55 мг/м³) болон Амгалан(40.01 мг/м³)-ийн агаарын чанарын суурин харуулын хэмжилтээр SO₂-ийн агууламж харьцангуй бага байгаа бол MNB-д 142.24 мг/м³ байгаа нь агаарын чанарын хүлцэх агууламжаас 35.15 хувиар их, өмнөх сараас 7.43 мг/м³ буюу 5.36 хувиар буурсан байна.

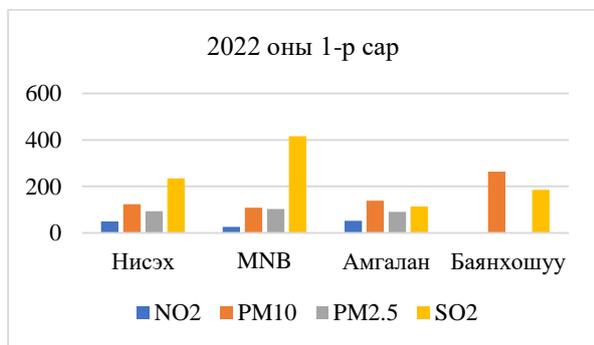


4-р зураг. 2021 оны XII сард суурин харуулууд дээрх бохирдуулагчдын агууламж

12-р сар бол хамгийн хүйтэн саруудын нэг юм. Энэ сард айл өрхүүдийн нүүрсний хэрэглээ харьцангуй ихэсдэг. Гэр хорооллын төвлөрөл ихтэй зурагт орчимд SO₂-ын агууламж 374.13 мг/м³ буюу өмнөх сараас 67.11 хувь ихэссэн үзүүлэлттэй байна. Харин

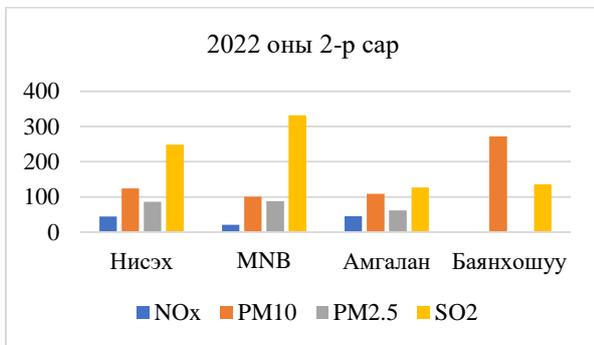
нисэх орчимд SO₂-ын агууламж 222.78 мг/м³ буюу өмнөх сараас 48.15 хувь ихэссэн үзүүлэлттэй байна.

2022 оны Хүйтний улирлын агаарын чанарын мэдээ



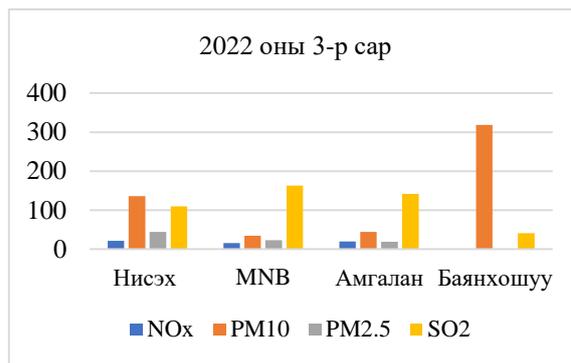
5-р зураг. 2022 оны I сард суурин харуулууд дээрх бохирдуулах бодисуудын агууламж

2022 оны 1-р сарын сарын байдлаар нисэх орчимд SO₂-ын агууламж 235.30 мг/м³ байна. Энэ өмнөх оны мөн үеийнхээс 21.7 мг/м³ буюу 9.2 хувиар их байна. Харин зурагтад байрлах MNB агаарын чанарын харуулд SO₂-ын агууламж 416.09 мг/м³ ба энэ нь агаарын чанарын хүлцэх агууламжаас 366.09 мг/м³ буюу 87.98 хувиар их үзүүлэлттэй байна. Энэ нь өмнөх оны мөн үеийнхээс 18.21 хувиар ихэссэн үзүүлэлттэй байгаа нь бусад харуулын хэмжилттэй харьцуулахад хамгийн өндөр байна. Энэ оны 1-р сард бүртгэгдсэн SO₂-ын агууламж нь өмнөх онуудаас хамгийн их бүртгэгдсэн хэмжээ болсон.



6-р зураг. 2022 оны II сард суурин харуулууд дээрх бохирдуулагчдын агууламж

2022 оны 2-р сард Нисэх болон MNB дэх агаарын чанарын харуулуудад SO₂ -ын агууламж хэвийн хэмжээнээс хэт давсан үзүүлэлттэй байна. Зурагт/MNB/-ын агаарын чанарын харуулд SO₂-ын агууламж 331.25мг/м³ буюу өмнөх сараас 20.4 хувь буурсан үзүүлэлттэй байна. Харин нисэх орчимд SO₂-ын агууламж 248.63мг/м³ буюу өмнөх сараас 5.2 хувь ихэссэн үзүүлэлттэй байна. PM₁₀ тоосонцрын агууламж нь бусад харуулуудаас Баянхошуун дахь агаарын чанарын харуулд хамгийн их 271.64 мг/м³ буюу өмнөх сараас 3.4 хувиар ихэссэн үзүүлэлттэй байна.



7-р зураг. 2022 оны III сард суурин харуулууд дээрх бохирдуулагчдын агууламж

Графикаас харахад Баянхошуун дахь агаарын чанарын харуулд PM₁₀ тоосонцрын агууламж 318.13 мг/м³ буюу өмнөх сараас 14.61 хувиар ихэссэн үзүүлэлттэй байна. 2019 онд сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхэлснээс хойш PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x-ын хэмжээ харьцангуй багассан үзүүлэлттэй байгаа боловч SO₂ хүхэрлэг хийн агууламж ихэссэн үзүүлэлттэй байна. SO₂-ийн агууламж MNB агаарын чанарын харуулд 162.64 мг/м³ буюу өмнөх сараас 12.54 хувиар их байна.

Улаанбаатар хотын дүүргүүдээс гэр хорооллын эзлэх хувь хамгийн их дүүрэг нь Сонгинохайрхан дүүрэг юм. Тиймээс Сонгинохайрхан дүүрэгт байрладаг агаарын чанарын суурин харуулуудын мэдээг Нисэх, Амгалан зэрэг бусад дүүргүүдийн харуулуудтай харьцуулан дүгнэлт хийсэн билээ. Энэхүү харьцуулалтаас үзэхэд гэр хорооллын нягтрал ихэссэн Зурагт, Баянхошуунд агаар бохирдуулагч SO₂ хүхэрлэг хийн агууламж нь бусад харуулуудын хэмжилтийн дүнгээс даруй 2-3 дахин их байна.

III. ГЭРИЙН ЗУУХНЫ ТҮЛШНИЙ ШАТАЛТААС ҮҮСЭХ АГААР БОХИРДУУЛАХ БОДИСУУДЫН ЯЛГАРЛЫН СУДАЛГАА

A. Гэр хорооллын айл өрхийн зуухны галлагааны давтамжийн судалгаа

Гэр хорооллын айл өрхийн өдөрт галлах давтамж нь агаарт ялгарах хүхэрлэг хийн агууламжтай шууд хамааралтай юм. Иймд Microsoft Office Forms платформоор нэг өрх өдөрт хэдэн удаа ахуйн зууханд галлагаа хийдэг талаар “Танай өрх өдөрт хэдэн удаа галладаг вэ?” гэсэн асуулт тавьж математик статистик боловсруулалт хийн өөрийн бичиж буй судалгааны ажилдаа ашигласан болно. Гэр хорооллын 1 айл өрх өдөрт галлах давтамжийг олноор жилд хэрэглэх нүүрсний зарцуулалтын хэмжээ, түүнээс ялгарах бохирдуулах бодисын хэмжээг тооцох боломж бүрдэнэ. Дээр дурдсан судалгааг 2000 айл өрхөөс авсан ба математик алдааг гаргаж 95% магадлалын хүрээнд нэг айл өрх өдөрт дунджаар хэдэн удаа галладаг талаар бодсоноо доор бичсэн болно.

Математик статистик боловсруулах арга зүй.

Microsoft Office Forms-с авсан 2000 ширхэг тоон олонлогийг MS Office Excel программаар хөрвүүлэн ашиглана. Гарах тоон мэдээллийг 95% хувийн магадлалтайгаар тооцож бодно.

Арифметик дундаж нь төвийн хандлагыг тодорхойлох нэг гол үзүүлэлт юм.

Дундаж тооцох: Доорх томъёо гишүүдийн нийлбэрийг тооцож гарган, утгуудын нийт нийлбэрийн тоонд хуваана.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_n}{n} \quad (1)$$

$\sum_{i=1}^n x_n$ – Ажиглалтын утга.

n – Түүврийн хэмжээ.

Стандарт хазайлт: Сарнилын нэгэн тоон үзүүлэлт бол дундаж хазайлт юм. Хувьсагчийн утга нэг бүр дунджаасаа ямар ялгаатайг тухайн утгуудаас дунджийг хасаж олно.

$$\Delta x_n = x_n - \bar{x} \quad (2)$$

x_n – хэмжилтийн утгууд.

\bar{x} – дундаж.

Хазайлтын үзүүлэлтүүд нь тархах болон дунджийн талаарх үр дүнг тодорхойлно.

Стандарт квадрат хазайлт:

$$\Delta x_n^2 = (x_n - \bar{x})^2 \quad (3)$$

Түүврийн дисперс: тархалтын цувааны аль нэг утга дундаж утгаас их, бага ямар нэгэн хэмжээгээр зөрүүтэй байдаг бөгөөд энэ зөрүүг нь хазайлт гэнэ. Мөн хэлбэлзэл ч гэнэ. Хувьсагчийн утга дунджаасаа хазайх хазайлтын квадратуудын дунджийг дисперс гэнэ. Дисперсийг S_x^2 гэж тэмдэглэнэ.

$$S_n^2 = \frac{\sum \Delta x_n^2}{n} \quad (4)$$

Стандарт хазайлт: /Дунджаас хазайх хазайлт/ Дисперсийг тооцоолсны дараа түүний квадрат язгуурыг олно. Дисперсийн квадрат язгуурыг стандарт хазайлт гээд S_x -ээр тэмдэглэнэ. Стандарт хазайлт нь хувьсагчийн утгуудын хазайлт дундаж утгатайгаа харьцангуй хэрхэн тархсаныг илэрхийлнэ. Хувьсагчийн утгуудын ялгаа их байвал стандарт хазайлт нь их, тэгтэй тэнцүү үед хувьсагчийн утгууд дунджийнхаа хувьд адил тархалттай байдаг байна.

$$S_n = \sqrt{S_n^2} \quad (5)$$

Тархалтын хэлбэр:

$$-t \leq \frac{x - \mu}{S_x} \leq t \quad (6)$$

t – магадлалын утга.

Магадлал t нь:

Итгэх магадлал	0.90	0.95	0.99	0.9973	0.999
Квантил	1.64	1.96	2.58	3.00	3.37

Дээрх арга зүйгээр математик статистик боловсруулалт хийсэн үр дүнг хүснэгт 2-т үзүүлэв.

2-р хүснэгт. Математик статистик боловсруулалтын үр дүн

№		Томъёо	Үр дүн
1.	<i>Арифметик дундаж</i>	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_n}{n}$	2.137
2.	<i>Стандарт хазайлт:</i>	$\Delta x_n = x_n - \bar{x}$	
3.	<i>Стандарт квадрат хазайлт:</i>	$\Delta x_n^2 = (x_n - \bar{x})^2$	
4.	<i>дисперс</i>	$S_n^2 = \frac{\sum \Delta x_n^2}{n}$	
5.	<i>Стандарт хазайлт:</i>	$S_n = \sqrt{S_n^2}$	1.073
6.	<i>Тархалтын хэлбэр:</i>	$-t \leq \frac{x - \mu}{S_n} \leq t$	$0.034 \leq \mu \leq 4.240$

Дүгнэлт

1. Нийт судалгаанд оролцсон айл өрхүүдийн 35.15 хувь нь өдөрт – 2 удаа, 32.55 хувь нь өдөрт – 3 удаа, 15.95 хувь нь өдөрт – 4 удаа, 16.35 хувь нь өдөрт – 1 удаа галладаг гэж хариулжээ.
2. Математик статистик боловсруулалтын үр дүнгээр нэг айл өрх өдөрт хамгийн ихдээ 4.24 удаа өөрөөр хэлбэл 4 удаа, хамгийн багадаа 0.034 удаа, дунджаар өдөрт 2.1 удаа буюу 2 удаа галладаг тооцоо гарлаа.

В. Гэр хорооллын айл өрхийн ахуйн хэрэглээний зуухны ялгарлын судалгаа

Улаанбаатар хотын хүйтний улирлын агаарын бохирдлын 80 хувийг гэр хороолол, 10 хувь орчмыг авто тээврийн хэрэгсэл, 6 орчим хувь нь дулааны цахилгаан станц, үлдсэн хэсгийг шороо, тоосжилт зэрэг бусад эх үүсвэрээс үүдэлтэй хаягдал эзэлж байна. Агаар бохирдуулах томоохон эх үүсвэр болох гэр хорооллын ахуйн хэрэглээний зууханд сайжруулсан болон уламжлалт зуух хамаарагдана. Агаарын бохирдлын суурин эх үүсвэрийн 2021 оны улсын нэгдсэн тоо, бүртгэлийн дүнгээр Улаанбаатар хотын хэмжээнд 3-15кВт хүртэлх хүчин чадалтай 130798 зуух бүртгэгдсэний 59.7 хувь буюу 78203 өрх нь энгийн уламжлалт зуух, 40.3 хувь буюу 52595 өрх нь сайжруулсан зуух ашигладаг[5].

3-р хүснэгт. Ахуйн хэрэглээний гэрийн зуухны тоо (3-15 кВт хүчин чадал)

Дүүрэг	Гэрийн зуух	
	Ердийн	Сайжруулсан
Баянгол	5105	2542
Баянзүрх	15665	11001
Сонгинохайрхан	31867	20881
Сүхбаатар	6032	5173
Хан-Уул	7461	4469
Чингэлтэй	12073	8529
Нийт	78203	52595

<https://aprd.ub.gov.mn/>

Гэрийн зуухыг талбайн эх үүсвэрээр авсан ба ялгарлын хэмжээг дараах томъёог ашиглан тооцоолсон.

$$E = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^2 (AD_{i,j,k} \times EF_{j,k} \times 1000) \quad (7)$$

E- ялгарлын хэмжээ

$AD_{i,j,k}$ - Түлш “j” зуух “k”-ын жилийн зарцуулалт (тонн/жил)

$EF_{j,k}$ - Түлш “j” зуух “k”-ын ялгарлын коэффициент (кг/тн түлш)

N – Хороодын тоо [6]

2019 оны 5 сарын 15-ны өдрөөс эхлэн түүхий нүүрсийг хориглосон тул ахуйн хэрэглээний гэрийн зуух нь сайжруулсан шахмал түлшний хэрэглээнд бүрэн шилжсэн. Иймд 2021 оны түлшний зарцуулалт нь сайжруулсан шахмал түлшний зарцуулалтын хэмжээ юм. Ахуйн хэрэглээний гэрийн зуухны түлшний зарцуулалтын тоон мэдээг суурин эх үүсвэрийн бүртгэлийн судалгааны мэдээлэлд хороо тус бүрээр болон байшингаар ангилсан зарцуулалтын хэмжээ байсан ч зуухны төрлөөр ангилсан тоон мэдээ байгаагүй учраас гэр байшингаар ангилан уламжлалт зуух болон сайжруулсан зуухны тооны харьцааг түлшний зарцуулалтын хэмжээгээр үржүүлж, зуухны төрлөөр түлшний зарцуулалтыг тооцоолж гарсан.



А. Ердийн зуух Б. Сайжруулсан зуух
7-р зураг. Зуухны төрөл

Энэхүү нэг зууханд оногдох нүүрсний зарцуулалтын хэмжээг тооцохдоо өрхийн нэг удаагийн түлшний хэмжээг сайжруулсан зуухны хувьд 3.42 кг/өдөр, харин ердийн зуухны хувьд 3.12 кг/өдөр гэж тооцоолсон ба 1 өрх өдөрт 2 удаа галладаг гэж үзвэл өдрийн түлшний хэмжээ нь сайжруулсан зуухны хувьд 6.84 кг/өдөр, ердийн зуухны хувьд 6.24 кг/өдөр гэсэн тооцоо гарч байна.

4-р хүснэгт. Нэг зууханд оногдох жилийн нүүрсний зарцуулалт

Хэрэглээ	Ердийн зуух	Сайжруулсан зуух
Сайжруулсан шахмал түлш	2.27	2.50

Нэгж: тн/жил

Ашигласан тоон өгөгдөл нь бодит судалгааны тоо биш зуухны тоог 1 зууханд оногдох түлшний зарцуулалтын хэмжээгээр үржүүлж баримжаалан тооцоолж гаргасан тоо хэмжээ юм.

5-р хүснэгт. Гэрийн зуухны нүүрсний зарцуулалтын хэмжээ

Зуухны төрөл	2018	2021
	Түүхий нүүрс	Сайжруулсан түлш
Ердийн зуух	202679.5	178637.4
Сайжруулсан зуух	153701.9	131998.7

Нэгж: тн/жил

Гэрийн зуухны ялгарлын коэффициент

2019 оны 5 сарын 15-ны өдрөөс хойш ахуйн хэрэглээний гэрийн зуух нь сайжруулсан шахмал түлшний хэрэглээнд бүрэн шилжсэн. 2018 онд тооцоолсон түлшний ялгарлын коэффициент байсан. Харин 2021 оны байдлаар гэрийн зуухны сайжруулсан шахмал түлшний шаталтын ялгарлын коэффициент нь зөвхөн сайжруулсан (төслийн) зууханд тодорхойлогдож, уламжлалт зуух (гэрийн зуух) -нд шатаах үеийн хаягдлын утга байхгүй байсан. Иймд сайжруулсан зуухны хаягдал угааны хэмжилтийн дүнд тулгуурлан сайжруулсан түлшний ялгарлын коэффициентыг тодорхойлсон дүнг бүх зуухны төрөлд адилхан гэж авч үзсэн.

6-р хүснэгт. Зуухны төрлөөр түлшний ялгарлын коэффициент

Зуухны төрөл	SO ₂	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀
	2018 он			
	Түүхий нүүрс			
Ердийн зуух	3.32	1.15	6.23	5.61
Сайжруулсан зуух	3.32	0.93	1.23	1.10
Зуухны төрөл	2021 он			
	Сайжруулсан нүүрс			
Ердийн зуух	12.02	3.04	1.77	1.59

Сайжруулсан зуух	12.02	3.04	1.77	1.59
------------------	-------	------	------	------

^B Air pollutant emission inventory guidebook 2016, 1.A.4 Small combustion-д үндэслэсэн ЖАЙКА техникийн хамтын ажиллагааны төслийн утааны хийн хэмжилтийн утга.

Бохирдуулах бодисын ялгарлын хэмжээг Microsoft Excel программыг ашиглан зуух болон түлшний төрөл бүрээр “sheet” үүсгэн тооцоолж тэдгээрийн нийт ялгарлын хэмжээ нь total emission sheet-д нэгтгэгдэх байдлаар боловруулсан.

Бохирдуулах бодисын ялгарлын тооцооллын дүнг 7-р хүснэгтэд үзүүлэв.

7-р хүснэгт. Ахуйн хэрэглэний зуухны ялгарлын хэмжээ

Бохирдуулагч	2018	2021
SO ₂	1655.0	5648.5
NO _x	538.5	1582.8
PM2.5	2948.5	1510.1
PM10	2669.7	1394.2

Нэгж: тн/жил

Ахуйн хэрэглэний гэрийн зуухны ялгарлын хэмжээг дүүрэг тус бүрээр ангилан 8-р хүснэгтэд харуулав.

8-р хүснэгт. Ахуйн хэрэглэний гэрийн зуухны ялгарлын хэмжээ, дүүргээр

Дүүрэг	SO ₂	NO _x	PM2.5	PM10
Баянгол	490.6	126.4	82.4	74.7
Баянзүрх	961.3	281.7	311.3	289.0
Сонгинохайрхан	2342.8	651.5	604.1	557.1
Сүхбаатар	519.6	145.5	138.7	128.0
Хан-Уул	567.9	157.7	145.5	134.1
Чингэлтэй	766.3	220.0	228.1	211.2
Нийт	5648.5	1582.8	1510.1	1394.2

Сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхлэхээс өмнөх онуудад гэрийн зуухны шаталтаас гарах бохирдуулах бодисуудаас PM10 болон PM2.5 тоосонцрын хэмжээ их байсан бол 2020 оны хувьд SO₂ буюу хүхэрлэг хийн хэмжээ их болсон байна. Өөрөөр хэлбэл 2018 онд хүхэрлэг хийн жилийн дундаж агууламж 1655.0 тн/жил байсан бол 2021 оны байдлаар 5648.5 тн/жил болж өмнөх оноос 3993.6 тн/жил буюу 70.7 хувиар өссөн үзүүлэлттэй байна.

Мөн гэрийн зуухны ялгарлын хэмжээг дүүргүүдээр хуваан авч үзэхэд Сонгинохайрхан дүүрэгт 2342.8 тн/жил буюу бусад дүүргүүдтэй харьцуулахад 58.9-79.05 хувиар их байна.

IV. ДҮГНЭЛТ

2021 оны 1-р сард MNB дэх агаарын чанарын суурин харуулд бүртгэгдсэн SO₂ -ын агууламж нь өмнөх онуудаас хамгийн их бүртгэгдсэн хэмжээ болсон. 2022 оны 1-р сарын сарын байдлаар нисэх орчимд SO₂-ын агууламж 235.30 мг/м³ байна. Энэ нь өмнөх оны мөн үеийнхээс 21.7 мг/м³ буюу 9.2 хувиар их байна. Харин MNB дахь агаарын чанарын харуулд SO₂-ын агууламж 416.09 мг/м³ буюу агаарын чанарын хүлцэх агууламжаас 366.09 мг/м³ буюу 87.98 хувиар их үзүүлэлттэй байгаа бөгөөд өмнөх оны мөн үеийнхээс 18.21 хувиар ихэссэн үзүүлэлттэй байгаа нь бусад харуулын хэмжилттэй харьцуулахад хамгийн өндөр байна. Сайжруулсан шахмал түлш хэрэглэж эхлэхээс өмнөх онуудад гэрийн зуухны шаталтаас гарах бохирдуулах бодисуудаас PM10 болон TSP-ын хэмжээ их байсан бол 2020 оны хувьд SO₂ буюу хүхэрлэг болсон байна. Өөрөөр хэлбэл 2018 онд хүхэрлэг хийн жилийн дундаж агууламж 1655.0 тн/жил байсан бол 2021 оны байдлаар 5648.5 тн/жил болж өмнөх оноос 3993.6 тн/жил буюу 70.7 хувиар өссөн үзүүлэлттэй байна. Мөн гэр зуухны ялгарлын хэмжээг дүүргүүдээр хуваан авч үзэхэд Сонгинохайрхан дүүрэгт 2342.8 тн/жил буюу бусад дүүргүүдтэй харьцуулахад 58.9-79.05 хувиар их байна. Иймээс Улаанбаатар хотын агаар бохирдуулах хүхэрлэг хийн агууламжийн өсөлтийн голлох эх үүсвэр нь гэр хороолол байна. Одоо ашиглаж буй сайжруулсан шахмал түлшинд агуулагдах хүхрийн хэмжээ их байгаагаас хамааран агаар дахь хүхэрлэг хийн агууламж их байна.

НОМЗҮЙ

- [1] www.1212.mn/mn
- [2] Л.Мөнхмандах, Улаанбаатар хотын агаарын чанарын индексийг боловсруулах аргачлалын судалгаа /магистрын судалгаа/, Улаанбаатар хот, 2020 он.
- [3] Ж.Цэен-Ойдов, С.Батмөнх. Дулааны станц, Улаанбаатар хот, 2021 он.
- [4] Д.Дариймаа, Нүүрсэн шахмал түлшний шинжилгээний дүн, Улаанбаатар хот, 2022 он
- [5] <https://aprd.ub.gov.mn/>
- [6] Агаарын бохирдлын ялгарлыг тооцох гарын авлага, Жайка Монгол улсын Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын хяналтын чадавхыг бэхжүүлэх төсөл

ДУНД ДАРАЛТЫН ЗУУХНЫ ТЭЖЭЭЛИЙН НЭМЭЛТ УСЫГ БОЛОВСРУУЛАХАД АНИОНИТ ШҮҮЛТҮҮРИЙГ АШИГЛАСАН ТУРШИЛТЫН АЖИЛ, ҮР ДҮН

Б.Амарбаатар¹, Б.Оюунсүвд²

¹ Монгол улс, Дархан –Уул аймаг, “Дарханы ДЦС” ТӨХК

² Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

¹ amar99000214@gmail.com, ² oyunsuvd@must.edu.mn

Хураангуй

“Дарханы Дулааны Цахилгаан Станц” ТӨХК нь зуухны тэжээлийн нэмэлт усыг боловсруулах технологид устөрөгч катионит шүүлтүүр бүхий гурван шатлалтай ионит шүүлтүүрийг ашигладаг схемтэй байв. Устөрөгч катионит шүүлтүүрийн сэргээлтэд ууршилт ихтэй, химийн хортой бодисын аюулын зэрэглэл өндөртэй бодис болох хүхрийн хүчлийг тогтмол ашигладаг учраас ажиллагсдын эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлөх, хүхрийн хүчлийн өртөг зардал өндөр, хүчил агуулсан усыг их хэмжээгээр хаях, хүхрийн хүчил хэрэглэснээс тоног төхөөрөмж, шугам хоолойн металл гадаргуу цоорч ашиглалтын хугацаа буурах зэрэг сөрөг үр дагавар их гарч байв. Иймээс хүхрийн хүчил хэрэглэхгүй, мөн декарбонизаторын төхөөрөмж ашиглахгүйгээр үүсвэр усны ерөнхий шүлтлэгийг бууруулах зорилгоор дунд даралтын цахилгаан станцын тэжээлийн нэмэлт усыг боловсруулахад анионит шүүлтүүрийг ашигласан туршилтын ажлын үр дүнг авч үзсэн болно. Технологийн өөрчлөлт нэвтрүүлснээр хими цехэд техникийн хүчтэй хүхрийн хүчлийг огт хэрэглэхгүй болж, тоног төхөөрөмжийн засварын зардлыг бууруулах нөхцөл бүрдсэн бөгөөд байгаль орчинд ээлтэй ус боловсруулах технологийг үйлдвэрлэлд нэвтрүүлсэн техник- технологийн оновчтой шийдэл болсон.

Түлхүүр үг- ерөнхий шүлтлэг, шингээлтийн ажлын багтаамж, сэргээлтийн бодисын хувийн зарцуулалт, филтритцикл

I. ОРШИЛ

“Дарханы Дулааны Цахилгаан Станц” ТӨХК нь өнгөрсөн 58 жилийн хугацаанд үндсэн тоноглолын найдвартай ажиллагааг хангах, станцын нэгж хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх зэрэг 3 удаа томоохон шинэчлэлийн ажлыг хийсэн боловч зуухны тэжээлийн нэмэлт усыг боловсруулах хими ус бэлтгэлийн хэсэгт ус боловсруулах технологийг боловсронгуй болгох, химийн хортой бодисын хэрэглээг бууруулах, дэвшилтэт технологи нэвтрүүлэх талаар ямар нэг техникийн бодлого шинэчлэлийг хийж байгаагүй билээ.

Үүсвэр түүхий усанд агуулагдах анион ба катионууд нь усны температур өндөрсөх тутам өөр хоорондоо нэгдэж, янз бүрийн уусдаггүй хатуу фазуудыг үүсгэдэг бөгөөд эдгээр нь шугам хоолой, халах гадаргуу, арматуруудад маш бат бэх, хатуу хаг хусам үүсгэх, зэврэлтэнд оруулах аюултай байдаг. Ийм учраас дунд даралтын зуухны нэмэлт усыг боловсруулж зөөлрүүлэхдээ уснаас зөвхөн хатуулгийн ионуудыг салгахаас гадна карбонат хатуулаг буюу ерөнхий шүлтлэгийг бууруулах зайлшгүй шаардлага гардаг.

Хими цех нь боловсруулсан усны хэмжээнээс хамаарч 2021 он хүртэл нэг жилд дунджаар 42-45 тонн 92%-ийн техникийн хүхрийн хүчлийг усны ерөнхий шүлтлэгийг бууруулахын тулд хэрэглэсэн тооцоо байна [1]. 2019 онд тус станцад 35 МВт-ын чадалтай турбингенератор суурилуулснаар ажиллах зуухны тоо нэмэгдэж, нэмэлт усны тоо хэмжээ ч бас

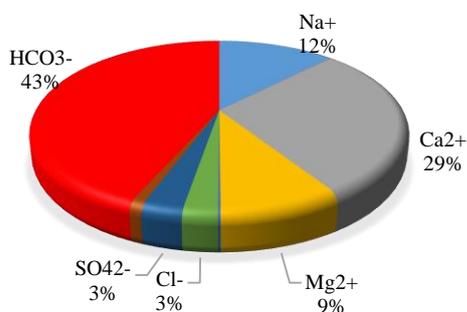
өссөн байна. Үүнтэй уялдан ус боловсруулах технологид хэрэглэдэг техникийн хүхрийн хүчлийн хэрэглээ нэмэгдсэн. Иймээс анионит шүүлтүүр ашиглан үүсвэр түүхий усны ерөнхий шүлтлэгийг бууруулах туршилт хийж, шүүлтүүрийн ажиллагааг тодорхойлох үндсэн үзүүлэлт болон боловсруулсан усны чанарын өөрчлөлтийг өмнөх технологитой харьцуулан үзүүлсэн.

Хими цехэд ирж байгаа түүхий усны чанарын дундаж үзүүлэлтийг 1-р хүснэгт болон усанд агуулагдах зонхилох ионуудын эзлэх хувийг 1-р зурагт тус тус үзүүлэв[2].

1-Р ХҮСНЭГТ. ТҮҮХИЙ УСНЫ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Үзүүлэлтүүд	Хэмжих нэгж	
	мг/л	мг-экв/л
Ерөнхий хатуулаг	-	4.1
Карбонатын хатуулаг	-	4.74
pH	-	8.32
Ca ²⁺	62.52	3.12
Mg ²⁺	11.91	0.98
Na ⁺	30.9	1.34
HCO ₃ ⁻	289.14	4.74
SO ₄ ²⁻	16.0	0.33
Cl ⁻	22	0.62
NO ₃ ⁻	6.16	0.099
NO ₂ ⁻	0.0033	0.00007

Үзүүлэлтүүд	Хэмжих нэгж	
	мг/л	мг-экв/л
SiO ₃ ²⁻	7.15	0.188
Давслаг	352.5	-



1-р зураг. Түүхий усанд агуулагдаж байгаа зонхилох ионуудын эзлэх хувь

Усны чанарын шинжилгээгээр нийт зонхилох ионы 43 %-ийг гидрокарбонат, 29%-ийг кальци, 12%-ийг натри, 9%-ийг магни, хлор болон сульфатууд 3%-ийг тус тус эзэлж байна. Хими цехийн үүсвэр усанд агуулагдах гидрокарбонатын хэмжээ 250-290 (мг/дм³), сульфатын агуулалт 10-29 (мг/дм³), нитрат нитритүүдийн нийлбэр 2,2-6,4 (мг/дм³), тэдгээрийн харьцаа 1,9 - 6 байгаа нь натри-хлор ионжуулалтын технологийг ашиглах нөхцөлийг хангаж байна.

II. ТУРШИЛТЫН ЯВЦ, ҮР ДҮН

Шинэчилсэн схемийн дагуу хуучин устөрөгч катионит шүүлтүүрийн ажиллагаагаар ажиллаж байсан шүүлтүүрийг натри катионитын 1-р шатны ажиллагаанд схемийн өөрчлөлтгүйгээр шилжүүлсэн. Харин натрийн 1-р шат ба 2-р шатны шүүлтүүрийн ажиллагаанд байсан шүүлтүүрүүдийн ажиллагааны схемд өөрчлөлт хийж хуучин натрийн 1-р шатны ажиллагаагаар ажиллаж байсан шүүлтүүрүүдийг хлор анионит шүүлтүүрт бүрэн шилжүүлсэн. Эдгээр шүүлтүүрт хүчтэй суурийн анионит ион солилцооны шүүх материал болох БНХАУ-д үйлдвэрлэгдсэн 201-7(717) маркийн шүүх материалыг ачаалсан [3]. Туршилтын ажил эхлэхийн өмнө анионит шүүлтүүрийн шүүх үеийг натри хлоридын давсны 6-10 %-ийн уусмалд 4-8 цагийн турш сойсны дараа сийрэгжилтийг 15 минутын турш явуулсан. Анионит шүүх материалыг сэргээхдээ сэргээлтийн бодис болох натри хлоридын давсны уусмалыг түүний концентрациас хамаарч 25-45 минутын хугацаанд өгч байв. Шүүгдсэн усны дээжийг 1-2 цаг тутамд шүүлтүүрийн орох ба гарах цэгээс авч шүлтлэг, хатуулаг зэрэг үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон. Шүүлтүүр бүрийг сэргээлтэнд зогсоохдоо гарах усны шүлтлэгийн хэмжээ 1.5 мг-экв/л болох үед зогсоож сэргээж байсан ба анионит шүүлтүүр тус

бүрт 3 удаа туршилтыг давтан явуулж сүүлийн хоёр туршилтын үр дүнгээр шүүлтүүрийн ажиллагааны тооцоог хийсэн. Хлор анионит шүүлтүүрт орох усны температур туршилтын үед 27-30.5°С байсан. Туршилтын үеийн шинжилгээний үр дүнг нэгтгэн 2 ба 3-р хүснэгтэд тус тус үзүүлэв.

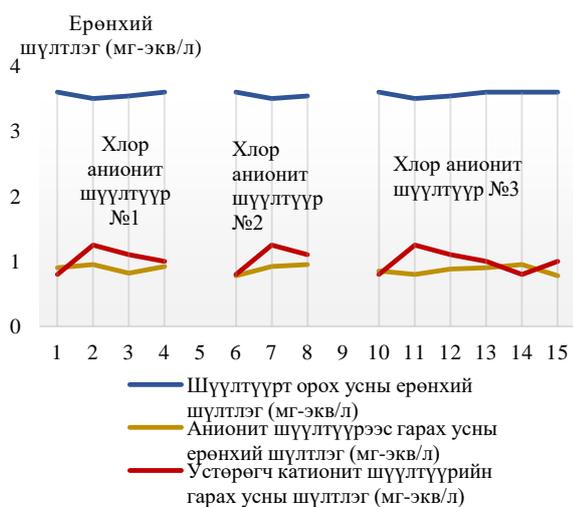
2-Р ХҮСНЭГТ. ТУРШИЛТЫН ҮЕИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ҮР ДҮН

Хлор анионит шүүлтүүр №1				
Шүүлтүүрт орох усны ерөнхий шүлтлэг, мг-экв/л	Анионит шүүлтүүрээс гарах усны ерөнхий шүлтлэг, мг-экв/л	Устөрөгч катионит шүүлтүүрийн гарах усны шүлтлэг, мг-экв/л	Шүүлтүүрт орох усны хлор, мг/л	Анионит шүүлтүүрээс гарах усны хлор, мг/л
3.6	0.9	0.8	20.4	236.4
3.5	0.95	1.25	22.1	220.1
3.54	0.82	1.1	21.6	208.6
3.6	0.92	1	20.9	198.6
Хлор анионит шүүлтүүр №2				
3.6	0.78	0.8	20.4	158.4
3.5	0.92	1.25	22.1	201.3
3.54	0.95	1.1	21.6	194.3
Хлор анионит шүүлтүүр №3				
3.6	0.85	0.8	20.4	218.2
3.5	0.8	1.25	22.1	231.1
3.54	0.88	1.1	21.6	199.8
3.6	0.9	1	20.9	201.6
3.6	0.95	0.8	22	168.9
3.6	0.78	1	21	190.6

3-Р ХҮСНЭГТ. ТУРШИЛТЫН ҮЕИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ҮР ДҮН

Шүүлтүүрт орох усны давслаг мг/л	Хлор анионит шүүлтүүр №1		
	Анионит шүүлтүүрээс гарах усны давслаг мг/л	Шүүлтүүрт орох усны рН	Анионит шүүлтүүрээс гарах усны рН
210.2	218.4	8.41	8.12
215.4	234.5	9.03	7.96
206.4	218.7	8.52	8.04
198.8	201.6	8.34	8.12
Хлор анионит шүүлтүүр №2			
281	287	9.19	8.55
254	290	8.08	7.69
246	238	9.01	8.25
Хлор анионит шүүлтүүр №3			
212	222	8.53	8.18
256	272.1	8.4	7.96
292	313	9.12	8.24
278	286	8.38	8.06
320	343	8.56	8.28
280	294	8.32	7.84

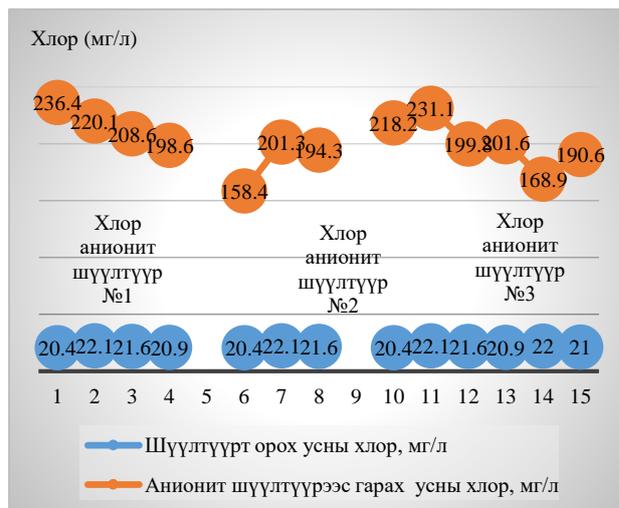
Шинжилгээний үр дүнгээс харахад анионит шүүлтүүрт орох усны ерөнхий шүлтлэг 3.5-3.6 мг-экв/л байсан бөгөөд шүүлтүүрээс гарах усны дундаж ерөнхий шүлтлэг 0.78-0.95 мг-экв/л байна. Хуучин ажиллаж байсан устөрөгч катионит шүүлтүүрийн дараах усны ерөнхий шүлтлэгтэй туршилтын үеийн үр дүнг харьцуулахад ерөнхий шүлтлэгийн дундаж хэмжээ 15 %-иар бага байв. Хлор анионит шүүлтүүрийн дараах усны дундаж шүлтлэгийг өмнөх устөрөгч катионит шүүлтүүрийн дундаж шүлтлэгтэй харьцуулж 2-р зургаар үзүүлэв.



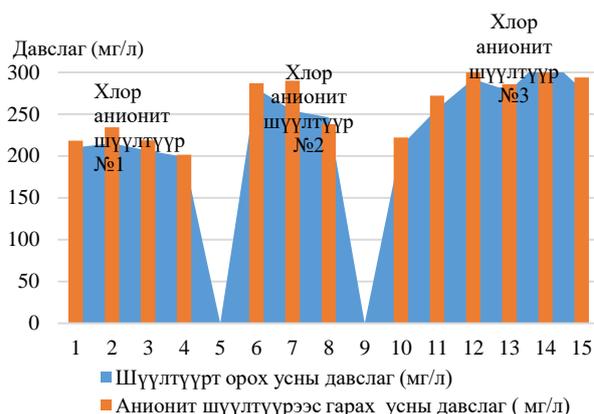
2-р зураг. Хлор анионит шүүлтүүрийн дараах усны дундаж шүлтлэгийг өмнөх устөрөгч катионит шүүлтүүрийн дундаж шүлтлэгтэй харьцуулсан нь

Зургаас харахад усны ерөнхий шүлтлэгийг хүхрийн хүчил хэрэглэж бууруулж байсан өмнөх технологи нь натри – хлор ионжуулалтын технологитой харьцуулахад түүхий усны шүлтлэгийг 0.8-1.25 мг-экв/л хүртэл бууруулж байсан байна.

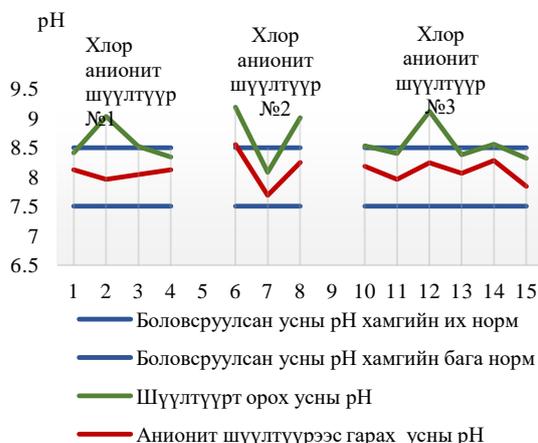
Туршилтын явцад анионит шүүлтүүрийн дараах усны чанарын үзүүлэлтийн зарим хэмжигдэхүүний хэмжээ хуучин технологитой харьцуулахад хэрхэн өөрчлөгдсөнийг харьцуулж авч үзсэн. Хлор анионит шүүлтүүр №1, №2, №3 тус бүрийн дараах усны хлорын агууламж, давслаг, рН зэрэг үзүүлэлтүүдийг шүүлтүүрт орж буй усны тус бүрийн дундаж агууламжтай харьцуулж 3,4,5-р зургуудаар тус тус харуулав.



3-р зураг. Хлор анионит шүүлтүүрийн дараах усны дундаж хлорын агууламжийг шүүлтүүрт орох усны дундаж хлорын агууламжтай харьцуулсан нь



4-р зураг. Хлор анионит шүүлтүүрийн дараах усны дундаж давслагийг шүүлтүүрт орох усны дундаж давслагтай харьцуулсан нь



5-р зураг. Хлор анионит шүүлтүүрийн дараах усны дундаж рН-ыг шүүлтүүрт орох усны дундаж рН-тай харьцуулсан нь

Дээрх 3,4,5-р зургуудаас харахад туршилтын үед хлор анионит шүүлтүүрээс гарч байгаа усны хлорын ионы агууламж орж байгаагаасаа ихсэж байгаа нь усанд агуулагдаж байгаа бүх анионыг хлорын ионоор сольсонтой холбоотой юм. Харин усны давслагийн агууламж бага зэрэг нэмэгдэж, рН-ийн үзүүлэлт нормт хэмжээндээ байна. Туршилтын үеийн шүүлтүүрүүдийн ажиллагаа, боловсруулсан усны чанарын үзүүлэлт нь устөрөгч катионит шүүлтүүргүйгээр үүсвэр усны шүтлэгийг бууруулах натри-хлор ионжуулалт хэвийн явагдаж байгааг харуулж байна. Мөн ерөнхий шүтлэгийн хамгийн бага хэмжээ 0.2 мг-экв/л - т хүрсэн.

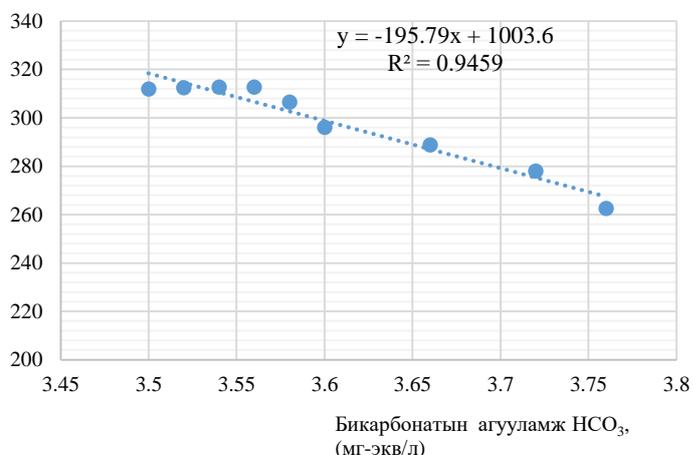
Анионит шүүлтүүрийн шүүлтийн доод хурдыг 8 м/цаг, дээд хурдыг 20 м/цаг-т хүргэж зарцуулалтын хэд хэдэн горимд туршилтыг явуулж, шүүх материалын ион солилцох чадварт ажиглалт хийв.

Хүчтэй суурийн анионит материалын ион солилцох чадвар шүүлтүүрийн хурд 8 м/цаг –аас багасахад буурч байсан тул ашиглалтын явцад анхаарч ажиллах шаардлага гарч байна. Үйлдвэрлэлийн туршилтын үр дүнг үндэслэн шүүх материалын бикарбонатаар тооцсон шингээлтийн ажлын багтаамж, сэргээлтийн бодисын хувийн зарцуулалтыг тооцож [4], үр дүнг 4-р хүснэгтэд, анионит шүүлтүүрийн шингээлтийн ажлын багтаамж, үүсвэр усны бикарбонатын агууламжаас хамаарах хамаарлыг 6-р зургаар, сэргээлтийн давсны хувийн зарцуулалт ба сэргээлт хоорондын хугацаанд боловсруулсан ус хоорондын хамаарлыг 7-р зургуудаар тус тус үзүүлэв.

4-Р ХҮСНЭГТ. ХЛОР АНИОНИТ ШҮҮЛТҮҮРҮҮДИЙН АЖИЛЛАГААНЫ ДУНДАЖ ҮЗҮҮЛЭЛТ

<i>Хлор анионит шүүлтүүрүүдийн үзүүлэлт</i>			
Шүүлтүүрт орох усны бикарбонатын ионы концентраци (мг-экв/л)	Нэг сэргээлтэд зарцуулсан давс, кг, NaCl	Сэргээлтийн бодисын хувийн зарцуулалт d, (г/г-экв)	Шингээлтийн ажлын багтаамж, E _p HCO ₃ , (г-экв/м ³)
3.6	310	209.52	296.00
3.54	320	272.8	312.65
3.5	350	299.25	311.90
3.52	318	232.66	312.45
3.72	330	243.79	278.00
3.66	325	217.19	288.80
3.58	328	226.14	306.45
3.56	320	277.06	312.64
3.76	345	283.95	262.50

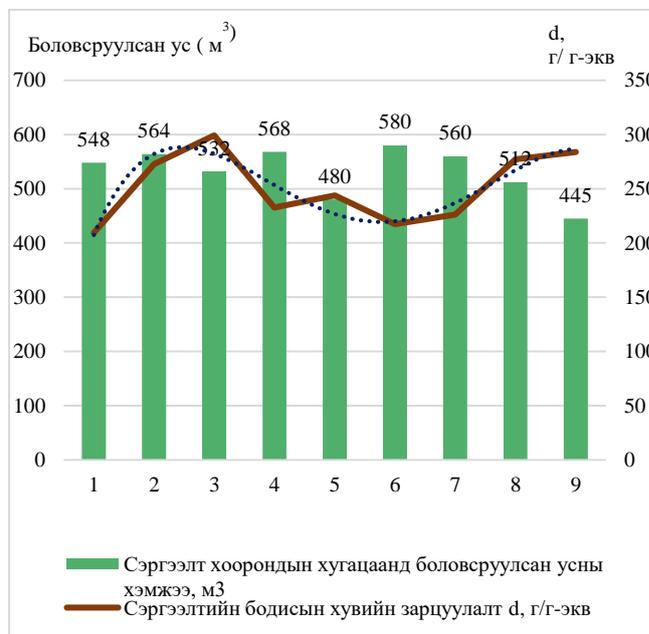
Анионит шүүлтүүрийн шингээлтийн ажлын багтаамж E_p HCO₃, (г-экв/м³)



6-р зураг. Анионит шүүлтүүрийн шингээлтийн ажлын багтаамж, үүсвэр усны бикарбонатын агууламжаас хамаарах хамаарал

Шингээлтийн ажлын багтаамж (E_p) –ийг тодорхойлсон регрессийн математик загвар нь:

$y = -195.79x + 1003.6$
 тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэх бөгөөд детерминацийн коэффициент $R^2 = 0.9459$ гарсан нь шүүлтүүрт орох усны бикарбонат (HCO₃⁻) -ын ионы хэмжээнээс шүүх материалын шингээлтийн ажлын багтаамж хүчтэй хамаарч байгааг харуулж байна [5], [6].



7-р зураг. Сэргээлтийн давсны хувийн зарцуулалт ба сэргээлт хоорондын хугацаанд боловсруулсан ус хоорондын хамаарал

7-р зургаас харахад сэргээлтийн бодисын хувийн зарцуулалт ба нэг филтэрициклд боловсруулсан усны хэмжээ хоёр хоорондоо урвуу хамааралтай нь

харагдаж байна. Өөрөөр хэлбэл нэг сэргээлт хоорондын хугацаанд 548 м^3 ус боловсруулахад натри хлоридын давсны хувийн зарцуулалтын утга 209,52 г/г-экв буюу хамгийн бага байсан байна.

Туршилтаар натри хлоридын давсны хувийн зарцуулалтын түр нормыг 230 г/г-экв байна гэж тогтоосон ба нэг сэргээлтэд 306 кг давс хэрэглэнэ.

ДҮГНЭЛТ

“Дарханы Дулааны Цахилгаан Станц” ТӨХК-ийн зуухны нэмэлт усыг анионит шүүлтүүр ашиглан боловсруулж, үүсвэр усны ерөнхий шүлтлэг буюу карбонат хатуулгийг бууруулах туршилтын ажил үйлдвэрлэлд үр дүнтэй нэвтэрсэн. Хуучин ашиглагдаж байсан хүхрийн хүчил хадгалах бак, аж ахуй, түүнийг дамжуулах шугам хоолой, насос, декарбонизаторын төхөөрөмж, байнгын ажиллагаанд байсан хийгүйжүүлэх 3-н салхилуур зэрэг олон үндсэн ба туслах тоноглолууд ашиглагдахгүй болсон. Үүсвэр усны карбонат хатуулгийг бууруулахын тулд 2019 онд 45 тонн 92%-ийн хүхрийн хүчил хэрэглэж байсан бол 2020 оны 07-р сараас эхлэн хүхрийн хүчил огт хэрэглэхгүй болсон. Хүхрийн хүчлийн оронд хлор анионжуулалтанд шилжсэн шүүлтүүрт нэг жилд дунджаар 160 тонн натри хлоридын давс зарцуулна. Анионит шүүлтүүр тус бүрт нэг сэргээлтэнд зарцуулагдах давсны хэмжээг 306 кг буюу 1 м^3 анионит шүүх материалыг 65 кг натри хлоридын давсаар сэргээхээр түр норм тогтоосон. Анионит шүүлтүүр ашигласнаар хими цехийн боловсруулсан зуухны нэмэлт усны чанар гэжээлийн усны чанарт сөргөөр нөлөөлөх нөлөө гараагүй байна. Химийн боловсруулсан усны ерөнхий шүлтлэг буурснаар зуухны үргэлжийн үлээлгийн хэмжээг багасгаж, үлээлэгтэй хамт гадагш алдагдах дулааныг багасгах нөхцөл бүрдсэн [7],[11]. Эдийн засгийн хувьд авч үзвэл өмнө нь хэрэглэж байсан техникийн хүчтэй хүхрийн хүчлийг 1 тонныг 2022 оны ханшаар 1 600 000 төгрөгөөр худалдан авч ашигладаг байсан бол одоо түүний оронд 1 тонн нь 295000 төгрөгийн үнэтэй натри хлоридын давс буюу 5-5,4 дахин бага үнэтэй бодисыг хэрэглэх болно. Хими цехийн боловсруулсан усны өөрийн өртгийг 30% хүртэл бууруулна [8]. Хими цехийн ус бэлтгэлийн технологи бүрэн өөрчлөгдсөн тул

боловсруулсан усны дундаж шүлтлэгийг нэмэгдүүлэх, филтрицклийг уртасгах, сэргээлтийн бодисыг хэмнэхийн тулд цаашдаа хлор анионит шүүлтүүрийн дараа бактай болох боломжийг судлах шаардлагатай. Мөн хүчтэй суурийн анионит материал нь температурын хэлбэлзэл их гарсан үед ион шингээх чадвараа амархан алддаг тул анхаарч ажиллах, мөн орох усны температурыг $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -ээс багагүй $40 \text{ }^\circ\text{C}$ -ээс ихгүй байлгахыг зорих зэрэг анионит шүүлтүүрийн ажиллагаанд нөлөөлөх сөрөг хүчин зүйлийг арилгах нь шүүх материалын ашиглалтын хугацааг бууруулахгүй байх нөхцөл бүрдэнэ[9]. Цаашид анионит шүүлтүүрийн ажиллагааг тогтворжуулах, сэргээлтэд зарцуулагдах давсны хувийн зарцуулалтын нормыг оновчтой тодорхойлох, ус бэлтгэлийн бүрэн хэмжээний туршилтыг хийж горим ажиллагааны картыг нарийвчлан тогтоох шаардлагатай гэж дүгнэж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] “ДДЦС” ТӨХК-ийн хими цехийн химийн туслах материалын гүйцэтгэл нормын тайлан. 2019-2020 он
- [2] “ДДЦС” ТӨХК-ийн уур усны чанарын тайлан. 2019-2020 он
- [3] Рекомендации по режимам эксплуатации новых марок импортных ионитов. М.: ОАО «Фирма ОРГРЭС», 2000. 23 с.
- [4] Солодольников В.В. Расчет и математическое моделирование процессов водоподготовки. М.: Энергоатомиздат, 2003
- [5] Ц.Цэнджав. Ус бэлтгэл. УБ:Чулуунбар; 2008,-268 х
- [6] Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 47-62 с.
- [7] Копылов А.С. Проектирование систем обработки воды на ТЭС и АЭС: Учебное пособие. - М.: Московский энергетический институт, 1988.
- [8] РД153-34.1-09.456-00. Методика расчета себестоимости воды, вырабатываемой на водоподготовительных установках ТЭС
- [9] Сенявин М.М. Ионный обмен в технологии и анализе неорганических веществ. М: Химия, 1980. – 272 с
- [10] Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М: Акватерм, 2007. – 240 с.
- [11] Сутоцкий Г.П., Кокошкин И.А., Никитин В.И. и др. О нормировании относительной щелочности котловой воды котлов давлением до 40 кгс/см^2 , изготовляемых заводами Минэнергомаши. Л: ЦКТИ им. И.И. Ползунова, 1976. – 19 с

БАРИЛГЫН ДУЛААНЫ АЛДАГДЛЫГ БУУРУУЛАХ ЗАМААР ДУЛААНЫ ДЭД СТАНЦЫН ЧАДЛЫН НӨӨЦИЙГ НЭМЭГДҮҮЛЭХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Г.Моломжамц¹, Б.Намхайням¹

¹Монгол улсын шинжлэх ухаан технологийн их сургууль, Эрчим хүчний сургууль
mooloomolomjamts@yahoo.com

Хураангуй—Улаанбаатар хотын дулааны эрчим хүчний хэрэглээ жилээс жилд өсөн нэмэгдэж шинээр барилга байгууламжууд ихээхэн холбогдож одоо ажиллаж байгаа дулааны шугамуудын нэвтрүүлэх чадвар дутагдалд орж байна. Улаанбаатар хотод ажиллаж байгаа томоохон дулаан дамжуулах төвүүдийн ихэнх нь 1970-1990 оны хооронд баригдсан угсармал орон сууцуудыг дулааны эрчим хүчээр хангаж байна. Уг орон сууцууд нь дулаан алдагдал маш их бөгөөд барилгуудын хаших хийцийг стандартын утгад хүртэл нэмж дулаалах замаар дулааны ачааллыг бууруулж дулааны шугамын нэвтрүүлэх чадварыг дээшлүүлэх шугам сүлжээний горимыг сайжруулах бололцоотой юм. Дулааны эрчим хүчний хомсдолд ороод байгаа энэ үед дан ганц эх үүсвэр дээр өргөтгөл шинэчлэл хийх бус үйлдвэрлэсэн дулааны эрчим хүчийг барилгын дулаан алдагдлыг багасгах замаар зөв зохистой зарцуулж чадвал эрчим хүчний үр ашгийг дээшлүүлж дулаан дамжуулах төв дээр чадлын нөөц бий болгосноор шинээр хэрэглэгч нэмж холбох цаашлаад агаарын бохирдлыг бууруулах, түлшний хувийн зарцуулалтыг багасгах өндөр ач холбогдолтой юм.

Түлхүүр үг-Хаших хийц, Барилгын дулааны алдагдал, Шугам сүлжээний горим

I. УДИРТГАЛ

Улаанбаатар хотын дулаан хангамжийн төвлөрсөн системийн дулааны тооцоот ачаалал, 2020 оноос хойш эх үүсгүүрийн чадлаас хэтэрч шинээр хэрэглэгч холбох боломжгүй болсон. Энэ нь сүүлийн жилүүдэд олон тооны орон сууцны хороолол баригдсан, нөгөө талаас дулааны үүсгүүрийн чадлыг нэмэх талаар онцгойлон анхаараагүйтэй холбоотой. Том чадлын дулааны үүсгүүрийн зураг төсөл боловсруулах, санхүүгийн асуудлыг шийдэх, барьж байгуулах үйл ажиллагаа ихээхэн хугацаа, шаргуу ажиллах тохиолдолд 5-7 жил шаардана. Тэр болтол ашиглаж болох боломжтой арга бол дулаан алдагдал ихтэй хуучин барилгуудыг стандартын түвшинд хүртэл нэмж дулаалах явдал. Улаанбаатар хотод стандартын шаардлага хангаагүй барилгууд олон баригдсан, мөн хуучин угсармал орон сууцууд дулааны алдагдалтай байгаа.

Барилгуудыг дулаалж алдагдлыг бууруулснаар, 1-рт дулааны үүсгүүрт чадлын нөөц бий болгох, 2-рт дулааны 1 ба 2-р хэлхээний шугамын нэвтрүүлэх чадварыг нэмэгдүүлэх гэх мэт ач холбогдолтой. Барилгаас гадна орчин руу алдагдаж буй дулаантай тэнцүү хэмжээний дулааныг халаалтын системээс уг барилгын дотор агаарт гаднаас өгөх замаар дотор агаарын температурыг +18...+20°C түвшинд барих ба дулааны алдагдал ихтэй угсармал орон сууцуудад дотор агаарын температурыг дээрх хэмжээнд хүртэл барихын тулд стандартын утгаас 50...60 хувь илүү дулаан зарцуулах болно.

Энэ судалгаагаар дулааны алдагдал ихтэй олон тооны орон сууцны барилга бүхий нэг дулааны дэд станцыг сонгож түүнд холбогдсон угсармал хийцтэй барилгуудыг нэмж дулаалах, дулаалснаар тухайн ДДС-ийн дулааны ачаалал хэр хэмжээгээр буурах, улмаар ямар үр дүн бий болохыг судалсан болно.

Улаанбаатар хотын 13-р хороололд байрлах 26-р дулааны дэд станцыг сонгов.

II. ТООЦООНЫ ХЭСЭГ

Хуучин барилгын хаших хийцийн дулаан дамжуулалтын эсэргүүцлийг хана, цонх, тааз ба шалын материалын бүтэц, тэдгээрийн дулаан дамжуулалтын коэффициентийг үндэслэн тооцов.

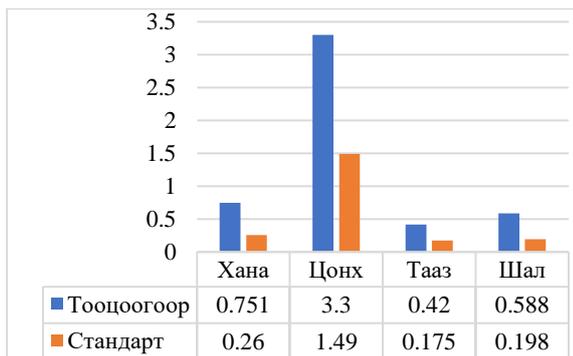
ХҮСНЭГТ 1. УГСАРМАЛ БАРИЛГУУДЫН ХАШИХ ХИЙЦИЙН БҮТЭЦ БА ЗУЗААН

№	Материал	Үеийн зузаан, мм	Дулаан нэвтрүүлэлт коэфф. Вт/м.С
Хана			
1	шавардлага	0.8	0.92
2	Төмөр бетон	360.0	0.32
Дээвэр			
1	Хар цаас	6	0.3
2	шавардлага	50	0.93
3	Дулаалга	60	0.06
4	Хучилтын хавтан	200.0	1.4
Зоорийн шал			
1	Бетон	100.0	1.4
2	Хайрга	200.0	0.14

Барилгын гадна хаших хийцийн дулаан дамжуулалтын коэффициентыг дараах томъёогоор тооцов.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_d} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_r}} \quad (1)$$

Дулаалаагүй угсармал орон сууцны барилгын хана, дээвэр, шал ба цонхны дулаан дамжуулалтын коэффициентыг тооцож БНБД-25-01-20-д заасан утгатай харьцуулж зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1. Угсармал 9-н давхар орон сууцны барилгын хаших хийцийн дулаан дамжуулалтын коэффициентын бодит утга



Зураг 2. 13-р хороолол 12-р байрны гадна зураг

ДДС-д 2 орцтой 9 давхар угсармал орон сууцны хаших хийцийн нийт нэмэлт дулаалга хийх талбайг хэмжиж хүснэгт-2д үзүүлэв.

ХҮСНЭГТ 2 ОРОН СУУЦНЫ БАРИЛГЫН ХАШИХ ХИЙЦИЙН ТАЛБАЙ

Хана	Цонх	Дээвэр	Зоорь
2885	308	635.6	635.6

Дулаалаагүй барилгын хана, цонх, тааз, шалаар гадна агаарын тооцоот температурын үед алдах дулааны тоо хэмжээг дулаан дамжуулалтын тэгшитгэлээр тодорхойлов.

$$Q_d = \sum F_x \cdot K_x \cdot (t_d - t_r) \quad (2)$$

$$Q_{Хана} = 2885 \cdot 0.751 \cdot (18 + 39) = 123.5 \text{ кВт} \quad (3)$$

$$Q_{Цонх} = 308 \cdot 3.333 \cdot (18 + 39) = 58.5 \text{ кВт} \quad (4)$$

$$Q_{Шал} = 635.6 \cdot 0.588 \cdot (18 + 39) = 21.3 \text{ кВт} \quad (5)$$

$$Q_{Дээвэр} = 635.6 \cdot 0.421 \cdot (18 + 39) = 15.5 \text{ кВт} \quad (6)$$

Дулаалаагүй барилгын дулааны тооцоот ачаалал 219.0 кВт

Хоёр орцтой 9-н давхар орон сууцны барилгын жилийн дулааны алдагдал: (546 Гкал)

$$Q_{д}^{жил} = \frac{t_d^I - t_{г,д}^{дун}}{t_d^I - t_{г,д}^I} \cdot Q_d^I \cdot n_d = 0.5 \cdot 219 \cdot 5800 = 635 \text{ МВтц} \quad (7)$$

Дулаалсны дараах халаалтын улиралд алдах дулааны хэмжээг БНБД-25-01-20-н стандартын утгаар хаших хийц тус бүр дээр бодож дулааны жилийн хэрэглээг тооцож гаргав.

$$Q_{Хана} = 2885 \cdot 0.26 \cdot (18 + 39) = 42.7 \text{ кВт} \quad (8)$$

$$Q_{Цонх} = 308 \cdot 1.49 \cdot (18 + 39) = 26.2 \text{ кВт} \quad (9)$$

$$Q_{Шал} = 635.6 \cdot 0.198 \cdot (18 + 39) = 7.2 \text{ кВт} \quad (10)$$

$$Q_{Дээвэр} = 635.6 \cdot 0.175 \cdot (18 + 39) = 6.4 \text{ кВт} \quad (11)$$

Дулаалсан барилгын дулааны тооцоот ачаалал 82.5 кВт

$$Q_{д}^{жил} = 0.5 \cdot 82.5 \cdot 5800 = 205.6 \frac{\text{Гкал}}{\text{жил}} \text{ буюу } 239.5 \text{ МВтц} \quad (12)$$

Жилийн дулааны эрчим хүчний хэмнэлт, 2 орцтой барилгын хувьд

$$Q_{д}^{жил} = 546 - 205.6 = 340.4 \text{ Гкал} \quad (13)$$

Дулаан алдагдлын тооцоог 2 орцтой 9 давхар барилга дээр хийсэн бөгөөд уг дулаан дамжуулах төвийн 2-р хэлхээнд үүнтэй ижил 11 барилга явдаг бөгөөд бүх барилгыг дулаалснаар дулаан дамжуулах төв дээр бий болох чадлын нөөцийг тооцов.

$$Q_{нөөц} = (219 \cdot 11) - (82.5 \cdot 11) = 1502 \text{ кВт} \quad (14)$$

$$Q_{нөөц} = 1502 \cdot 0.00086 = 1.3 \text{ Гкал} \quad (15)$$

Ш. ДУЛААЛАХ АЖЛЫН ЗАРДЛЫН ТООЦОО

Барилгын хаших хийцийг стандартын утгад хүртэл дулаалах, дулаалгын материалын зузааныг тооцож түүнийг хэрэгжүүлэхэд шаардагдах зардлын тооцоо хийв.

Дулааны алдагдал нь БНБД-25-01-20 Хашлага бүтээцийн дулаан дамжуулалтын эсэргүүцлийн хэмнэлтийн шаардлагын суурь стандартын утгаас илүү барилгын хувьд $k_{хууч} > k_i$ байх ба уг барилгыг нэмж дулаалах замаар $k_{хууч} = k_i$ болгож барилгыг дулаалах юм. Уг барилгын дулаалах дулаалгын материалаар хөөсөн хавтанг сонгож авсан ба $\lambda_{дул} = 0.04$ –сонгосон дулаалгын материалын дулаан нэвтрүүлэх коэффициент, Вт/м⁰С ба тус бүр дээр дулаалгын материалын зузааныг олов. [2]

$$\delta_{\text{нэм.дул}} = \frac{\lambda_{\text{дул}} \cdot (1 - k_i \cdot R_{\text{хууч}})}{k_i} \quad (16)$$

энд: $\delta_{\text{ху}}$, $\lambda_{\text{ху}}$ -дулаан тусгаарлах материал ба барилгын материалын хийцийн дулаан нэвтрүүлэлтийн коэффициентууд, K -тусгаарлах материалын шаардлагат дулаан дамжуулалтын коэффициент, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

$$\delta_{\text{Хана}} = \frac{0,04 \cdot (1 - 0,26 \cdot 1,33)}{0,26} = 0,108\text{м} \quad (17)$$

$$\delta_{\text{Тааз}} = \frac{0,04 \cdot (1 - 0,175 \cdot 2,383)}{0,175} = 0,138\text{м} \quad (18)$$

$$\delta_{\text{Шал}} = \frac{0,04 \cdot (1 - 0,198 \cdot 1,701)}{0,198} = 0,134\text{м} \quad (19)$$

Угсармал орон сууцны нийт дулаалга хийхэд зарцуулах материалын үнийг 2022 оны ханшаар хоёр орцтой 9 давхар орон сууцны барилгын хувьд хийсэн болно. Ханыг 10 см хөөсөн хавтангаар, цонхыг хэвээр нь үлдээх, дээврийг 15.0 см хөөсөн хавтангаар, зоорины шалыг 15.0 см хөөсөнцөр хавтангаар тус тус дулаална гэж тооцов.

Дулаалга хийхэд шаардагдах үндсэн материалын зардлуудыг тооцож үзэв

- Хөөсөнцөр хавтан 100мм зузаан
- Хөөсөнцөр хавтан 150мм зузаан
- Хөөсөнцөр наах зуурмаг mortar-21
- Бетон зуурмаг м-75
- Чулуут өнгөлгөө

Хананд дулаалга хийх нийт талбай 2885м² дулаалга хийх /26-28кг/м³ нягттай 100мм зузаан хөөсөнцөр хавтангийн 1м² үнэ 26000 төгрөг, ба нийт Хоёр орцтой 9-н давхар орон сууцны барилгын ханын дулаалга хийхэд шаардагдах туслах материал болон хөөсөнцөр хавтангийн нийт үнэ- 93 сая төгрөг.

Хананд хөөсөнцөр хавтанг бэхэлсний дараа гадна шавардлага хийх зуурмаг mortar-21 нэг уут савлагаа 25кг бөгөөд үнэ 25000 төгрөг, 6-8м² талбайд ашиглах ба 2885м² талбайд 480 уут орно. Нийт үнэ- 12 сая төгрөг.

Гадна шавардлага хийгдсэний дараа бороо ус чийг нар салхинаас хамгаалах чулуут өнгөлгөө хийгдэх бөгөөд нэг сав чулуут өнгөлгөөгөөр 8-10м² талбайд ашиглана. Нэг сав өнгөлгөөний үнэ 182600 төгрөг, нийт 360 ширхэг орно. Мөнгөн дүнгээр нийт үнэ- 64.8 сая төгрөг.

Шал болон таазанд дулаалга хийгдэх нийт талбай 1270м², дулаалга хийх /26-28кг/м³ нягттай 150мм зузаан хөөсөнцөр хавтангийн 1м² үнэ 38000 төгрөг, бөгөөд нийт хөөсөнцөр хавтангийн үнэ- 48.9 сая төгрөг.

Шал болон таазыг хөөсөнцөр хавтангаар дулаалсны дараа бетон зуурмагаар 5см орчим хучилт хийхэд нийт 63.5м³ зуурмаг орох ба 1м³ бетон зуурмагийн үнэ 210000 төгрөг, бөгөөд зуурмагийн нийт үнэ-13.3 сая төгрөг.

2 орцтой 9 давхар орон сууцыг дулаалах ажлын хөлсийг материалын нийт зардлыг 40%-иар өсгөн тооцох замаар нийлбэр зардлыг 325 сая төгрөг гэж тогтоов .

IV. ДҮГНЭЛТ

Дулаалаагүй 9-н давхар орон сууцыг БНБД-25-01-20 стандартын шаардлагад нийцүүлэн дулаалсан тохиолдолд хаших хийцээр алдах дулаан алдагдлын хэмжээ тооцоогоор 51 хувь буурч байгаа ба дулаан дамжуулах төв дээр 1.3 Гкал чадлын нөөц бий болж байна.

1. Хоёр орцтой, 9 давхар угсармал орон сууцны барилгын дулааны алдагдал одоо мөрдөж буй стандартын утгаас 2.6 дахин их байна. Стандартын түвшинд хүртэл дулаалбал Дулааны дэд станцын одоогийн дулааны ачаалал 1.5 МВт-аар буурах болно.
2. 26-р ДДС-д холбогдсон 22 орц бүхий барилгуудыг бүгдийг нь дээр дурдсан түвшинд хүртэл дулаалахад 3.575 тэрбум төгрөгийн хөрөнгө оруулалт шаардагдах бөгөөд жил бүр 3.450 МВтц дулаан хэмнэх болно.
3. ДДС-ийн дулааны чадлын нөөц нэмэгдсэнээр шинээр 17 ширхэг 2 орцтой 9 давхар орон сууцны барилга нэмж холбох боломж бий болно.

V. НОМ ЗҮЙ

- [1]. Б.Намхайням “ Дулаан хангамжийн систем” УБ.2019 он
- [2]. Б.Намхайням “Улаанбаатар хотын угсармал орон сууцны барилгуудын дулааны алдагдлын аудит судалгаа” УБ 2022 он
- [3]. Барилга хот байгуулалтын яам “Барилгын дулаан хамгаалалт БНБД-25-01-20” УБ 2020 он
- [4]. <https://www.barilga.mn/>
- [5]. <https://www.tender.gov.mn/mn/index/>
- [6]. https://www.researchgate.net/figure/Typical-heat-loss-and-heat-gain-through-a-poorly-insulated-building-in-colder-and-hotter_fig2_342551422

БАРИЛГЫН ДУЛААНЫ ТОДОРХОЙЛОМЖ ТОГТООХ ШААРДЛАГА, АЧ ХОЛБОГДОЛ

Баасанжав Оюуномин, Бүсжав Намхайням¹

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн

Oyunominb@gmail.com

Хураангуй—Барилгын дулааны тодорхойломж тогтоох асуудал урьд өмнө удаа дараа яригддаг байсан ч хэмжих хэрэгслүүдийн техникийн боломж, мөн ихэнх барилгууд нэгдсэн дулаан хангамжийн системд холбогдсон байдаг зэрэг бэрхшээлээс шалтгаалж энэхүү туршилтыг хийж чаддаггүй байв. Ийм учраас энэ туршилтын ажил Манай улсын хувьд анхных юм. Барилга бүрийн дулааны тодорхойломжийг тогтоосноор түүнийг хангах дулааны үүсгүүрийн чадлыг оновчтой сонгох, дулаан түгээх горимыг зөв боловсруулах, мөн уг барилгын үнэ цэнийг өсгөх зэрэг олон талын үр өгөөж бий болно. Уг илтгэл, өгүүлэлд туршилт явуулах аргачлал болон туршилтын үр дүнг дэлгэрэнгүй оруулсан болно.

Түлхүүр үг— Халаалт, ногоон шошго, дулааны алдагдал, хэмжилт.

I. БАРИЛГЫН ДУЛААНЫ ТОДОРХОЙЛОМЖ

Орчин үед дэлхий даяар эрчим хүчний хэрэглээний үр ашгийг дээшлүүлэх замаар уур амьсгалын өөрчлөлтийг сааруулах зорилго дэвшүүлж идэвхтэй үйл ажиллагаа явуулж байна.

Барилгын дулааны хэрэглээ буюу ачаалал гадна агаарын температур, салхины хурднаас хамаарах хэдий ч уг барилгын дулааны алдагдал нь, тухайлбал хаших хийцийн дулаан дамжуулалтын эсэргүүцлээс их хамаарна. Ижил хийц, хэлбэр дүрс, хэмжээтэй барилгын дулаан алдагдал нь цаг уурын адил нөхцөлд ч өөр байх магадлалтай.

Тухайн барилгын, гадна ба дотор агаарын температурын зөрүү 1°C байх үед барилгын нэг метр.куб эзлэхүүн тутамд ногдох дулааны алдагдлыг уг барилгын **дулааны тодорхойломж** гэж нэрлэх ба энэхүү шалгуур үзүүлэлтээр барилгын дулаан техникийн төлөв байдлыг үнэлдэг.

Тухайн барилгын дулааны тодорхойломжийг зураг, төсөл боловсруулах үе шатанд тогтоосон байдаг хэдий ч тоон утга нь барилга угсралтын явцад, мөн он удаан жил ашиглах явцад өөрчлөгддөг. Эндээс барилга бүрийн дулааны тодорхойломжийг бодит нөхцөлд туршилтаар тодорхойлох шаардлага урган гарч байна.

Барилгын дулаан тодорхойломжийг бодит байдалд тогтоосноор, хэрэв өнөөгийн шаардлагад нийцэж байвал ногоон шошго олгох нөхцөл бүрдэнэ, мөн дулааны үүсгүүрийн чадал сонгох, дулаан түгээлтийн тохируулгын чанар сайжрах болно.

Барилгын дулаан тодорхойломжийг туршилтын өгөгдлийг үндэслэн дараах байдлаар тодорхойлно.

$$q = \frac{Q}{V \cdot (t_{\text{дот}} - t_{\text{гад}})}, \text{ Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

Энд: Q -туршилтын үед халаалтын системд өгөх дулааны тоо хэмжээ, кВтц; $t_{\text{дот}}$ - туршилтын үеийн

дотор агаарын температур, $t_{\text{гад}}$ - туршилт явуулсан хугацааны гадна агаарын дундаж температур. V -барилгын гадна эзлэхүүн, м³.

II. ДУЛААНЫ ТОДОРХОЙЛОМЖ ТОГТООХ АРГАЧЛАЛ

A. Бэлтгэл хэсэг

Нэгдүгээрт, Барилгын тухайн үеийн төлөв байдалд үнэлгээ өгөх

- Хаших хийц бүрийн материалын төрөл, бүтэц, зузааныг судлах;
- Геометр хэмжээс, урт, өргөн, өндрийг хэмжих *Хоёрдугаарт*, Дулаан хангамжийн төлөв байдлыг судлах

- a. Дулаан хангамжийн үүсгүүр, холболт, схемийг тодорхой болгох;
- b. Дулааны ачааллын төрлүүд (халаалт, халуун ус гэх мэт) тэдгээрийн холболтын схемийг судалж тодорхой болгох;
- c. Халаалтын ерөнхий шугам дээр дулааны тоолуур бий эсэх магадлах.

B. Туршилт явуулах бэлтгэл хангах

- a. Барилга гол төлөв нэг шугамаар эх үүсгүүрээс дулаан авдаг. Энэ тохиолдолд туршилт явуулах үед зөвхөн халаалтын систем ажиллах боломж бүрдүүлэх;
- b. Халаалтын системд дулааны санах байгууламж бүхий тоолуур суурилуулж ажиллуулах;
- c. Барилгын хэд хэдэн өрөөнд дотор агаарын температурын санах ойтой мэдрүүрүүд байрлуулах шалгах;
- d. Гадна агаарын температур ба салхины хурд хэмжих мэдрүүр барилгын сүүдэр талд суурилуулах, шалгах.

III. Туршилт явуулах, өгөгдөл боловсруулах

1. Халаалт хариуцсан мэргэжилтэн, удирдах ажилтанд мэдэгдэл өгч зөвшөөрөл хүсэх;
2. Туршилтын үед удирдагчаас бусад хэн нэгэн дур мэдэн залгах, салгах зэрэг үйлдэл хийхгүй байхыг анхаарах;
3. Удирдлагаас зөвшөөрөл авсан мэдээллийг үндэслэн халаалтын системийг залгах;
4. Туршилт, хэмжилт эхлэх хугацааг товлож, температурын мэдрүүрийн дата унших программд тэмдэглэх;
5. Дулааны тоолуур ба температурын мэдрүүр залгаж ажиллуулах, хэмжилт хоорондын хугацааг аль болох бага байвал сайн;
6. Удирдамж, зааврын дагуу туслан гүйцэтгэгч хэмжих хэрэгслүүдийн ажиллагааг тогтмол хянах;
7. Хэмжилт туршилтыг 3-5 хоног тасралтгүй гүйцэтгэнэ;
8. Хэмжилтийн өгөгдлүүдийг дараах байдлаар боловсруулах
 - Гадна агаарын температурын заалтуудыг хоног бүрээр бүлэглэж, хоногийн дундаж утгыг тооцох;
 - Өрөө бүрийн агаарын температурын заалтуудыг хоног бүрээр бүлэглэх, хоногийн дундаж утгыг тооцож гаргах;
 - Дулааны тоолуурын заалтыг мөн хоног бүрээр бүлэглэн гаргах

Тайлбар: Тухайн хоногийн дулааны хэрэглээ ба температурын заалтыг шөнийн 0-24 цаг гэж авах.

A. Туршилт

Барилгын дулааны алдагдал тодорхойлох туршилтыг гадна агаарын температур нь янз бүр байх өөр өөр өдрүүдэд өмнө дурдсан аргазүйн дагуу гүйцэтгэв.

Улаанбаатар хотын Дамбадаржаа хороололд байрладаг Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэнгийн төв байрны барилгыг сонгож 2022 оны 12-р сар-1-р сарын дунд хүртэл 20 гаруй хоногийн турш туршилт хэмжилт явуулав.

Уг барилгын суурийн талбай-670 м², эзлэхүүн-6740 м³. Хана нь 640 см зузаан тоосго, гадна талдаа 10 см зузаан хөөсөн полистрол хавтан дулаалгатай. Зоорины шал керамзит, дээвэр нь үнсэн дулаалгатай цонх нь шинэ вакум. Дулааны үүсгүүр- Цахилгаан халаагуур, 80 кВт чадалтай.

Халаалтын системийн цахилгааны хэрэглээг гурван тарифт тоолуураар, гадна ба дотор агаарын температурыг 4 ширхэг санах ой бүхий мэдрүүрээр хэмжсэн.



1-р зураг. Туршилт хийсэн барилгын гадна байдал

Тухайн барилга бие даасан өөрийн дулааны үүсгүүртэй тул туршилт, хэмжилт хийхэд бэрхшээл учраагүй болно.

Гадна агаарын температур тухайн өдөр -20...29°C -ын хооронд, дотор агаарын температур 19...20°C -ын хооронд хэлбэлзсэн ба энэ нь гадна агаарын температурын өөрчлөлттэй холбоотой.

Тухайн хоногт, 2022 оны 12-р сарын 28-нд 1270 кВтц энерги халаалтад хэрэглэсэн.

Дотор агаарын температурыг зөв тодорхойлохын тулд температурын мэдрүүрүүдийг нар ба сүүдэр талын, мөн өөр давхарт байрлуулж хэмжсэн. Гадна агаарын температурыг салхи ба нарны нөлөөллөөс хамгаалсан мэдрүүрээр хэмжив.

Хэмжилт хийж буй тухайн хоногийн халаалтын системийн энергийн хэрэглээг цахилгаан тоолуураар хэмжсэн ба туршилт хэмжилт тоон өгөгдлийг ашиглан барилгын дулааны тодорхойломж үзүүлэлтийг тогтоов.

Туршилтын үеийн гадна ба дотор агаарын температур хэрхэн өөрчлөгдөж байсныг 2-р зурагт үзүүлэв.



2-р зураг. Гадна ба дотор агаарын температурын хамаарал

Барилгын хэмжилт хийсэн хоног бүрийн дулааны тодорхойломжийн утга бараг тэнцүү гарсан ба дундаж утга нь

$$q = \frac{Q}{V \cdot (t_{\text{дот}} - t_{\text{гад}})} = 0.18 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C} \quad (2)$$

Дотор агаарын температурыг стандартын утгад барихын тулд халаалтын үүсгүүрийн чадлыг тохируулж туршилтын хэмжилт явуулсан.

IV. ДҮГНЭЛТ

1. Аливаа төрлийн барилгын дулааны тодорхойломж тогтоох аргачлал боловсруулсан, түүнийг ямар ч барилгын хувьд ашиглах боломжтой;
2. Барилгын хаших хийцийг бүх талаас нь стандартад заасан түвшинд хүртэл дулаалсан тохиолдолд дулаан алдагдал 2 дахин буурч тэр хэмжээгээр дулааны эрчим хүч хэмнэхийг туршилтаар тогтоов.
3. Туршилт явуулсан Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэнгийн төв байрны барилгын дулааны тодорхойломж

0.18 Вт/м³·°C байна гэж тогтоосноор уг барилгад ногоон шошго олгох үндэслэл болно. Ногоон шошготой барилгын үнэ цэнэ нэмэгдэнэ.

4. Магистрант миний бие туршилт явуулах, цаашид барилгын дулаан тодорхойломж тогтоох чиглэлээр ажиллах мэдлэг туршлага эзэмшив.

ТАЛАРХАЛ

Хэмжилт, туршилт, судалгаа явуулахад судалгааны байр болон бусад зүйлсээр хангасан Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн, мөн хэмжих хэрэгслээр тусалсан Б.Мөнхбаяр багшдаа баярлалаа.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Б.Намхайням, “Дулаан хангамжийн систем” 2019 он.
- [2] Ц. Жамбалсамбуу, Ц.Цолмон, “Дулааны хэмжил хэмжүүр” 2020 он.
- [3] Барилгын дулаан хамгаалалт, БНБД-25-01-20

ДУЛААНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ТЕХНОЛОГИЙН УУРЫН ХЭРЭГЛЭГЧДИЙГ УУРААР ХЭВИЙН ХАНГАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

А.Ариунбаатар, Б.Өлзийбадрах

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

Хураангуй: Технологийн уурын сүлжээний төгсгөлийн хэрэглэгчид дээрх даралтын уналтыг тухайн хэрэглэгчдийн тоноглолын шаардлагад нийцүүлэн тогтмол барих, технологийн горим ажиллагааг найдвартай болгон технологийн уурын төгсгөлийн хэрэглэгчид дээр уурын даралтын уналтаас шалтгаалсан үйлдвэрийн тоноглол зогсолтыг бууруулах .

Түлхүүр үг: Үйлдвэр, уурын компрессор, хэрэглэгч, даралтын уналт,

I. УДИРТГАЛ

Технологийн уурыг бусад төрийн ажлын бие ашигладаг дулааны системээс давуу талууд ихтэй учир дулаан хангамжид өргөнөөр хэрэглэдэг. Уур нь усан системийг бодвол их хэмжээний дулааны эрчим хүчийг дамжуулдаг онцлогтой. Дулаан дамжуулалт өндөртэй чанар нь гагцхүү уурын даралтаас ихээхэн хамаардаг. Мөн уур нь хоргүй, цэвэр, шатдаггүй бөгөөд түүнийг байгалийн хамгийн баялаг эх үүсвэр болох уснаас гаргаж авдаг [1].

Уурын хэрэглээ нь үйлдвэрийн салбар бүхэнд тухайн үйлдвэрийн боловсруулах бүтээгдэхүүний онцлогоос хамаарч харилцан адилгүй байна [1].

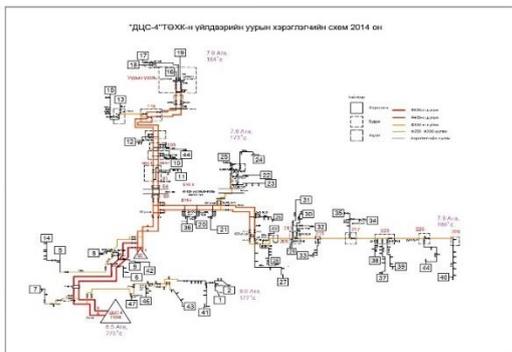
Технологийн уур хэрэглэх байдлаар нь үйлдвэрүүдийг авч үзвэл.

- Барилгын салбар 50-80%;
- Хүнсний салбар 60-70%;
- Хөнгөн үйлдвэр 50-60%;
- Химийн үйлдвэр 70-75%;
- Хүнд үйлдвэр 20-30%.

Улаанбаатар хотод ДЦС-4, ДЦС-3, ДЦС-2 ТӨХК-ууд 7-10ата даралттай, 180°C температуртай ойролцоогоор 190т/ц зарцуулалттайгаар нийт 220 хэрэглэгчдийг технологийн уураар хангаж ажиллаж байна.

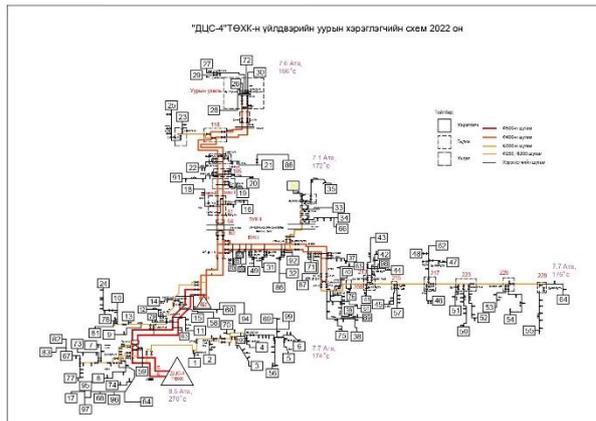
1-р зурагт 2014 оны байдлаар “ДЦС-4” ТӨХК-ийн технологийн уур хангамжийн схемийг, төгсгөлийн хэрэглэгч нарт хүрэх уурын параметруудийн хамтаар дүрслэн үзүүлээ.

1-р зургаас үзэхэд 2014 онд “ДЦС-4” ТӨХК технологийн уурын 49 хэрэглэгч 51т/ц уур түгээж ажиллаж байсан.



1-р зураг. 2014 оны үеийн ДЦС-4-ийн уур хангамжийн схем

2022 оны байдлаар технологийн уурын 110 хэрэглэгч, аж ахуйн нэгж байгууллага техникийн нөхцөлөөр 95 т/ц технологийн уур авч ажиллаж байна. 2-р зурагт ДЦС-4-ийн уурын системд одоогийн холбогдсон хэрэглэгчдийг холболтын схемтэй үзүүлэв [3].



2-р зураг. 2022 оны үеийн ДЦС-4-ийн уур хангамжийн схем

1, 2 дугаар зургуудыг технологийн уурын хэрэглэгчийн тоо ширхэг, цагийн ачааллаар харьцуулан 3-р зурагт үзүүлэв.



3-р зураг. Харьцуулсан диаграмм

3-р зургаас харахад хэрэглэгчийн тоо ширхэг 56%, цагийн ачаалал 53%-р тус тус өссөн байна. Үүнтэй зэрэгцээд уур хангамжийн сүлжээнд хүндрэлтэй дараах асуудлууд үүсэх боллоо. Үүнд:

- Эцсийн хэрэглэгч дээрх даралт унах;
- Шугам, үндсэн тоноглолын насжилттай холбоотой аваар саатал;

- Найдваржилт, дулаан алдагдал (шугамын дулаалга хуучирсан)

Дээрх бүгдээс түгээмэл практикт тохиолдож буй нь технологийн уурын даралт оргил ачааллын үед өдрийн 12-20 цагийн хооронд төгсгөлийн хэрэглэгч дээр даралт унах тохиолдол зарим үед гарах болсон.

Жишээлбэл: “ДЦС-4” ТӨХК-ийн №36-р хэрэглэгч хүнс боловсруулах үйлдвэр 2021 оны 1-р сард уурын параметр хүрэлцээгүйн улмаас 6 удаа ариутгал хаяснаар тухайн үйлдвэрийн уурын хэрэглэгч эдийн засгийн хувьд их хэмжээгээр хохирсон. Тиймээс уг өгүүлэлдээ уур хангамжийн системд тулгамдаж буй томоохон асуудлын нэг болох уурын даралтын уналтын судалгаа хийж зарим үр дүнг танилцууллаа [4].

II. ШИЙДВЭРЛЭСЭН АСУУДАЛ.

Хэрэглэгч дээрх уурын даралтын уналтын асуудлыг шийдвэрлэхэд онцгой нөлөө үзүүлэх хэд хэдэн аргууд байдаг [2, 3].

1. Уур хангамжийн системийн гидравлик, горимын тооцоог үндэслэж ачааллыг зөв хуваарилах.

2. Ачааллын өсөлттэй уялдуулан уур үүсгэгч үндсэн тоноглолын чадлыг нэмэгдүүлэх.

3. Уурын шугамын найдвартай ажиллагааг сайжруулах. (диаметр, шугамын дулаалга)

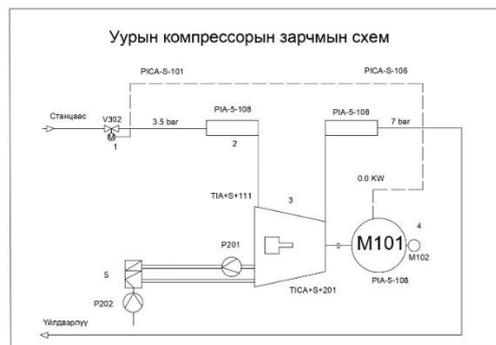
4. Даралтын уналттай төгсгөлийн хэрэглэгчдэд даралт ихэсгэгч уурын компрессор ашиглах.

Эдгээр аргууд дундаас манай орны нөхцөлд хамгийн бодитой хэрэгжсэн нь уурыг дахин даралтад оруулах эх үүсгүүрээс өндөр даралт гаргах боломжтой уурын компрессор юм.[2]

А. АЖИЛЛАХ ЗАРЧИМ.

Уурын шугамын даралт үйлдвэрийн технологийн ажиллах даралтаас бага болох үед сигнал өгөгдөж үндсэн уурын шугам хаагдаж уурын компрессор ажилд залгагддаг.

Уурын компрессор нь оролт хэсэг дээрээ даралтыг 0.35МПа-р бариулж нягтруулга шахалт хийсний дараа 0.7МПа түүнээс дээш даралттай уурыг гаргадаг. Бага параметртэй уураар өндөр даралт, температуртай уурыг үйлдвэрлэж үйлдвэрийн хэрэгцээнд тасралтгүй бөгөөд эсхүл богино хугацааны ачаалалд тохируулан ашиглаж болно. 3-р зурагт уурын компрессорын ажиллагааны зарчмын схемийг үзүүлэв [2,4,5]. Үндсэн шугамын даралт хэвийн болох үед уурын компрессор салгагдаж үндсэн шугамаар уур авна.



3-р зураг. Уурын компрессорын ажиллагааны зарчмын схем. (1- даралт бууруулах регулятор, 2-коллектор, 3-компрессор, 4- цахилгаан мотор)

Давуу тал: Өндөр параметртэй уур хэрэглэхэд ихэнх тохиолдолд нэмэлт уурын зуух суурилуулах эсвэл уурын өндөр даралтын түвшнийг хангахын тулд бүхэл бүтэн уурын сүлжээг төлөвлөхөөс илүүтэйгээр одоо байгаа уурын системээс уурыг шахах замаар өндөр даралтын уур гаргах нь илүү ашигтай байдаг. Мөн үйлдвэрлэлийн үед тогтмол болон богино хугацааны ачаалалд тохируулан ашиглаж болно [2].



4-р зураг. Уурын компрессор

Сул тал: Цахилгаан зарцуулалт өндөр, даралтын уналтын үед даралтыг хэвийн барих богино хугацааны ачаалалд ажиллахад тохиромжтой [2].

ДҮГНЭЛТ.

1. Уур хангамжийн системд эх үүсгүүр, хэрэглэгч нар гэрээний дагуу найдвартай уурын эрчим хүчийг авахгүй байгаа нөхцөлийг шийдвэрлэх шаардлага тулгараад байна.

2. Уур хангамжийн системийн төгсгөлийн хэрэглэгч дэх даралтын уналтын асуудлыг одоогийн нөхцөлд шийдвэрлэж болох төхөөрөмж бол уурын компрессор юм.

3. Судалгааны ажлын цаашдын зорилгодоо уур хангамжийн системийн гидравлик тооцоог оновчлох, орчин үеийн шинэ техник технологийг нэвтрүүлэх, технологийн уурын алдагдлыг багасгах чиглэлд үргэлжлүүлэх болно.

НОМЗҮЙ

- [1] Намхайням.Б.,Шагдарсүрэн.Ц., Энхжаргал.х., Отгонханд.Б., Уурын үр ашигтай хэрэглээ 2003 он.
- [2] www.spilling.de.com Уурын компрессорын үйлдвэрлэгчийн цахим хаяг
- [3] “Уурын түгээлтийн зохистой горим боловсруулах” эрдэм шинжилгээний ажлын тайлан ТИС 1998 он
- [4] Xun Wang, et al., Optimized utilization of waste heat recovery from flue gas of coal-fired boiler in power plant, *J. Combust. Sci. Technol.* 24 (1) (2018) 15–20.
- [5] T. Sathish, Design and analysis of wind box segment in travelling grate stoker boiler using CFD, in: *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 7, Blue Eyes Intelligence Engineering & Sciences Publication, 2019, pp. 287–290.

НҮҮРСЭНД АГУУЛАГДАХ МЕХАНИК ХОЛЬЦЫГ БКЗ-75-39БД МАРКИЙН ЗУУХНЫ ГАЛЫН ХОТЛООС ЗАЙЛУУЛАХ АСУУДАЛД

Магистрант: П.Баярцогт (ДЦС-2 ТӨХК)

Дэд профессор Д.Балдандорж (ШУТИС-ЭХС)

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг: p.bayraa88@gmail.com

Хураангуй — Багануурын уурхайн нүүрс олборлолтын мөргөцөг өөрчлөгдсөнтэй холбоотойгоор нүүрс нь их хэмжээний чулуу болон шавартай тээвэрлэгдэн ирж галын хотолд хуримтлагдсаны улмаас зуухны хэвийн найдвартай ажиллагаа алдагдан шлактан зогсож байсан. Иймд галын хотлоос чулууг зайлуулах талаар техникийн шийдлийг боловсруулж, зуухны зогсолтын тоог бууруулан, найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэн урсгал засварын зардал буурах болно.

Түлхүүр үг- Ул ширэм, эрчимжсэн буцлах давхарга, халах гадаргуу, инертийн материал

Оршил: Монгол улсад сүүлийн жилүүдэд эдийн засаг хурдацтай хөгжиж, үүнтэй уялдан үйлдвэр аж ахуй ихээр бий болон эрчим хүчний хэрэглээ өсөж байна. ДЦС-2 ТӨХК-ний хувьд зуухны дундаж ачааллыг нэмэгдүүлэн тогтвортой найдвартай эрчим хүчийг үйлдвэрлэхийн тулд 2011-2022 оны хооронд зуух№1,2,4,5-ыг нам температурт буцламтгай үед нүүрсийг шатаах технологид (НТЭБД) шилжүүлэн дундаж ачааллыг нэмэгдүүлэх ажил одоог хүртэл ээлж дараалан хийгдэж байна.

Буцламтгай үет нүүрсийг шатаах технологи гарч ирснээр урьд өмнө хэрэглэгдэж байсан түлш шатаах аргууд дээр гарч байсан хүндрэлтэй асуудлуудыг шийдвэрлэхэд асар их ахиц дэвшил болсон байна. 1920-иод оны дундуур буцламтгай үет нүүрсийг шатаах технологийн үндэс болсон буцламтгай үеийн урвалын онолыг Германд анх хэрэглэж эхэлжээ. 1940-өөд онуудад АНУ-ын нефтийн үйлдвэрлэлд ашиглаж эхэлсэн ба 1950-иад онуудад нүүрс шатаадаг буцламтгай үет шаталттай зуухнууд бүтээх тал дээр ихээхэн хэмжээний судалгаа шинжилгээ хийгдэж ахиц дэвшил гарсан байдаг. Гэвч галын хотолд нүүрстэй хамт ирсэн механик хольцыг зайлуулах энэ технологийн хүндрэлтэй асуудлын нэг юм.

НТЭБД-д нүүрсийг шатаах технологит зуух№4,5 зогсолтын шалтгаан, авсан арга хэмжээ

2018 онд НТЭБД-д зуух№4,5 нь нийт 47 удаа шлактаж зогссон. Энэ зогсолтуудын гол шалтгаан нь нүүрстэй хамт ирсэн чулуулгийг галын хотлоос зайлуулж чадахгүйн улмаас их хэмжээний чулуу галын хотолд хуримтлагдаж зуухны горим ажиллагаанд нөлөөлөн зуухыг шлактдуулж байсан.

Зуух зогсох үндсэн гурван шалтгаан:

1. Галын хотолд чулуутай нүүрс орж ирэн шлактах.
2. Үеийн температур хэт ихсэн шлактах
3. Механик дутуу шаталтын хэмжээ ихсэн хоёрдогч агаарын ойр орчим шлактах

Дээрх шалтгааныг шийдэхэд тулгарч байсан хүндрэл нь: Нүүрсний дулаан гаргах чадвар ихсэх тусам тухайн нүүрснээс ялгарах илчлэг үеийн халууныг мөн адил ихэсгэдэг тул анхдагч агаарыг багасган, буцлалтын эрчмийг сулруулах хэрэгтэй байдаг. Гэвч галын хотолд нүүрстэй ирэх чулуунуудын том ширхэгтэй хүнд нь шаталтын тавцан дээр үл хөдлөх ба жижиг хэмжээний чулуулаг нь буцлалтын доод хэсэгт тодорхой бага хэмжээний хөдөлгөөнтэй үе үүсгэн агаарын урсгалд эсэргүүцэл болж байдаг.

Ийм учир буцлалтын эрчмийг багасгах үед шаталтын тавцанд чулуу их хуримтлагдсан хэсгээс буцлалт муудан шлактах аюултай байдаг тул агаарын даралтыг багасгах боломжгүй. Үүнтэй уялдан нүүрсний жижиг тоосонцор нь анхдагч агаарын эрчмийг сулруулан багасгаж чадахгүй байгаа тул анхдагч агаарын үлээлтээс дээш хөөрөгдөн хоёрдогч агаарын хуйлралтанд өндөр температур үүсгэн шатаж NOx SOx ялгаралтын хэмжээг ихэсгэн, зарим хэсэг нь шаталтад оролцохгүйгээр галын хотлоос гарч дутуу шаталтыг ихэсгэдэг байна.

Дээрх шалтгаанууд нь өөр хоорондоо уялдаа хамааралтай тул энэ бүгдийн эхлэл болсон нүүрсэн дэх чулууг галын хотлоос ажиллагааны явцад зайлуулахын тулд судалгаа, туршилтыг хийсэн.

Нам температурын буцлах давхаргад нүүрсийг шатаах технологийн ангилал

1. **Ердийн буцлах давхрагат түлш шатаах технологийн** агаар хуваарилах тавцангийн талбай, агаар хуваарилах соплоны тоо бараг 3 дахин олон байдаг. Үе дэх шингэрүүлэлтийн хурд их өндөр (1,5-2,5 м/с) байдаг.
2. **Эрчимжсэн буцлах давхаргын** бусад буцлах давхаргаас ялгагдах онцлог нь дэмжлэгт үе дэх шингэрүүлэлтийн хурд их өндөр (7-10 м/с) байдаг.

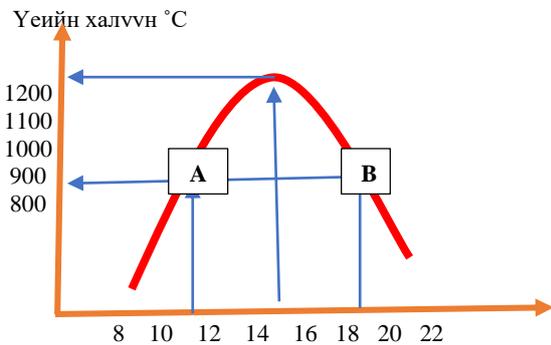
Зуух№4,5 нь энэ ангилалд багтдаг. График№1-т ажиллагааны хувьд “В” горимоор ажилладаг. Одоогийн байдлаар үе дэх шингэрүүлэлтийн урсгалын хурд 5-6 м/с ажиллаж байгаа. Энэ нь зуухыг ачаалал авхуулахын тулд нүүрсний

зарцуулалтанд тохируулан үеийн давхаргыг нэмдэг.

3. **Эргэлдэх буцлах давхаргад түлш шатаах технологийн** хувьд галын хотол дахь шаталтын дундаж температур 840 – 900 °С байх ба 3- 5 м/с хэвийн (< 450 микрон) хэмжээтэй жижиг хэсгүүд нь зуухны галын хотлоос утааны хийтэй хамт 4– 6 м/с-ийн хурдтайгаар тээвэрлэгдэн гарна. Энэхүү утааны хийтэй хамт тээвэрлэгдэх жижиг хэсгүүд нь циклоны тусламжтайгаар ялгагдан эргээд зуухны галын хотолд буцаж орно. Үе дэх шингэрүүлэлтийн хурд их өндөр (3-5 м/с) байдаг.

Манай станцын буцламтгай давхаргат зуухны горим ажиллагааны хувьд талаар

График №1



Буцламтгай давхаргат зуухны түлшний өгөлт болон буцлалтын үеийн температур барилт

Манай станцын нам температурт буцлах давхаргад түлшийг шатаах технологитой зуухнуудын ажиллагаа нь өөрсдийн онцлогоос хамааран хоёр төрлийн горимоор ажиллаж байна. Дээрх график нь зуухны хэвийн ажиллагааны үеийн түлшний өгөлт болон үеийн халууны хоорондын, хамаарлыг харуулсан график юм.

- “А” горим: Нүүрсийг үеийн халуунд тохируулан багаар өгөх. Энэ нь нүүрсний өгөх үед үеийн халуун нэмэгдэнэ гэсэн шууд хамааралтай ажилладаг
- “В” горим: Үеийн халууныг нүүрс өгөлтийн хэмжээг ихээр өгч барьж ажиллах буюу нүүрсийг нэрэх маягаар зуухны үеийн халууныг тохируулан ачааллыг авдаг. Энэ нь нүүрсийг нэмэх үед үеийн халуун буух буюу өөр хоорондоо урвуу хамааралтай юм.

Нүүрс болон нүүрсэнд агуулагдаж байгаа чулууны нягтыг тодорхойлоход: харилцан адилгүй нягттай чулуулгууд байсан ч гэсэн нүүрсний нягтаас 20-40%-иар илүү байсан. Харин жин ихтэй буюу 40-50мм-ээс их хэмжээтэй нүүрс нь галын хотолд орж буцлахгүй хэсэг хугацаанд халж ноцсоны дараа буцлах хөдөлгөөнд ордог тул ажиллагаанд төдийлөн хүндрэл учирдаггүй юм.



Чулуулаг жин /хүйтэн/ 13,95гр: 1,41гр/см³
Галын хотлоос халуун чулуу 12,27гр: нягт 1,24гр/см³
Эзэлхүүн 9,85 см³



(Аргелит)Чулуулаг жин/хүйтэн/ 44,66 гр: нягт 1,81 гр/см³
Галын хотлоос/халуун/ 50,82 гр:нягт 2,06 гр/см³
Эзэлхүүн 24.61 см³



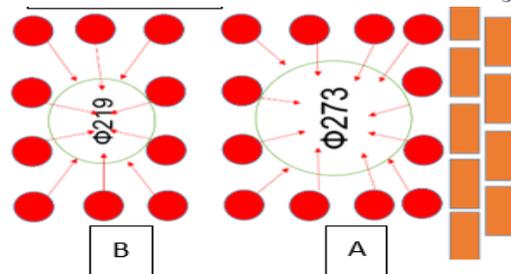
Нүүрсний жин /хүйтэн/ 44,66 гр
Эзэлхүүн 36.94 см³
Нягт: 1,2 гр/см³

Зуух №4,5 галын хотлын чулууг зайлуулахын тулд:

Нүүрс тэжээгчээс доош унах нүүрс нь буцлалтын эргэлдэх хөдөлгөөний цохилт болон анхдагч агаарын үлээлт зэрэг нөлөөллөөс нүүрсний эгц доош уналтыг саармагжуулан, өөрийн инерцийн хурд, нүүрс буух хоолойн араас болон доороос үлээх агаараас хурд нэмэн галын хотлын төв хэсэгт унадаг болохыг туршилтыг зуух тус бүр дээр хийж тодорхойлсон.

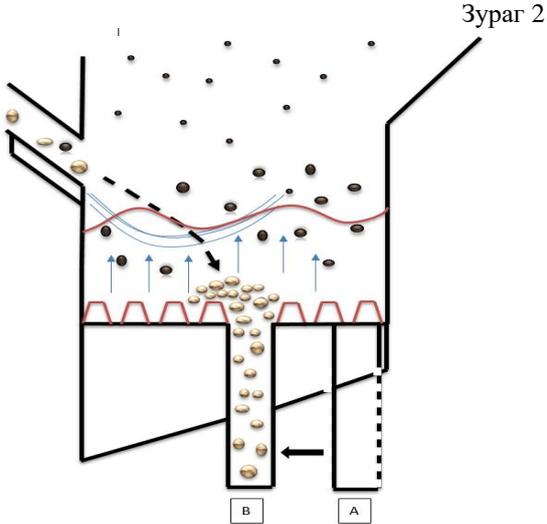
Галын хотлын төв хэсэгт унасан нүүрсэнд чулуу нь хүндийн жингээр шаталтын тавцанд дээр үлддэг тул инертийн материал буух хоолой “А” нь зайны хувьд хол байснаас хуримтлагдсан чулууг бүрэн зайлуулах боломжгүй байсан тул инертийн материал буух хоолой “А”-г арын хана дагуу байрласныг арын хананаас гурван эгнээ соплгоор урагшлуулан дөрөвдүгээр эгнээн байрлуулан нүүрсний уналтын “В” цэгт шилжүүлэн шаталтын тавцангийн хийцэд өөрчлөлтийг хийсэн.

Зураг 1



Ингэхдээ “А” инертийн материал буух хоолойн диаметр Φ273-г Φ219 болгон нарийсгаж өгсөн. Буух хоолой “А” нь 4x4-д соплонд багтдаг байсныг 4x3 харьцаанд “В” буух хоолойг байрлуулснаар галын хотлын жигд буцлалт, буух хоолой дээрх

агаарын даралтын уналт байхгүй болсноор буух хоолой нь шлакдан битүүрэх, гудруулах ашиглалтын үеийн хүндрэлтэй асуудал шийдэгдсэн.



Ингэснээр нүүрсийг шгтаах үед анхдагч агаарыг шаардлагатай хэмжээнд тохируулан багасган үеийн халууныг тогтвортой хэвийн хэмжээнд барьж ажиллах, тогтвортой хэвийн горимоор зуухыг галлах боломжтой болсон.

Хүснэгт.№1



Үүнтэй холбоотойгоор нүүрсний нунтаг хэсгийг хэт хөөрөгдүүлэхгүй шаталтанд оруулснаар NOx, SOx ялгаралтын хэмжээг бууруулж, дутуу шаталтын хэмжээ хэвийн болсон.

Зуухны ажиллагааны явцад нүүрсэнд бага хэмжээний чулуу /m_{чулуу}/ галын хотолд ордог байсныг тодорхой $\tau = 1$ цагт хугацаанд ялгаж чаддаг байсан. Гэвч тухайн хугацаанд $\frac{m_{чулуу}}{\tau}$ ялгаж чадах хэмжээнээс их чулуу буюу $\frac{m_{чулуу} + \Delta m}{\tau}$ ирснээр тухайн Δm хэмжээний чулууг тогтмол ирвэл зуухыг дунджаар 38 цагт шлакдуулж байсан. Иймд / τ / хугацаанд ялгах /m_{чулуу}/ чулууны хэмжээг нэмэгдүүлэхийн тулд инертийн материал буух

хоолойг урагшлуулан нүүрсний уналтын цэгт шилжүүлснээр $\frac{m_{чулуу}}{38\tau}$ болох юм.

Хүрсэн үр дүн: Зуухны найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэхэд маш оновчтой шийдэл болсон бөгөөд зуухнуудын нийт зогсолт 2018 онд 172 удаагийн зогсолтын 47 нь нүүрсний чулуулгаас хамаарч шлакдаж байсан бол тухайн асуудлыг оновчтой энгийн аргаар шийдвэрлэснээр зуухнуудын нийт зогсолтыг 3 дахин бууруулж, нүүрсэн агуулагдах чулуулгаас хамаарсан шлакдалт болон зогсолт хийгээгүй билээ.



Тус онд зуухны зогсолтоос болж урсгал засвар зардал:

	2018	2019	2020	2022
Төлөвлөгөөний хэтрэлт +/-%	11,5%	3,6%	0,5%	0,3%

2018 оны урсгал засварын зардал ихэссэн гол шалтгаан нь шлакдасны улмаас галын өрлөг дулаалга, шугам хоолойд засвар үйлчилгээ хийж, төлөвлөгдөөгүй зардал гарсны улмаас хэтрэлт гарсан.

Дүгнэлт: Ашиглалтын үеийн ажиллагааны байдлаас харахад нам температурын эрчимжсэн буцлах давхаргад нүүрсийг шатаахад нүүрсний илчлэг нэмэгдэх тусам үе дэх ажлын хурд (буцлалтын хурд) нь хэвийн горим (7-10м/с) -оос хасагдана.

Нүүрсний чулуулаг нь нүүрс буух хоолойгоор галын хотолд орохдоо тодорхой хэсэгт унадаг. Урьд нь инертийн материал буюу үнс чулуулгийг зайлуулах хоолой нь уг цэгээс 60см хол байсан учраас чулуулаг нь зайлуулагдаж чадахгүй хуримтлагдан шлакдах үндэс болж байсан. Иймд тодорхой хугацааны туршилтын дүнд буух хоолойг 60см шилжүүлэн өөрчилснөөр чулуулаг нь зайлуулагдах боломж бүрдэн шлакдах нөхцөл буурсан. 2018 онд уг шалтгаанаар 47 удаа шлакдаж зогсож байсан бол энэ шалтгаанаар зуух зогссон тохиолдол гараагүй. Уг өөрчлөлтийн үр дүн нь зуухны тасралтгүй найдвартай байдал дээшилж шлакдалтаас үүсэх галын хотлын өрлөг дулаалга нурах, шаталтын тавцан, агаарын сонло хэв гажилтанд орох, галлагаанд зарцуулах дизель түлш хүн хүч зэргийг хэмнэж чадсан зүйл болсон.

Ашигласан ном зүй:

1. Бийско-энергомаш компанийн горимын инженер
Ф.Б.Щербаков туршилт тохируулгын эмхэтгэл
2. “Уурын генератор” Д.Мандал 2013 он
3. “ЗУУХНЫ ТӨХӨРӨМЖИЙН ТУРШИЛТ,
ЗҮГШРҮҮЛЭЛТ” Ж.Цэн-Ойдов 2015 он
4. “Зуухны дулааны тооцооны нормчлолын арга”
2019 он Д.Балдандорж
5. ДЦС-2 ТӨХК-ний архив, дулааны горимын
туршилтууд.
6. ДЦС-2 ТӨХК-ний зуухны засварын акт,
тайлангууд

ЦАГАРИГ ХЭЛХЭЭТЭЙ ДУЛААНЫ СҮЛЖЭЭНИЙ ТОХИРУУЛГЫН ОНОВЧТОЙ ХУВИЛБАР

Ө.Энх-Амар^{1,2}, Г.Отгонбаяр², О.Пүрэвжал¹, Б.Өлзийбадрах¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

² Улаанбаатар дулааны сүлжээ ТӨХК, Горим тохируулга мэдээлэл судалгааны алба
amaraa3021@gmail.com

Хураангуй— Жил бүр шинэ хэрэглэгчид төвлөрсөн дулаан хангамжийн системд холбогдон ачаалал өсөн нэмэгдэж буйтай холбоотой Улаанбаатар хотын дулааны сүлжээний хувьд дамжуулах сүлжээний гидравлик горимын тооцоог хийн схемийн оновчтой хувилбар боловсруулах нь улам өндөр ач холбогдолтой болж байна. ДЦС-3-ийн дунд даралтын хэсгээс хангагдаж буй сүлжээ цагариг үүсгэсэн байх үед цагаригийг хангах хэсгүүдийн усны зарцуулалт нь хаалтны байрлалаас хамаарч хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг гурван тохиолдолд тооцоолон харьцуулалт хийлээ. Цагариг хэлхээг хангахдаа төв шугам болж буй хэсгийн зарцуулалтыг хамгийн бага байхаар тохируулга хийвэл гидравликийн хувьд хамгийн ашигтай хувилбар болохыг тогтоов.

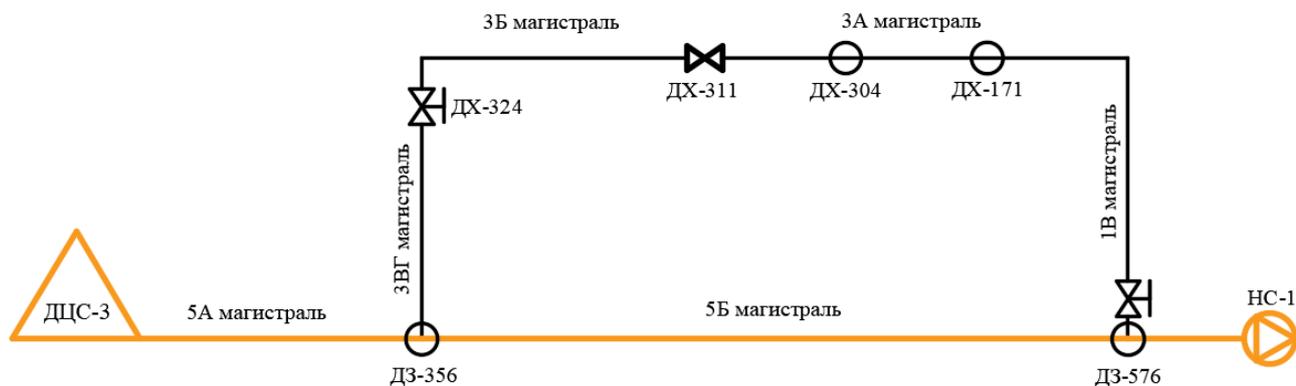
Түлхүүр үг—Гидравлик, даралтын зөрүү, төв шугам, зарцуулалт

I. ОРШИЛ

Орчин үед томоохон хотуудын дулааны сүлжээний найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх зорилгоор төв шугамыг сэлгэн залгах, дулааны дэд станцыг өөр нөөц шугамаас тэжээх холбооснууд бий болсноос гадна дулааны сүлжээ нь хэд хэдэн эх үүсгүүрээс тэжээгддэгтэй холбоотойгоор сүлжээ олон цагаригт системээс бүрдэх болсон[1]. Цагариг хэлхээний урсгалыг таслах хаалт ашиглан салаалсан урсгалыг хуваарилж болох бөгөөд бүх цагариг үүсгэж буй хэсгийн таслах хаалтууд нээлттэй тохиолдолд хүрээ нь Кирхгофын хуульд захирагдан бүрэн түрэлт нь тэнцэх цэгт урсгал нийлнэ. Урсгал нийлэх цэгийг тохируулга хийн схемийн боломжит ашигтай хувилбарыг олох нь судалгааны ажлын гол зорилго болно.

II. ОБЪЕКТИЙН ТУХАЙ

ДЦС-3-ын дунд даралтын хэсгээс 3АБВГ,1В,5Б магистраль цагариг үүсгэн хангагдаж байх үеийн сүлжээг хялбарчилсан схемийг 1-р зурагт хялбарчлан дүрсэлсэн. Схем дээрх 5АБ магистраль сүлжээний төв шугам харин бусад хэсэг нь салаа шугам болно. Сүлжээний хувьд төв шугамын даралтын уналт нь сүлжээний нийлбэр даралтын уналтыг тодорхойлно. Дулааны худаг-311 (ДХ) нь цагариг хэлхээний таслах хаалттай цэг бөгөөд ДХ-324, Дулааны зангилаа-576 (ДЗ) нь тохируулгын цэгүүд болно. 2022 онд 5А магистралийн 800 мм голчтой 2.2 км хос шугамыг 1000мм, 3Г магистралийн 600 мм голчтой 950 метр хос шугамыг 700 мм болгон өргөтгөн шинэчилсэн. Үүнтэй холбоотой төв шугамын ачааллыг салаа шугам болох 3Г магистраль чиглэл руу шилжүүлэн сүлжээний нэвтрүүлэх чадварыг нэмэгдүүлэх боломжтой болсон.



1-р зураг. ДЦС-3-ын ДДХ-ээс хангагдаж байгаа сүлжээ нь цагариг үүсгэсэн байх хувилбарын хялбарчилсан схем. Сэдэвтэй нарийн холбогдолгүй сүлжээний бусад хэсгүүдийг зурагт дүрслээгүй.

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Дулааны сүлжээний дагуу усны даралт хэрхэн өөрчлөгдсөнийг, мөн хуваарилах шугамуудын төгсгөлд сүлжээний усны даралтын зөрүү шаардлага хангаж буй эсэхийг шалгах, үнэлэх, улмаар гидравлик горимын тохируулга хийх үйл ажиллагаа явуулахын тулд дулааны сүлжээний гидравлик тоо хийх шаардлага бий болдог[2]. Судалгааны зарчим нь тохируулгын хувилбаруудад гидравлик тооцоо хийн пьезометрийн график байгуулж төв шугамын гидравлик горимд нөлөөлөх нөлөөлөл, өөрчлөлтийг харьцуулан дүгнэлт хийсэн.

Гидравлик тооцооны гол хувьсагч нь зарцуулалт байдаг. Тиймээс хэсэг тус бүрийн хувьд зарцуулалтын утгыг олохгүйгээр тооцоог цааш үргэлжлүүлэх боломжгүй. Харин цагариг хэлхээний хувьд хэсэг тус бүрээр өнгөрөх усны зарцуулалтыг олох нь бага зэрэг хүндрэлтэй байдаг. Тухайн хэсгийн эсэргүүцэлтэй түүгээр урсах усны зарцуулалт урвуу хамааралтай байдаг бол даралтын уналт нь шууд хамааралтай байна. Цагариг схемтэй сүлжээний гидравлик тооцоонд урсгал хуваарилах тооцоолол гол хэсэг нь болдог. Шингэн ба электроны урсгал нь хоёул нил орчны урсгал тул адил шинж чанартай байна гэж үздэг. Иймээс Кирхгофын 1,2 дугаар хууль нь усан сүлжээнд ч үйлчилдэг гэсэн үг бөгөөд урсгал хуваарилах тооцооллын гол тулгуур нь болно.

Тооцооллыг хийхийн тулд хэрэглэгчийн оруулгууд дээрх зарцуулалт мэдэгдэж байх ба хэсгүүдийн эсэргүүцлийн утгуудыг бодож олно эсвэл өгөгдсөн байна. Хэсэг бүрийн зарцуулалтын утгыг олохын тулд эхлээд Кирхгофын 1-р хуулийн нөхцөлийг хангадаг байхаар зарцуулалтын утгуудыг оноож өгнө.

$$\sum V = 0 \quad (1)$$

Үүний дараа даралтын уналтын балансыг шалгах ба энэ нь Кирхгофын 2-р хууль ёсоор тэгтэй тэнцүү байх ёстой ба тэгтэй тэнцүү биш бол тэр нь үлдэгдэл даралтын уналт болно.

$$\delta P = \sum S V^2 = 0 \quad (2)$$

Үлдэгдэл даралтын уналтыг ашиглан засварын зарцуулалтыг дараах томъёогоор олж болно.

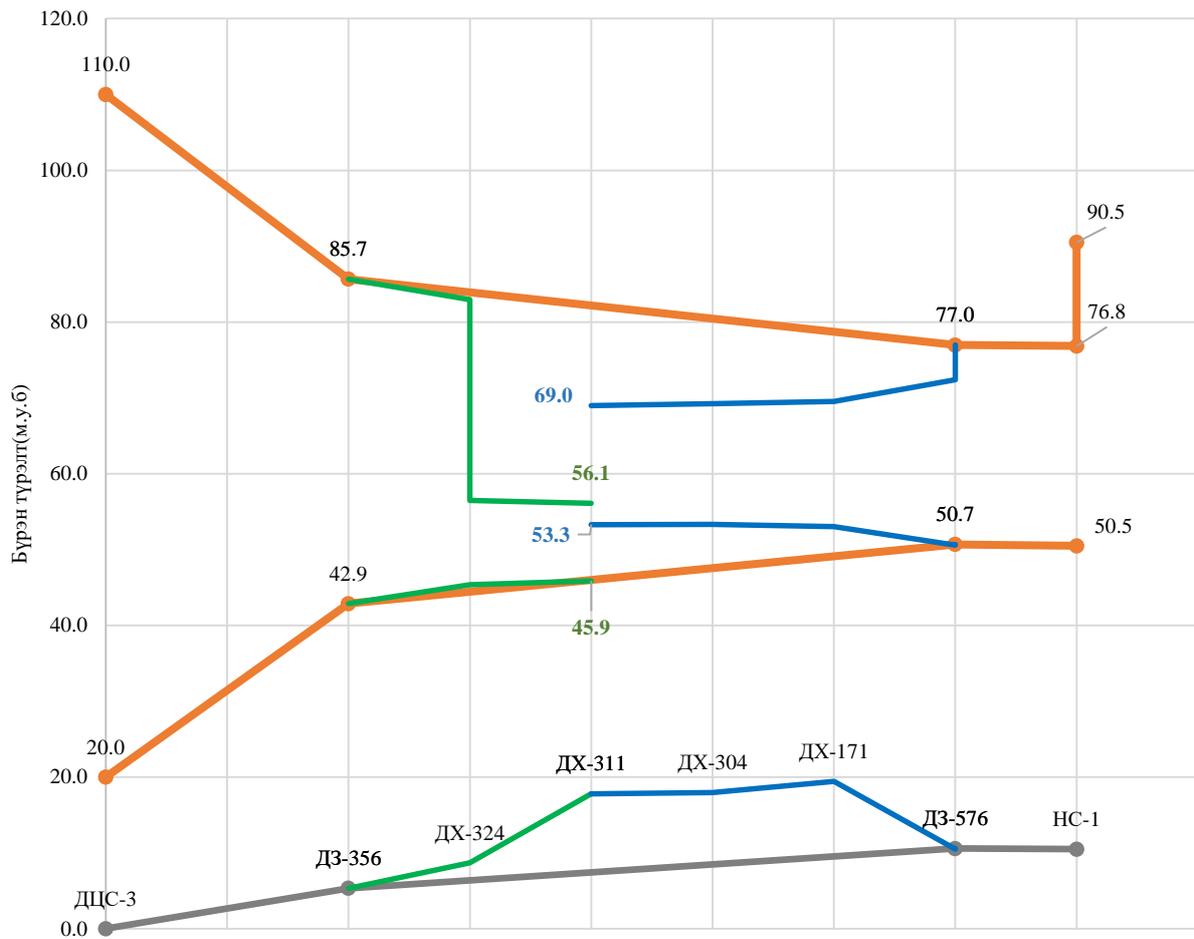
$$\Delta V = \frac{\delta P}{2 \sum |s_i V_i|} \quad (3)$$

Зарцуулалтын бодит утга нь анх оноосон утгаас засварын зарцуулалтын утгыг хассантай тэнцүү буюу дараах тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэнэ.

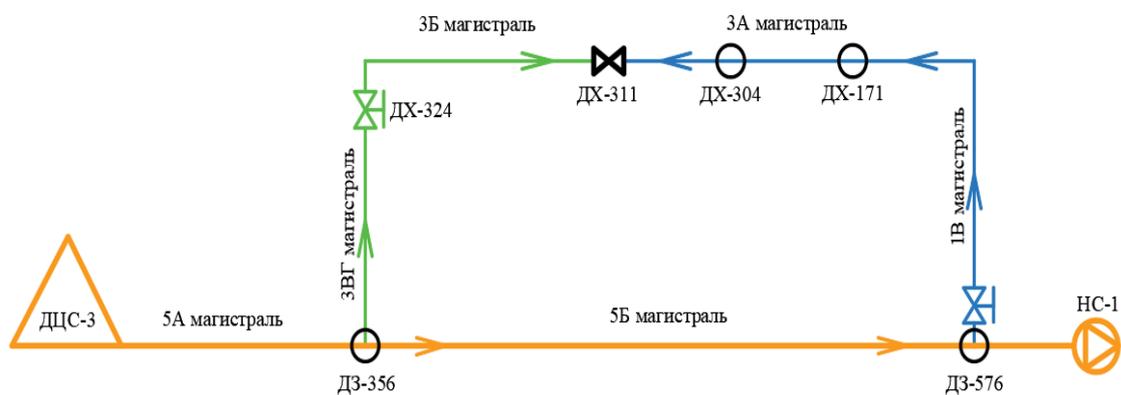
$$V'_i = V_i - \Delta V \quad (4)$$

Ингээд ойртуулан дөхүүлсэн зарцуулалтын утгаар дахин даралтын уналтын баланс шалгаж баланс тэгтэй тэнцүү болтол ойртуулан дөхүүлэх бодолт хийнэ.

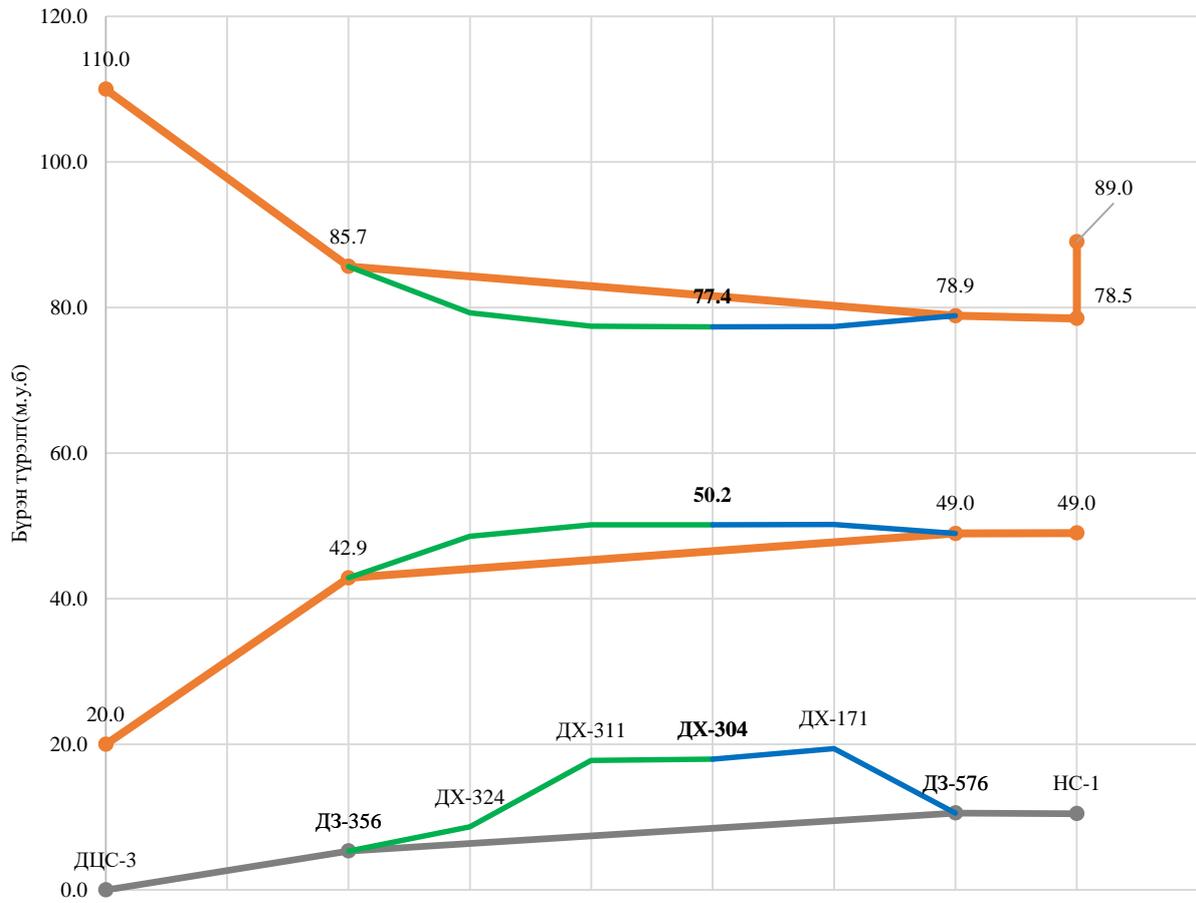
Уг судалгааны ажлын тооцооны хувьд ZuluGIS программд үүсгэсэн сүлжээний загварыг ашиглан цагариг хэлхээний тохируулгын гурван хувилбарт салааны хэрэглэгчийн оруулга дээрх даралтын зөрүү нь 10 м.у.б-аас багагүй байхаар ойртуулан дөхүүлэн бодолт хийсэн. Тохируулгын эхний хувилбарт (2,3 дугаар зураг) ДХ-311 цэгт таслах хаалт хаалттай үед урсгал ДЗ-356 цэгээс салаалж ДХ-311 цэгийн 2 талын ачааллыг хуваан хангана. ДХ-324 болон ДЗ-576 цэгт 2 жигүүр нь төв шугамын тохируулгатай байна. Хоёрдох хувилбарт(4,5 дугаар зураг) цагариг хэлхээний үндсэн хаалтуудыг бүрэн нээсэн үед урсгал хэрхэн хуваарилагдаж аль цэгт урсгал нийлэхийг тогтоосон. Сүүлийн хувилбарт(6,7 дугаар зураг) ДЗ-576 цэгт цагариг хэлхээний хэрэглэгчид дээрх даралтын зөрүү хамгийн багадаа 10 м.у.б байхаар тохируулга хийх үед сүлжээний төв шугам болох 5Б магистраллийн ачаалал хэрхэн буурч байгааг тогтоосон. Тооцоог хийхдээ эх үүсгүүрийн барих даралт тогтмол, даралт өргөх НС-1-ийн шахах талд 40 м.у.б даралтын зөрүү үүсгэж ажиллана гэж үзсэн. Хэрэгдэгчид автомат тоноглолтой тул хувилбаруудад хэрэглэгчийн болон сүлжээний нийлбэр зарцуулалт тогтмол байна.



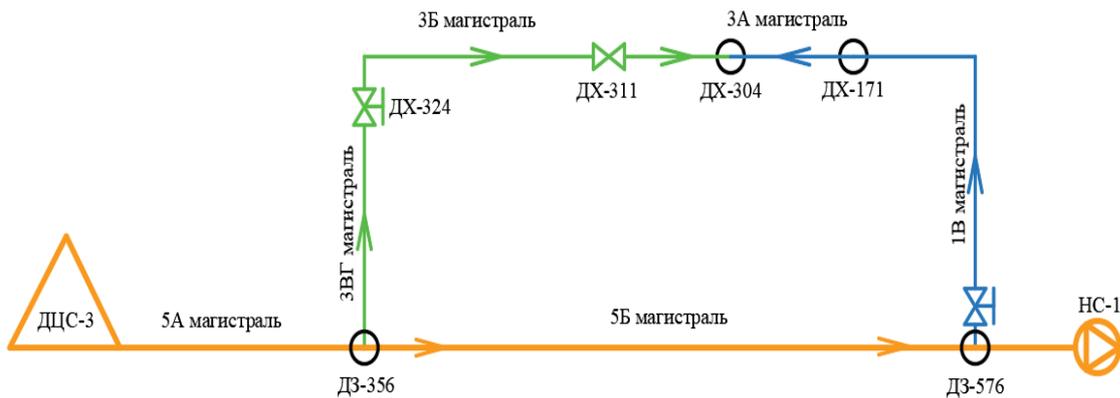
2-р зураг. Пьезометрийн график (Тохируулгын хувилбар-1) **Ногоон** өнгөөр ДЗ-356 цэгээс ДХ-311 хүртэлх түрэлтийн өөрчлөлт, **цэнхэр** өнгөөр ДЗ-576 цэгээс ДХ-311 цэгт хүртэлх түрэлтийн өөрчлөлт. ДХ-311 цэг дээрх ногоон, цэнхэр хоёр шулууны түвшний зөрүү таслах хаалтны хоёр талын түрэлтийн зөрүүг илэрхийлнэ.



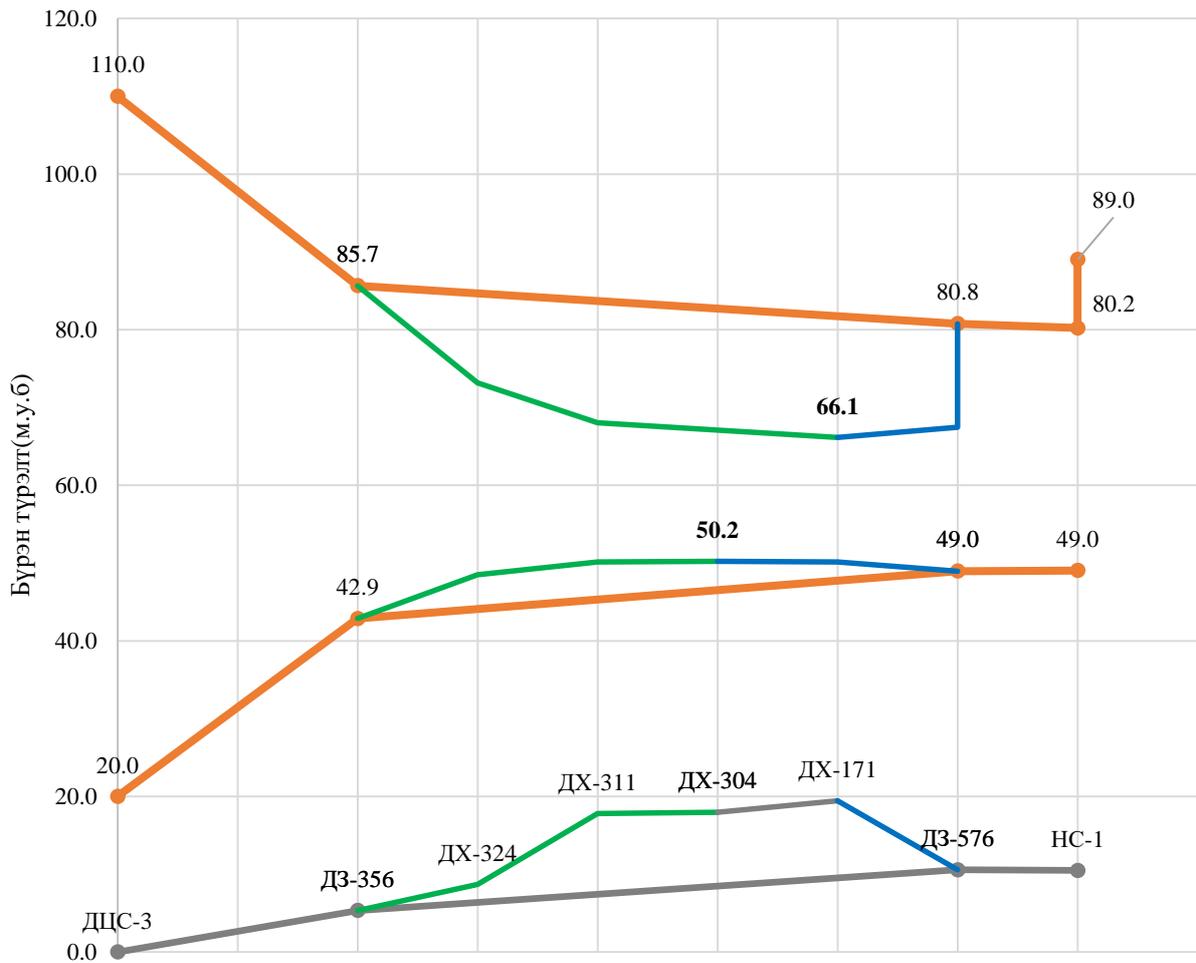
3-р зураг. Хялбарчилсан схем(Тохируулгын хувилбар-1) ДХ-311 цэгт таслах хаалт хаалттай , ДХ-324 болон ДЗ-576 цэгүүд тохируулгатай



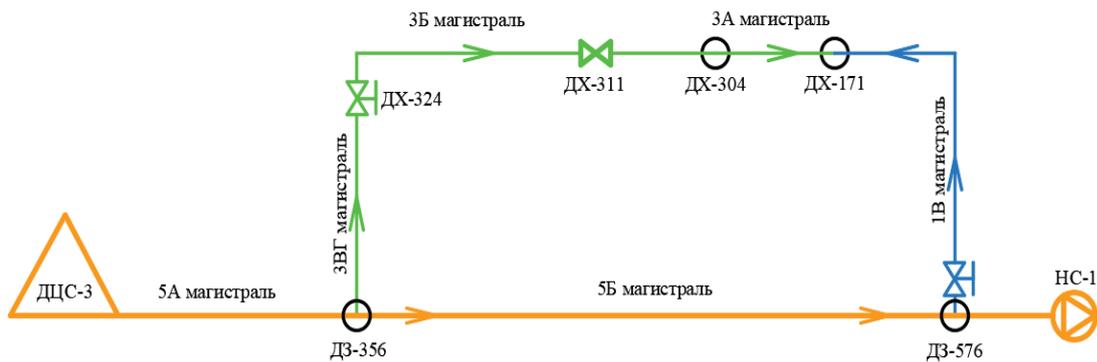
4-р зураг. Пьезометрийн график (Тохируулгын хувилбар-2) ДХ-304 цэгт 187.9 тн/ц зарцуулалт бүхий салааны 47.3 тн/ц нь ДЗ-356 талаас(ногоон өнгөөр), 140.6 тн/ц нь ДЗ-576 талаас(цэнхэр өнгөөр) хангагдах үед хоёр жигүүрийн түрэлтийн утга тэнцэж урсгал нийлж байгааг дүрсэлсэн.



5-р зураг. Хялбарчилсан схем(Тохируулгын хувилбар-2) ДХ-311 цэгт таслах хаалт бүрэн нээлттэй ДХ-324, ДХ-576 цэгүүдэд тохируулгагүй.



6-р зураг. Пьезометрийн график (Тохируулгын хувилбар-3) ДЗ-576 цэгт өгөх даралтыг тохируулсан үед ДХ-171 цэгт 350 тн/ц зарцуулалт бүхий салааны 166.4 тн/ц нь ДЗ-356 талаас, 183.6 тн/ц нь ДЗ-576 талаас хангагдах үед хоёр жигүүрийн түрэлтийн утга тэнцэж өгөх шугамын урсгал нийлэх цэг ДХ-304 цэгээс ДХ-171 цэг рүү шилжиж байгааг харуулсан.



7-р зураг. Хялбарчилсан схем(Тохируулгын хувилбар-3) ДХ-311 цэгт таслах хаалт бүрэн нээлттэй, ДХ-324 цэгт тохируулгагүй, ДХ-576 цэгт тохируулгатай.

1-Р ХҮСНЭГТ. ДЗ-356 ЦЭГЭЭС САЛААЛАХ УСНЫ УРСГАЛЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

<i>Тооцооны хувилбар</i>	<i>1</i>		<i>2</i>		<i>3</i>	
Урсгалын чиглэл	Зарцуулалт (тн/ц)					
	Өгөх	Буцах	Өгөх	Буцах	Өгөх	Буцах
5Б магистраль руу	2824	2722	2528	2445	2184	2445
3г магистраль руу	696	683	991	962	1335	962

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Эхний хувилбарт 5Б магистралийн эхний хэсгийн зарцуулалт 2824 тн/ц бөгөөд даралт өргөх НС-1-ийн сорох талын даралтын зөрүү 26.3 м.у.б байсан. Цагариг хэлхээний тохируулгын цэгүүдийн хаалтууд болон ДХ-311 цэгийн таслах хаалтуудыг бүрэн нээх үед цагаригийн салаалсан урсгал ДХ-304 цэгт нийлж 5Б магистраль шугамаар дайрах зарцуулалт 295 тн/ц-аар буурч даралт өргөх НС-1-ийн сорох талын даралтын зөрүү 3.1 м.у.б-аар нэмэгдсэн. Харин ДЗ-576 цэгт цагаригийн төгсгөлийн хэрэглэгчийн оруулгын даралтын зөрүү 10 м.у.б байхаар тохируулга хийсэн тохиолдолд 5Б магистралийн өгөх шугамаар дайрах зарцуулалт эхний тохиолдлоос 640 тн/ц-аар буурч, даралт өргөх НС-1-ийн сорох талын даралтын зөрүү 4.8 м.у.б-аар нэмэгдсэн. Ингэснээр насосны шахах талын даралтыг 4.8 м.у.б-аар бага барьж ажиллах нөхцөл бүрдэж байгааг 2-оос 7 дугаар зургуудыг болон 1-р хүснэгтийг харьцуулан харвал илүү ойлгомжтой болно.

Сонирхолтой нь сүүлийн тохиолдолд ДЗ-576 цэгт зөвхөн өгөх шугамын тохируулгатай тул буцах шугамын зарцуулалт ДХ-304 цэгээс салаалсан хэвээр байхад, өгөх шугамын зарцуулалт нийлэх цэг ДХ-171 рүү шилжиж байгааг тооцооны өгөгдлөөр байгуулсан пьезометрийн график болох 6 дугаар зургаас харж болно.

V. ДҮГНЭЛТ

Судалгааны үр дүнд дулааны сүлжээнд эх үүсгүүртэй аль болох ойр магистраль шугамууд руу төв шугамын ачааллыг шилжүүлснээр сүлжээний нэвтрүүлэх чадвар нэмэгддэг нь ажиглагдсан. Төвлөрсөн дулаан хангамжийн системийн ажиллагааны үр ашиг, эдийн засгийн үзүүлэлт уг системд дулааны ачааллыг тохируулж байгаа аргаас олон талаар хамаарна[3]. Судалгаанд ашигласан объектын хувьд сүлжээнд үүссэн цагариг хэлхээг хангах тохируулгын хамгийн оновчтой хувилбар нь төв шугамаар дайрч хэлхээ рүү урсах зарцуулалтыг тохируулга хийн хязгаарлаж, 3г магистраль чиглэл рүү шилжүүлэх юм. Ингэснээр төв шугамаар дайрах зарцуулалтыг боломжит хэмжээнд хүртэл бууруулах, сүлжээний нэвтрүүлэх чадвар сайжирч даралт нэмэгдсэнээр даралт өргөх насосны цахилгаан тэжээлийн давтамжийг бууруулан цахилгааны хэрэглээг хэмнэх боломжтойг тогтоосон.

Нэг эх үүсгүүрээс хангагдаж байгаа сүлжээнд цагариг хэлхээ үүссэн байх нь төв шугамын мухардмал

цэгийн тоог багасгаж, нэвтрүүлэх чадварыг нэмэгдүүлэх боломж бүрдүүлж байгаа бөгөөд сүлжээний ачааллыг сэлгэн залгалт хийхгүйгээр тохируулга хийн шилжүүлж хамгийн оновчтой схемээр ажиллуулснаар дулааны эрчим хүчийг жигд хуваарилах зэрэг давуу талтай байна.

Дээрх үр дүн үзүүлэлтүүд нь тооцооны программ дээр туршсан хийсвэр туршилтын үр дүн юм. Харин бодит нөхцөлд хэрэглэгчийн автомат тоноглолын найдвартай ажиллагаа, урсгалын чиглэлийн өөрчлөлт нь шугам сүлжээний анхны хийц, угсарсан байдалтай нийцэх эсэх зэрэг хүчин зүйлүүдийг авч үзэх шаардлагатай. Нэг эх үүсгүүрээс хангагдаж байгаа сүлжээнд цагариг хэлхээ үүссэн байх нь сүлжээний ачааллыг сэлгэн залгалт хийхгүйгээр хамгийн оновчтойгоор хуваарилах, сүлжээний нэвтрүүлэх чадвар нэмэгдүүлэх, сүлжээний мухардмал цэгийн тоог багасгах зэрэг давуу талтай байна.

VI. НОМ ЗҮЙ

- [1] О.Пүрэвжал, “Дулаан хангамжийн системийн дулааны ба гидравлик горим” Улаанбаатар 2023 он, 236х.
- [2] Б.Намхайням, “Дулаан хангамжийн систем” Улаанбаатар 2019 он, 181х.
- [3] Д.Бямба-Очир, “Дулаан хангамжийн тохируулга зүгшрүүлэг” Улаанбаатар хот 2014 он, 21х.

АГААРЫН ХӨРГӨЛТТЭЙ КОНДЕНСАТОРЫН ӨВЛИЙН ҮЕИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА

Г.Дорждагва¹, А.Түмэнбаяр¹,
Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар
Dorjdagwa25@gmail.com

Хураангуй— Өвлийн улиралд агаарын хөргөлттэй конденсатор (АХК)-ын хөргөлтийн гадаргуугийн багц хоолойн хөлдөлтийг бууруулах зорилгоор 2013 оноос эхлэн Өмнөговь дахь салбарын Ухаа Худаг цахилгаан станцын турбин ашиглалтын алба нь дулаан солилцох гадаргууг багасгах заглушканы талаарх судалгааны ажлаа эхэлсэн бөгөөд 2013 оны 11-р сард модон заглушкыг ашиглан АХК-ын дулаан солилцох гадаргуугийн 50 %-ийг хязгаарласан боловч төдийлөн үр дүнд хүрээгүй байна. Иймд энэхүү судалгаагаар гадна агаарын температур болон турбины ачааллаас хамааруулан АХК-ын хөргөлтийн гадаргуугийн талбайг тооцож өвлийн улиралд ашиглах боломжит секцийн тоог тодорхойлон хүйтний улиралд үүсдэг хүндрэлтэй асуудлыг шийдвэрлэх, улмаар дотоод хэрэгцээний цахилгаан эрчим хүч (ЦЭХ)-ний хэмнэлт гаргахыг зорьсон.

Түлхүүр үг— Хөргөлтийн гадаргуугийн талбай, хуурай хөргөлтийн систем, вакуум, хөлдөлт, заглушка

I. ОРШИЛ

Хөргөлтийн системийн үр ашгийг дээшлүүлж, усны алдагдлыг багасгаж, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг бууруулахын тулд орчин үед хуурай ба хагас хуурай хөргөлтийн системийг хэрэглэж байна. Хуурай хөргөлтийн системийг шууд ба шууд бус гэж 2 ангилдаг. Дэлхийн олон орны нийт 16000 МВт чадалтай ДЦС-уудад ажиллаж байгаа хуурай хөргөлтийн системийн 80 гаруй хувь нь Унгарын Будапештийн ЭГИ компанийн Геллерийн хийцийн хуурай хөргөлтийн шууд бус систем байгаа бөгөөд сүүлийн жилүүдэд Геллерийн системийг боловсронгуй болгож “HEAD” (Heller-EGI Advanced Dry/Deluged) маягийн системийг хэрэглэх болжээ [1].

Агаарын хөргөлттэй технологийн хөгжлийн түүүхийг гурван үе болгон хувааж болно. Үүнд:

Эхний үе: Европт 1930-1970 ондуудад ихээхэн дэлгэрсэн шууд урсгалт агаарын хөргөлтийн технологи юм. Энэ нь хөргөлтийн хүчин чадлаар хязгаарлагдаж байсан тул ихэвчлэн 100 МВт-аас бага хүчин чадалтай жижиг тоног төхөөрөмжүүдэд ашиглагдаж байсан.

Хоёр дахь үе: 1970-1990 оны дунд үед түгээмэл дэлгэрсэн шууд бус агаарын хөргөлтийн арга ба энэ нь хуурай хөргөх цамхгийн ашигт үйлийн коэффициентыг сайжруулахаар дулаан зөөгчөөр усыг хаалттайгаар ашигладаг онцлогтой. Шууд бус агаарын хөргөлтийн цахилгаан генераторын хэмжээ нь шууд агаарын хөргөлтийнхөөс илүү том юм. Ерөнхийдөө хүчин чадал нь 100-300 МВт байсан. Агаарын хөргөлттэй конденсаторын төхөөрөмжтэй цахилгаан станцууд тухайн үед Өмнөд Африк, Иран,

Бразил, Хятад, Энэтхэг, АНУ зэрэг орнуудад ихээхэн хөгжсөн.

Гурав дахь үе: 2000 оны эхэн үеэс шууд агаарын хөргөлтийн шинэ үе үүсэж, дэвшилтэт материал буюу шингэн болон аэродинамик төгс загвараар давамгайлж эхэлсэн. Ялангуяа Хятад улс дэлхийн технологийн дэвшил агаарын хөргөлттэй эх үүсгүүр бүхий байгууламжаар толгойлж эхэлсэн. Энэ үед нэгж бүр нь 300-600 МВт-ын том хүчин чадлын шууд агаарын хөргөлттэй конденсатор Хятадад дэлгэрч байв.

Хятад улс нь 2010 оны 12 дугаар сард дэлхийн хамгийн том агаарын хөргөлттэй конденсатортай 1000 МВт-ын 2 турбин бүхий цахилгаан станцыг Чиншуйчуань хотод ашиглалтад оруулсан. [2].

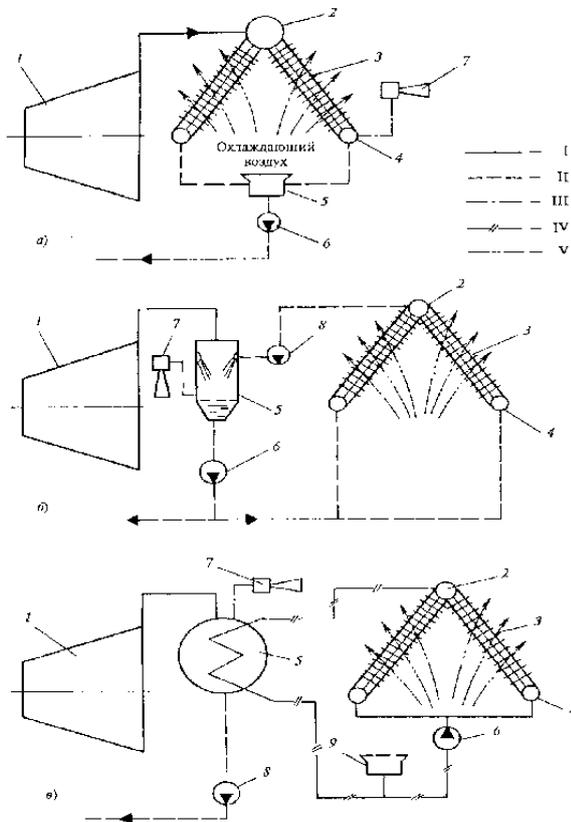
Дэлхийд тэргүүлэгч агаарын хөргөлттэй конденсатор үйлдвэрлэгч SPG DRY COOLING компанийн 2021 онд гаргасан судалгаагаар агаарын хөргөлттэй конденсатор ашиглаж байгаа цахилгаан станцуудын нийт хүчин чадал 161,466 МВт байгаагаас 48 % буюу 77,565 МВт нь БНХАУ-д хэрэглэгдэж байна [2].

Эрчим хүчний системийн ашиглалтад АХК-н 3 төрлийн схем байдаг. [1].

Эхний төрлийн схем (Зураг 1, а) –орчны агаараар хөрдөг, гадна талаас ирмэгжүүлсэн хоолойн дотор уур конденсацлагддаг.

Хоёр дахь төрөл (Зураг 1, б) - холимог хэлбэрийн конденсаторыг ашигладаг ба дулаан солилцоо нь ирмэгжүүлсэн гадаргууг орчны агаараар хөргөх байдлаар явагддаг.

Гурав дахь төрөл (Зураг 1, в) нь ердийн гадаргуугийн конденсаторыг ашигладаг бөгөөд хөргөлтийн усыг агаар хөргөх дулаан солилцогчоос нийлүүлдэг.



1-р зураг. Агаарын хөргөлттэй конденсаторын төхөөрөмжийн схем

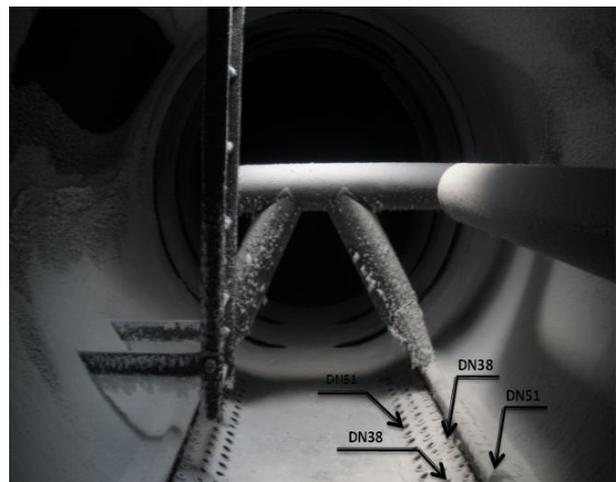
II. АГААРЫН ХӨРГӨЛТТЭЙ КОНДЕНСАТОРЫН СУДАЛГАА

Агаарын хөргөлттэй конденсаторын үндсэн эд ангиуд нь 10 м-ийн өндөрт босгосон 12 ш бетонон тулгуур дээр байрладаг ба хөргөх гадарга нь ган хоолойгоор хийгдэж бэлтгэгдсэн 12 ш радиатор хэлбэрийн багц хоолойн хэсгүүдээс бүрдэнэ.



2-р зураг. А-frame хэлбэрийн агаарын хөргөлттэй конденсатор

Эдгээр багцуудыг зургаа, зургаагаар нь 2 тал болгон хувааж, гурвалжин хэлбэрээр байрлуулж, радиаторын хоолойнуудын (багц хоолой) дээд хэсгийг буюу гурвалжны оройн доод хэсгийг ул төмрөөр дамжуулан холбоно. Ул төмрийн дээд хэсгийг хагас дугуйн хэлбэрийн гадаргуутай нийлүүлэн гагнаж, ф1120x10мм-тэй уур хүлээн авах камер болгон турбины сүүлийн хэсэгтэй холбосон байна. Харин багц хоолойнуудын доод хэсгийг нийлүүлэн нэг буух хоолой үүсгэх ба конденсат цуглуулагч коллекторт холбогдоно. Энэ хоёр коллекторыг нэгтгэн ф219x8мм шугамаар конденсат баканд өгдөг. Турбины ажилласан уур нь уур хүлээн авах камераас багц хоолойнуудын гаднаас үлээх салхилуурын хүйтэн агаартай дулаан солилцоноор доод коллекторт хүрэх замдаа конденсат (хувирсан ус) болон хувирдаг. Уур хүлээн авах камер доторх багц хоолойнуудын 2 талын гаднах эгнээг ф108мм-ийн төмөр хоолойгоор битүүлж гагнан 2 захыг "П" маягын хоолойгоор холбож битүү цагираг үүсгэн эжекторын уур агаарын холимгийг сорох камер үүсгэдэг. [3].



3-р зураг. Уур хүлээн авах камер

Эжекторын уур агаарын холимгийг сорох камерын 2 захаас ф108 мм-ийн хоолой, 2 талын дунд хэсгээс ф57 мм хоолой нийт 4 ш шугамаар гаргалгаа аван тэдгээр дээр тус тус бүрд нь хаалт тавьсан байдаг.

Багц хоолойн гадна эгнээг эжекторын уур агаарын холимгийг сорох камер үүсгэснээр уур хүлээн авах камераас багц хоолойгоор сорогдон доод коллекторт орох ба конденсат нь үлдэж, уур агаарын холимог нь эжектороор сорогдон атмосферт хаягдана. Өөрөөр хэлбэл, коллекторт хувирсан ус, уур агаарын холимгийг ялгах процесс явагдах ба хувирсан ус нь конденсатын баканд, уур агаарын холимог нь эжекторт очно. Хөргөлтийн гадарга үүсгэж байгаа багц хоолойнууд нь гадна талдаа агаарын урсгал хуваарилах зориулалт бүхий салхивч (жалюз)- тай хийгдсэн. Дулаан солилцох гадаргуугийн багц хоолойнуудаар өнгөрөх уур, гаднах агаар хоёрын дулаан солилцох процессыг эрчимжүүлэх, илүү үр

дүнтэй явуулахын тулд камерын дор 2 ширхэг сэнс байрлуулсан байх ба эдгээр сэнсийг ажиллуулснаар агаарын урсгалыг хөдөлгөөнд оруулж, хиймэл буюу албадмал салхи үүсгэн дулаан солилцох процессыг эрчимжүүлнэ.

Нэг сэнс нь 10 ш хүрээтэй байх ба редуктороор дамжин цахилгаан хөдөлгүүрт холбогдоно. Дулаан солилцох гадаргуугийн багц хоолойн гадна талаар гурвалжны өндөртэй тэнцүү өндөртэй битүү хана тойруулан барьсан тул халаах гадаргаас гарч байгаа халуун агаар эргэж, сэнсээр сорогдох нөхцөлгүй шууд гадагшилна. Турбинд ажиллаад гарсан уур нь агаарын хөргөлттэй конденсаторт орж ус болон хувирснаар вакум үүсэх нөхцөл нь болдог [3].

1-Р ХҮСНЭГТ . АХК-ЫН ТЕХНИКИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Техникийн тодорхойлолт	Техникийн үзүүлэлт
Сэнсний агаарын зарцуулалт	723.9 м ³ /с
Сэнсний эргэлтийн хурд	46.9 м/с
Орох уурын зарцуулалт	27260 кг/ц
Орох уурын дулаан агуулалт	2496 кЖ/кг
Орох уурын даралт	0.018 кПа
Конденсатын температур	57.4 °С
Хөдөлгүүрийн дууны түвшин	85 дБ
Хөдөлгүүрийн чадал	132 кВт
Хоолойн гадаад, дотоод диаметр	d _{гад} =50.8 мм d _{дот} =38.1 мм
Хоолойн урт	10.3 метр
Нэг секцийн тоо	146 ш
Нийт хоолойн тоо	1752 ш

III. Агаарын хөргөлттэй конденсаторын өвлийн горимын судалгаа

Ухаа Худагийн цахилгаан станц нь 2013 оны 1-р сараас агаарын хөргөлттэй конденсаторт модон заглушка хийх судалгааны ажлыг эхлүүлж, улмаар 2013 оны 11-р сард АХК №1,2,3-т хийсэн. Модон заглушкыг агаарын хөргөлттэй конденсаторын хөргөлтийн гадаргуугийн 50 %-д хийн дулаан солилцоог бууруулдаг. Ингэснээр нэг хоолойгоор урсах урсгалын тоо нэмэгдэн өвлийн улиралд хэт хөрөлтөнд орж, АХК-ын дулаан солилцох гадаргуугийн багц хоолой хөлдөх эрсдэлийг багасдаг.

Агаарын хөргөлттэй конденсаторын дулаан солилцох гадаргууг хэсэгчлэн хязгаарлахаар модон заглушка хийхэд жил бүр 4000х60х60мм хэмжээтэй 52 ш брус хэрэгтэй болдог ба 2 ажилчин уртасгасан цагаар ажиллаж, заглушка зорох ажлыг гүйцэтгэдэг.

АХК-ын дулаан солилцох гадаргуугийн багц хоолойн уурын хоолойд цооролт үүссэн тохиолдолд гэмтлийг илрүүлэхэд хүндрэлтэй төдийгүй турбин зогсоож, тухайн хоолойд төмөр заглушка хийн ашиглалтаас хасдаг. Дулаан солилцох гадаргуугийн 15-20 % нь ашиглах боломжгүй болсон тохиолдолд тухайн дулаан солилцуурыг дахин ашиглах боломжгүй болдог.



4-р зураг. Агаарын хөргөлттэй конденсаторын модон заглушка



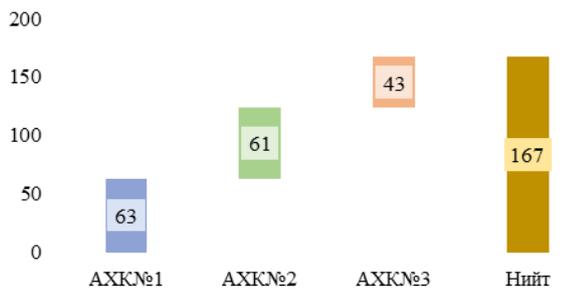
5-р зураг. Агаарын хөргөлттэй конденсаторын төмөр заглушка

Хуурай хөргөлтийн системийн гадна агаарын температур -15°C -аас дээш гарсан үед уур конденсацлах гадаргуугийн эхний үеүдэд хэт хөрөлт буюу хөлдөлт үүсэж эхэлдэг. Хэт хөрөлт үүссэн үед яаралтай арга хэмжээ авч хэвийн байдалд оруулахгүй бол хоолойн гадаргуу дээр зэврэлт үүсэж, багц хоолой элэгдэн цоорч турбин зогсоход хүргэдэг.

Хуурай хөргөлтийн систем ажиллаж байгаа үед хөлдөлт үүсэж эхэлж байгааг мэдэх боломжтой ба энэ нь ашиглалтын ажилчдын туршлага, ур чадвараас мөн хамаардаг. Энэ тохиолдолд туршлагатай турбины машинч нар үндсэн конденсатын температурыг байх ёстой хэмжээнд оруулах ажиллагааг хийдэг.

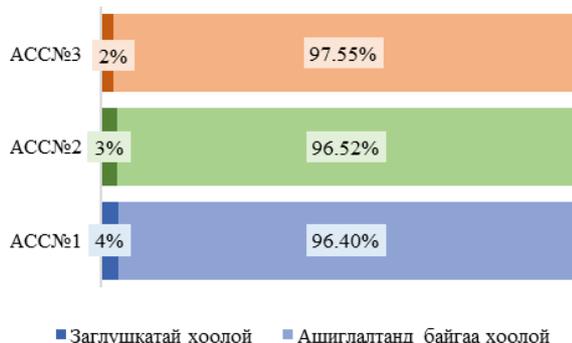
Хэт хөрөлт болсноос хойш 3-5 цагийн дотор яаралтай арга хэмжээ авахгүй бол багц хоолой цоордог.

2011-2022 он хүртэлх Агаарын хөргөлттэй конденсаторын багц хоолойд гарсан гэмтлийг 6-р зурагт үзүүлэв.



6-р зураг. Агаарын хөргөлттэй конденсаторын ашиглах боломжгүй болсон хоолойн судалгаа

2011-2022 оны хооронд хийсэн судалгаагаар нийт 167 ширхэг хоолой буюу үүнээс АХК№1-т 63 ширхэг, АХК №2-т 61 ширхэг, АХК№3-т 43 ширхэг хоолой тус тус ашиглалтаас гарсан байна.



7-р зураг. Агаарын хөргөлттэй конденсаторын ашиглалтын судалгаа

Ашиглалтаас гарсан хоолойг АХК тус бүрт хувиар авч үзвэл, АХК№1-т 2.45 %, АХК№2-т 3.48%, АХК№3-т 3.6%-тай тэнцэх хоолой тус тус ашиглалтаас гарсан байна. Нийт хоолойн 3.2 % нь ашиглах боломжгүй болсон хоолой байна.

2022 онд агаарын 9 ширхэг хоолой, уурын 16 ширхэг хоолой хөлдөж цоорсон байна.

2-Р ХҮСНЭГТ. АХК-ЫН АШИГЛАХ БОЛОМЖҮҮЙ БОЛСОН ХООЛЙН СУДАЛГАА

Агаар	Уур	ТГ-1		Уур	Агаар
0.0%	0.0%	1А-1	1-1	1Б-1	0.0%
0.0%	0.0%	1А-2		1Б-2	0.0%
0.0%	0.0%	1А-3		1Б-3	0.9%
2.7%	3.6%	2А-1	1-2	2Б-1	5.5%
5.6%	8.2%	2А-2		2Б-2	15.4%
22.2%	2.7%	2А-3		2Б-3	11.8%
Агаар	Уур	ТГ-2		Уур	Агаар
0.0%	0.0%	1А-1	2-1	1Б-1	0.0%
0.0%	0.0%	1А-2		1Б-2	0.0%
0.0%	0.0%	1А-3		1Б-3	0.0%
5.5%	0.0%	2А-1	2-2	2Б-1	9.1%
0.0%	0.0%	2А-2		2Б-2	6.3%
8.3%	17.2%	2А-3		2Б-3	10.0%
Агаар	Уур	ТГ-3		Уур	Агаар

0.0%	0.0%	1А-1	3-1	1Б-1	0.0%	0.0%
0.0%	0.0%	1А-2		1Б-2	0.0%	0.0%
0.0%	0.0%	1А-3		1Б-3	3.6%	0.0%
13.8%	0.0%	2А-1	3-2	2Б-1	1.8%	8.3%
2.7%	5.4%	2А-2		2Б-2	3.6%	0.0%
7.2%	0.0%	2А-3		2Б-3	10.9%	0.0%

Дээрх хүснэгтээс харахад хамгийн их хөлдөлттэй хэсэг нь АХК№1-2, АХК-№2-2, АХК№3-2-ын хоёр болон гуравдугаар секцүүдэд ашиглах боломжгүй хоолойн эзлэх хувь нь 3-18 % байна. Энэ нь өвлийн улиралд АХК-ын 50 %-ийг буюу урд хэсгийг заглушкадаж байгаатай холбоотой юм.

IV. АГААРЫН ХӨРГӨЛТТЭЙ КОНДЕНСАТОРЫН ӨВЛИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГААНЫ ТООЦООЛОЛ

Судалгаанд тоон өгөгдлийг MS excel программ дээр тооцоолон гадна агаарын температур болон турбингенераторын цахилгаан ачааллаас хамааруулан өвлийн улиралд АХК-т шаардлагатай хөргөлтийн гадаргуугийн талбайн тооцоог хийж гүйцэтгэлээ.

Уурын дулааны балансын тэгшитгэлээр агаарын хөргөлттэй конденсаторт орох уурын дулааны ачааллыг тооцоолоход 19,919,861 Вт гарсан.

Дулаан дамжуулалтын үндсэн тэгшитгэлээс хөргөлтийн гадаргуугийн талбай болон гадна агаарын температураас хамааруулан 6 МВт ачаалалтай үеийн дулааны ачааллыг тооцож, дараах хүснэгтэд үзүүлэв.

3-Р ХҮСНЭГТ. АХК-ЫН ДУЛААНЫ АЧААЛЛЫН ТООЦОО

Гадна агаарын температур	Дулааны ачаалал, Вт
30°C	18,834,693.44
25°C	20,755,591.91
20°C	22,603,702.24
15°C	24,392,048.63
10°C	26,130,088.66
5°C	27,824,956.33
0°C	29,482,196.51
-5°C	31,106,224.41
-10°C	32,700,626.63
-15°C	34,268,365.82
-20°C	35,811,924.41
-25°C	37,333,408.12
-30°C	38,834,622.36

Дээрх хүснэгтээс харахад гадна агаарын температур +25°C хүрэхэд хөргөлтийн гадаргуугийн дулааны ачаалал нь агаарын хөргөлттэй

конденсаторт орох уурын дулааны ачааллаас бага болж байна. Ингэснээр турбины вакуум буурч цахилгаан ачаалал багасдаг.

Харин -15°C хүрэхэд хөргөлтийн гадаргуугийн дулааны ачаалал нь агаарын хөргөлттэй конденсаторт орох уурын дулааны ачааллаас хоёр дахин их болж байна.

АХК-ийн нийт хөргөх гадаргуугийн талбайг тооцоолоход $43,439.78 \text{ м}^2$ гарсан. Гадна агаарын температурын -30°C -ээс $+30^{\circ}\text{C}$ хүртэлх утгад АХК-т орох уурыг хөргөхөд шаардлагатай талбайн хэмжээг тооцоолж доорх хүснэгтэд үзүүлэв.

4-Р ХҮСНЭГТ. АГААРЫН ХӨРГӨЛТТЭЙ КОНДЕНСАТОРЫН ХӨРГӨЛТИЙН ГАДАРГУУГИЙН ТАЛБАЙН ТООЦОО

Гадна агаарын температур	Хөргөх гадаргуугийн талбай, м^2
30°C	46,925
25°C	42,464
20°C	38,909
15°C	35,997
10°C	33,557
5°C	31,478
0°C	29,681
-5°C	28,109
-10°C	26,720
-15°C	25,483
-20°C	24,372
-25°C	23,367
-30°C	22,455

Тооцоогоор гадна агаарын температур $+25^{\circ}\text{C}$ хүрэхэд АХК-т орох уурыг хөргөхөд шаардлагатай талбайн хэмжээ $42,464 \text{ м}^2$ хүрч АХК-н нийт хөргөх гадаргуугийн талбайн хэмжээтэй тэнцүү болж $+26^{\circ}\text{C}$ -ээс дээш гарахад хөргөлтийн талбай багадаж байна.

Харин -15°C хүрэхэд хөргөлтийн гадаргуугийн талбай нь үндсэн хөргөлтийн гадаргуугийн талбайгаас ихээхэн бага байгаа нь дээрх тооцооноос харагдаж байна.

Ухаа Худагийн цахилгаан станцын АХК нь тус бүр 6 ширхэг хөргөлтийн секцтэй. Гадна агаарын температурын -30°C -ээс $+30^{\circ}\text{C}$ хүртэлх утгад АХК-т орох уурыг хөргөхөд шаардлагатай секцийг хөргөлтийн гадаргуугийн талбайгаас хамааруулан тооцоолж 5-р хүснэгтэд үзүүлэв.

5-Р ХҮСНЭГТ. АГААРЫН ХӨРГӨЛТТЭЙ КОНДЕНСАТОРЫН ШААРДЛАГАТАЙ СЕКЦИЙН ТООЦОО

Гадна агаарын температур	Секцийн тоо, ширхэг
30°C	6.48
25°C	5.87
20°C	5.37
15°C	4.97

10°C	4.64
5°C	4.35
0°C	4.10
-5°C	3.88
-10°C	3.69
-15°C	3.52
-20°C	3.37
-25°C	3.23
-30°C	3.10

Тооцоогоор 6 МВт ачаалалтай байх нөхцөлд гадна агаарын температур $+30^{\circ}\text{C}$ болоход АХК-т орох уурыг бүрэн конденсац болгоход 6.5 секц шаардлагатай буюу одоо байгаа хэмжээ нь багадаж байна. Гадна агаарын температур $+26^{\circ}\text{C}$ -ээс дээш гарахад шаардлагатай секцийн тоо дутагдаж байна.

Ашиглалтын нөхцөлд АХК-ын хөргөлтийн гадаргуугийн 50 %-ийг хязгаарлан заглушкадаж байгаа. Тооцоогоор гадна агаарын температурын -30 хэм болоход 6 МВт ачаалалтай турбинаас АХК-т уурыг конденсац болгоход 3.1 секц шаардлагатай байгаа нь ашиглаж буй хөргөлтийн секцтэй таарч байна.

Гадна агаарын температур -15°C -ээс буурахад уурын турбиныг бүрэн ачааллаар нь ажиллуулах шаардлагатай байгаа бөгөөд харин цахилгаан ачаалал буурахад АХК-т орох уурын хэмжээ буюу зарцуулалт багасаж, улмаар түүнийг конденсацлан хөргөх гадаргуугийн хэмжээ хэт томдож, багц хоолойд хэт хөрөлт болж, хөлдөлт үүсэх нөхцөлийг бий болгож байна.

АХК-т модон заглушка хийсэн болон авсан огноог доорх хүснэгтээр үзүүлэв.

6-Р ХҮСНЭГТ. МОДОН ЗАГЛУШКА ХИЙСЭН БОЛОН АВСАН ОГНОО

Он	Заглушка авсан	Заглушка хийсэн
2017	17-Feb	10-Nov
2018	6-Mar	13-Nov
2019	23-Feb	1-Nov
2020	4-Feb	2-Dec
2021	3-Feb	8-Dec
2022	5-Feb	27-Nov
2023	25-Feb	

Судалгаанаас харахад АХК-ын заглушкыг 2-р сард авч, 11-р сард хийж байна.

Заглушка хийхийн өмнөх сарууд болон хийсний дараах саруудын дотоод хэрэгцээний цахилгаан эрчим хүч (ДХЦЭХ)-ний хувийг харьцуулан доорх хүснэгтэд харуулав.

7-Р ХҮСНЭГТ. ДОТООД ХЭРЭГЦЭЭНИЙ ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХУВЬ

Сар	1	2	10	11	12
ДХЦЭХ, %	9.70%	9.40%	9.02%	8.98%	9.28%

Дээрх хүснэгтээс харахад заглушка хийгээгүй саруудад ДХЦЭХ хувь нь заглушка хийсэн саруудаас 0.2-0.7 нэгжээр бага байна.

2022 оны 10 болон 12 сарын дотоод хэрэгцээний ЦЭХ-ний зарцуулалтын хэмжээг авч үзэхэд заглушка хийгээгүй үед 34.78 мян.кВт ЦЭХ хэрэглэсэн бол 12 сар 38.37 мян.кВт ЦЭХ хэрэглэсэн дотооддоо байна. Үүнээс харахад заглушка хийхгүйгээр АХК-ын хоёр сэнсийг бага ачаалалтай тэнцүү ажиллуулах нь дотоод хэрэгцээний ЦЭХ-ний хэмнэлт бий болгож байна.

V. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

- Өвлийн улиралд Ухаа Худагийн цахилгаан станцын ажиллагааны үед АХК-ын 50 %-ыг заглушка хийн битүүлж үлдсэн 50 %-ийг ашиглаж байна. АХК-ын математик тооцооллыг хийхэд -30°C -т АХК-ын 3.1 секц буюу 51.6 %-ийг ашиглахад тохиромжтой байна. Тиймээс АХК-ын 55-60 % -ийг ашиглах нь хамгийн тохиромжтой юм.
- АХК-ын хөргөлтийн гадаргуугийн талбайг тооцоолоход 43,439.78 м² гарсан нь үйлдвэрлэгчээс ирүүлсэн техникийн үзүүлэлт болох 43,761 м² талбайтай таарч байна. Харьцангуй алдаа нь 0.73 % гарсан. Дээрх үр дүнгээс харахад судалгаа нь ашиглалтын нөхцөлтэй тохирч байна.
- АХК-ын хөргөлтийн гадаргуугийн урд хэсгийг бөглөж, хөргөх гадаргууг 50 % бууруулснаар урд хэсгийн уур болон агаарын хоолойд хөлдөлт үүсгэж байна. Тиймээс АХК-ийн гадаргууг аль болох ажиллагаанд жигд оролцож байхаар заглушкадах нь зүйтэй.

VI. ДҮГНЭЛТ

- I. Турбины төхөөрөмжийн ашиглалтын практикаас үзэхэд өвлийн нөхцөлд үүсэж буй хөлдөлт бууруулах нэг боломж нь АХК-ын хөргөлтийн гадаргууг багасгахын тулд түүний хоолойнуудад тохиромжтой хэмжээгээр заглушка хийх арга юм.
- II. Судалгааны үр дүнг нэгтгэвэл гадна агаарын температур -15°C -ээс бага үед АХК-т заглушка хийж хөргөлтийн гадаргууг бууруулах нь багц хоолойд хөлдөлт үүсэхээс сэргийлэх бөгөөд ингэснээр төвийн бүсийн нэгдсэн сүлжээний өвлийн их ачааллын үед үндсэн тоноглолын найдвартай ажиллагааг хангана.

III. Өвлийн улиралд заглушка хийх тохиромжтой утга нь гадна агаарын температур -15°C -ээс бага үед нийт хөргөлтийн гадаргуугийн 55-60 хувийг ашиглах нь хамгийн тохиромжтой байна.

IV. АХК-т заглушка хийхдээ хөргөлтийн гадаргуугийн урд хэсгийг бөглөснөөр хөлдөлт үүсэж, гэмтэл гарч байна. Тиймээс заглушка хийхдээ АХК-ын багц хоолойг шатарчилсан байдлаар заглушкадах эсвэл салхины урсгал бага очиж байгаа хэсгийг заглушкадах нь хөлдөлт үүсгэхгүй байх боломжийг бүрдүүлнэ.

V. АХК-ын хөргөлтийн гадаргууг бууруулахдаа хоёр сэнсний ачааллыг тэнцүү байхаар заглушкадах нь ДХЦЭХ-ний багасгаж, ЦЭХ-ний хэмнэлтийг үүсгэж байна.

VI. АШИГЛАСАН НОМ ЗҮЙ

- [1] A. Rupeshkumar V.Ramani, B. Amitesh Paul, D. Anjana D. Saparia, "Performance Characteristics of an Air-Cooled Condenser Under Ambient Conditions", 2011.
- [2] S. Bracco, O. Caligaris & A. Trucco, "Mathematical models of air-cooled condensers for thermoelectric units", 2009.
- [3] Zhu D along Lei Pnghe, "Investigaton on Summer Spending and Anti- freezng Capability of 600 MW Direct- air- cooling Condensers" 2006.
- [4] "The Plans of Prevent Freeze and Measures of Startup in Winter of The firs power plant of 300 MW of direct Dry Cooling System in China"
- [5] Yang Lijun, Du Xiaoze, Yang Yongping, Liu Dengying "Performance evaluation method of direct air-cooled condenser in thermal"
- [6] Xianwei Huang^{1,2}, Lin Chen^{1,2}, Lijun Yang^{1,2,*}, Xiaoze Du^{1,2} and Yongping Yang^{1,2} "Cooling Performance Enhancement of Air-Cooled Condensers by Guiding Air Flow" School of Energy Power and Mechanical Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China, 11 September 2019, 20-22.
- [7] Michael Owen, " A numerical investigation of air-cooled steam condenser performance under windy conditions", Stellenbosch University, 10 February 2010, 78-84.
- [8] Liehui Xiao, Zhihua Ge, Lijun Yang, Xiaoze Du, "Numerical study on performance improvement of air-cooled condenser by water spray cooling", School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China, 1030-1033.
- [9] ZHANG WanXi, YANG Lijun, DU XiaoZe & YANG YongPing, "Thermo-flow characteristics and air flow field leading of the air-cooled condenser cell in a power plant" Key Laboratory of Condition Monitoring and Control for Power Plant Equipment of Ministry of Education, School of Energy Power and Mechanical Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China 2048-2481, September 2011.
- [10] О.Солонго, Ч.Дашпунцаг, Б.Баттөр, "Агаарын хөргөлттэй конденсаторт мананжуулалтын систем хэрэглэх нь" 2020.
- [11] М.Мөнхгэрэл, Б.Дашбаатар, Т.Нямсүх, Н.Жаргалсайхан, Д.Чимэдсүрэн, Б.Баярцог, Ухаа Худагийн цахилгаан станц, "Агаарын хөргөлттэй конденсаторын ашигтай горимын судалгааны үр дүн" 2022.

ХАТУУ БОЛОН ХИЙН ТҮЛШЭЭР АЖИЛЛАХ БАГА ЧАДЛЫН ЗУУХНЫ ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Э. Цэндбаяр*, А.Түмэнбаяр*

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

Монгол улс, Улаанбаатар, Эрчим Хүчний Яам

Монгол улс, Улаанбаатар, Сэргээгдэх Эрчим Хүчний Үндэсний Төв

Tsendbayr.e@gmail.com

Хураангуй—Уг судалгааны ажил нь хийн түлшний хэрэглээг Монгол улсын зах зээлд өргөнөөр нэвтрүүлж, зөв системтэй хөгжүүлэх замаар Улаанбаатар хотод тулгамдаж буй “Агаарын бохирдол”-ын асуудлыг шийдвэрлэхэд хувь нэмэр оруулахуйц бодитой бөгөөд үр дүнтэй шийдлийг олоход оршино. Хий болон хатуу түлшээр ажилладаг бага чадлын уурын зуухнуудын шаталтыг процессоос үүсэх утааны хийн хорт ислүүдэд testo-350 багажийн тусламжтай техник дүн шинжилгээ болон харьцуулалт хийв.

Улаанбаатар хотыг агаарыг бохирдуулж буй нэг эх үүсгэвэр болох бага чадлын уурын зуухнуудыг шинэчлэх, хийн түлшээр ажилладаг уурын зуухаар солих шингэрүүлсэн хийн түлшний хэрэглээг бодлого, дэмжлэгтэйгээр нэмэгдүүлж, хэрэглэгчдэд зөв таниулснаар үр дүнд нь Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлыг бууруулах, зөв эко хэрэглээг бий болгох зэрэг юм.

Түлхүүр үг— Агаарын бохирдол, Уурын зуух, Хийн түлш, Хатуу түлш, Утааны хий

Оршил

Техник технологи хурдацтай хөгжиж байгаа 21-р зуунд цахилгаан болон дулааны эрчим хүчний хэрэглээ өдрөөс өдөрт өсөн нэмэгдэж байна. Хэрэглэгчдийн өсөн нэмэгдэж буй хэрэглээг хангахын тулд тэдний хэрэгцээ шаардлагад нийцсэн хямд үнэ, өндөр чанарын үзүүлэлт бүхий цахилгаан дулааны эрчим хүчээр найдвартай тасралтгүй хангах шинэ эх үүсгүүр хэрэгтэй байгаа юм.

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, үйлдвэрлэл эрхэлж буй компаниудын технологийн онцлог зэргээс шалтгаалан тэдгээрийн түлш, эрчим хүчний зардал нэмэгдэж, улмаар халаалтын улиралд түлшний шаталтаас үүсэх утааны хийтэй агаарт хаягдах бохирдуулагч бодисын хэмжээ ихээхэн нэмэгдэж байна.

Агаарын бохирдлын өнөөгийн байдлыг 1-р хүснэгтэд харуулав [1]

1-Р ХҮСНЭГТ. АГААРЫН ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Бохирдуулах бодисын нэрс	Агаарын чанарын стандарт хүрэлцэх агууламж, мкг/м ³	Дундаж агууламж, мкг/м ³ 2022 оны 1-р сар
PM10 тоосонцор	100	127
Азот давхар исэл, NO ₂	50	54
PM2.5 тоосонцор	50	91
Хүхэрлэг хий, SO ₂	50	166

Дээрх хүснэгтээс харахад үүнд нөлөөлж буй нэг эх үүсвэр болсон бага чадлын ус халаах болон уурын

зуухнуудын хийцийг боловсронгуй болгох, ашиглалтын нөхцөлийг сайжруулах, үр ашгийг дээшлүүлэх нь зайлшгүй шаардлагатай болох нь байна. Үүнийг шийдвэрлэхийн тулд судлаачдын өмнө бага чадлын зуухны хийцийг байгаль орчинд хор, хөнөөл багатай болгох, үр ашгийг дээшлүүлэх, түлшийг солих ашиглалтын нөхцөлийг сайжруулах чиглэлээр судалгааны ажил хийгдэх шаардлага гарч байгаа юм.

Энэ асуудлыг шийдэхэд туслах боломжтой төсөл болох Дорноговь аймгийн Алтанширээ суманд байгуулах газрын тос боловсруулах үйлдвэрийн гаднах дэд бүтцийг 2019 оны 10 дугаар сарын 8-ны өдөр ашиглалтад хүлээн авч, барилга угсралт, хөрөнгө оруулалтыг албан ёсоор эхэллээ. БНЭУ-ын хөнгөлөлттэй зээлийн хүрээнд 2023 онд энэ үйлдвэрийг барьж ашиглалтад оруулах бөгөөд Монгол Улсын Засгийн газар үйлдвэрийн гаднах дэд бүтцийг байгуулах үүргээ цаг хугацаанд нь гүйцэтгэж ашиглалтад оруулаа.

Газрын тосны боловсруулах үйлдвэр нь урьдчилсан ТЭЗҮ-ээр жилд 1,5 сая/тн тос боловсруулах хүчин чадалтай байх юм. Үйлдвэрийн түүхий эдийн нөөцийг тогтоох хайгуулын ажлууд бүс нутгийн хэмжээнд идэвхтэй хийгдэж байгаа бөгөөд бүрэн тогтоогдсон нь 35 сая/тн. Нефть-хими болон химийн аж үйлдвэрийн суурь, түүхий тос дамжуулах хоолой төслийн хүрээнд тавигдах юм.

Судалгааны ажлын зорилго: Уг судалгааны ажил нь хөгжингүй орнуудад хэдийнээ амьдралын энгийн нэг хэсэг болсон хийн түлшний хэрэглээг Монгол улсын зах зээлд өргөнөөр нэвтрүүлж, зөв системтэй хөгжүүлэх замаар Улаанбаатар хотод тулгамдаж буй “Агаарын бохирдол”-ын асуудлыг шийдвэрлэхэд хувь нэмэр оруулахуйц бодитой бөгөөд үр дүнтэй шийдлийг олоход оршино.

Судалгааны ажлын практик ач холбогдол: Шингэрүүлсэн хийн түлшний хэрэглээг бодлого, дэмжлэгтэйгээр нэмэгдүүлж, хэрэглэгчдэд зөв таниулснаар үр дүнд нь Улаанбаатар хотын агаарын

бохирдлыг бууруулах, зөв таниулснаар үр дүнд нь Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлыг бууруулах, зөв эко хэрэглээг бий болгох зэрэг практик ач холбогдолтой юм.

Судалгааны объект

Монгол Улсын Засгийн газрын 2018 оны 43, 62 дугаар тогтоол, Агаарын бохирдлыг бууруулах үндэсний хөтөлбөр, Нийслэлийн Засаг даргын 2019 оны А/1377 дугаар захирамжийн хүрээнд Улаанбаатар хотын Захирагчийн ажлын алба, М-Си-Эс Кока-Кола компани хамтран жилдээ 6100-6800тн буюу 100 гаруй вагон түүхий нүүрс ашигладаг байсан уурын зуухыг байгальд ээлтэй хийн зууханд шилжүүллээ. Төслийг М-Си-Эс Интернэйшнл компани хэрэгжүүлж, Японы NTEC компанийн найман ширхэг ус халаалтын зуух, БНСУ-ын DAEYEOL компанийн дөрвөн ширхэг уурын зуух болон холбогдох дэд бүтэц бүхий бүрэн автомат, шинэ технологи бүхий хийгээр ажилладаг зуухнуудыг ашиглалтад оруулсан юм.

Зуухны ерөнхий харагдах байдал техникийн үзүүлэлтүүдийг дараах зураг, хүснэгтэд үзүүлэв.



1-р зураг. БНСУ-ын DAEYEOL компанийн уурын зуух

2-Р ХҮСНЭГТ. ХИЙН ЗУУХНЫ ТЕХНИК ҮЗҮҮЛЭЛТ

№	Зуухны үзүүлэлтүүд	
1	Уурын хүчин чадал	4 т/ц
2	Уурын даралт (max)	1.6 МПа
3	Түлшний зарцуулалт	184 кг/ц
4	Халах гадаргуу	30.3 м ²
5	Галын хотлын эзлэхүүн	2.4 м ³

ШХ-Н ТАЛААРХ ҮНДСЭН ОЙЛГОЛТ, СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

1910 онд АНУ-н эрдэмтэн Волтер Стеллинг шатахууны ууранд протан, бутан болон бусад хөнгөн нүүрстөрөгч байгааг илрүүлснээр нээсэн байна. Тэрээр шатахуунаас дээрх хийнүүдийг ялгах төхөөрөм бүтээж, улмаар 1912 онд хоол хийх зориулалтаар ашиглаж үзээд арилжааны зорилгоор нийтэд гаргасан ба 1913 оноос автомашинд ашиглаж туршжээ. ШНХ нь байгалийн хий болох Пропан (C₃H₈)-ы болон Бутан (C₃H₁₀)-ы холимог бөгөөд автобензинтэй харьцуулахад бүрэн шаталт явагддаг учраас хүрээлэн байгаа орчин, хүний эрүүл мэндэд хор багатай, октаны тоо өндөр байдгаас автомашины эдэлгээнд эерэг нөлөөтэй зэрэг давуу талуудтай юм. Өнөөдөр дэлхийд ШНХ-н үйлдвэрийн 60%-г байгалийн хий боловсруулах үйлдвэр, 40%-г газрын тос боловсруулах үйлдвэрээс гарган авч байна.

Хийн түлшний эх үүсвэрүүдийн хувьд дараах төрлүүд байдаг.

- Нүүрсний гаралтай
- Газрын тосны гаралтай
- Байгалийн гаралтай
- Биомассын гаралтай

Хийн түлшийг ерөнхийд нь:

- Байгалын гаралтай буюу нүүрсэн давхаргын метан хий, байгалийн хий
- Үйлдвэрийн гаралтай буюу Шингэрүүлсэн шатдаг хий, диметилийн эфир гэж ангилдаг.

Үйлдвэрт гарган авдаг нийлэг хийн түлш болох Шингэрүүлсэн нефтийн хий (LPG), нийлэг байгалийн хий (SNG), диметилийн эфир (DME) хийг нүүрстөрөгч агуулсан олон янзын эх үүсвэрээс гарган авах боломжтой.

Байгалийн хийг шугам хоолойгоор дамжуулан тээвэрлэх боломжгүй нөхцөлд -120-170°C-г шингэрүүлж, Шингэрүүлсэн байгалийн хий (LNG)-г 20-25МПа даралтаар шахаж, Шахсан байгалийн хий (CNG) болон эзлэхүүнийг нь анхны хэмжээний 1% болтол багасган далай болон төмөр зам, авто замаар тээвэрлэдэг. LNG нь эзлэхүүн ихтэй учраас хөрөнгө оруулалт өндөр байдаг тул үйлдвэрлэлийн зардал ихтэй байдгаас ийнхүү шатаж CNG болдог.

Цаашид газрын тосны гаралтай шингэрүүлсэн нефтийн хий (LPG)-н хэрэглээний талаар авч үзнэ.

Хийн түлшний давуу тал

- Хөдөлгүүрийн цилиндр дотор бүрэн шаталт явагддаг
- Ямар ч орчны температурт сайн шатдаг
- Дулаан ялгаруулах чадвар өндөр
- Шатсаны дараа хортой нэгдэл ба утаа, тортог, тунадас бага үүсдэг
- Хөдөлгүүрийн тосны бохирдол буурдаг
- ДШХ-т шахсан ба шингэрүүлсэн байдлаар хэрэглэж болдог
- Урт хоолойгоор зөөвөрлөхөд хялбар
- Хийн өртөг бусад түлшийг бодвол харьцангуй хямд

Хийн түлшний сул тал

- Битүүмжлэл алдагдсаны улмаас орчинд алдагдсан үед хордуулах муу нөлөөтэй
- Агаарт алдагдаж холилдсон үед дэлбэрэх аюултай
- Битүүмжлэл муудсан газраар алдагдахад мэдэгдэхгүй
- Ялимгүй нягт газраар их хэмжээгээр алдагддаг
- ДШХ-ийн түлшний системийг их хэмжээний даралттай байлгах шаардлагатай

Гарган авах байдлаар нь:

- Газарын түлшний боловсруулалт
- Хатуу түлшний боловсруулалтын
- Хийжүүлэлтийн

3-Р ХҮСНЭГТ. МУ-ЫН ГАЗРЫН ТОСНЫ НӨӨЦИЙН СУДАЛГАА

Нөөцийн төрөл	Нөөц (сая тн.)
Баталгаат	332.6
Ашиглалтын баталгаат	43.2
Тосон-Уул XIX – 20.2	Тамсаг – 21.01

Алтанширээ дэх үйлдвэрийн нарийвчилсан ТЭЗҮ-ийн үндсэн мэдээллээс харвал:

Хүчин чадал:	Жилд 1.5 сая тонн тос боловсруулах
Гүн боловсруулалтын технологи:	Гидрокрекинг
Үйлдвэрийн бүтээгдэхүүн:	Автобензин: 380,000 тн Дизель: 800,000 тн Онгоцны түлш: 40,000 тн ШШХ: 100,000 тн Зуухны түлш: 20,000 тн
Жилд ажиллах хугацаа:	8,000 цаг
Эрчим хүчний хангамж:	Үйлдвэр өөрийн цахилгаан станцтай байх (Үйлдвэрээс гарах хөнгөн хий, зуухны түлшийг ашиглана)
ХО-ын эргэн төлөгдөх хугацаа:	7-8 жил

Шингэрүүлсэн хийн физик-хими, термодинамикийн шинж чанар

Шингэрүүлсэн хийн нягт гэдэг нь шингэн ба уурын хэсгийн нэгж эзлэхүүн дахь массыг хэлнэ.

$$\rho_{ш} = \frac{M_{ш}}{V_{ш}}, \rho_{у} = \frac{M_{у}}{V_{у}} \quad (1.1)$$

Нягт нь газар дээрх байрлалаас хамаарахгүй харин температураас хамаарна. Энэ температурт $\rho_{ш} = \rho_{у}$ байх ба хар шугамаас дээд хэсэгт ханасан

шингэн фазын нягт, доод хэсэгт ханасан уурын нягт харуулна.

Шингэрүүлсэн хийн температур өсөхөд эзлэхүүн нь эрс нэмэгдэнэ. Үүнийг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$V_{\omega 2} = V_{\omega 1}[1 + \beta(t_2 - t_1)] \quad (1.2)$$

Үүнийг: $V_{\omega 2}-t_2$ температурт шингэн эзлэхүүн
 $V_{\omega 1}-t_1$ температурт шингэн эзлэхүүн
 β - тэлэлтийн коэффициент

4-Р ХҮСНЭГТ β -ИЙН ТООН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Хий	Температурын хязгаар °С	
	-20 ÷ +10	+10 ÷ +40
Пропан	0.0021	0.00372
Бутан	0.00209	0.0022

Шингэрүүлсэн хийн зууралданги чанар гэдэг нь шингэний (хий) давхаргын хооронд үүсэх үрэлтийн эсэргүүцэл буюу молекулуудын хоорондох таталцааны хүчийг хэлнэ. Динамик ба кинематик зууралданги гэж ангилна.

Дулаан ялгаруулах чадвар нь 1 м^3 буюу 1 кг хий бүрэн шатаахад ялгарах дулааныг үзүүлнэ. Дулаан ялгаруулах доод хэмжээ гэдэг нь шаталтын үр дүнд бий болсон усны уур шингэрэхдээ ялгаруулдаг дулааныг тооцохгүй бол, харин дээд хэмжээ гэдэг энэ дулааныг тооцсоныг хэлнэ. Дулааныг тооцохдоо дараах хэмжээсийг хэрэглэнэ.

Хийн түлшний химийн найрлага тодорхой нөхцөлд дулаан ялгаруулах дээд ба доод хязгаарыг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$Q_{\text{доод}} = 25.8H_2 + 30.2CO + 85.5CH_4 + 152C_2H_6 + 218C_3H_8 + 283C_4H_{10} + 349C_4H_{12} + 56H_2S \quad (1.3)$$

$$Q_{\text{дээд}} = 30.5H_2 + 30.2CO + 95CH_4 + 166C_2H_6 + 273C_3H_8 + 307C_4H_{10} + 377C_4H_{12} + 61H_2S \quad (1.4)$$

Энд: H_2 , CO , CH_4 болон бусад хийн түлшинд байгаа эзлэхүүний хувь хэмжээ.

Тооцоонд дундаж буюу бодит дулаан шингээх чадварыг ашигладаг. Дундаж дулаан шингээх чадвар нь температурын хязгаараас хамаарах бөгөөд зарцуулсан дулааныг температурын ялгаварт хуваасантай тэнцүү.

$$C = \frac{q}{t_2 - t_1} \quad (1.5)$$

Тэсрэлтийн хязгаар ба дөлний тархах хурд

Шингэрүүлсэн нүүрстөрөгчийн хий нь шатахдаа дөл үүсгэнэ. Үүссэн дөлний тархах хурдны хэмжээг мэдэх нь хийгээр ажилладаг тоног төхөөрөмж, асаагуурын тооцоог хийхэд чухал. Дөлний хурд нь агаар хийн холимог үүсэх хурднаас шалтгаална.

Агаар хийн холимог дахь шатамхай хийн хэмжээ багасахад дөлний тархах хурд багассаар унтардаг. Үүнээс үндэслэн хийн агаарын холимгийн доод ба дээд хязгаар гэдэг ойлголт бий болжээ.

Тэсрэлтийн доод хязгаар гэдэг нь холимог гаднаас оч үүсэхэд тэсрэн шатах хий-агаарын

холимог дотор шатамхай хийн хамгийн бага хэмжээг хэлнэ.

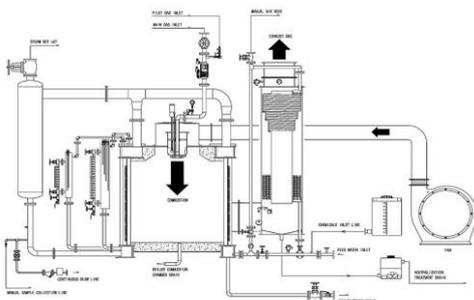
Тэсрэлтийн дээд хязгаар гэдэг нь хий-агаарын холимогт оч үсрэхэд тэсрэлт өгөх шатамхай хийн дээд хэмжээг хэлнэ.

Хий агаарын холимогийн тэсрэлт хязгаарлагдмал орчинд буюу байранд явагдах бөгөөд тэсрэмтгий холимог огцом халж тэлэн даралт ихсэж барилгыг нураах, гал гарах үндэс болдог. Тэсрэлтийн үед дөл тархах хурд секундэд хэдэн зуун метр хүрч, секундийг хэд хуваасны төдийхөн хугацаанд үүссэн дөл хүний хүрхээд түлэгдэх аюултай. Иймээс хийн аж ахуй, шингэрүүлсэн хий ашигладаг хэрэглэгчийн гол зорилго нь тэсрэмтгий холимог үүсэхээс урьдчилан сэргийлэх, хийтэй агаар ямар нэг оч гаргахаас сэргийлэхэд оршино.

ШХТ ажилладаг зуухны ажиллагааны зарчим, дулааны болон ТЭЗҮ тооцоо

Шаталтын процессоос үүссэн хий нь галын хотлоос гарч утааны анхдагч камерт орж, дараа нь анхдагч камераас гарч хоёрдогч хоолойн хэсгээр дамжин усны экономайзер хэсэгт орно. Энэ төрлийн бойлер нь дулаан дамжуулах талбай том тул түүний үр ашиг өндөр 90% -иас дээш (түлшний хэмнэлттэй) хүрдэг

- NOx-ийн концентрацийг эрс багасгахын тулд бага NOx задалдаг асаагуур суурилуулсан.
- Усны түвшин, даралтыг автоматаар тасралтгүй усан хангамжаар тогтмол байлгаж, уурын чанарыг сайжруулж, уур ашигладаг тоног төхөөрөмжийн үр ашгийг дээшлүүлдэг.
- Байран дээр бойлерийн ажиллагаа, аюулгүй байдлын функцийг тохируулж болохоос гадна зайнаас тохируулж болно.
- Хийн алдагдал, агаарын даралтын хэвийн бус байдал, дутуу шаталт, дөл тасалдах, утааны хийн хэт халалт, уурын хэт даралт, гал авалцахгүй байх, моторын гэмтэл, тэжээлийн усны тасралт зэрэг ажиллагааны явцад гардаг бүх алдааг өөрөө шалгаж анхааруулах тохио өгдөг.



2-р зураг. Бойлерийн бүтэц

ТЭЗҮ-н тооцоо

Зуухны ажиллах цаг - 5000 цаг

1кг түлшний зардал өнөөгийн үнээр – 2112 төг

1 тн уур = 2.25 ГДж

1 ГДж = 36985 төг

Түлшний хувийн зарцуулалт

$$b = \frac{B}{Q_3} = \frac{184}{2.26} = 81.4 \frac{\text{кг}}{\text{Гкал}}$$

Түлшний хувийн зарцуулалт (уураар)

$$b = \frac{B}{D_{\text{пп}}} = \frac{184}{4000} = 0.046 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Жилд түлшний хэрэглээ

$$B_{\text{max}} = B \cdot \tau = 184 \cdot 5000 = 400000 \text{ кг/ц}$$

Жилд боловсруулсан дулаан

$$Q_{\text{ж}} = Q_3 \cdot \tau = 2.26 \cdot 5000 = 113000 \text{ Гкал/ж}$$

Үйлдвэрлэл, худалдаа, үйлчилгээ явуулах зориулалттай объектыг шинээр бий болгох, өргөтгөхөд зарцуулагдах бүх төрлийн зардлыг хөрөнгийн зардал буюу хөрөнгө оруулалт гэнэ. 4т/ц уурын бүтээмжтэй хийгээр ажилладаг уурын зуухын анхны хөрөнгө оруулалтыг 250 сая төгрөг болно гэж үзсэн.

А. Түлшний зардлын тооцоо

$$\begin{aligned} Z_{\text{түлш}} &= B_{\text{бодит}} \cdot P_{\text{хий}} \cdot \tau = 184 \cdot 2112 \cdot 5000 \\ &= 1943.04 \text{ сая төг} \end{aligned}$$

Б. Үндсэн хөрөнгийн элэгдлийн зардал

Үндсэн хөрөнгийн үнэ нь элэгдэл хорогдлын шимтгэлээрээ эргэн төлөгддөг. Шулуун шугамын аргаар ЭХШ-ийг тооцох бөгөөд энэ арга нь хөрөнгийн анхны өртгийг ашиглалтын хугацаа бүрд тэнцүү хэмжээгээр хуваарилж элэгдүүлнэ. Тооцоонд үлдэх өртөггүй, ашиглалтын хугацаа 30 жил, хөрөнгө оруулалтын 85% нь үндсэн хөрөнгийн анхны өртгийг илэрхийлнэ.

$$Z_{\text{эхш}} = \frac{250 \text{ сая}}{30 \text{ жил}} = 8.3 \text{ сая төг}$$

$$Z_{\text{уз}} = K_{\text{уз}} \cdot Z_{\text{эл}} = 0.15 \cdot 8.3 = 1.2 \text{ төг}$$

В. Засварын фонд буюу засварын зардал

Засварын фондыг үйлдвэрийн үндсэн хөрөнгийн балансын үнийн тодорхой хувиар тооцно. Засварын фондын хуримтлагдсан хөрөнгийг дулааны цахилгаан станцын жилийн урсгал засвар болон зуухыг 5 жилд 1 удаа их засварт оруулах нормын дагуу засварлахад зарцуулна.

$$Z_{\text{зас}} = K_6 = 5 \text{ сая төг}$$

Г. Бусад зардал

Бусад зардалд шатахуун, шатаах тослох материал, ус, сэлбэг хэрэгсэл, албан томилолт, хүний нөөцийн сургалт, семинар, харуул хамгаалалт, харилцаа холбоо, удирдлагын ба борлуулалт,

хангамжийн үйл ажиллагааны болон байгалийн нөөц ашигласны төлбөр зэрэг зардлуудыг нэгтгэх бөгөөд үйлдвэрийн үндсэн хөрөнгийн балансын үнийн 1%-иар тооцож олно.

$$З_{бүс} = K_6 = 0.01 * 250 = 25 \text{ сая төг}$$

Е. Уурын зуух ажиллах цахилгаан эрчим хүч нь 5-р ХҮСНЭГТ. ҮНДСЭН ТОНОГЛОЛУУДЫН ЦАХИЛГААН ЧАДАЛ

Тэжээлийн усны насос	kW	4
Үлээх салхилуур		18.5
Удирдлагын самбар		0.2
Нийлбэр		22.7

Эрчим хүчний зохицуулах хорооны 2015 оны 203-р тогтоолоор аж ахуй нэгж, байгууллагад 156.3 төг/кВт*ц гэж тогтоосон.

Жилийн цахилгааны зардал

$$З_{цах} = \sum \Delta_{цах} * \tau * Y_{цах} = 22.7 * 5000 * 156.3 = 17.7 \text{ сая төг}$$

Д. Үйлдвэрлэлийн нийт зардал

$$НЗ_{зуух} = З_{түлш} + З_{эхш} + З_{уз} + З_{зас} + З_{бүс} + З_{цах} = 1991.94 \text{ сая төг}$$

Ё. Орлог

$$O = D_0 * Y_{уур} * \tau = 4 * 2.25 * 36985 * 5000 = 2114.32 \text{ сая т}$$

Ж. Ашиг

Ашиг = Орлог – Нийт зардал = 122.38 сая т
 Ашгийн татвар- Ашигийн 10%-иар авна.
 $A_{татвар} = \text{Ашиг} * 0.1 = 122.38 * 0.1 = 12.23 \text{ сая төг}$
 Цэвэр ашиг

$$A_{цэвэр} = \text{Ашиг} - A_{татвар} = 122.38 - 12.23 = 110.15 \text{ сая төг}$$

Бэлэн мөнгөний урсгал

$$БМУ = A_{цэвэр} + ЭХШ = 110.15 + 8.3 = 118.45 \text{ сая төг}$$

6-Р ХҮСНЭГТ. ЭРГЭН ТӨЛӨГДӨХ ХУГАЦААНЫ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

1	Тооцооны үзүүлэлтүүд	Хэмжих нэгж	Тооцооны үр дүн
2	энгийн эргэн төлөх хугацаа	жил	8.46
3	Дискаунтландсан эргэн төөлөгдөх хугацаа	жил	14.32
4	Цэвэр өнөөгийн үнэ	сая.төг	700.13
5	Өгөөжийн дотоод хувь	%	4.41



3-р зураг. БНСУ-ын DAЕYEOL компанийн хийн түлшээр ажилладаг уурын зуухны утааны хийд TESTO-350 төхөөрөмжөөр хийсэн хэмжилт.

Хэмжилтээс харахад ШХТ ажиллаг уурын зуухны утааны хий дэх $O_2 = 6,93\%$, $CO = 12ppm$, $CO_2 = 8.91\%$, $NO_x = 34.5 ppm$, $NO = 34ppm$, $NO_2 = 0.5 ppm$, $SO_2 = 0 ppm$ тус тус байна.

Хатуу түлшээр ажилладаг Витсамо” ХХК-ийн DZL-4-1.6 маягийн зуухны туршилт

“Витсамо” ХХК нь Монголын Барилгын материал үйлдвэрлэгчдийн холбооны гишүүн компани бөгөөд сүү, сүүн болон хүнсний бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэдэг байна. Энэ компани нь технологийн уурын хэрэглээгээ DZL-4-1.6 маягийн уурын зуухаар хангадаг бөгөөд уг зуух нь БНХАУ-д үйлдвэрлэгдсэн 1.6 МПа даралттай, 320 °C температуртай уур үйлдвэрлэдэг зориулалттай байна. Энэ компанийн уурын зуухны туршилтыг 2020 оны 04 сарын 08-09 –нд хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд мидлин түлш, сайжруулсан шахмал түлш, шахмал түлшний нунтаг хаягдал түлш зэргийг тус бүр 0.5 тн –ийг түлж туршилтыг гүйцэтгэсэн болно. Туршилтын үеийн зуухны ерөнхий байдал, туршилтын ажлын явцыг дараах зургуудаар харуулав.



4-р зураг. Витсамо ХХК-ийн зуухны барилгын дотор талд зуух суурилуулсан байдал

7-Р ХҮСНЭГТ. DZH4-1.25 МАРКИЙН ЗУУХНЫ ТЕХНИК
ҮЗҮҮЛЭЛТ

№	Үзүүлэлтүүд	Хэмжих нэгж	Зуухны марк
			DZH4-1.25
1	Уурын бүтээмж	т/ц	4.0
2	Уурын даралт	МПа	1.25
3	Уурын температур	°C	194
4	Зууханд орох усны температур	°C	20
5	Зуухны нийт халаах гадаргуу	м ²	85.6
66	Экономайзерийн халаах гадаргуу	м ²	30.8
7	Ул ширэмний талбай	м ²	5.2
8	АҮК	%	80.0
9	Нүүрсний төрөл	-	АII, АIII
10	Түлшний зарцуулалт	кг/ц	602
11	Гарах утааны хийн температур	°C	165

Таван толгойн сайжруулсан шахмал түлш түлэх туршилтын үр дүн

2020 оны 04-р сарын 08-ны өдөр Тавантолгойн сайжруулсан шахмал түлш түлэх туршилтын ажлыг гүйцэтгэсэн бөгөөд туршилтын үеийн зуухны уур, усны параметр, галын хотолд шатаж байгаа түлшний дөлний температур, мөн утааны хийтэй хаягдаж байгаа бохирдуулагч хийнүүдийг хэмжиж дараах хүснэгтүүдэд харуулав.

8-Р ХҮСНЭГТ. УТААНЫ ХИЙТЭЙ ХАЯГДАЖ БАЙГАА
БОХИРДУУЛАГЧ ХИЙНҮҮД

Д/д	O ₂ , %	CO, ppm	CO ₂ , %	NO _x , ppm	NO, ppm	NO ₂ , ppm	SO ₂ , ppm
Дундаж	19.1	255.0	1.2	24.6	24.4	0.2	44.8

Витсамо” ХХК-ийн уурын зууханд сайжруулсан шахмал түлш түлэх үед утааны хий дэх хүчилтөрөгч дунджаар 19.1 %, нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO) дунджаар 255 ppm, азотын давхар исэл (NO_x) дунджаар 24.6 ppm, хүхрийн исэл (SO₂) дунджаар 44.8 ppm тус тус байна.

ДҮГНЭЛТ

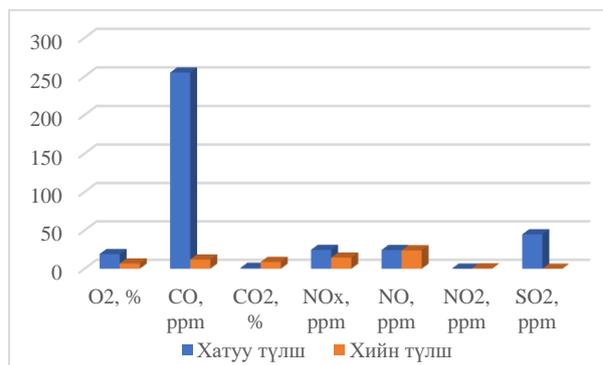
Судалгааны ажлын хүрээнд дараах дүгнэлтүүдийг хийж байна. Үүнд:

Газрын тосны үйлдвэр баригдсанаар ГТБ-ний импортын хамаарлаас гарч, эдийн засгийн аюулгүй байдлыг хангана. Автобензин, дизель түлш, онгоцны түлш, хий зэрэг олон нэрийн бүтээгдэхүүн гаргах боломжтой.

1. Хийн түлшээр ажилладаг бага оврын уурын зуух нь агаарт хаяж байгаа хорт бодисоороо O₂ = 6,93%, CO = 12ppm, CO₂ = 8.91%, NO_x = 34.5ppm, NO = 34 ppm, NO₂ = 0.5ppm, SO₂ = 0 ppm тус тус байна.

2. Тулгамдсан асуудлын нэг болох агаарын бохирдлыг бууруулж агаарын чанарын стандарт хүрэлцэх агууламжид хүрж эрчим хүчний салбарт өргөнөөр ашиглах боломжтой гэсэн олон давуу талтай.

Хийн түлшээр ажилладаг зуух нь АҮК өндөр, ТЭЗҮ хувьд хэмнэлттэй, ялгарч байгаа хорт ислүүд бага тул Улаанбаатар хотын хамгийн том тулгамдсан асуудлын нэг болох агаарын бохирдлыг бууруулж агаарын чанарын стандарт хүрэлцэх агууламжид хүрж эрчим хүчний салбарт өргөнөөр ашиглах боломжтой гэсэн олон давуу талтай.



5-р зураг. Хатуу болон хийн түлшээр ажилладаг уурын зуухнуудын утааны хийнээс ялгарах бодисын тоо хэмжээ

Дээрх графикаас харвал хатуу түлшээр ажилладаг уурын зуухны утааны хийтэй хаягддаг хийнүүд нь хийн түлшээр ажилладаг уурын зуухны утааны хийнээс O₂ = 2,75, CO = 21,25, NO_x = 1.6, дахин их CO₂ = 7,4 дахин бага хийн түлштэй зуухан дээр SO₂ огт үүсэхгүй байна.

Ашигласан материал

1. <http://www.agaar.mn>
2. Ж.Цэен-Ойдов, А.Түмэнбаяр, “Уурын зуухны агаар мандалд үзүүлэх нөлөөллийн судалгаа” 2005 он
3. <https://mrpam.gov.mn/news/1772/>
4. <http://www.unen.mn/a/104987>
5. Ц.Багмид, “Шингэрүүлсэн хийн түлш” УБ хот, 2012 он
6. Ч.Содномдагва, “Уурын зууханд нүүрсний шаталтын явцад агаарт ялгарах бохирдуулагч хийн судалгаа” МУИС-ЭШБ, 2017он

ТАВАНТОЛГОЙ, БАГАНУУР, ШИВЭЭ ОВООГИЙН НҮҮРСЭЭР ЛАБОРАТОРИЙН НӨХЦӨЛД БЭЛТГЭСЭН ШАХМАЛ ТҮЛШ БА ТЭДГЭЭРИЙН ДУЛААН ТЕХНИКИЙН ЗАРИМ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

МУ-ын зөвлөх инженер, докторант Б.Хурцбаатар¹

МУ-ын гавьяат багш, шинжлэх ухааны доктор, профессор Академич С.Батмөнх²

МУ-ын зөвлөх инженер, доктор, дэд профессор Д.Балдандорж³

¹ДҮТ ТӨХХК, ^{2,3}ШУТИС: ЭХС,

Хураангуй

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдол гамшгийн хэмжээнд хүрч SO₂, NO_x, CO зэрэг бохирдуулагчдын агаар мандалд агуулагдах зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс хэд дахин даваад байна. Иймд дээр дурдсан сөрөг нөлөөллийг бууруулах зорилгоор Таван толгой нүүрсний мидлинг, Шивээ-Овоо, Багануурын нүүрсээр лабораторийн нөхцөлд шахмал түлш бэлтгэн авч тэдгээрийг шатаах замаар агаарт хаягдах бохирдуулагч бодисыг тогтоосноор цаашид авах арга хэмжээг шинжлэх ухааны үндэстэй тогтоож болох юм. Энэхүү судалгааны ажлаар бид Тавантолгой, Шивээ-Овоо, Багануурын нүүрсийг ашиглан барьцалдуулагчтай, барьцалдуулагчгүй, үнстэй, шохойн чулуутай тус тус хольж лабораторийн нөхцөлд хэд хэдэн хувилбараар дээжүүдийг бэлтгэсэн бөгөөд шахмал түлшний дулаан техникийн зарим үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон үр дүнг толилуулж байна.

Удиртгал

Хүйтэн, сэрүүн уур амьсгалтай бүс нутаг дахь хүмүүний аж амьдралын үндсэн нөхцөл нь орон сууцны халаалт юм. Үүнийг эртнээс органик түлш, улмаар нүүрс шатаах аргаар дулаан гарган шийдвэрлэсээр ирснийг бид маш сайн мэдэх бөгөөд энэ арга саяхан болтол шаардлага хангасаар ирсэн. Гэтэл нийгмийн хөгжил, үйлдвэрлэл, зах зээлийг дагаж хотжилт үүссэн цагаас бэрхшээлийг дагуулах болов. Энэ нь бүр эртнээс XIX зууны үеэс хүн ам олонтой, аж үйлдвэржсэн оронд гамшгийг дагуулах болсон. Харин цөөхөн хүн амтай, эхний үедээ нийгмийн үйлдвэрлэлийнхээ өвөрмөц онцлогтой манай орны хувьд бол төдийлөн бэрхшээлийг дагуулалгүй XXI зуунтай золгосон. Гэтэл өнгөрсөн зууны сүүлийн арваад жилээс эхлэн зах зээлийн эдийн засагт шилжиж, нийгмийн сэтгэл зүй, хүн амын хөдөлмөр эрхлэлтэд гарсан гүнзгий өөрчлөлтийн үр дүнд хүмүүсийг хотод татагдах хөдөлгөөн газар авч эхэлснээр манай томоохон

хотуудад оршин суугаа хүн амын дулаан хангамжийн асуудал хүндэрч нүүрснээс өөр түлш хэрэглэдэггүйн улмаас агаарын бохирдол ялангуяа халаалтын улиралд маш их болж ирэв. Энэхүү нөхцөл байдал юуны өмнө 1,5 сая орчим хүн амтай, дэлхийн хамгийн хүйтэн цаг ууртай нийслэлийн тоонд багтдаг Улаанбаатар хотод хүндрэлийг авчирсныг бид мэднэ.

Иймд төр, засгаас буй болсон нөхцөл байдалд дүгнэлт хийснээр 2018 онд Монгол улсын засгийн газраас “Агаарын бохирдлыг бууруулахтай холбогдуулан авах арга хэмжээний тухай” УИХ-ын тогтоолын [1] хэрэгжилтийг хангах зорилгоор тогтоол [2] гаргаж нийслэлийн Баянгол, Сүхбаатар, Чингэлтэй дүүргийн бүх хороод Баянзүрх 20-р хороо, Сонгинохайрхан дүүргийн 21-р хороо, Хан-Уул дүүргийн 12, 13, 14-р хорооноос бусад нутаг дэвсгэр дээр үйл ажиллагаа явуулж байгаа цахилгаан, дулааны эрчим хүч үйлдвэрлэх тусгай зөвшөөрөлтэй аж ахуйн нэгжээс бусад иргэн, аж ахуйн нэгж, байгууллагуудыг 2019 оны 5 дугаар сарын 15-ны өдрөөс эхлэн түүхий нүүрс хэрэглэхийг хориглосон. Хожим хотын алслагдсан дээрх хороодын нутаг дэвсгэрт ч энэхүү тогтоолын заалт хамаарагдах болгон өөрчлөгдөж хотын бүх нутаг дэвсгэрийг хамрах болсон байдаг [3].

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлыг бууруулах дээрх тогтоол шийдвэрийн заалтыг хэрэгжүүлэхийн тулд 2020 оноос эхлэн шахмал түлш болох нүүрсний брикетийг хэрэглэж үйл ажиллагаа эрчимжиж эхэлсэн. Энэ нь хараахан нүүрсний оронд түгээмэл байдлаар хэрэглэх агаарын бохирдлыг бууруулах боломжтой байгалийн хий, боловсруулсан нүүрсний давхаргын метан зэрэг санал болгох альтернатив түлш байхгүй явдалтай холбоотой болохоос биш хамгийн сайн шийдэл биш юм. Тодруулбал, шахмал түлш нь байгалийн төрөл бүрийн хатуу түлшийг барьцалдуулагч ашиглан тэдгээрийн дулаан физикийн үзүүлэлтүүдийг сайжруулан, шаталтын

бүтээгдэхүүн дэх бохирдуулагч бодисуудын агууламжийг бууруулах зорилгоор гарган авсан түлш юм. Энэ нь утаагүй шахмал түлш¹ биш харин утааны хий дэх хортой нэгдлийг нь бууруулсан шахаж хэлбэржүүлсэн түлш юм. Эл өгүүлэл нь Улаанбаатар хотод буй болсон агаарын бохирдолд үнэлгээ өгөх явдал биш учраас энэ чиглэлээр элдэв тоон үзүүлэлтийг оруулаагүй бөгөөд зөвхөн хотын хэрэглэгчдэд дулаан үйлдвэрлэх зорилгоор түлж хэрэглэдэг голлох ордын нүүрсээр янз бүрийн хувилбараар бэлтгэсэн шахмал түлшний физик механикийн болон дулаантехникийн шинж чанарын үзүүлэлт болон тэдгээрийг шатаахад гарах хийн төлөв байдалтай бохирдуулагч бодисын хэмжээг туршилтаар тогтооход чиглэгдсэн судалгааны ажлын үр дүнг агуулсан болно.

Үндсэн хэсэг ба судалгааны ажлын арга зүй

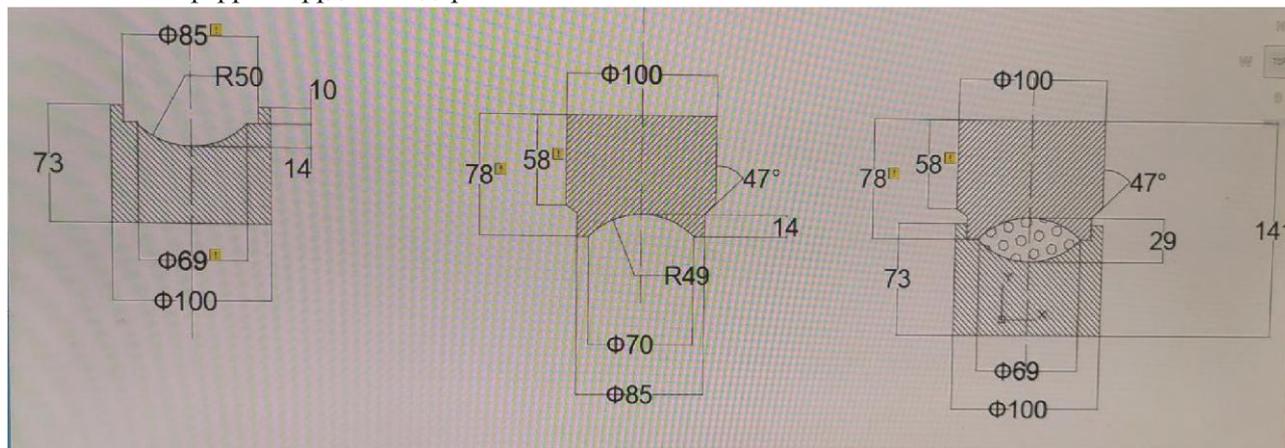
Улаанбаатар хотын агаарын бохирдолд гол нөлөө үзүүлж байгаа амины орон сууцанд болон хэсэгчлэн бүлэглэсэн хэрэглэгчийн халаалтанд ашиглагддаг (нам даралтын) зуухнуудад зориулан төвлөрсөн байдлаар бэлтгэн түлж байгаа шахмал түлшний шаталтаас ялгарах бохирдуулагч бодисуудын агууламжийг бууруулах явдал өнөөдрийн хувьд чухал ач холбогдолтой байна. Иймд Тавантолгой, Шивээ-Овоо, Багануурын нүүрсээр лабораторийн нөхцөлд янз бүрийн орц найрлагатай шахмал түлш бэлтгэн авч тэдгээрийн дулаантехникийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлов.

Судалгааны хэрэглэгдэхүүн. “Тавантолгой” ХХК-ийн эрчим хүчний нүүрс 6 шуудай (266 кг), Шивээ-Овоогийн 3 шуудай (41.5 кг), 10 кг шингэн шил (барьцалдуулагч болгон), 2 шуудай шохойн чулуу, үйлдвэрийн шахмал түлш 5 кг, Багануурын нүүрс (47 кг), БКЗ-220-100 маркийн уурын генераторын усны экономайзерын 2 дугаар үе дээр тогтсон үнснээс дээжлэн авсан 2 шуудай үнсийг анхдагч материал болгон ашиглав.

Сорьц бэлтгэл. Лабораторийн нөхцөлд Тавантолгойн нүүрсний мидлинг, Шивээ-Овоогийн нүүрсний дээж тус бүрийн нэгэн хэвийн байдлыг хангахын тулд тэдгээрийг 5E-НСВ250Х360 маркийн бутлуураар тус тусад нь 3 мм хэмжээтэй болтол бутлав. Шивээ-Овоогийн нүүрсийг бүгдийг нь асган хооронд сайтар хольж нэг хэвийн дээж болгоод 5 шуудай нүүрсийг бутлагчаар 3 мм болтол нунтагласан болно. Үлдсэн 1 шуудай буюу нийт жин нь 32 кг (100%) нүүрсэн дээр шигшүүрийн анализ хийхэд дараах байдлаар тархсан болохыг тогтоосон. Үүнд: $R_{200}=27.267$ кг (73%), $R_{90}=3.881$ кг, (10.5%), харин хаягдал нь 1.452 кг (3.9%) эзэлсэн болно.

1. Дан нүүрсээр хийсэн шахмал түлш

Лабораторийн нөхцөлд шахмал түлш бэлтгэхийн тулд 2 тусдаа салдаг тусгайлан шахагч төмөр хэв зориулж бэлтгэсэн бөгөөд бутармаг нүүрсийг тус хэвд дүүргэж энгийн гар тиски буюу шахагчийг ашигласан юм (1 дүгээр зураг).



Зураг 1. Шахмал түлш бэлтгэсэн хэв

¹ Утаагүй шахмал түлш – дулааны боловсруулалтаар урьдчилан дэгдэмхий бодисын агуулгыг нь 10% хүртэл багасгаж бэлтгэсэн шахмал түлш. Дэлхийн улс орнуудын

туршлагаас үзэхэд хүн ам нягт суурьшсан хотуудад утаагүй шахмал түлш хэрэглэх замаар агаарын бохирдлыг багасгах асуудлыг шийдвэрлэж ирсэн байдаг.

Барьцалдуулагчгүй бэлтгэсэн шахмал түлшний орц найрлага, дулаан техникийн үзүүлэлтийг хүснэгт №1-д үзүүлэв. Барьцалдуулагч хийгээгүй учир түлш хоорондоо барьцалдахгүй, бутарч байсан болно.

Лабораторийн нөхцөлд гарган авсан сайжруулсан шахмал түлшний дулаан техникийн зарим үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон үр дүнг хүснэгт №1 харуулав.

Хүснэгт №1

№	Тодорхойлох үзүүлэлт	Тэмдэглэгээ	Хэмжих нэгж	Шахмал түлш			Үйлдвэрийн шахмал түлш (Таван толгойн мидлинг)
				Таван толгой барьцалдуулагчгүй	Багануур барьцалдуулагчгүй	Шивээ-Овоо барьцалдуулагчгүй	
1	Дулаан гаргах доод чадвар	$Q_{аждоод}$	ккал/кг	5031	3777	3305	5416
2	Ажлын үнслэг	$A_{аж}$	%	19.53	10.52	8.80	22.57
3	Ажлын чийглэг	$A_{ан}$	%	15.80	31.35	38.35	9.95
4	Аналитик чийглэг	$W_{аж}$	%	0.58	6.76	5.6	0.88
5	Ажлын хүхэр	$V_{ш}$	%	1.03	0.28	1.11	-
6	Дэгдэмхий эд	$V_{(ш ан)}$	%	24.49	42.71	42.88	25.47

Лабораторийн нөхцөлд гарган авсан шахмал түлшний гадаад диаметр 74 мм, зузаан 30 мм хэмжээтэй байсан ба 2-р зурагт харуулав.



Зураг 2. Бэлтгэж шахсан шахмал түлш

2. Барьцалдуулагчтай шахмал түлш

Таван толгойн мидлинг, Шивээ Овоо, Багануурын нүүрсэнд 3 янзаар барьцалдуулагч холив. 5%-иор холиход 0.95 кг дээжид 50 гр, 10%-иор холиход 0.90 кг дээжид 100 гр, 15%-иор холиход 0.85 кг дээжид 150 гр шингэн шил хольсон. Барьцалдуулагч хийхээс өмнө тодорхой

хэмжээгээр ус нэмнэ. Шивээ Овоо, Багануурын нүүрсээр хийсэн шахмал түлшнүүд чийг нь хатмагц шахмал түлш бутарсан. Түүний дараа шингэн шилийг 30-50% нэм холсон боловч шахсан түлш бутарч унасан.

3. Шохойн чулуутай холсон шахмал түлш

Шахмал түлш хийхэд 1 кг нүүрсэнд 181 гр шохойн чулуу хольж бэлтгэсэн. Шохойн чулуу нь дотроо том чулуу хогтой байсан тул урьдчилан R^{200} ийн шүүрээр шигшиж том ширхэгтэй хогийг хаясан болно.

Тавантолгойн нүүрсний үнсэн дэх кальцийн ислийн (CaO) хэмжээг үндэслэн түүний агууламжийг тодорхойлбол $CaO=0,01\text{кг/кг}$ буюу өөрөөр хэлбэл нүүрсэнд кальцийн (Ca) агуулагдах хэмжээ 0,0069 кг/кг, хүхэр агуулалт 0,0103 кг/кг байна. Эндээс уг нүүрсний кальц ба хүхрийн массын харьцаа $Ca=0.93$ кг/кг S болно. Нөгөө талаас энэ харьцаа

хүхэр барих $CaO+SO_2+0,5O_2=CaSO_4$ урвал явагдах үеийн стехиометрийн утгаас $(Ca_c=0.93)$ үүнээс

S

үзэхэд 1 кг нүүрсэнд 181 гр шохойн чулуу холих шаардлагатай нь тооцоогоор гарч байна. Таван толгой, Багануур, Шивээ-овоогийн нүүрсэнд шохойн чулуу хольсон үе дахь дулаан техникийн зарим үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон үр дүнг хүснэгт №8 харуулав.

Хүснэгт № 2

№	Тодорхойлох үзүүлэлтүүд	Тэмдэг лэгээ	Шохойн чулуутай		
			Таван толгойн нүүрсний мидлинг	Багануур	Шивээ-Овоо
1	Ажлын дулаан гаргах доод чадвар, ккал/кг	$Q_{доод}^{аж}$	4554	4880	3063
2	Ажлын үнслэг,%	$A^{аж}$	28.64	19.42	22.32
3	Аналитик үнслэг,%	$A^{ан}$	31.79	24.16	29.69
4	Ажлын чийглэг,%	$W^{аж}$	10.60	23.40	26.50
5	Аналитик чийглэг,%	$W^{ан}$	0.88	4.83	2.38
6	Дэгдэмхий эд,%	$V^{ш}$	28.93	52.34	55.43
7	Аналитик дэгдэмхий эд,%	$V^{ш ан}$	19.48	37.17	37.66
8	Ажлын хүхэр,%	$S^{аж}$	1.03	0.28	1.11

Шахмал түлшинд Архимедын аргаар овоолсон нягтыг дараах байдлаар тооцов. Сайн хатаасан шахмал түлшээ жигнэж жинг тэмдэглэж авна. 1000 мл стаканд дүүртэл нь ус хийнэ. Гэхдээ хальж гоожихгүй байх ёстой. Стакантай усан доор тавиур тавина. Шахмал түлшээ стакантай усан дээрээ хийж хальж гоожсон усаа 100 мл ийн цилиндрт хийж хэмжээ тэмдэглэж авна. 10% барьцалдуулагчтай шахмал түлшийг дээрх аргаар туршихад 35 мл ус асгарч байсан.

Дээжийн жин нь 63.49г байсан ба шахмал түлшний нягт нь 1.81гр/см^3 гарсан байна.

ДУЛААНЫ ТУРШИЛТ

Зөвхөн агаараар халаахад түлш доторх температураар бодлоо түлшний хэлбэрийн коэффициентыг бөмбөрцөг гэж авлаа.

Таван толгой 5% барьцалдуулагчтай шахмал түлшний халалтын
үеийн дулааны үзүүлэлтийг хүснэгт № 1 харуулав.

Хүснэгт № 1

№	Тодорхойлох үзүүлэлт	Тэмдэг лэгээ	Хэмжих нэгж	Анхны температура, $t_0=250^{\circ}\text{C}$	Хугацааны үе				
					1 цаг	2 цаг	3 цаг	4 цаг	5 цаг
1	Хатаах шүүгээний орчны температур	t_f	$^{\circ}\text{C}$	252	275	320	323	329	330
2	Түлш доторх температур	$t_{\text{ц}}$	$^{\circ}\text{C}$	25	150	300	310	322	328
3	Дээрх температурын зөрүү	$t_f - t_{\text{ц}}$	$^{\circ}\text{C}$	227	125	20	13	7	2
4	Агаарын дулаан багтаамж	C_p	кДж/кг	1.005	1.015	1.047	1.0494	1.0523	1.05372
5	Агаарын нягт	ρ	Кг/м ³	1.185	0.8345	0.615	0.6052	0.5934	0.58756
6	Дулаан нэвтрүүлэх чадвар	λ	Вт/м ^о с	0.0263	0.03565	0.046	0.04662	0.0474	0.04774
7	Температур дамжуулалтын коэффициент	a	М ² /С	$2.208 \cdot 10^{-5}$	$4.21 \cdot 10^{-5}$	$7.1 \cdot 10^{-5}$	$7.34 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$7.7 \cdot 10^{-5}$
8	Хэлбэрийн коэффициент /бөмбөрцөг/	k		0.0022216	0.0022216	0.0022216	0.0022216	0.0022216	0.0022216
9	Халалтын хурдац	m		0.00994	0.0189	0.032	0.033	0.034	0.0347
10	Жин	m	гр	65.35	61.77	58.79	57.69	57.06	56.88
11	Нягт	ρ	гр/см ³	1.81	1.85	1.89	1.9	1.9	1.9

Таван толгой 10% барьцалдуулагчтай шахмал түлшний халалтын (400-500^оС) үеийн дулааны
үзүүлэлтийг хүснэгт № 2 харуулав

Хүснэгт № 2

№	Тодорхойлох үзүүлэлт	Тэмдэг лэгээ	Хэмжих нэгж	Анхны температура, $t_0=25^{\circ}\text{C}$	Хугацааны үе				
					3 мин	6 мин	9 мин	12 мин	15 мин
1	Хатаах шүүгээний орчны температур	t_f	$^{\circ}\text{C}$	450	442	438	481	490	500

2	Түлш доторх температур	$t_{ц}$	°C	25	82	156	230	310	401
3	Дээрх 2 температурын зөрүү	$t_f - t_{ц}$	°C	425	360	282	251	180	99
4	Агаарын дулаан багтаамж	C_p	кДж/кг	1.005	1.009	1.0162	1.0332	1.0494	1.06825
5	Агаарын нягт	ρ	Кг/м ³	1.185	0.9944	0.8228	0.7028	0.6052	0.52332
6	Материалын дулаан нэвтрүүлэх чадвар	λ	Вт/м ⁰ с	0.0263	0.03066	0.0361	0.04134	0.0466	0.05215
7	Температур дамжуулалтын коэффициент	a	М ² /С	$2.20 \cdot 10^{-5}$	$3.06 \cdot 10^{-5}$	$4.3 \cdot 10^{-5}$	$5.69 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$9.3 \cdot 10^{-5}$
8	Хэлбэрийн коэффициент / бөмбөрцөг/	k		0.002221	0.002221	0.002221	0.002221	0.002221	0.002221
9	Халалтын хурдац	m		0.0099	0.013	0.019	0.025	0.033	0.041
10	Жин	m	гр	68.11	64.96	62.34	61.29	60.77	60.06
11	Нягт		гр/см ³	1.78	1.81	1.83	1.84	1.84	1.84

Таван толгой 15% барьцалдуулагчтай шахмал түлшний халалтын (400-500°C) үеийн дулааны үзүүлэлтийг хүснэгт № 3 харуулав

Хүснэгт № 3

№	Тодорхойлох үзүүлэлт	Томьёо	Хэмжих нэгж	Анхны температур °C	Хугацааны үе				
					3 мин	6 мин	9 мин	12 мин	15 мин
1	Хатаах шүүгээний орчны температур	t_f	°C	445	432	428	450	474	490
2	Түлш доторх температур	$t_{ц}$	°C	25	87	158	234	301	352
3	Дээрх 2 температурын зөрүү	$t_f - t_{ц}$	°C	420	345	270	216	173	138
4	Дулаан багтаамж	C_p	кДж/кг	1.005	1.009	1.016	1.034	1.047	1.059
5	Агаарын нягт	ρ	Кг/м ³	1.185	0.9804	0.8189	0.69704	0.614	0.56432
6	Дулаан нэвтрүүлэх чадвар	λ	Вт/м ⁰ с	0.0767	0.05866	0.0565	0.0563	0.0568	0.0575
7	Температур дамжуулалтын коэффициент	a	М ² /С	$6.44 \cdot 10^{-5}$	$5.93 \cdot 10^{-5}$	$6.8 \cdot 10^{-5}$	$7.81 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$9.6 \cdot 10^{-5}$

8	Хэлбэрийн коэффициент / бөмбөрцөг/	к		0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022
9	Халалтын хурдац	т		0.0289	0.026	0.030	0.035	0.039	0.043
10	Жин	m	гр	73.45	69.87	67.06	65.78	65.07	64.85
11	Нягт		гр/см ³	1.72	1.74	1.76	1.76	1.76	1.76

Тавантолгой, Багануур, Шивээ-Овоогийн шахмал түлшний харьцуулалтыг хүснэгт № 4 харуулав

Хүснэгт-4

№	Шахмал түлш	Чийглэг (W^r) % ихгүй	Нийт хүхрийн хэмжээ (S^st) % ихгүй	Дэгдэмхий болис (v) %, ихгүй	Үнслэг A^c % ихгүй	Илчлэг (Q^r Ккал/кг) багагүй
1	Тавантолгойн мидлинг	15	1.03	24	24	4900
2	Багануурын	30	0.28	42	16	3700
3	Шивээ-Овоогийн	37	1.11	45	14	3400

ДҮГНЭЛТ

Тавантолгойн нүүрсний мидлинг ба Шивээ-Овоо, Багануурын нүүрсийг ашиглан барьцалдуулагчтай, барьцалдуулагчгүй, үнстэй, шохойн чулуутай хольж лабораторийн нөхцөлд бэлтгэсэн шахмал түлшний дулаан техникийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлов.

Таван толгойн нүүрсээр бэлтгэсэн барьцалдуулагч 5% хольсон шахмал түлшний дулаан гаргах чадвар 4968 ккал/кг, ажлын үнслэг-21.04% ажлын чийглэг-15.10% Дэгдэмхий эд-24.98% ажлын хүхэр-1.02%, барьцалдуулагч 10% холиход шахмал түлшний дулаан гаргах чадвар 4880 ккал/кг, ажлын үнслэг-22.54% ажлын чийглэг-14.92% Дэгдэмхий эд-25.86% ажлын хүхэр-1.02%, барьцалдуулагч 15% холиход шахмал түлшний дулаан гаргах чадвар 4801 ккал/кг, ажлын үнслэг-23.77% ажлын чийглэг-14.51% Дэгдэмхий эд-26.09% ажлын хүхэр-1.01% байв.

Шивээ Овоогийн нүүрсээр бэлтгэсэн барьцалдуулагч 5% хольсон шахмал түлшний дулаан гаргах чадвар 2970 ккал/кг, ажлын үнслэг-13.51% ажлын чийглэг-37.61% Дэгдэмхий эд-46.10% ажлын хүхэр-1.10%, барьцалдуулагч 10% холиход шахмал түлшний дулаан гаргах чадвар 3028 ккал/кг, ажлын үнслэг-13.50% ажлын чийглэг-36.24% Дэгдэмхий эд-45.40% ажлын хүхэр-1.09%, барьцалдуулагч 15% холиход шахмал түлшний дулаан гаргах чадвар 4801 ккал/кг, ажлын үнслэг-23.77% ажлын чийглэг-14.51% Дэгдэмхий эд-26.09% ажлын хүхэр-0.86% байв.

Багануурын нүүрсээр бэлтгэсэн барьцалдуулагч 5% хольсон шахмал түлшний дулаан гаргах чадвар 3682 ккал/кг, ажлын үнслэг-1.95% ажлын чийглэг-30.32% Дэгдэмхий эд-43.87% ажлын хүхэр-0.27%, барьцалдуулагч 10% холиход шахмал түлшний дулаан гаргах чадвар 3613 ккал/кг, ажлын үнслэг-13.37% ажлын чийглэг-29.84% Дэгдэмхий эд-42.02% ажлын хүхэр-0.25%, барьцалдуулагч 15% холиход

шахмал түлшний дулаан гаргах чадвар 3589 ккал/кг, ажлын үнслэг-14.93% ажлын чийглэг-28.62% Дэгдэмхий эд-42.78% ажлын хүхэр-0.25% байв.

Нүүрсний бүтцэд агуулагдах хүхрийн агууламж олон улсын түвшинд 1%-иас доош байхаар хязгаарласан байдаг ба ихэнх хөгжилтэй улс орнуудад цахилгаан станц, бусад жижиг зуухнуудад аммиак ба шохой ашиглан хүхрийн агууламжийг агаарт дэгдэхээс хамгаалдаг. Тавантолгойн шахмал түлшинд хүхэр-1.02, Багануурын шахмал түлшинд -0.26 Шивээ Овоогийн нүүрсэнд дунджаар-1.01% байв. Цаашид Шивээ -овоо, таван толгойн 1 кг нүүрсэнд 181 гр шохойн чулуу холих шаардлагатай нь тооцоогоор гарч байна. Шохой нэмэх замаар хүхрийн агууламжийг 2-3 дахин бууруулах боломжтой юм.

Ашигласан ном зүй

1. “Агаарын бохирдлыг бууруулахтай холбогдуулан авах арга хэмжээний тухай” Улсын Их Хурлын 2018 оны 2 дугаар тогтоол.
2. “Түүхий нүүрс хэрэглэхийг хориглох тухай” МУ-ын засгийн газрын 2018 оны 62 дугаар тогтоол.
3. “Агаарын чанарыг сайжруулах бүс, бүсэд мөрдөх журмыг шинэчлэн батлах тухай” Байгаль орчин, аялал жуулчлалын сайд, Нийслэлийн засаг дарга бөгөөд Улаанбаатар хотын захирагчийн 2010 оны А604, А1112 тоот хамтарсан тушаал, захирамж.
4. Б.Бадамхатан шахмал түлшний үйлдвэрийн ТЭЗҮ
5. Ж.Нарангэрэл “Нүүрсний хими-технологийн үндэс” 2016 он, Улаанбаатар хот
6. Ж.Батбилэг “Сайжруулсан түлшний үйлдвэрлэл, өнөөгийн байдал цаашдын зорилтууд” ШУТИС-ийн эрдэм шинжилгээний бага хурал, 2018 он, Улаанбаатар хот

УС ДУЛААН ДАМЖУУЛАХ ТӨВД СУУРИЛАГДСАН ЦАХИЛГААН ТОНОГЛОЛЫН НАРНЫ ЭНЕРГИЭР ХАНГАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Г.Жавхлан, Б.Өлзийбадрах

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

Хураангуй: Өнөө үед сэргээгдэх эрчим хүчний хамгийн том нөөц, шавхагдашгүй эх үүсвэр бол нарны энерги юм. Монгол орон нарны эрчим хүчийг ашиглах арвин их нөөцтэй ба ойролцоогоор жилийн нийт хугацааны 70% орчим нартай, нарны эрчим нь $5.5-6.0 \text{ кВт/м}^2$ *өдөр, жилд 2900-3000 цаг гийгүүлнэ. Нийт нутаг дэвсгэрт тусах нарны радиац дунджаар 1400 кВт/м^2 болно. Манай оронд хавтгай хэлбэрийн ба вакум хоолой хэлбэрийн нарны коллекторыг ашиглан усыг 100°C хүртэл халааж, ахуйн хэрэглээ болон орон байрыг халаахад хэрэглэж байна. Тус судалгааны ажлаар сэргээгдэх эрчим хүчний нэг төрөл болох нарны дулаан энергийг цуглуулж үүнийг ашиглан 1А магистралд хамаарах “Таймскүүр” хотхоны ус дулаан дамжуулах төвд суурилагдсан цахилгаан тоноглолыг нарны энергээр хангах зорилго тавилаа.

Түлхүүр үг: Нарны коллектор, эрчим хүч, судалгаа

I. УДИРГАЛ

Эрчим хүчний салбар нь улс орны хөгжил цэцэглэлтийн гол үндсэн тулгуур салбарын нэг бөгөөд манай улс жилийн дөрвөн улиралтай, эрс тэс уур амьсгалтай ба халаалтын улирлын үргэлжлэх хугацаа урт бөгөөд сүүлийн үед барилгын салбарын хөгжилтэй уялдан орон сууцны болон үйлдвэр аж ахуйн барилгууд ихээр баригдаж байгаатай холбоотойгоор дулааны хэрэглээ жилээс жилд өссөн нэмэгдэж байна. Дулаан хангамжийн системийн гол зорилго нь хэрэглэгчдийг хэрэгцээт дулааны ачааллаар нь тасралтгүй найдвартай хангахад оршдог бөгөөд дулаан хангамжийн системийг шинээр төлөвлөснөөр шинжлэх ухаан, техникийн шинэ үеийн ололтыг шуурхай нэвтрүүлэх, улмаар эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх нөхцөлийг бүрдүүлж байна. Төвлөрсөн дулаан хангамжийн систем нь нэгэн зэрэг ажиллах хэд хэдэн том чадлын үүсгүүртэй байж болох ба тэдгээр нь хэрэглэгчидтэй олон арван километр дулааны сүлжээгээр холбогддог. Төвлөрсөн дулаан хангамжийн системийг байгуулснаар дараах давуу талтай. Үүнд:

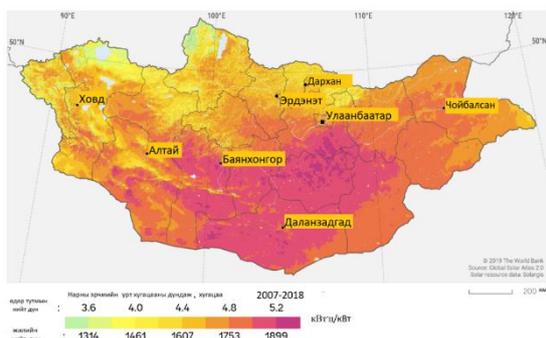
- Ажиллагсдын тоог цөөрүүлэх
- Хөдөлмөрийн нөхцөлийг сайжруулах
- Автоматжуулалтыг нэвтрүүлэх
- Байгаль орчны бохирдлыг багасгах зэрэг техник зохион байгуулалтын арга хэмжээг системтэй хэрэгжүүлэх боломж илүү сайжирна.

Хэрэглэгчдийг дулаанаар төвлөрсөн нэг үүсгүүрээс хангахын тулд заавал том диаметр бүхий урт дулааны сүлжээ шаардлагатай бөгөөд энэ нь энэхүү системийн гол дутагдал юм. Дэлхийн улс орон бүр хүн амынхаа ая тухтай байдлыг хангах зорилгоор эрчим хүчнийхээ системийн ихэнх хэсгийг дулааны цахилгаан станц ашиглан бүрдүүлж байна. 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. 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 импортолж эрчим хүчнийхээ системд дэмжлэг үзүүлж хэрэглэгчдээ эрчим хүчээр хангаж байна[1]. Улс орны эдийн засгийн хөгжил нь нэг талаас, эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн хэмжээ түүний өсөлтөөс шууд хамаарна. Хүн ам өсөж, соёл иргэншил хөгжихийн хирээр эрчим хүчний хэрэглээ улам нэмэгдэнэ. Хэрэв эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн хэмжээ, түүнийг үр ашигтай хэрэглэх технологийн түвшин, эдийн засгийн хөгжлийн хурдцыг хангаж чадахгүй, удаашралтай явагдвал бэрхшээл тулгарах нь зайлшгүй. Нөгөө талаас дэлхий дахинд өргөн хэрэглэж буй уламжлалт аргаар гаргаж байгаа эрчим хүчний үйлдвэрлэл нэмэгдэх тутам түүнд зориулагддаг түүхий эдийн нөөц хомсдож, үүний үр дүнд бүтээгдэхүүний өртөг улам бүр өсөхийн хамт

хүрээлэн байгаа орчны бохирдолт ихэсдэг нь өнөөдөр дэлхий нийгэд тулгарч буй тулгамдсан асуудал болж байна. Иймээс “СЭРГЭЭГДЭХ ЭРЧИМ ХҮЧ”-ийг түлхүү ашиглах зайлшгүй шаардлага тулгарч байна. “Сэргээгдэх эрчим хүч”-ийг ашиглах нь байгаль экологи болоод хүний эрүүл мэндэд цаашлаад эдийн засгийн хувьд үр ашигтай.

А. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Сэргээгдэх эрчим хүчний нөөцийг тогтоохдоо манай оронд 1960-аад оноос эхэлсэн цаг уурын олон жилийн хэмжилтийн материалыг ашиглаж байна. Энэхүү олон жилийн хэмжилтийн дүнгээс үзэхэд нэг ам метр нэгж талбайд харгалзах нарны нийлбэр цацрагийн хэмжээ жилд 1200-1600 кВт*ц/м² хүрдэг ба нийт нутгийн хэмжээгээр жилд ирэх нийлбэр цацрагийн хэмжээ 2.2-1012 МВт-аар үнэлэгдэж байна. Нарны гийгүүлэх хугацаа монгол орны төв, хойд хэсэгт жилд 2600 цагаас багагүй өдрүүдтэй бөгөөд нэг ам метр нэгж талбайд харгалзах нарны эрчимийн хэмжээ өдөрт 4.3-4.7 кВт*ц/м². Цэлмэг, нартай үеийн нарны нийлбэр цацрагийн хэмжээ нь манай нутаг дэвсгэр дээр 1470-2120 кВт*ц/м² байдаг ба энэ нь бодит үүлшилтэй үеийнхээс дунджаар 20-25% их энергитэй гэсэн үг юм. Харин манай орны нийт нутаг дэвсгэрийн 70 гаруй хувийг хамарсан говь, тал хээр, цөлийн бүсэд нарны гийгүүлэх хугацаа 2900-3000 цаг бөгөөд нэг ам метр нэгж талбайд харгалзах нарны эрчимийн хэмжээ өдөрт 5.5-6.0 кВт*ц/м² байна. Монгол орны нарны цацрагийн өдөр болон жилийн нийт дүнг [зураг 1-1](#)-г харуулав.



[Зураг I-1 Монгол орны нарны цацрагийн хэмжилтийн зураг](#)

II. ҮНДЭСЛЭЛ

“УБДС” ТӨХК сүүлийн 5 жилийн хугацаанд 2018 онд 191.6 мян.Гкал, 2019 онд 233.2 мян.Гкал, 2020 онд 235.15 мян.Гкал, 2021 онд 193.03 мян.Гкал, 2022 онд 237.01 мян.Гкал дулаан тус тус түгээсэн бөгөөд, түгээлт 5-8%-иар өссөн үзүүлэлт байна. Сүүлийн жилүүдэд нийслэл хотын хүн амын төвлөрөл, нягтрал эрчимтэй өсч, гэр хорооллын дахин төлөвлөлтийн хүрээнд 2015 оноос хойш барилгажилт эрчимтэй явагдаж шинээр хотхон, хорооллууд баригдаж ашиглалтад орсноор мөн агаарын бохирдлыг бууруулах чиглэлээр халаалтын зуухнуудыг зогсоож, дулааны шугамтай ойрхон байрласан барилгуудыг төвлөрсөн дулаан хангамжид холбох ажлыг зохион байгуулан ажилласнаар төвлөрсөн дулаан хангамжид холбогдох барилгын тоо жилээс жилд өсөж байна [3]. 2022 оны 09 сарын байдлаар төвлөрсөн дулаан хангамжийн системийн суурилулагдсан хүчин чадал 2318Гкал/ц боловч хэрэгцээт ачаалал 3403.3Гкал/ц-т хүрч суурилагдсан хүчин чадлаас 47%-иар хэтэрч, ДЦС-2 ХК, ДЦС-3 ХК, ДЦС-4 ХК, АДС ХК-иас гарсан нийт 9 сүлжээний 6 сүлжээ дамжуулах шугамын холбогдсон ачаалал нь нэвтрүүлэх чадвараасаа 60% орчим хувиар илүү ачааллаж хүчин чадал нь хүрэлцэхгүй эрсдэл гарч байна

III. СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ

Уг объект Улаанбаатар хот, Хан-Уул дүүрэг, 17-р хорооны нутаг дэвсгэрт байрлах өмнөд өргөргийн 47.9, уртрагийн 106.9, далайн түвшнээс дээш 1306 м орших ДЦС-3 –ын 1а магистраль Ф800 мм шугамаар тэжээгддэг “Таймскүэр” нийт 8 блок тус бүр 16 давхар бүхий 115,718.85 м², орон сууцны сонгов. Тус хотхон нь халаалтын улирал болон оргил ачааллын хэрэглээ хүрэлцдэггүй, горим тохируулгад доголдол үүсдэг учир уг объектыг сонгож авах гол хүчин зүйл болов.

**А. СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТОД БАЙРЛАХ
УДДТ-ИЙН ЦАХИЛГААН ТОНОГ
ТӨХӨӨРӨМЖИЙН СУДАЛГАА**

УДДТ-д суурилагдсан цахилгаан тоноглолуудын нийт суурилагдсан чадал 270.6 кВт цаг бөгөөд уг системийг сүлжээтэй зэрэг ажиллах буюу on grid системээр сонгон загварчлал хийв. Сүлжээтэй ажиллах системийн гол давуу тал нь үйлдвэрлэсэн илүү эрчим хүчийг сүлжээнд нийлүүлж ашиг олох боломжтой юм. УДДТ-ийн хоногийн хэрэгцээний эрчим хүчний хэрэглээний хамгийн их утгыг Хүснэгт-1-т үзүүлсэн болно.

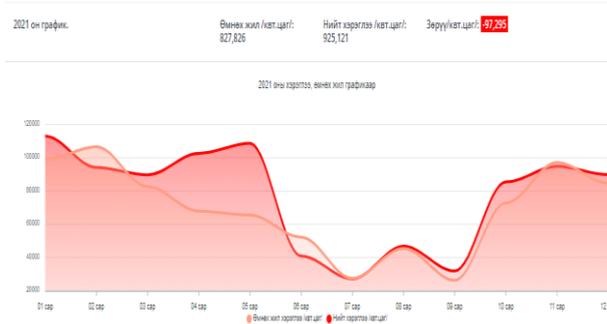
Зураг III-2 Дулааны үзельд суурилууллагдсан цахилгаан тоноглолын тооцоот ачаалал (хоногоор)

Тоног төхөөрөмжийн нэр	Насосны хүчин чадал кВт	Инвертерийн хүчин чадал кВт
Дулааны үзель		
ХХУ-ны эргэлтийн насос	3	3
	3	3
	3	
Тогооны насос	3	
	3	
Халаалтын насос	22	36
	22	36
	22	36
ХХУ-ны эргэлтийн насос	2.2	
	2.2	
Нэмэлт усны насос	1.1	
	1.1	
Хүйтэн усны насос	5.5	
Хүйтэн усны үзель		
Хүйтэн усны эргэлтийн насос	15	18.5
	15	
	15	
Нийт хүчин чадал кВт		270.6

IV. СУДАЛГАА, ҮР ДҮН

А. ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХЭРЭГЛЭЭНИЙ СУДАЛГАА

Зураг-IV-1-т 2020-2021 оны цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээний харьцуулсан графикийг харуулав. Уг графикаас харахад 5-6 сарын хэрэглээ 97,295 кВт –аар хэтэрсэн үзүүлэлттэй байна. Үүний гол шалтгаан нь “УБДС” ТӨХК-өөс жил бүрийн төлөвлөгөөт их засварын ажлын хүрээнд ХХУ-г 5 хүртэлх хоногоор хязгаарласан бөгөөд, тус хугацаанд хэрэглэгчдийг ХХУ-аас тасралтгүй найдвартай хангах зорилгоор цахилгаан зуухыг хэрэгцээндээ ашиглав. Үүнээс үүдэн хангагч байгууллага их хэмжээний эрчим хүчний алдагдалд гарсан бөгөөд 2021 оны байдлаар жилийн төлөлт 152,071,431 төгрөг. Энэ нь 2020 оны байдлаар жилийн төлөлт 152,071,431 төгрөг. Энэ нь 2020 оны төлөлтөөс 1.14 дахин их үзүүлэлт юм.

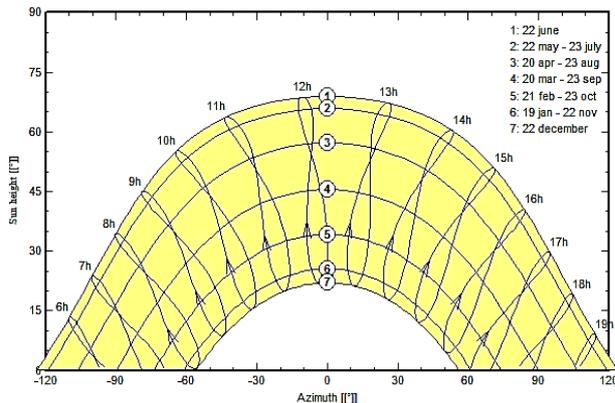


Зураг III-1 Нарны зайн диаграмм

В. НАЛУУ ГАДАРГА ДЭЭР ИРЭХ НАРНЫ ЭРЧМИЙН ТООЦОО СУДАЛГАА

Сар бүрийн налуу хавтгай дээр тусах нарны цацрагийн эрчмийн нөөцийг тодорхойлж 16 давхар бүхий байгууламжийн хавтгай дээвэрт 30⁰ градусын налууугайгаар нарны хавтангуудыг суурилуулан тооцооллыг PvSys программаар хийв.

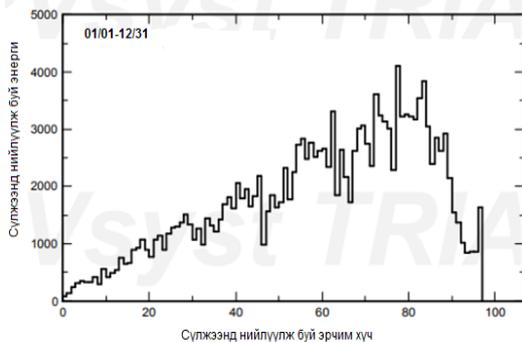
Нарны зайн диаграммыг зураг-IV-3, Хоногийн хэвтээ гадаргуу дээрх нийлбэр цацрагийн хэмжээ болон чийгшлийг хүснэгт-2-т тус тус дүрслэн үзүүлэв. Уг диаграммаас үзэхэд 12 сард нарны мандах хугацаа хамгийн бага байх бөгөөд эрчим хүч үйлдвэрлэл хамгийн бага байна.



Зураг IV-1 2020-2021 оны ЦЭХ-ний хэрэглээний харьцуулсан график

	Дэлхийн хэвтээ цацраг	Сарнисан хэвтээ цацраг	Температур	Салхины хурд	Алдагдаг	Харьцангуй чийгшил
	кВт/м ² *хоног	кВт/м ² *хоног	Цельс, °C	м/с	-	%
1-р сар	1.61	0.59	-24.50	1.20	3.115	78.6
2-р сар	2.65	0.79	-19.60	1.59	3.449	76.0
3-р сар	3.96	1.25	-7.60	2.59	3.631	61.5
4-р сар	4.87	1.96	2.70	3.90	3.385	45.4
5-р сар	5.49	2.54	10.40	4.00	3.449	44.3
6-р сар	5.80	2.86	17.60	3.70	3.320	49.1
7-р сар	5.19	2.46	20.10	3.20	3.044	53.6
8-р сар	4.49	2.18	17.30	3.00	2.898	56.7
9-р сар	3.77	1.66	10.10	2.99	2.745	55.7
10-р сар	2.93	1.06	-0.50	2.60	2.745	60.9
11-р сар	1.79	0.69	-13.10	1.79	2.822	72.8
12-р сар	1.32	0.47	-22.80	1.29	3.044	76.8
Жил	3.66	1.54	-0.80	2.70	3.137	61.0

Хүснэгт 1 Хэвтээ гадаргуу дээрх нарны цацрагийн хэмжээ (хоног)



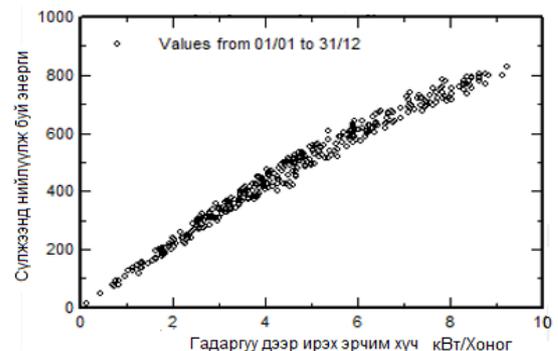
Зураг IV-2 Системээс гарах эрчим хүчний график

V. PVSYS ПРОГРАММ ДЭЭРХ СИМУЛЯЦИЙН ҮР ДҮН

619 м2 бүхий налуу дээвэр дээр 33В хүчин чадалтай 280 ширхэг PV хавтан байрлуулах бөгөөд нийт гаргах хүчин чадлын хэмжээ 116.6 кВт байна. Доорх зурагт нарны толиноос гарах энерги болон эрчим хүчний хамаарлын графикийг үзүүлэв.

- Жилд гаргах эрчим хүчний хэмжээ- 172МВт*ц/жил
- Хоногт гаргах эрчим хүчний хэмжээ- 405кВт*ц/хоног

- Хоногт гарах сүлжээний алдагдал- 15 кВт*ц/хоног



Зураг V-2 Өдрийн эрчим хүчний тархалтын диаграмм

НОМ ЗҮЙ

1. Эрчим хүчний яам, 2013 “Сэргээгдэх эрчим хүчний өнөөгийн байдал цаашдын хөгжлийн тухай танилцуулга
2. Б.Одгэрэл “Бие даасан хэрэглэгчийн дулааны хэрэглээг нарны энерги ашиглан шийдвэрлэх судалгаа” Улаанбаатар 2011 он
3. Батмөнх.С, "Монголын нөхцөлд нарны энергийг дулаанд хувиргах технологийн онол, практикийн үндэс" Улаанбаатар 2014 он.
4. Г.Одонсүрэн “Сэргээгдэх эрчим хүчний лабораторийг нарны эрчим хүчээр халаах төхөөрөмж зохион бүтээж туршсан дүн” Улаанбаатар 2015 он.
5. Б.Бат –Амгалан “Нарны коллектрын загварчилсан судалгааны ажил” магистрын төслийн ажил , Улаанбаатар 2020 он.
6. <https://mykontor.mn/vdul/electric.php>
7. Г.Үемаа, 2017 “Эрчим хүчний салбарын өнөөгийн байдал, уур амьсгалын өөрчлөлт, хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг бууруулахад оруулж буй хувь нэмэр” УБ
8. З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэтуяа УБ 2018 “Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ ба энергийн хуримтлуур”
9. Улаанбаатар хотын төвлөрсөн дулаан хангамжийн өнөөгийн байдал <https://dulaan.mn/>
10. <https://www.pvsyst.com/>

ҮЙЛДВЭРИЙН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИД ЗОРИУЛСАН НАР, САЛХИНЫ ЭХ ҮҮСВЭРИЙН ЗАГВАРЧЛАЛ

А.Булган¹, М.Нүүдэл², О.Бавуудорж³

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар

abulгаа57@gmail.com

nuudel@must.edu.mn

Хураангуй — Монгол орны нөхцөлд алслагдсан сум суурин газруудын үйлдвэр, аж ахуй нэгжүүдийн цахилгаан эрчим хүчийг дизель эх үүсгүүрээр хангаж тохиолдлууд байна. Шатахууны нөөц хомсдож, түүнээс үүдэлтэй байгаль орчны бохирдол нь цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх өөр эрчим хүчний эх үүсвэрийг ашиглах зайлшгүй шаардлагатай болж байна. Сүүлийн үед сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүд болох нар болон салхины эх үүсвэрүүдийг бие даасан хэрэглээ эсвэл сүлжээнд холбогдсон байдлаар ашиглах болсон. Байгалийн нөөцийн урьдчилан таамаглах боломжгүй байдал нь хэрэглэгчдийг тасралтгүй, найдвартай эрчим хүчээр хангахын тулд эдгээр эх үүсвэрийг хослуулан ашиглахыг шаарддаг. Говь-Алтай аймгийн Есөнбулаг сумын Наран багийн нутаг дэвсгэрт байгаа алтны 3 сая тонн хүчин чадалтай хүдэр уусган баяжуулах үйлдвэрийн цахилгаан эрчим хүчийг хангах нар болон салхин турбин хосолсон системийн MATLAB/SIMULINK загварыг боловсруулж, түүний шинж чанарыг тодорхойлсон. Цаашид энэхүү энэхүү симуляцийг ашиглан тархмал эх үүсгүүрээр үйлдвэр аж ахуй нэгжийн цахилгаан эрчим хүчийг нар болон салхины бие даасан эх үүсгүүрээр хангах нөхцөлийг загварчлах боломжтой болно.

Түлхүүр үг—Нарны цахилгаан үүсгүүр, Салхин турбин, хосолмол эх үүсгүүр MATLAB/SIMULINK загварчлал

I. УДИРТГАЛ

Эрчим хүчний систем, шугам сүлжээнээс алслагдсан үйлдвэр аж ахуйн нэгжийн цахилгаан хангамжийг шийдэж байгаа одоо нөхцөл нь дизель түлшээр ажиллах генераторууд болж байна. Энэ байдал нь шатахууны өсөлт, нийлүүлэлт, тээвэрлэлтийн хомсдол зэргээс хамаарч эдийн засгийн болон байгаль орчны маш их сөрөг үр дагавруудыг үйлдвэрийн тасралтгүй үйл ажиллагаанд учруулж байна. Иймдээ сүүлийн жилүүдэд эрчим хүчний үйлдвэрлэлд дизель станцуудын хэрэглээ багасаж байгаа хандлагатай ажиглагдаж байна. [ЭХЗХ]

Судалгааны ажлын хүрээнд Говь-Алтай аймгийн Есөнбулаг сумын Наран багийн нутаг дэвсгэрт байрлах алтны 3 сая тонн хүчин чадалтай хүдэр уусган баяжуулах үйлдвэрийг сонгон авсан бөгөөд уг үйлдвэр нь 450 кВА-гийн 3 ширхэг дизель генераторыг зэрэгцээ байдлаар ажиллуулан цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээгээ шийддэг.

Үйлдвэр нь дараах гол хэрэглээнүүдтэй. Үүнд:

-Хүдэр баяжуулах үйлдвэрийн барилга: Уусмал шингээлтийн цех, Десорбци электрорилизийн цех, Хайлуулах цех гэсэн үндсэн 3 хэсгээс бүрдэн

-Материалын агуулах

-Оффис лабораторийн барилга

-Ажилчдын кемп

-Харуулын байр

-Дэд өргөөний барилга. гэсэн үндсэн барилгуудаас бүрдэх ба гол цахилгаан ачааллыг баяжуулах үйлдвэр авдаг.

Тооцоогоор үйлдвэрийн хамгийн оргил ачаалал 2-р сард байгаа бөгөөд энэ үйлдвэрийн цахилгаан хэрэглээ болон түлшний хэрэглээг График 1-ээр харуулав.

1-р хүснэгт. Жилийн цахилгааны хэрэглээ

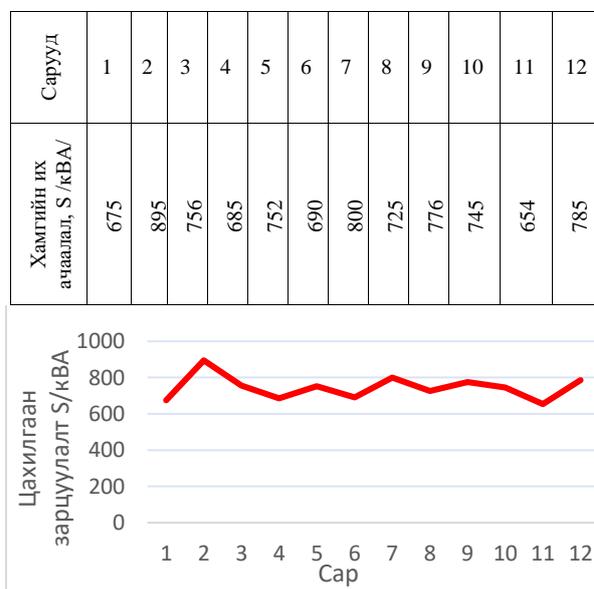


График 1. Жилийн цахилгааны хэрэглээ/хамгийн их ачаалал/

Энэхүү цахилгаан ачааллыг Gen-110, Gen-111, Gen-112-р маркийн тус бүр 450кВА-гийн хүчин чадалтай дизель генераторуудыг зэрэгцээ байдлаар ажиллуулах хангадаг.

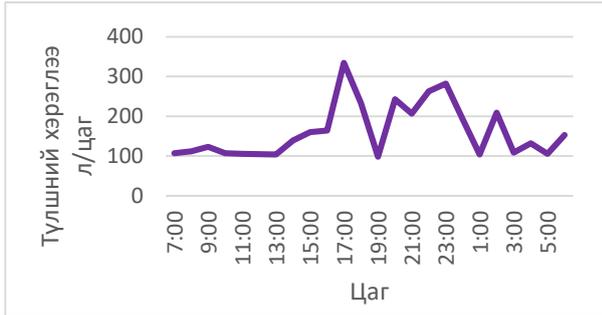
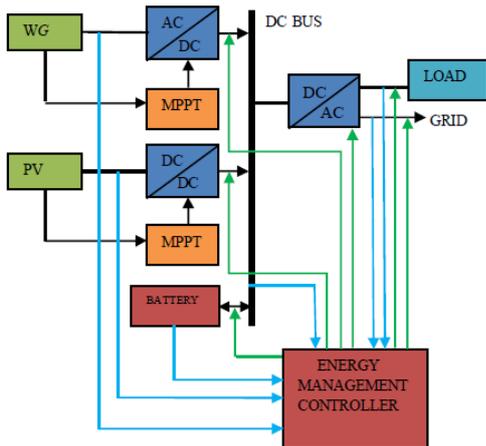


График 2. Хоногийн түлшний хэрэглээ

Дизель түлшний үнийн өсөлт, нийлүүлэлт, тээвэрлэлтийн хомсдол зэргээс улбаалан өөр төрлийн үл шавагдах эх үүсгүүрээр эрчим хүчний хэрэглээгээ шийдэх техник, технологийн дэвшил гарч байгаагийн нэг илрэл нь сүүлийн жилүүдэд сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсгүүрүүд болоод байна

Сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсгүүрүүд нь бие даасан системийг дангаараа хангах боломж нь хязгаарлагдмал байгааг үндэслэн хосолмол буюу хайбрид байдлаар ашиглах нь тохиромжтой байна.



1-р зураг. Нар болон салхин үүсгүүрийн хосолсон схем

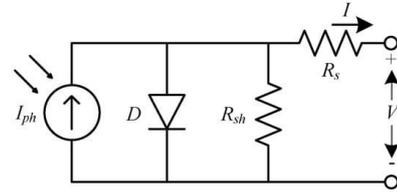
Бүтцийн хувьд эрчим хүчний эх үүсгүүрүүд, хувиргах төхөөрөмж, MPPT хянагч, цахилгаан электрон хувиргагч, эрчим хүчний удирдлагын систем зэргээс бүрдэнэ.

Эрчим хүчний электрон төхөөрөмжүүд болон систем, харилцаа холбооны технологи, программ хангамж, компьютерын технологийн дэвшил нь Hybrid системийн судалгааг хөгжүүлэхэд хүргэсэн.

Энэхүү өгүүлэлд үйлдвэрийн цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг нар, салхин хосолсон цахилгаан үүсгүүр бүхий хосолсон системээр хангах боломжийг MATLAB/SIMULINK загварчлалд дээр боловсруулж түүнд хамаарагдах тооцоолуудыг хийж гүйцэтгэсэн. Тооцооны анхдагч утгаар тухайн үйлдвэрийн 2-р сарын цахилгаан ачааллыг авч боловсруулсан.

II. НАРНЫ ЦАХИЛГААН ҮҮСГҮҮРИЙН ЗАГВАРЧЛАЛ

Нарны цахилгаан үүсгүүр нь хагас дамжуулагч материалын n-р шилжилтийн зарчим дээр үндэслэн цахилгаан энергийг бий болгодог.



2-р зураг. Нарны элементийн ажиллагааны зарчим

Харин нарын модуль нь цуваа болон зэрэгцээ байдлаар холбогдсон нарны элементүүдээс бүрдэх бөгөөд нарын модулаар гүйх гүйдэл(I_{ph})-ийг дараах байдлаар тодорхойлно.

$$I_{ph} = \left[I_{sc} + k_i(T - 298) \times \frac{\lambda}{1000} \right];$$

Энд

I_{sc} – Стандарт нөхцөл дахь богино залгааны гүйдэл, А

k_i – Богино залгааны үеийн температурын коэффициент

λ - Нарны модулийн стандарт гэрэлтүүлэг= 1000 Вт/м²

T – Ажиллагааны үеийн температур, К

PV модулийн урвуу ханалтын гүйдэл I_{rs} :

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{\left[\exp\left(\frac{q V_{oc}}{N_s k A T}\right) - 1 \right]};$$

Энд

q – электрон цэнэг, $1.6 \times 10^{-19} C$

k – Больцманы тогтмол, $1.3805 \times 10^{-23} J/K$

A, B - Идеал фактор, 1.6

N_s – Модулийн цуваа холбогдсон элементийн тоо

V_{oc} – Нээлттэй хэлхээний хүчдэл, V

Модулийн ханалтын гүйдэл, I_0 нь модулийн элементийн температураас хамаардаг бөгөөд үүнийг дараах байдлаар тодорхойлно.

$$I_0 = I_{rs} \left[\frac{T}{T_r} \right]^3 \exp \left[\frac{q E_{g0}}{B k} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T} \right) \right];$$

Энд

E_{g0} – Нарны элементийн энергийн бүс, 1.1 eV

T_r – Стандарт нөхцөлийн температур, 298 К

Эцсийн үр дүнд Нарны модулийн гаралтын гүйдэл I_{pv} – г тодорхойлбол:

$$I_{pv} = N_p \times I_{ph} - N_p \times I_0 \left[\exp \left(\frac{q (V_{pv} + I_{ph} R_s)}{N_s k A T} \right) - 1 \right];$$

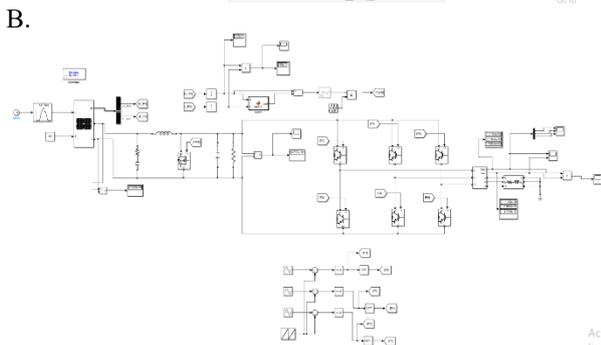
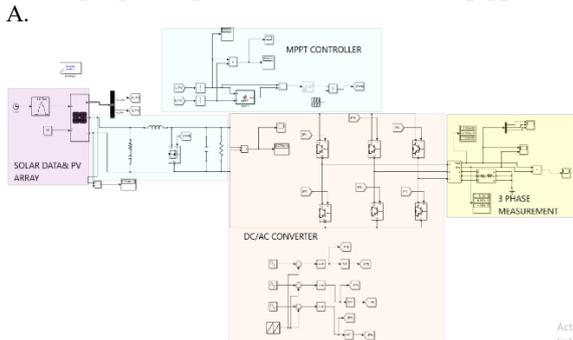
Энд

N_p – Модулийн зэрэгцээ холбогдсон элементийн тоо

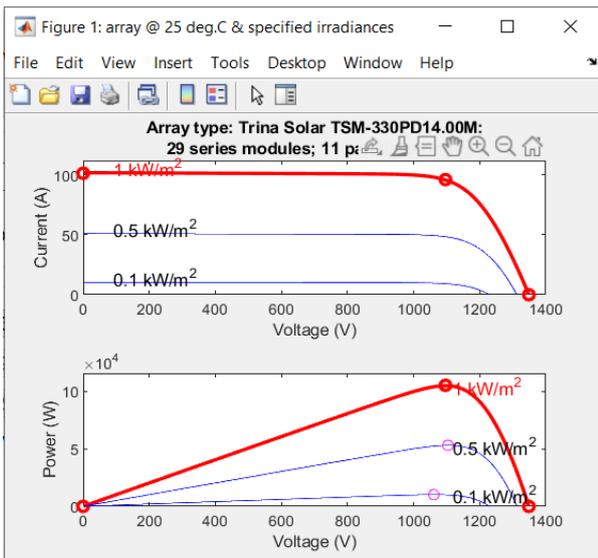
R_s – Стандарт нөхцөлийн температур нөхцөл дахь нарны модулийн эсэргүүцэл

Module data	
Module:	Trina Solar TSM-330PD14.00M
Maximum Power (W)	329.994
Cells per module (Ncell)	72
Open circuit voltage Voc (V)	46.5
Short-circuit current Isc (A)	9.21
Voltage at maximum power point Vmp (V)	37.8
Current at maximum power point Imp (A)	8.73
Temperature coefficient of Voc (%/deg.C)	-0.311
Temperature coefficient of Isc (%/deg.C)	0.05

3-р зураг. Нарны модулийн техникийн үзүүлэлт



4-р зураг. Нарны модулийн симмуляцийн схем



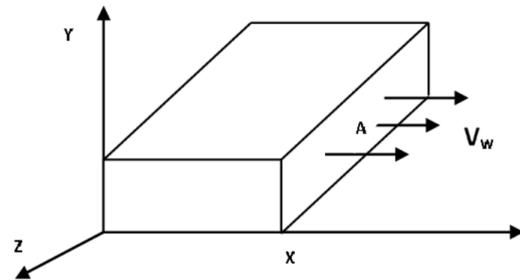
5-р зураг. MATLAB/SIMULINK загварчлалын үр дүнг нарны цацрагийн утгууд үзүүлсэн байдал а) Гүйдэл (A) ба чадал (Вт), б) хүчдэл (V) чадал (W).

III. САЛХИН ТУРБИНЫ ЗАГВАРЧЛАЛ

Агаарын урсгалын кинетик энергийг энерги хувиргалтын үндсэн дээр цахилгаан энергид хувиргах төхөөрөмжийг салхин турбин гэх бөгөөд уг төхөөрөмж нь салхины хурд болон эргэлтээр үүсгэж буй гадаргуугийн талбайны хэмжээтэй шууд хамааралтайгаар цахилгаан энергийг үйлдвэрлэдэг.

Агаарын урсгалын Кинетик энерги нь салхины хурдны x чиглэлд урсаж буй агаарын масс m -ээр илэрхийлэгдэнэ, V_m ;

$$U = \frac{1}{2} m V_m^2 = \frac{1}{2} (\rho A x) V_m^2 =$$



6-р зураг. Салхины элементийн ажиллагааны зарчим

Бүтээмж дэх агаарын массын хөндлөн огтлолын талбай m -ийг A (m^2) -аар тодорхойлно. Агаарын нягт ба бүтээмжийн зузааныг ρ (kg/m^3) ба x (m) тус тус зааж өгсөн болно.

Цаг хугацааны тухайн агшин дахь салхины хүчийг кинетик энерги, P_w – гэвэл:

$$P_w = \frac{dU}{dt} = \frac{1}{2} (\rho A) V_m^2 \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} \rho A V_m^3;$$

Ротор нь салхины энергийг тодорхой хэмжээгээр бууруулдаг. Роторыг ашиглан үйлдвэрлэсэн салхины хүчийг роторын дараа өнгөрөх агаарын хүчний ялгавраар тодорхойлно.

$$P_w = C_p \left(\frac{1}{2} \rho A V_m^3 \right);$$

C_p -ийн хамгийн их утга 0.593 бол η -ийн 16/27 –тэй тэнцүү байхад гарсан ($C_p=16/27=0.593$) байна. Харин V_2 нь V_1 -тэй тэнцүү болоход C_p -ийн утга тэгтэй тэнцэж байна. Тэхээр C_p -ийн утга хурдны харьцааны хэмжээнээс хамаарч 0.593 ба 0-ийн хооронд хэлбэлздэг байна. Салхины энергиэс, хамгийн ихээр бодоход, 59.3 хувийг ашиглах боломжтой гэдгийг 1920 онд эрдэмтэн (Betz) Бетц онолын тооцоогоор гаргасан түүхтэй юм.

Сэнсний далбааны хийцээс шалтгаалж, C_p -ийн максимум хэмжээ өөрчлөгддөг. Харин C_p -ийн максимум хэмжээ нь сэнсний далбааны тооноос шалтгаалж, харилцан адилгүй байдаг. Үүнээс үүдээд харилцан далбаатай сэнс бүхий СЦС-ын чадлын хэмжээ ч харилцан адилгүй гардаг байна.

C_p - Чадлын коэффициент нь (λ, β) -аас хамаарах бөгөөд дараах байдлаар тодорхойлно.

$$C_p(\lambda, \beta) = C_1 \left(\frac{C_2}{\lambda_i} - C_3 \beta - C_4 \right) e^{-\frac{C_5}{\lambda_i}} + C_6 \lambda;$$

Үүнд хамаарагдах коэффициентууд нь өөр өөр байдаг. $C_1 = 0.5176, C_2 = 166, C_3 = 0.4, C_4 = 5, C_5 = 21, C_6 = 0.0068$.

λ - хурдлалтын коэффициентыг тодорхойлбол:

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0.08\beta} - \frac{0.035}{\beta^3 + 1};$$

Салхинаас гаргаж авсан хүч (P_w) болон турбины роторын хурдны W_w (рад/с) харьцаагаар аэродинамик моментыг тодорхойлно, T_w (N-m):

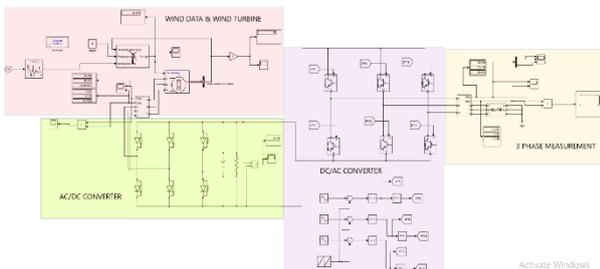
$$T_w = \frac{P_w}{W_w} = \frac{\frac{1}{2} C_p(\lambda, \beta) \rho A V_m^3}{W_w};$$

Эндээс далбангийн эргэлтээр үүсэх талбайг оруулбал:

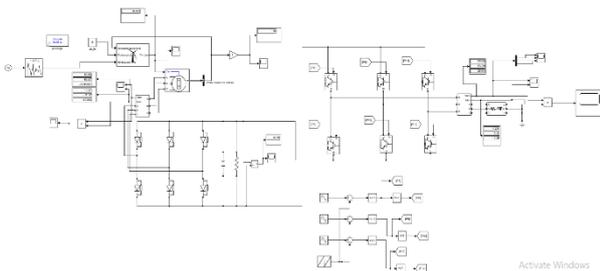
$$T_w = \frac{\frac{1}{2} C_p(\lambda, \beta) \rho (\pi R^2) V_m^3}{\left(\frac{\lambda V_w}{R} \right)} = \frac{1}{2} C_T \rho A R V_m^2;$$

. MATLAB/SIMULINK загварчлалын программ дээр Салхин турбины үйлдвэрлэх эрчим хүчний хэмжээг загварчилбал:

А.

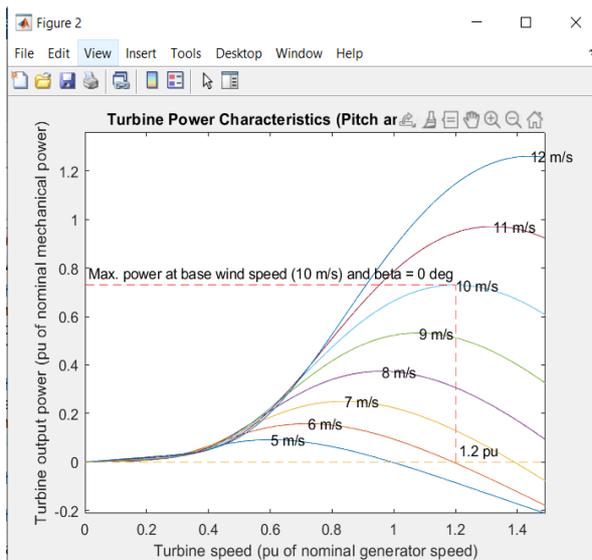


В.

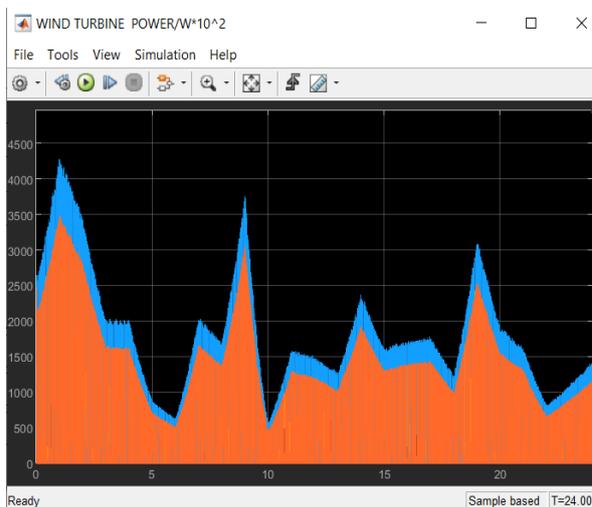


7-р зураг. Салхин турбины симмуляцийн схем

Салхин турбины загварчлалд тухайн бүс нутгийн салхины хэмжилтийн утгыг оруулсан бөгөөд салхины хурднаас хамаарч үйлдвэрлэх эрчим хүч болон салхин турбины бүрэн чадлаа гаргах хурдыг тодорхойллоо.



8-р зураг. Салхин турбины чадлын үзүүлэлт



9-р зураг. Салхины турбины үйлдвэрлэх эрчим хүчний хэмжээ

IV. НАР, САЛХИ ХОСОЛСОН СИСТЕМИЙН ЗАГВАРЧЛАЛ:

Салхины эрчим хүчийг хувиргах систем(WECS) буюу салхины турбин болон нарны цахилгаан үүсгүүрийн (PV) системүүд нь тогтмол гүйдлийн нэгдсэн системд шаардлагатай эрчим хүчийг нийлүүлэхийн тулд дараах байдлаар холбогдсон.

Нарны цахилгаан үүсгүүрийг 600 кВт-аар, Салхин цахилгаан үүсгүүрийг 500 кВт байхаар сонгосон.

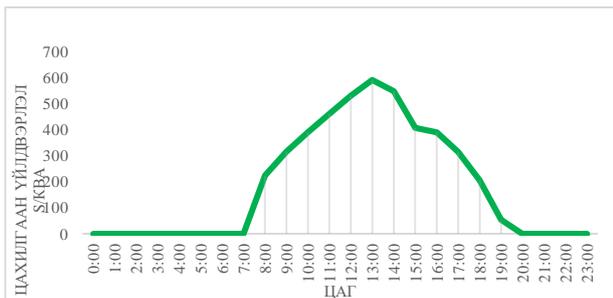


График 3. 24 цагт гаргах цахилгаан үйлдвэрлэл /PV array/



График 4. 24 цагт гаргах цахилгаан үйлдвэрлэл /Wind Turbine/



График 5. Цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэл болон хэрэглээний харьцуулалт

Дүгнэлт

Монгол улсын эрчим хүчний систем нь төвлөрсөн эрчим хүчний системтэй бөгөөд алслагдмал хэрэглэгчид болон эрчим хүчний дутагдалтай бүс нутгийн томоохон үйлдвэрлэл, уул уурхайн салбарын хэрэглэгчдийн томоохон асуудал нь цахилгаан эх үүсвэрийн оновчтой шийдэл болоод байна. Эрчим хүчний нэгдсэн сүлжээнд холбогдох боломжгүй үйлдвэрлэл, уул уурхайн салбарын хэрэглэгчид нь дизель генератораар цахилгааны хэрэглээгээ хангах нь элбэг тохиолдож байна. Дизель генератор нь ашиглалтын зардал өндөр мөн улс орны гадаад дотоод нөхцөл байдлаас хамааран нийлүүлэлт тасрах гэсэн томоохон хүндрэл гарсаар байна.

Энэхүү судалгааны ажлын гол зорилго нь үйлдвэрийн цахилгаан хэрэглэгчдийг тухайн бүс нутгийн сэргээгдэх эрчим хүчний нөөц бололцоог ашиглана эрчим хүчээр хангах боломжтойг харуулахад зорилоо. Нар болон салхины бодит утгыг ашиглана загварчлал хийнэ үр дүнг гаргасан. Нарны хавтангууд оройн цагт эрчим хүч үйлдвэрлэхгүй тул 23:00 цагт 237кВА чадлын дутагдаж орсон нь үр дүнгээс харагдаж байна. Иймээс нар болон салхины эх үүсвэрийг дан ганц эрчим хүчний эх үүсвэрээр ашиглаж байгаа үед найдвартай ажиллагааг хангах үүднээс батарей системийг хослуулан төлөвлөх шаардлагатай нь харагдаж байна.

Ном зүй

- [1]. Эрчим хүчний статистик үзүүлэлт, ЭХЗХ Улаанбаатар., 2022
- [2]. Luis Arribas, Luis Cano, Ignacio Cruz, Montserrat Mata, Ermen Llobet, PV-wind hybrid system performance: A new approach and a case study, Renewable Energy, Vol. 35, pp. 128–137, 2010
- [3]. Javid Mohtasham, Review Article-Renewable Energies, EnergyProcedia 74 (2015) 1289–1297.
- [4]. О.Бавуудорж, М.Лэгдэн Салхины энерги 1, 2 Улаанбаатар хот 2003
- [5]. П.Ариунболор Инженерчлэлийн матлаб программчлал Улаанбаатар хот, 2020

Хавсралт 1. Эх үүсвэрүүдийн Цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэл

Цаг	Нарны эх үүсвэрийн Цахилгаан үйлдвэрлэл/кВА	Салхины эх үүсвэрийн Цахилгаан үйлдвэрлэл/кВА
0:00	0	327.1178437
1:00	0	425
2:00	0	383.4386806
3:00	0	291.608544
4:00	0	290.3116827
5:00	0	194.405696
6:00	0	165.5042139
7:00	0	294.8198198
8:00	223.7359551	268.2341616
9:00	314.8876404	400.4213891
10:00	389.4662921	156.4261842
11:00	460.7303371	259.9280732
12:00	530.3370787	251.1588201
13:00	590.599867	232.3543301
14:00	546.9101124	316.5885644
15:00	406.0393258	261.2558123
16:00	389.4662921	269.4692677
17:00	314.8876404	273.699506
18:00	205.505618	228.7416449
19:00	53.03370787	366.2089509
20:00	0	284.4758065
21:00	0	261.6880994
22:00	0	187.4273467
23:00	0	217.1934031

Хавсралт 2. Цахилгаан эрчим хүчний нийт үйлдвэрлэл болон хэрэглээ

Нийт цахилгаан үйлдвэрлэл/кВА	Цахилгаан хэрэглээ/кВА	Дутагдаж байгаа цахилгаан эрчим хүч/кВА
327.1178437	326	1.117843651
425	339.1	85.9
383.4386806	357.8	25.63868062
291.608544	326.5	-34.89145597
290.3116827	321.6	-31.28831735
194.405696	327.1	-132.694304
165.5042139	327.8	-162.2957861
294.8198198	409.9	-115.0801802
491.9701166	487.7	4.270116638
715.3090296	474.1	241.2090296
545.8924764	895.3	-349.4075236
720.6584103	695.8	24.85841031
781.4958988	466.2	315.2958988
822.9541971	699.9	123.0541971
863.4986767	618.6	244.8986767
667.2951381	801	-133.7048619
658.9355598	818.9	-159.9644402
588.5871464	628	-39.41285359
434.2472628	338.2	96.04726285
419.2426588	636.6	-217.3573412
284.4758065	332.3	-47.82419355
261.6880994	402.2	-140.5119006
187.4273467	325.4	-137.9726533
217.1934031	454	-236.8065969

GE 1.6MW САЛХИН ТУРБИНЫ DFIG ГЕНЕРАТОРЫН ЗАГВАРЧЛАЛ

Л.Түмэнжаргал¹, О.Од-Эрдэнэ¹, М.Баттулга¹

¹ Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим Хүчний Сургууль, Цахилгаан техникийн салбар
L.Tumee9911@gmail.com, odno1rbn@gmail.com, battulga@must.edu.mn

Хураангуй— Хувьсах хурдны салхин турбин генераторт тогтмол хурдны салхин турбины бүрдэл хэсэгтэй хамааралтай олон ижил төстэй зүйлс байдаг. Эдгээр салхин турбин генераторуудын ажиллагаа нь хувьсах хурдны олон төрлийн түвшинд ажилладаг. Тогтмол хурдны салхин энс нь давхар тэжээлт индукцийн генератор болон роторын тохируулга хийдэг конверторыг ашиглан тодорхой хурдны түвшинд ажилладаг. Давхар тэжээлт индукцийн хөдөлгүүрийн эргэх хурд нь минутад 1000 эсвэл 1500 орчим байх бөгөөд хурдны хайрцаг зайлшгүй шаардлагатай болдог. Хувьсах хурдны салхин турбин генераторын үйлдвэрлэх чадал нэмэгдэхийн хэрээр турбины роторт бэхэлсэн далбааны диаметрийн хэмжээ нэмэгддэг ба хурдны хайрцаг нь турбины ротороос ирэх бага хурдыг (дунджаар 18 эрг/мин) генераторыг эргүүлэх өндөр хурд (1500 эрг/мин)-д шилжүүлэхэд ашиглагддаг. Хувьсах хурдны салхин турбин генераторын бүтээмжийг нэмэгдүүлэх, салхины хувьсах хурданд давтамжийг тогтвортой барьж ажиллуулахын тулд давтамжийн конвертор өргөнөөр ашиглаж байгаа бөгөөд түүнийг Матлаб программ хангамж ашиглан статор, роторын удирдлагын системийг загварчлан, холбогдох параметруудийг гарган авсан.

Түлхүүр үг— *real-time, хурдны хайрцаг, эргэлт, симуляци*

I. УДИРТГАЛ

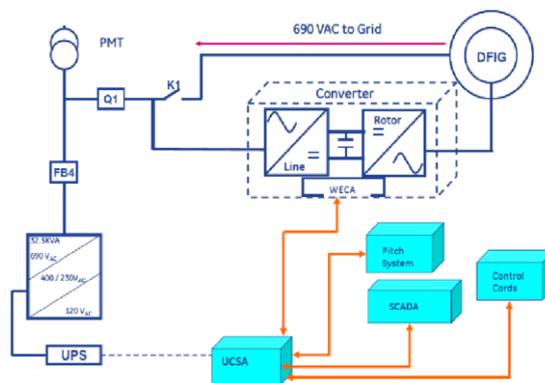
Салхин турбин генераторын цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх зарчим нь салхины кинетик энергийг механик энергид хувирган турбины ротортой нэг голд бэхлэгдсэн генераторыг эргүүлэх үйл явц юм. Салхин турбины чадлын итгэлцүүр буюу хүчин чадал ашиглалтын коэффициент нь салхин турбины далбааны тооноос хамаардаг ба хэвтээ тэнхлэгт салхин цахилгаан үүсгүүр (СЦҮ)-ийн хувьд pitch тохируулгыг ашигласнаар чадлын итгэлцүүрийг нэмэгдүүлэх боломжтой болсон юм. Салхин турбинд ашигладаг генератор нь генератор болон хөдөлгүүрийн горимд ажилладаг ба СЦҮ үйлдвэрлэгчид сүүлийн 40 гаруй жилд хэд хэдэн төрлийн генераторыг хөгжүүлснээс өнөө үед том чадлын агрегатад давхар тэжээлт индукцийн генераторыг хүчний электроникийн төхөөрөмжийн хамт илүү үр ашигтайгаар ашиглах болсон.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

A. Салхин турбин, генераторын бүрдэл хэсгүүд

Салхин турбин, генератор (СТГ) нь салхины эрчим хүч хувиргах төхөөрөмжүүд, далбаа, бул, генератор, хүчний электроникийн хувиргах төхөөрөмжүүд болон холбогдох удирдлагын системүүдээс бүрдэнэ. Зураг 1-д салхин турбин, генераторуудын бүрдэл хэсэг, цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх системийн бүдүүвчийг харуулав. Салхин турбин, генераторуудын синхрон эсвэл асинхрон машин ашигласан эсэх, stall (хөдөлгөөнгүй) болон pitch (далбаа) тохируулгатай эсэхээс хамаарч хийцийн хувьд ялгаатай байдаг. Эдгээр системүүдийн гол зорилго нь ижилхэн буюу салхины кинетик энергийг цахилгаан энергид

хувиргаж энэ цахилгаан энергийг сүлжээнд нийлүүлэх юм [1].



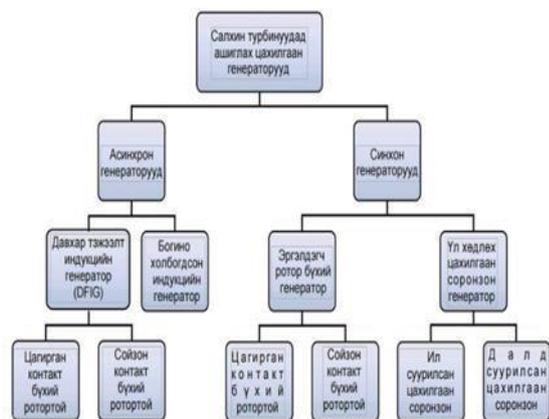
1-р зураг. Салхин турбин, генераторын ЦЭХ үйлдвэрлэх системийн бүдүүвч.

B. Салхин турбин, генераторуудын төрөл

Сүүлийн 40 орчим жилд салхин турбин генераторын хөгжил олон төрөлт салхин турбиныг дагаад тохируулгын хувьд ялгаатай байдлаар хөгжсөөр ирсэн.

Орчин үед тогтмол гүйдлийн генераторыг ихэвчлэн нам хүчдэл болон маш бага чадлын бага хэмжээний салхинд хэрэглэгддэг бие даасан системд ашиглаж байна. Одоогоор ашиглагдаж байгаа хувьсах генераторууд нь их чадлын салхины эрчим хүч хувиргах системд хамгийн түгээмэл ашиглагдаж байгаа шийдэл юм [2].

Хувьсах гүйдлийн генераторууд нь синхрон болон индукцийн гэсэн үндсэн хоёр бүлэгт хуваагддаг. Синхрон болон индукцийн генератор бүр нь үргэлж цахилгаан соронзон сойзон контакт бүхий ротортой өдөөгч эсвэл цагариган гулсах контактаар тэжээгдсэн эргэлдэгч ротор ашигласан хийцлэлтэй байж болдог [3].



Зураг 2. Салхин турбин генераторуудын ангилал

Давхар тэжээлт индукцийн генератор (Давхар тэжээлт асинхрон генератор ч гэж нэрлэдэг) нь эргэлдэгч ротор бүхий генераторын хийцлэлийг нэг шат ахиулан нэмэлтээр давтамж нэмэх эсвэл өөрчлөх зорилгоор хувьсах гүйдлийн өдөөлт тавьж сайжруулсан технологи юм. Нэмэлт роторын өдөөлт нь салхин сэнсний гүйдлийг тохируулдаг хүчдэл нөөцлөх конвертор зэрэг хамгийн сүүлийн үеийн технологи бүхий гулсах контактаар тэжээгддэг. Энэ ротор талын конвертор нь сүлжээнд яаралтайгаар чадал солилцдог сүлжээ талын конвертортой гэдгээг холбоосоор холбогддог [4].

Статорын хэлхээнд их хэмжээний чадлын тохируулга хийхийн тулд роторын хэлхээнд бага хэмжээний чадал өгдөг. Энэ нь давхар тэжээлт индукцийн генератор (DFIG)-т давуу тал болж өгдөг. Машины хүчин чадлын ердөө 30 орчим хувь нь конверторт тохируулагдахын тулд гаралтын тохируулгын ихэнх хэсэг нь хэрэглэгч байдлаар байх боломжтой. Генератор синхрон хурд нэмэгдэх үед сүлжээнд холбогдсон конвертороор сүлжээ рүү чадал нийлүүлж эхлэх ба үүний хажуугаар генераторын статорын хэлхээнээс сүлжээ рүү хуурмаг чадал нийлүүлдэг. Генератор синхрон хурд буурах үед ротороор буюу хоёр конвертороор сүлжээнээс статор руу чадал урсдаг [4].

Давхар тэжээлт индукцийн генераторын давуу тал нь бодит хуурмаг чадлыг ялгах боломжтой контроллероос гадна синхрон генераторын тохируулга мэт тохируулгатай хэр нь асинхроноор ажиллах боломжтой байх явдал юм. Эдгээр тохируулгын технологиудыг ашиглан роторын эргэлтийн байнгын өөрчлөлтийн мушгих хүчийг дамжуулах бүрдэл хэсгүүд нь сүлжээний параметруудийн хэлбэлзлийн үед ажиллагаанд тэсэж үлдэхийн тулд хангалттай хурдан хариу үйлдэл үзүүлж байхаар бүтээгдсэн юм. Хэдийгээр эдгээр генератор нь бусадтайгаа харьцуулахад зардал

ихтэй байдаг ч дээрх давуу талуудтай учир маш өргөн хэрэглэгддэг байна [2].

Давхар тэжээлт генераторыг ашигласнаар цаашид цахилгаан эрчим хүчинд хувиргах боломжтой салхины хурдны хязгаарыг өргөтгөх боломжтой болж байгаа юм. Роторын эсэргүүцэл дээр ялгарч байгаа чадлыг конвертороор дамжуулан сүлжээнд буцааж нийлүүлэх боломжтой болох явдал юм.

С. СТГ-ын ажиллагаа

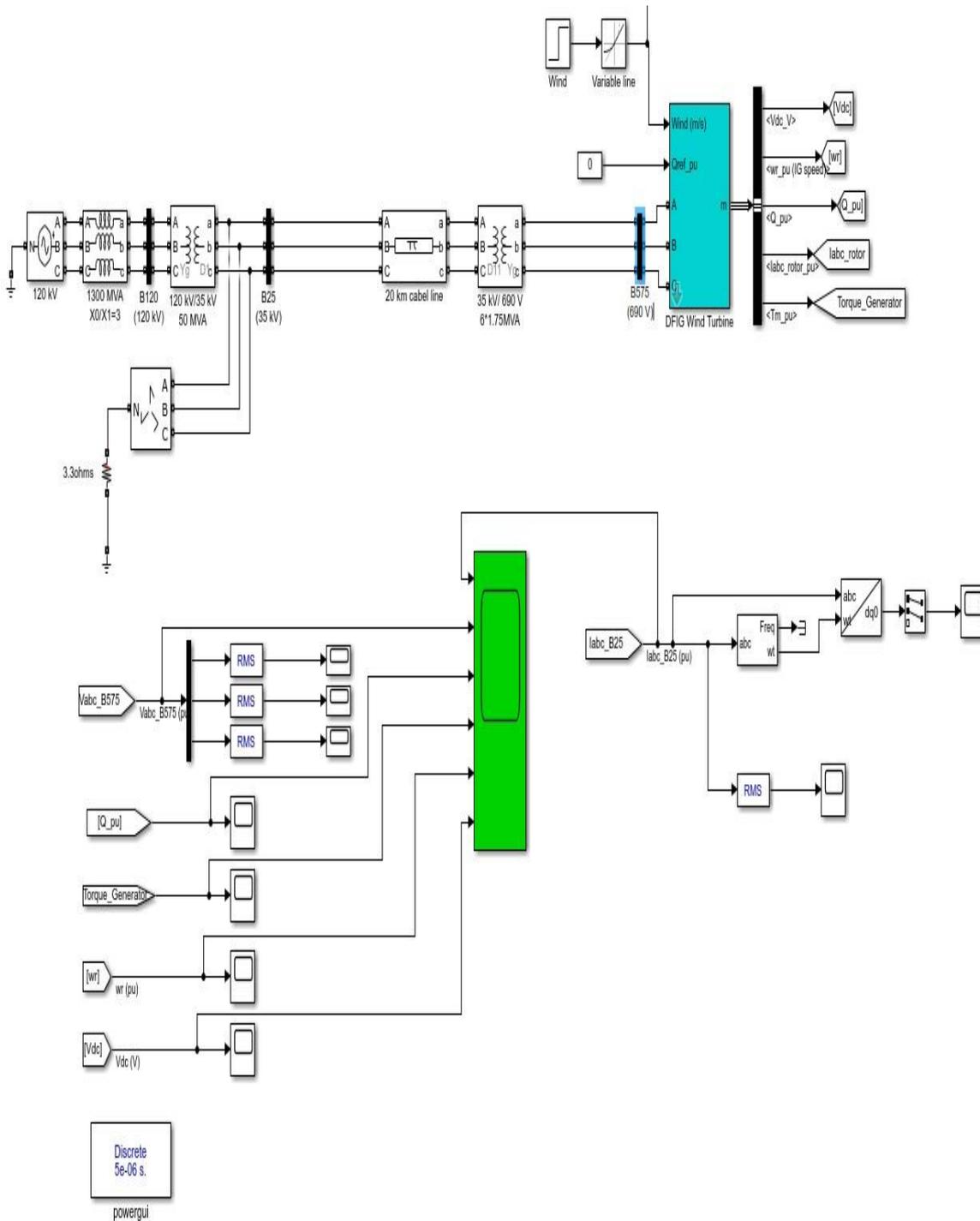
СТГ нь салхины хурднаас гадна дотоодын тодорхой нөхцөлүүдийг хангасны үндсэнд ажиллахад бэлэн болдог. Эдгээрт эргэх механизмуудын тосны температурыуд, удирдлагын панелийн температурыуд, гидравлик системийн даралт, температурыуд, аккумулятор, UPS (Uninterruptible Power Supply - үл тасалдах тэжээл)-ийн параметрууд гэх мэтчилэн дотоодын технологийн дохиолол хамгаалалтууд багтдаг.

СТГ нь оператор ажиллах команд өгсний дараа СТГ-ын удирдлага хяналтын систем болон төв СКАДА системтэй мэдээлэл дамжуулалт хэвийн эсэх. ДТХ-аас дохиолол сигнал өгөгдөөгүй ажиллах нөхцөл бүрдсэн эсэх, салхины хурд чадлын муруйн дагуу үйлдвэрлэж эхлэх салхины хурданд хүрсэн эсэхийг шалгана. Эдгээр нөхцөл бүрдсэний дараа СТГ-ын бүхээгийг салхины чиглэлийн эсрэг байрлуулж далбааны өнцгийг салхинд цохигдон эргэлт авхуулах аэродинамикийн хамгийн тохиромжтой байрлалд тохируулна. Энэ үйлдлийг салхины хурд чиглэлийг тогтмол хянасны үндсэнд далбааны удирдлагын систем (Pitch control system)- ээр гүйцэтгэнэ. Далбааны өнцөг зохистой байрлалд шилжсэний дараа далбаа бүхий ротор (hub) эргэлдэн түүнтэй нэг голд хурдны хайрцгаар дамжуулан бэхлэгдсэн генератор мөн адил эргэлдэж эхэлнэ. Генератор эргэлдэж эхэлснээр СТГ-ын удирдлага хяналтын төхөөрөмж эргэлтийн нөлөөгөөр генераторт үүсэх боломжтой давтамжийг 50 Гц болоход хэдий хэмжээний давтамж хэрэгтэйг тооцоолно. [6]

III. ЗАГВАРЧЛАЛ

Хувьсах хурдтай турбины давтамж ба соронзон орныг DFIG “роторын хэсэг дээрх хувьсах гүйдлийн өдөөлтөөр тохируулна”. Энэ нь статор ба ротор хоёрын хоорондох агаар завсар дах синхрон хурдтай эргэлдэх соронзон оронг хариу үйлчлэлээр удирдана.

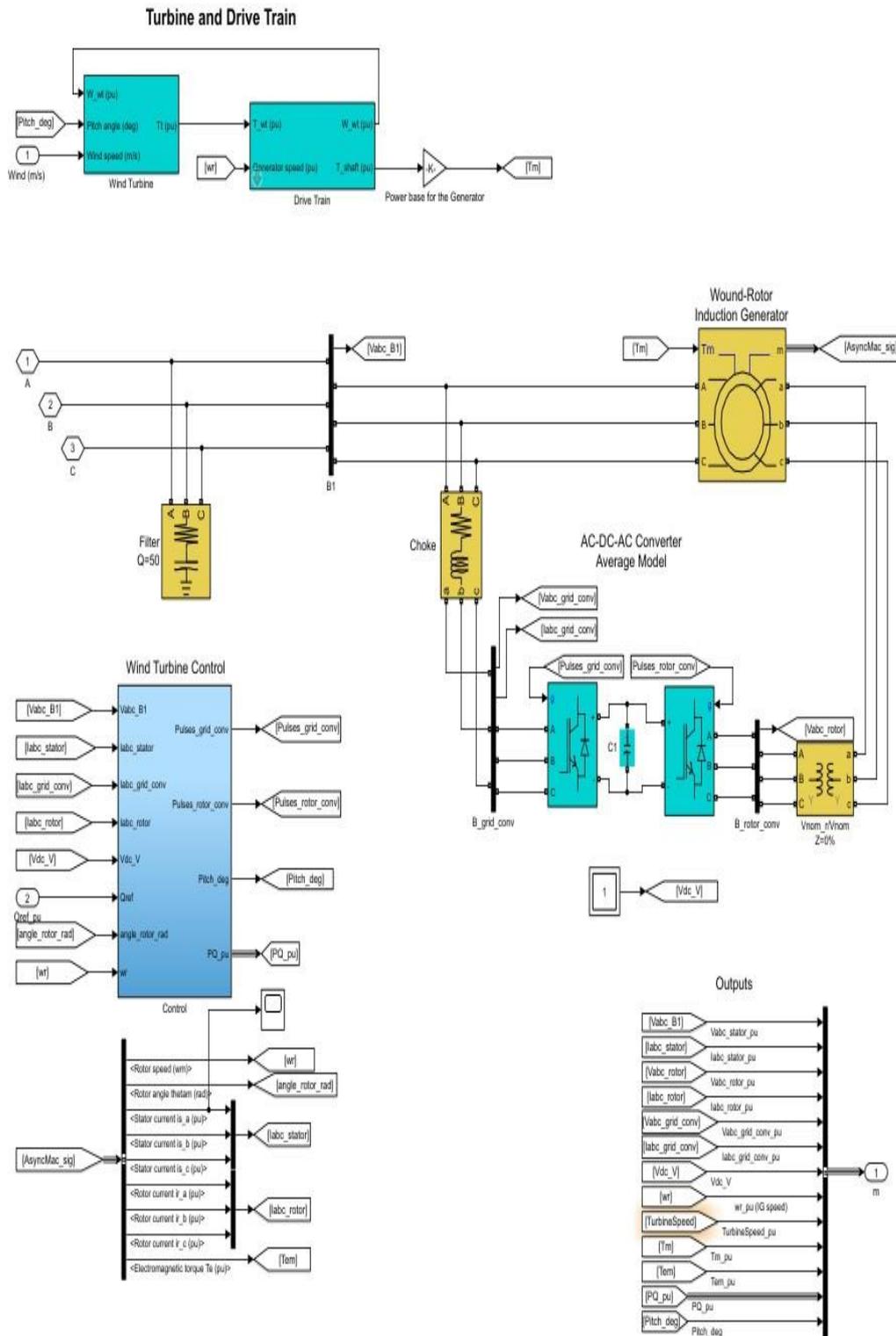
Салхины хурд 3.5м/с – давах үеийн роторын эргэлтийн хурд синхрон нөхцөлд хүрч статор тал сүлжээнд залгагдах үеийн гүйдэл, хүчдэл, хуурмаг чадал, роторын гол дээрх момент, роторын эргэлт, 2 чиглэлт хувиргуур дээрх хүчдэлийн хэлбэлзлийн үр дүнгүүдийг харуулах боломжтойгоор загварчлал хийнэ.



Зураг 3. Салхин турбины конвертер болон анхдагч сүлжээний холболтын диаграм

Matlab программын Powergui блокийн векторуудын өнцгийн шилжилтийг хянаж вектор тусламжтайгаар СЦУ-г системд холбож загварлана

удирдлагын тохируулгаар 2 чиглэлт давтамж Эргэлдэгч соронзон орон нь статор ба роторын хувиргуурыг удирдана.

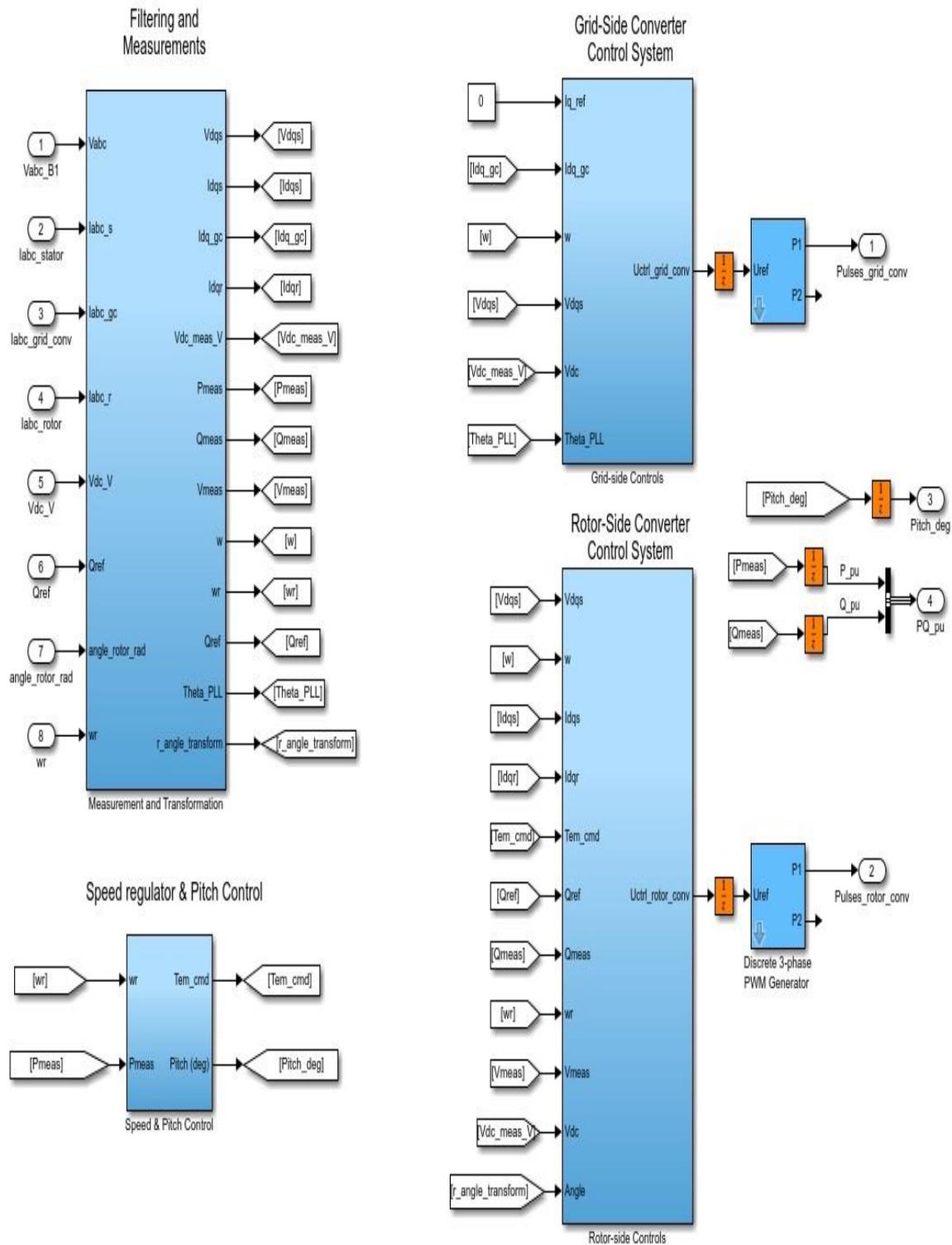


Зураг 4. Turbine and drive train modeling

Генераторын роторын гаралт дээрх 2 чиглэлт тохируулах, IGBT -н модуль тус бүрийг PWM

хувиргуурыг “Matlab -н Simulink” сангаас 3 фазын аргаар удирдах боломжтой.

Wind Turbine controls - GE DFIG 1.6MW



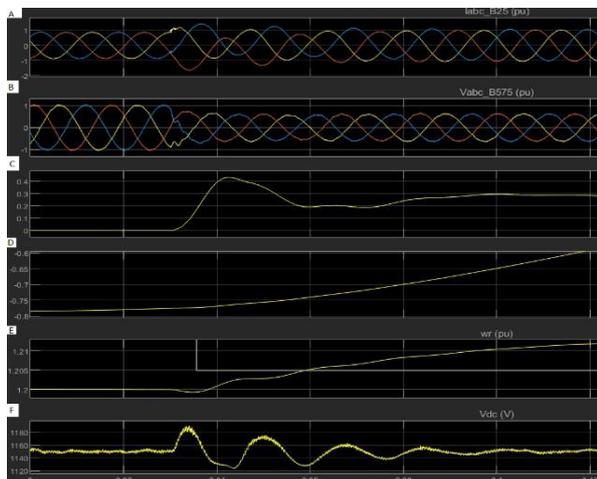
Зураг 5. Wind turbine controls GE DFIG 1.6MW

Турбины удирдлагын блок нь 4 дэд блокийг удирдлага, 2 чиглэлт хувиргуурын ротор ба сүлжээ

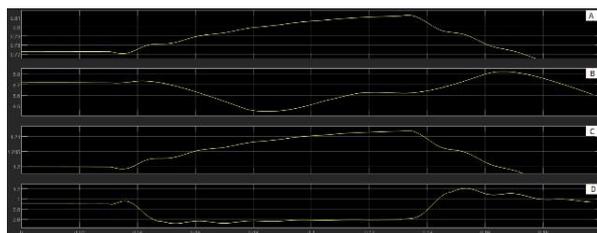
багтаана. (Хэмжилт хувиргуур, хурд ба далбааны талын удирдлага)

IV. Үр дүн

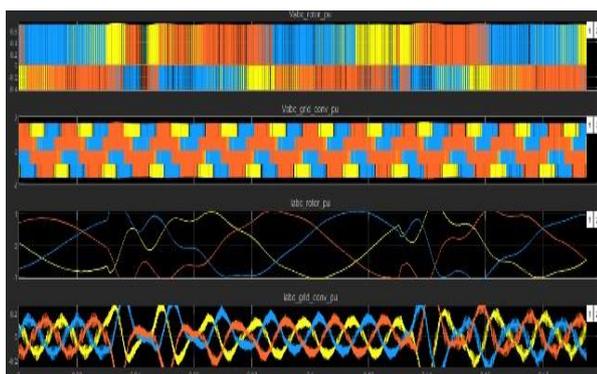
Салхины хурд 3.5м/с – давах үеийн роторын эргэлтийн хурд синхрон нөхцөлд хүрч статор тал сүлжээнд залгагдах үеийн гүйдэл, хүчдэл, хуурмаг чадал, роторын гол дээрх момент, роторын эргэлт, 2 чиглэлт хувиргуур дээрх хүчдэлийн хэлбэлзлийн үр дүнгүүдийг зураг 7-д үзүүлэв.



Зураг 7. (a) Stator current, (b) Stator voltage, (c) Rotor reactive generated power (d) Mechanical torque (e) Rotor speed (f) Capacitor voltage



Зураг 8. (a) Эргэлтийн момент (b) Далбааны өнцөг (c) Өнцөг хурд (d) Бодит чадал



Зураг 9. Нэр (a) Converter voltages, (b) Converter currents, (c) Grid side voltage (d) Grid side currents

Систем талд савлалт болж хүчдэлийн уналт үүсэхэд генератор хамгаалалтаар тусгаарлагдахад ачаалал хаяж, роторын эргэлтийн момент, өнцөг хурд, далбааны өнцөг өөрчлөгдөж байна.

Салхины хурд ихсэж хурдны хайрцаг дотор араан дамжлага солигдох үед ротор талын конверторын хүчдэл, гүйдлийг сүлжээ талын конвертороор дамжуулах үеийн хэлбэлзэл

Дүгнэлт

Ирээдүйн цахилгаан эрчим хүчний хөгжилд салхин турбин генераторын салбарт зарим өвөрмөц давуу талууд бий. Тиймээс системийн динамик тогтворжилтод салхин турбин генераторын нөлөөлөл хурдтайгаар өсөж байна. Real-time симуляци нь non real-time симуляциас илүү бодит байдалд нийцтэй, найдвартай, үнэн зөв байдлыг хангаж байна. Энэ өгүүлэлд Женерал электрик компаний 1.6 MW чадалтай DFIG салхин турбины системийг Matlab программ ашиглан загварчлав. Энэхүү real-time симуляцийн загварчлалд далбааны удирдлагын үйлчлэл, статор ба роторын чадалд хамаарамж болох хүчдэл, гүйдэл, цахилгаан соронзон момент, хэд хэдэн хүчдэл гүйдлийг харьцуулж графикт үзүүлсэн. Эдгээр загварчлалын үр дүн нь салхин турбин генераторын бодит ажиллагааг бүрэн тусгаж чадсан гэж үзэж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Freede Blaabjerg, Marco Liserre, Ke Ma, “Power electronics converters for Wind Turbine systems”, IEEE transactions on industry applications, 2012
- [2] Gilsung Byeon, In Kwon Park and Gilsoo Jang, “Modeling and control of a Doubly fed Induction Generator Wind power generation system for real-time simulations”, Journal of Electrical Engineering and Technology Vol.5, pp 61-69, 2010
- [3] R.Pena, G.Asher, J.Clare and R. Cardenas “ A constant frequency constant voltage variable speed stand alone wound rotor induction generator”, International Conference on Opportunities and Advances in International Electric Power, pp.111-114 Mar. 2010
- [4] S.K.Salman and Babak Badrzadeh, “New Approach for modeling Doubly-Fed Induction Generator (DFIG) for grid-connection studies” European Wind Energy conference & Exhibition 2004, Nov
- [5] Bijaya Pokharel, “Modeling, control and analysis of a doubly fed induction generator based wind turbine system with voltage regulation”
- [6] Hyong Sik Kim “Wind energy conversion system from Electrical Perspective” Smart Grid and Renewable Energy, vol 1, pp.119-131, Nov.2010
- [7] S.Muller, M.Deicke and De Doncker, “Doubly fed induction generator systems for wind turbines” IEEE, Industry Applications Magazine, vol.8, pp.26-33, June 2002

БАРИЛГЫН ЦАХИЛГААН ХАНГАМЖИЙН УХААЛАГ ШИЙДЛҮҮД

Магистр оюутан : Б.Ууганбаяр*

Удирдагч: Доктор (Ph.D), проф. Б.Сэргэлэн*, Магистр Б.Номулин*

*Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

Хураангуй. Дэлхий нийтэд төдийгүй манай орны хувьд эрчим хүчний хангамж, байгаль экологийн асуудал болох агаарын бохирдол хурцаар тавигдаж байгаа өнөө үед эрчим хүчний хэмнэлт гаргах, ухаалаг эрчим хүчийг нийт эрчим хүчний балансд эзлэх хувийг нэмэгдүүлэх зайлшгүй шаардлагатай болж байна. Манай орны хувьд төв сууринд амьдардаг хувийн орон сууц, амины орон сууц хороолол нь ихэвчлэн нэгдсэн сүлжээнээс хангагддаг ба эрчим хүчний хэрэглээ тасралтгүй өсөн нэмэгдэж, эх үүсгүүрийн нөөц хомсдож байгаатай холбоотой эрчим хүчийг хэмнэх шаардлага үүсэж байна. Мөн эрчим хүчний үнэ болон CO₂ ялгаралтыг бууруулах гэсэн томоохон асуудал тулгарч байна. Үүнийг шийдэх хамгийн том гарц бол мэдээж сэргээгдэх эрчим хүч юм. Нарны эрчим хүчний болон эдийн засгийн хувьд үр ашигтай системийн тооцоог симуляцийн HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) программ ашиглан хосолмол системийг загварчилж симуляцийн үр дүнг гаргалаа.

Түлхүүр үг. Цахилгаан хангамж, нарны фото-цахилгаан үүсгүүр, ухаалаг эрчим хүч, HOMER программ, хосолмол систем

I. Оршил.

Эрчим хүчний хэрэглээг бууруулах талаар бодоход хүргэдэг хэд хэдэн хүчин зүйл байдаг. Эдгээрийн хамгийн чухал нь эрчим хүчний үнэ өсөхийн хэрээр байгаль хүрээлэн буй орчноо хамгаалах шаардлага гарч байна. Хүлэмжийн хий, Нүүрстөрөгчийн давхар исэл (CO₂) хамгийн их ялгарч байгаль орчин, хүн амын эрүүл мэндэд их хохирол учруулж байна. Үндсэндээ ялгаруулалт нь эрчим хүч үйлдвэрлэх, шатахуун түлшний шаталтаас үүдэлтэй [9]. Манай оронд сүүлийн жилүүдэд орон сууцны зориулалттай барилга байгууламж ихээр баригдаж байгаа нь эрчим хүчний хэрэглээг хэд дахин нэмэгдүүлж, (CO₂) ялгаралтыг улам нэмэгдүүлж байна. Өнөөгийн байдлаар хууль эрх зүйн зохицуулалт нь зөвхөн шинэ барилга байгууламж төдийгүй одоо байгаа хөнгөн ба хүнсний үйлдвэрүүд, хүнд аж үйлдвэр, уул уурхайн салбар зэрэг эрчим хүчний хэрэглээний бүх салбарт хамардаг. Барилгын цахилгаан хангамжид эрчим хүчний ашиглалтын олон төрлийг хэрэглэдэг.

1. Агааржуулалт

2. Халаалт

3. Гэрэлтүүлэг

4. Хөргөлт ба агааржуулалт гэх мэт

Үйлдвэрийн болон худалдааны компаниудын хувьд эрчим хүчний менежментийг, нэлээд дэлгэрсэн ISO 9001-ийн чанар стандарт болон ISO 14001 стандартын дагуу боловсруулж байна. Эрчим хүчний хэмнэлтийн 10-15%-ийг эрчим хүчний

хэмнэлттэй төхөөрөмжүүдийг суурилуулах, барилгын дулаан тусгаарлагч ашиглах зэрэг арга замаар бууруулдаг. Цахилгаан хөдөлгүүрийн чадлыг 40% хүргэлх хэмнэлтийг хяналт, автоматжуулалт ашиглан энергийн зохицуулалт хийсний үр дүнд бууруулдаг. Удирдлагатай гэрэлтүүлгийн системийг суурилуулснаар барилгын гэрэлтүүлгийг 30% хүртэл хэмнэж болно [9].

Эрчим хүчний хэмнэлтийг хийхэд дараах 4 алхам байдаг [9].

1. Хэмжилт

- Энергийн тоолуур
- Энергийн чанарын хэмжих хэрэгсэл

2. Анхны хэмнэлт

- Эрчим хүчний хэмнэлттэй төхөөрөмжүүд
- Дулаан тусгаарлагч
- Эрчим хүчний чанарын сайжруулалт
- Эрчим хүчний найдвартай байдлыг дээшлүүлэх

3. Автоматжуулалт

- Барилгын удирдлагын тогтолцоог бий болгох
- Гэрэлтүүлгийн хяналтын систем
- Хөдөлгүүрийн хяналтын систем
- “Ухаалаг байшин” систем
- Цахилгаан хөдөлгүүрийн давтамж хувиргагч

4. Хяналт ба сайжруулалт

- Эрчим хүчний хяналт, менежментийн программ хангамж
- Телеметрийн систем

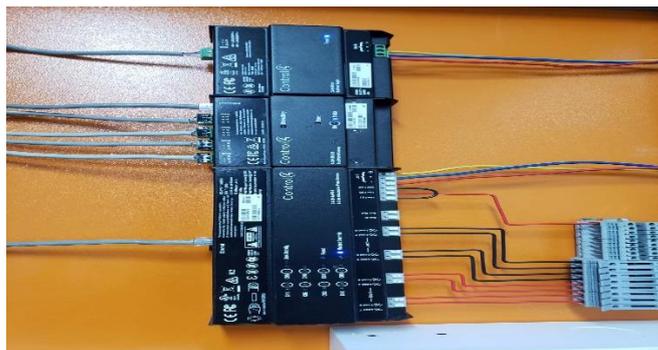
Эдгээрээс гадна нарны эрчим хүчээр амины орон сууцны хотхоны эрчим хүчний тодорхой хувийг хангаж өдрийн цагаар илүүдэл цахилгаан эрчим хүчээ нэгдсэн сүлжээнд өгч [4], шөнийн цагаар дутуу эрчим хүчээ авч, эрчим хүч болоод CO₂ ялгаралтыг бууруулах ихээхэн ач холбогдолтой юм. Мөн HEMS – барилгын эрчим хүчний менежментийн системд ухаалаг удирдлага хяналтын шийдлүүдийг хэрэглэж эрчим хүчээ хэмнэх боломж дэлхий нийтээр улам бүр өсөж байна. Судалгааны объектодоо ухаалаг хяналт, удирдлагын систем болох “CONTROL 4” системийг сонгон энэхүү судалгаанд ашиглалаа [10]. Энэхүү системийн давуу талууд нь:

1. Гэрлүүдийг хүссэнээрээ программчилна.
2. Гэрлийг тодруулж бүдгэрүүлнэ.
3. Мөн гэрлийн бүх командыг гар утаснаасаа удирдах боломжтой.
4. Гэрийнхээ температурыг гар утас, таблет, алсын удирдлага ухаалаг системээр удирдаж тохируулна.
5. Хөшиг, гражийн хаалгаа автоматаар нээж хаах үйлдлийг гар утсаар удирдах давуу талтай юм.
6. Гэрийнхээ дотор гадна суурилагдсан хяналтын камеруудыг гар утаснаасаа хянах боломжтой.
7. Гэрийн домофон системээр зочинтойгоо өндөр нягтаршилтай дүрс болон дуугаралтаар холбогдох боломжтой юм.

“CONTROL 4” системийг 1-2 дугаар зургуудад тус тус үзүүлэв.



Зураг 1. Гэрийн ухаалаг системээр гэрлийн асалтыг тодруулж бүдгэрүүлэх



Зураг 2. “CONTROL 4” системийн модуль



Зураг 3. Барилгын ухаалаг системийг нэвтрүүлж байгаа хотхоны төлөвлөлт

Судалгааны объект болгон сонгосон Улаанбаатар хотын Каса Да Винчи хотхон нь байршлаараа дэлхийн өргөргийн 470 89 уртрагийн 1060 85 градусын координатын байршилтай бөгөөд зураг 3-д үзүүлэв.

II. Хотхоны цахилгаан ачааллын судалгаа

Хувийн сууц, амины орон сууцны цахилгаан ачаалал нь гэр бүлийн амьдралын хэв шинж орчин үеийн ухаалаг цахилгаан хэрэгслийн иж бүрдэл, материалын хүрэлцээ, цаг уурын нөхцөл зэрэг олон хүчин зүйлээс хамаарсан санамсаргүй хэмжигдэхүүн юм. Иймд амины орон сууцны цахилгаан ачааллыг зөв тооцох нь дэд станцын тоо, чадал, кабель ба цахилгаан дамжуулагчуудын хөндлөн огтлол, цахилгаан хэрэгслүүдийн хэвийн чадал, нийт ачааллын хувь, хамгаалалтын болон бусад аппаратууд зэргээс хамаарч [1] хувийн чадлын аргачлалаар тооцоо хийж үр дүнг гаргасан.

Амины орон сууцны цахилгаан хэвийн чадал, утасны хөндлөн огтлол, нийт ачааллын хувь зэргийг. Хүснэгт 1-д оруулж өгөв.

Хүснэгт 1.

№	Нэрс	Хэвийн чадал кВт	Утасны хөндлөн огтлол сонгох	Нийт ачааллын хувь
1	Хотхоны Дэд станц	630 кВт		
2	Хотхоны гадна гэрэлтүүлэг	10.2 кВт	Кабель АВББШв 4*6мм2 0,66кВ Залан	
3	609-р барилга	55.5кВт	АВВБ 3*25+1*16	55.5 кВт (100)%
4	Цахилгаан зуух 1	8.5 кВт	ПВ 3/1*6.0/	8.5 кВт (15.3)%
5	Цахилгаан зуух 2	8.5 кВт	ПВ 3/1*6.0/	8.5 кВт (15.3)%
6	У/машин розетка	2.5 кВт	ПВ 3/1*4.0/	2.5 кВт (4.5)%
7	АЦӨ розетка гараж	1.5 кВт	ПВ 3/1*2.5/	1.5 кВт (2.7)%
8	Гаражын розетка	1.2 кВт	ПВ 3/1*2.5/	1.2 кВт (2.1)%
9	Холбооны Rack тэжээл	2.0 кВт	ПВ 3/1*2.5/	2.0 кВт (3.6)%
10	Гаражын хаалганы удирдлага тэжээл	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
11	Гаражын гэрэлтүүлэг	0.1 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.1 кВт (0.18)%
12	Холих усны насосны	0.235 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.235 кВт (0.42)%
13	Гэрэлтүүлэг 1ба 2 р давхар	2.0 кВт	ПВ 3/1*2.5/	2.0 кВт (3.6) %
14	Хөргөлтийн төхөөрөмж тэжээл	3.5кВт	ПВ 3/1*4.0 /	3.5 кВт (6.3)%
15	Гал тогооны розетка 1	2.0 кВт	ПВ 3/1*4.0 /	2.0 кВт (3.6)%
16	Гал тогооны розетка 2	2.0 кВт	ПВ 3/1*4.0 /	2.0 кВт (3.6)%
17	Гал тогооны розетка 3	2.8 кВт	ПВ 3/1*4.0 /	2.8 кВт (5.0)%
18	Амралтын өрөөний розетка	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
19	Хооллох хэсгийн розетка	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
20	Камин зуухын тэжээл	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
21	Зочны өрөө 1	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
22	Зочны өрөө 2	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
23	Коридор хэсгийн розетка	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
24	АЦӨ розетка 1 1-р давхар	1.3 кВт	ПВ 3/1*2.5/	1.3 кВт (2.3)%
25	АЦӨ розетка 2 1-р давхар	1.3 кВт	ПВ 3/1*2.5/	1.3 кВт (2.3)%
26	АЦӨ-ны сауны тэжээл	2.5 кВт	ПВ 3/1*4.0 /	2.5 кВт (4.5) %
27	АЦӨ -ны жакузи тэжээл	2.5 кВт	ПВ 3/1*4.0 /	2.5 кВт (4.5) %
28	Мастер АЦӨ розетка	1.3 кВт	ПВ 3/1*2.5/	1.3 кВт (2.3)%
29	АЦӨ розетка 3 2-р давхар	1.3 кВт	ПВ 3/1*2.5/	1.3 кВт (2.3)%
30	АЦӨ розетка 4 2-р давхар	1.3 кВт	ПВ 3/1*2.5/	1.3 кВт (2.3)%
31	Ажлын өрөөний розетка	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
32	Мастер унтлагын өрөөний розетка 1	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
33	Мастер унтлагын өрөөний розетка 2	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
34	Унтлагын өрөө 1	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%
35	Унтлагын өрөө 2	0.6 кВт	ПВ 3/1*2.5/	0.6 кВт (1.0)%

Нарны эрчим хүчнийг барилгын цахилгаан хангамжид ашиглах судалгаа

Жилд нарнаас дэлхийн гадаргад $1,9 \cdot 10^8$ TWh (тераватт.цаг) энерги ирдэг байна. Үүнээс үзэхэд өдрийн цагаар амины орон сууцны цахилгаан хэрэглээг хангах цаашлаад эрчим хүчний системд өгөх бүрэн боломжтой юм. Монгол орны бараг бүх бүс нутгуудаар нарны эрчмийн болон нөөцийн хэмжилт, тооцоог хийсэн судалгааны дүнд Монгол оронд нарны эрчмийг эрчим хүчний зориулалтаар ашиглах боломжийн нөөцтэй гэж тогтоогдсон байдаг.[2]

Нарны эрчим хүчний нөөц бүс нутгийн тархалтыг хүснэгт 2-д үзүүлэв.

Хүснэгт 2.

Муж	Нарны эрчмийн хэмжээ, кВт.ц/м ² жил	Нутаг дэвсгэрийн эзлэх талбай	
		Км ²	Эзлэх хувь, %
I	1200-бага	109900	7.0
II	1200-1400	800700	51.0
III	1400-1600	392500	25.0
IV	1600-их	266900	17.0

Нарны эрчим хүчний нөөц бүс нутгийн тархалтыг Зураг 4-д үзүүлэв.



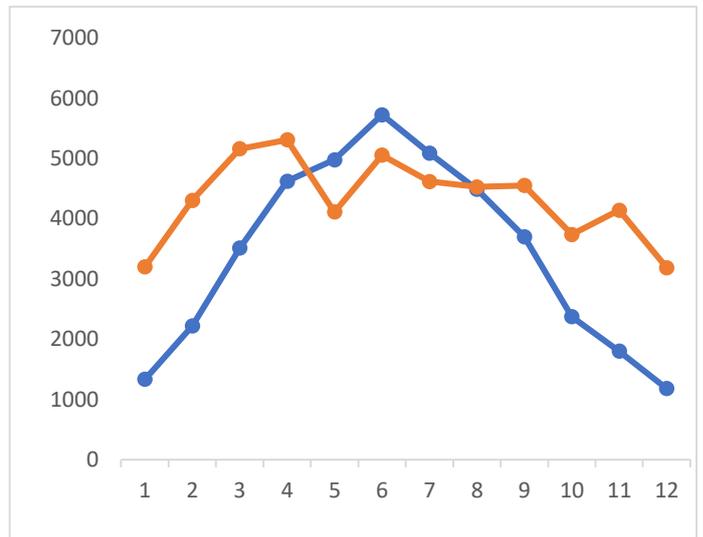
Зураг 4. Нарны эрчим хүчний нөөц бүс нутгийн тархалт.

Сар бүрийн нарны цацрагийн хэмжээг хүснэгт 3-д үзүүлэв

Хүснэгт 3.

Сар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хэвгээ гадаргууд тусгах нарны цацраг Q [0 Вт/м ²]	1333	2219	3511	4622	4977	5725	5088	4486	3700	2372	1800	1180
Налуу гадаргууд тусгах нарны цацраг (45°) Q [Вт/м ²]	3199	4304	5159	5309	4110	5053	4616	4528	4551	3737	4140	3187

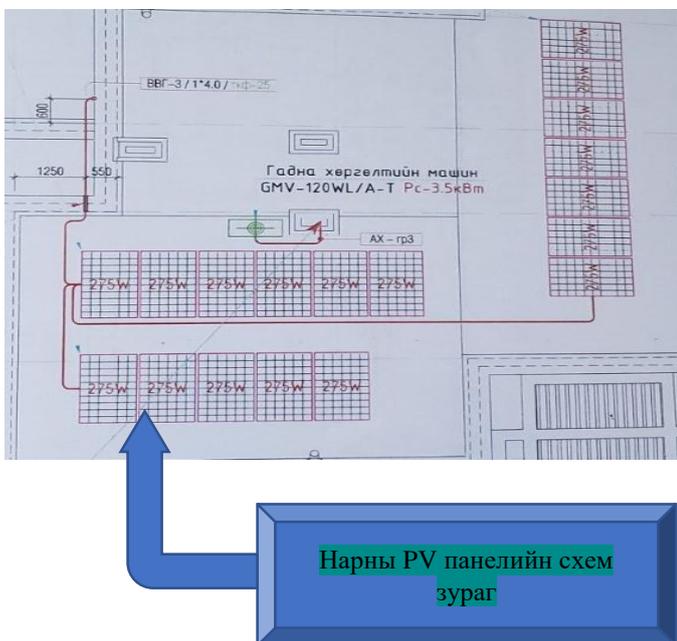
Сар бүрийн нарны цацрагийн хэмжээг зураг 5-д үзүүлэв.



Зураг 5. Сар бүрийн нарны цацрагийн хэмжээ

Уг судалгааны ажлын хүрээнд Каса Да Винчи хотхоны амины орон сууцны өөрийн дээврийг ашиглана. Нарны эрчим хүчээр, эрчим хүчний хэрэглээний тодорхой хувийг хангах зорилгоор 275W чадалтай 18 ш PV панелиг угсарч 4.9кВт чадалтай өрхийн хэрэглээний эрчим хүчийг үйлдвэрлэх юм. HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) программ дээр нэгдсэн сүлжээнээс авах боломжтой хосолмол системийг загварчилж симуляци хийж эдийн засгийн хувьд үр ашигтай системийг сонгох боломжийг олгодог тул судалгааны хэд хэдэн хувилбарыг судлан үзлээ.

Каса Да Винчи хотхоны дээвэр дээр байрлах PV панелиг Зураг 6-д үзүүлэв



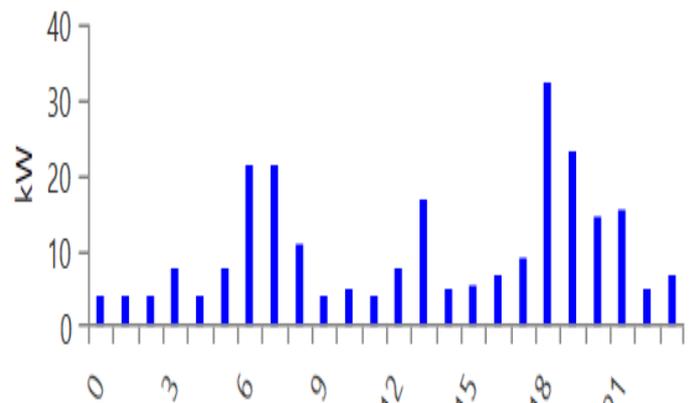
Зураг 6. Каса Да Винчи хотхоны дээвэр дээр байрлах PV панелийн схем зураг

III. HOMER ПРОГРАММ.

Нарны эрчим хүчний систем нь нарны гэрлийг цахилгаан энерги болгон хувиргахад PV модулийг ашигладаг сэргээгдэх эрчим хүчний системийн нэг төрөл юм. Нарны PV систем нь системийн төрөл, газрын байршил болон хэрэгцээнээс хамаарч сонгох ёстой өөр бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс тогтоно. Нарны PV системийн гол бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь нарны цэнэг хянагч, инвертер, батарей, нэмэлт эрчим хүчний эх үүсвэр болон ачааллууд юм. Энэ систем нь байгаль экологид ээлтэй, хорт хийн ялгарлыг бууруулах, шавхагдашгүй нөөцийг ашигладаг мөн байгаль орчныг хамгаалах өндөр үр ашигтай. Ирээдүйн хөгжлийн төслүүдэд цахилгаан хангамжийг хосолсон болон

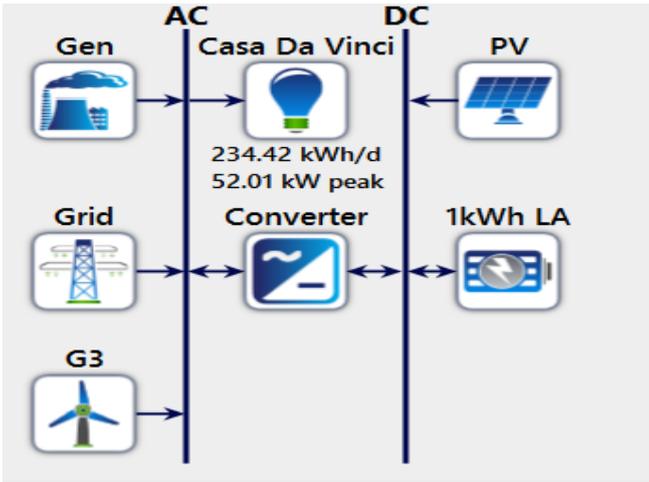
бүхэлдээ сэргээгдэх эрчим хүчээр хангах цахилгаан системийг ашиглаж эхлэх нь зайлшгүй шаардлагатай юм. Алслагдсан, бие даасан эсвэл тархсан үүсгүүрүүдэд зориулж техникийн болон санхүү эдийн засгийн хувьд загварчлал ба тооцоолол хийдэг HOMER программ нь энэ судалгаанд ашиглагдсан болно [8]. Тус программаар Каса Да Винчи хотхоны амины орон сууцанд тооцоо хийснээр гарсан үр дүнг ашиглан хотхоны цахилгаан хангамжийн системийн зураг төсөл, үйл ажиллагаанд хамгийн их нөлөөлдөг хүчин зүйлийг тодорхойлж дүн шинжилгээ хийх боломжтой.

А. Ачааллын тооцоо: Амины орон сууцны хоногийн ачаалалд дүн шинжилгээ хийхийн тулд HOMER программ дээр хосолсон системээр симуляци хийж хоногийн ачааллын тооцооны үр дүнг зураг 7-д үзүүлэв.

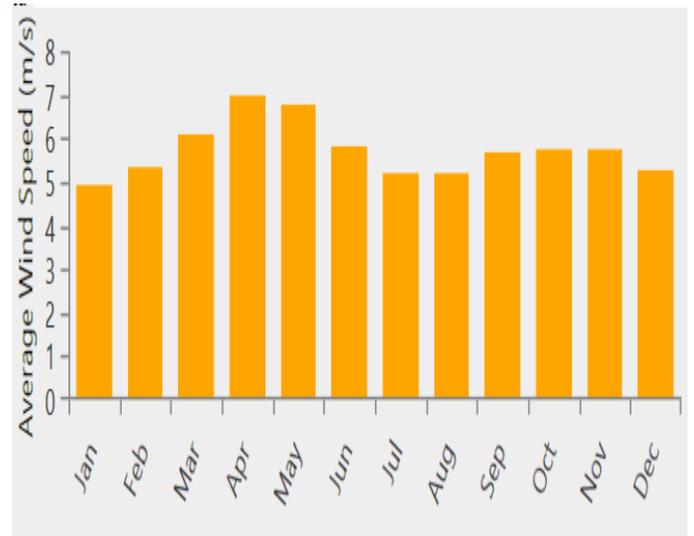


Зураг 7. Хоногийн ачааллын график

Б. Системийн бүрэлдэхүүн болон нөөцүүдийг авч үзэхдээ амины орон сууцны цахилгаан эрчим хүчний найдвартай байдлыг загварчилсан ба салхин турбин, төвлөрсөн эрчим хүчний систем, дизель генератор, нарны панел, батарей болон AC/DC хувиргуураас бүрдэнэ. HOMER программ дээрх сүлжээний схемийн бүтцийг зураг 8-д үзүүлэв.



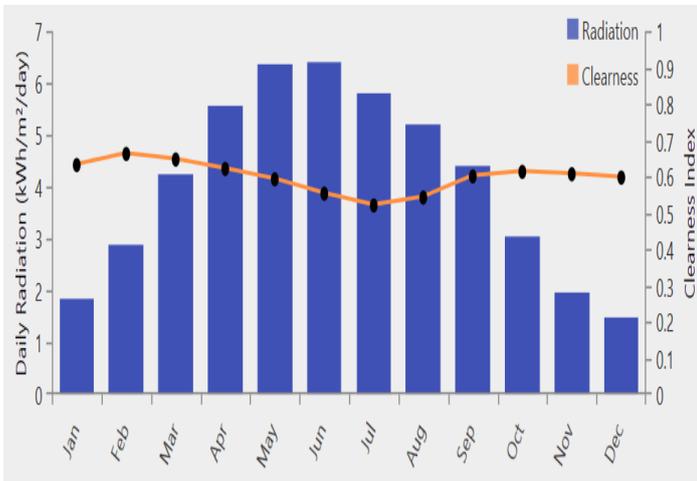
Зураг 8. HOMER сүлжээний схем



Зураг 10. Хотхоны байршилд салхины эрчим хүчний нөөцийн симуляцийн тооцооны үр дүн

Нарны энергийн нөөц: Нарны цацрагийн тодорхой мэдээллийг өргөргийн 470 89 уртрагийн 1060 85 градусын дагуу NASA (Үндэсний Агаар Сансрын Захиргаа)-аас авсан болно. Жилд цацрах нарны цацраг нь 8кВ/м2-6.5 кВ/м2 байна.

Нарны цацрагийн үеийн симуляцийн үр дүнг зураг 9-д үзүүлэв.

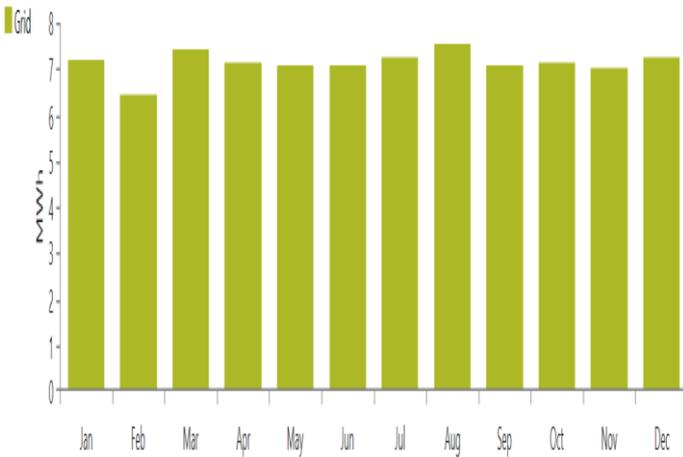


Зураг 9. Нарны цацрагийн үеийн симуляцийн үр дүн

Салхины нөөц: Салхины дундаж хурдыг газраас дээш 50 метрийн өндөрт хэмжсэн бөгөөд 10 жилийн хугацаанд сар бүрээр гаргасан. Сонгосон хотхоны байршилд салхины эрчим хүчний нөөцийн симуляцийн тооцооны үр дүнг зураг 10-д харуулав. Салхины жилийн дундаж хурд нь 4.8м/с-7 м/с байна.

В. Хосолмол системийн үр дүн болон бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг HOMER программ дээр эдийн засгийн хувьд үр ашигтай байхаар хамгийн оновчтой хэлбэрээр хотхоны амины орон сууцны цахилгаан хангамжийг жилийн хугацаанд симуляци хийж тооцооны үр дүнг гаргалаа. Үр дүнгээс харахад нийт цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээний 99 гаруй хувийг нэгдсэн сүлжээнээс авч байна. Нарны үүсгүүрээс 1 хүрэхгүй хувийг авч байгаа юм. Эдийн засгийн үзүүлэлтийн хувьд ч нэгдсэн сүлжээнээс авах нь хямд тусч байна.

HOMER программ дээр эдийн засгийн хувьд хамгийн үр ашигтай хувилбар нь 1-12 саруудад сүлжээнээс авах байсан бөгөөд сүлжээнээс авч байгаа хотхоны амины орон сууцны цахилгаан эрчим хүчний симуляцийн тооцооны үр дүнг зураг 11-д үзүүлэв.



Зураг 11. 1-ээс 12-р саруудад сүлжээнээс авах амины орон сууцны цахилгаан хангамжийн симуляцийн тооцооны үр дүн

Уг амины орон сууцыг цахилгаан хангамжаар хангахад жилд шаардагдах цахилгаан энергийн хэмжээ нь 85563 кВт.ц юм. Энэ цахилгаан энергийг үйлдвэрлэх явцад агаар мандалд ялгарах хүлэмжийн хийн хэмжээг. Доорх зураг 12-д үзүүлэв.

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	54,076	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	234	kg/yr
Nitrogen Oxides	115	kg/yr

Зураг 12. Хүлэмжийн хийн хэмжээ

Дүгнэлт

- HEMS – барилгын эрчим хүчний менежментийн системд ухаалаг удирдлага хяналтын шийдлүүдийг хэрэглэж эрчим хүчээ хэмнэх боломж дэлхий нийтээр улам бүр өсөж байна. “CONTROL 4” системийг сонгон судалгаанд ашиглахад хамгийн тохиромжтой үр дүнг үзүүллээ.

- HOMER программаар Каса Да Винчи хотхоны нэг амины орон сууцны симуляцийн тооцоо хийж гарсан үр дүнг харьцуулахад PV панелаас цахилгаан хангамжийг шийдэх болон нэгдсэн сүлжээнээс авах хоёрын нэгдсэн сүлжээнээс авсан нь илүү үр ашигтай байна.

- Хэдийгээр HOMER программ дээрх тооцооны үр дүнд нарны PV систем нь ашиггүй гарсан боловч цахилгааны үнэ өртөг таслалтгүй өсөж байгаа өнөө үед дэлхий нийтээр хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг бууруулж өгөх шаардлагатай тулгарч байгаа тул судалгааны хүрээнд амины орон сууцны цахилгаан хангамжид нарны үүсгүүр ба хосолмол системийг нэвтрүүлэх нь зүйтэй юм.

- HOMER программын симуляцийн үр дүнг харахад Зураг 7-д хоногийн ачааллын график нь өглөөний 6-7 цагийн үед мөн 7-8 цагийн үед эрчим хүчний хэрэглээ илүү өндөр байгааг үзүүлж байна.

- Нарны цацрагийн үеийн симуляцийн үр дүнг харахад 5, 6, 7 сард нарны цацралын хэмжээ хамгийн өндөр эрчим хүч үйлдвэрлэх боломжтой байна.

- Салхины эрчим хүчний нөөцийг харахад бусад сарыг бодвол 4-5 сар илүү их нөөцтэй байна. 1-12 саруудад сүлжээнээс авах хотхоны амины орон сууцны цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ нь бүх сарууд ойролцоо байна.

Уг амины орон сууцыг цахилгаан хангамжаар хангахад жилд шаардагдах цахилгаан энергийн хэмжээ нь 85563 кВт.ц юм. Энэ цахилгаан энергийг үйлдвэрлэх явцад агаар мандалд ялгарах хүлэмжийн хийн хэмжээ 54,076 кг байна. Нэг айлыг бүрэн нарны эрчим хүчээр шийдсэнээр жилд агаар мандалд ялгарах 54,076 кг нүүрс хүчлийн давхар ислийн хий ялгаралтыг бүрэн бууруулах сайн талтай байна.

Ашигласан материал

1. 3. Цэрэндорж Ц. Эрдэнэтуяа “ Цахилгаан хангамж түгээлтийн үндэс” 1, 2
2. 3. Цэрэндорж Ц. Эрдэнэтуяа “ Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ ба энергийн хуримтлуур ”
3. Илтгэлүүдийн эмхэтгэл “ 2014”
4. www.nrec.com.
5. https://mn.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%8D%D1%80%D0%B3%D1%8D%D1%8D%D0%B3%D0%B4%D1%8D%D1%85_%D1%8D%D1%80%D1%87%D0%B8%D0%BC_%D1%85%D2%AF%D1%87
6. Каса Да Винчи танилцуулга
7. Эрчим хүч хэмнэх үндэсний хөтөлбөр (2018- 2022 он), Улаанбаатар, хуудас 9-12. Засгийн газрын 2017 оны 274 дүгээр тогтоолын хавсралт
8. <http://homerenergy.com/company/index.html>
9. Цахилгаан тоноглол суурилуулалтын гарын авлага ОУЦТХ-ноос батлагдсан EC60364 стандартын дагуу
10. SNAP ONE.com

ХЭНТИЙ АЙМГИЙН ХОЙД ЧИГЛЭЛИЙН СУМ СУУРИН ГАЗРУУДЫН ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ЧАНАРЫГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХЭД АВСАН АРГА ХЭМЖЭЭ, ҮР ДҮН

О.Хосбаяр¹, Ш.Гантөмөр², Л.Мөнхбат³
Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС-Эрчим Хүчний Сургууль
³Монгол улс, Улаанбаатар, Багануур “БЗӨБЦТС” ТӨХК

Хураангуй - Хэнтий аймаг хүн ам олноор суурьшдаг, цахилгаан эрчим хүч хэрэглэгчдийн тоо жилд дунжаар 1.2 – 1.5 дахин өсөж байгаа, Монгол улсын Засгийн газрын бодлого чиглэлийн хүрээнд тус бүс нутгийг аялал жуулчлалын чиглэлээр хөгжүүлэхээр болсон, мөн ашигт малтмалын орд газруудтай, томоохон олборлолт баяжуулалтын үйлдвэрүүд олноор үйл ажиллагаагаа явуулахаар ашиглалтын лиценз авсан, одоогоор нийт 9 үйлдвэр уул уурхайн чиглэлээр ажиллаж байна.

Хэнтий аймгийн хэрэглээний өсөлтийг хангахын тулд Өндөрхаан 110/35/6 кВ-ын дэд станцын өргөтгөл, 110/35/10 кВ-ын дэд станцыг шинээр барих төслийг судалгаа, техникийн боломжууд дээрээ түшиглэн боловсруулж техник зохион байгуулалтын арга хэмжээг авч ажиллахаар төсөв, горим, схемийн сонголт, үр ашгийн тооцоог хийгдсэн.

Бэрх 35 кВ-ын ЦДАШ-ыг анх төлөвлөгдсөн, баригдсан хийцээр нь ашигласнаар үүсээд байгаа асуудлыг шийдэх, хүчдэлийн уналтыг зогсоох, түгээлтийн алдагдлыг бууруулах, бүс нутгийн өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээг хангах техникийн боломжоор хангагдана.

Түлхүүр үг - Хүчдэлийн уналт, Горим ажиллагаа, Түгээлтийн алдагдал, Хэрэглээний өсөлт, Техникийн боломж.

I. ОРШИЛ

Монгол улсын Зүүн өмнөд бүс нь уул уурхайн олборлолт, баяжуулалтын үйлдвэр олноор үйл ажиллагаа явуулж 2022 онд компанийн эрчим хүчний хэрэглээ дунджаар 3-35 МВт-аар нэмэгдсэн цаашид хэрэглээний хэтийн төлөвийг харахад 2030 он хүртэл 2 дахин буюу 166.8 МВт хүртэл нэмэгдэх урьдчилсан тооцоо гарч байна.

Хэнтий аймаг хүн ам олноор суурьшдаг, цахилгаан эрчим хүч хэрэглэгчдийн тоо жилд дунжаар 1.2 – 1.5 дахин өсөж байгаа, Монгол улсын Засгийн газрын бодлого чиглэлийн хүрээнд тус бүс нутгийг аялал жуулчлалын чиглэлээр хөгжүүлэхээр болсон, мөн ашигт малтмалын орд газруудтай, томоохон олборлолт баяжуулалтын үйлдвэрүүд олноор үйл ажиллагаагаа явуулахаар ашиглалтын лиценз авсан, одоогоор нийт 9 үйлдвэр уул уурхайн чиглэлээр ажиллаж байна.

Хэнтий аймгийн хэрэглээний өсөлтийг хангахын тулд Өндөрхаан 110/35/6 кВ-ын дэд станцын өргөтгөл, 110/35/10 кВ-ын дэд станцыг

шинээр барих төслийг судалгаа, техникийн боломжууд дээрээ түшиглэн боловсруулж техник зохион байгуулалтын арга хэмжээг авч ажиллахаар төсөв, горим, схемийн сонголт, үр ашгийн тооцоо хийгдсэн.

Бэрх 35 кВ-ын ЦДАШ-ыг анх төлөвлөгдсөн, баригдсан хийцээр нь ашигласнаар үүсээд байгаа асуудлыг шийдэх, хүчдэлийн уналтыг зогсоох, түгээлтийн алдагдлыг бууруулах, бүс нутгийн өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээг хангах техникийн боломжоор хангагдана.

II. Техникийн арга хэмжээ хэрэгжүүлэхийн өмнөх нөхцөл байдал

35/6 кВ Бэрх дэд станц нь 2500 кВА суурилагдсан хүчин чадалтайгаар 1997 онд ашиглалтанд орж, 110/35/6 кВ Өндөрхаан дэд станцын 35 кВ-ын шинээр дамжуулан нэг хэлхээт 110 кВ-ын габариттай төмөр бетон бүхий тулгуур ЦДАШ-аар төвийн эрчим хүчний нэгдсэн системд холбогдсон.

Өндөрхаан–Бэрх чиглэлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугам нь 65.3 км урттай, АС-120 маркийн дамжуулагч утастай, СК-22 маягийн төмөр бетон болон төмөр анкер бүхий нийт 246 тулгууртай, 110 кВ-ын габариттай шугам юм.

Тус цахилгаан түгээх шугамаар Хэнтий аймгийн Бэрх, Батноров, Баян-Адрага, Биндэр, Батширээт, Норовлин, Дадал, Баян-Овоо, Сүхбаатар аймгийн Түмэнцогт зэрэг нийт 9 сумдын 4031 гаруй ахуйн болон аж ахуйн нэгж байгууллагууд, мөн тус бүс нутаг дахь уул уурхайн олборлолт, баяжуулалт, бусад үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаа эрхэлж байгаа нийт 7 хэрэглэгчдийг цахилгаан эрчим хүчээр хангаж байна.

Монголжүюанли ХХК, Ханшашир ХХК, Ресурс Минком ХХК, Зэвт дуулга ХХК, Бор-Өндөр Уул ХХК гэх мэт уул уурхайн ашигт малтмалын олборлолт, баяжуулалтын үйл ажиллагаа эрхэлдэг аж ахуйн нэгжүүдийн трансформаторын дэд өртөөнүүд олноор холбогдох болсон.

Ш. Шийдвэрлэх арга зам

Өндөрхаан–Бэрх чиглэлийн 110 кВ-ын хийцтэй (габарит) 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах шугам нь 1990 оны “Эрчим хүч, уул уурхайн үйлдвэрийн эрдэм шинжилгээ зураг төслийн институт”-ийн “Э90-06-01” дугаар бүхий зургийн шифртэй, 1997 онд баригдаж, ашиглалтанд орсон.

Тус Өндөрхаан–Бэрх чиглэлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугам нь 65.3 км урттай, АС-120 маркийн дамжуулагч утастай, СК-22 маягийн төмөр бетон болон төмөр анкер бүхий нийт 246 тулгууртай, 110 кВ-ын габариттай шугам юм.

Нэгэнт 110 кВ-ын габарит баригдсан ЦДАШ-ыг 110 кВ-ын хүчдэлийн түвшинд шилжүүлэн ашиглах нь чадал, энергийн

Сүхбаатар аймгийн Баруун-Урт хот, тус аймгийн зарим сумдын өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээг 2015 оны 12 дугаар сарын 07-ны өдрөөс эхлэн 110/35/6 кВ Өндөрхаан дэд станцаас 110 кВ-ын Өндөрхаан-Баруун-Уртын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамаар дамжуулан хангаж, Дорнод бүсийн эрчим хүчний системд чадлын дутагдлыг нөхөх болсон мөн дээрх 9 сумдын хэрэглэгчдийн өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээний өсөлт, хэт урт үргэлжилсэн 35 кВ-ын ЦДАШ зэргээс шалтгаалан Өндөрхаан–Бэрх чиглэлийн 35 кВ-ын шугам, дэд станцуудад төвийн эрчим хүчний системийн оргил ачааллын цагуудад хүчдэл унах болсон.

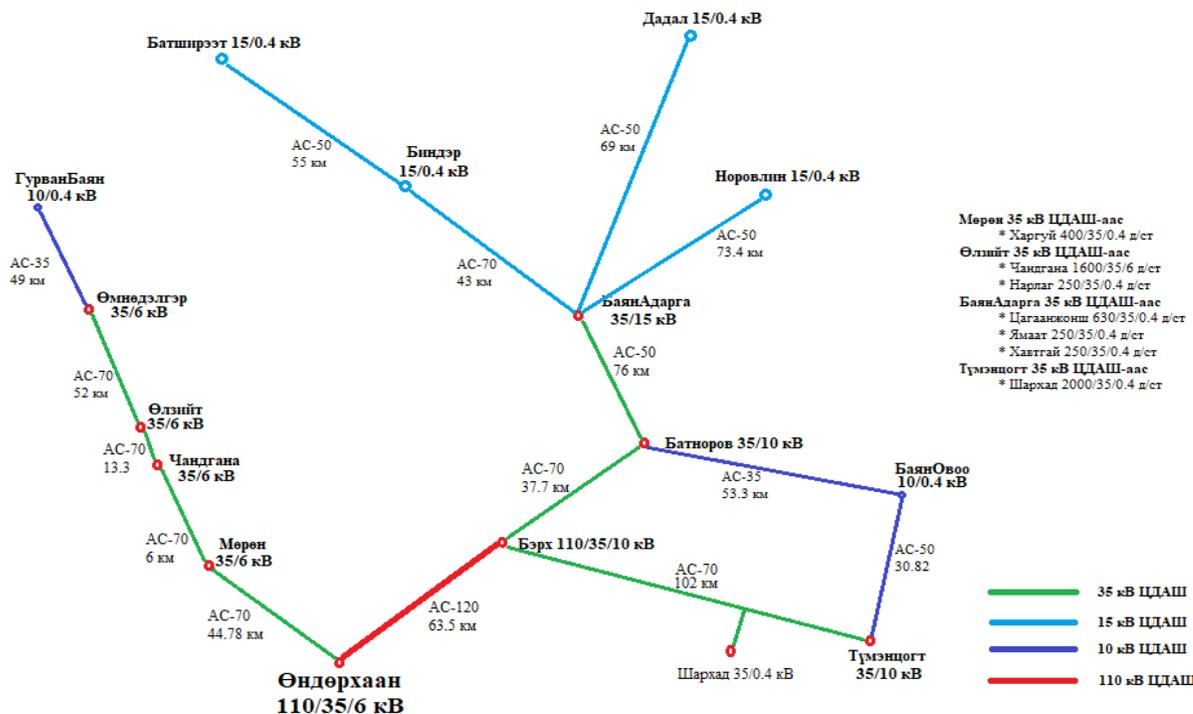
Хүчдэл унагаж, бусад хэрэглэгчдийн цахилгаан эрчим хүчний хангамжийн чанарт сөрөг нөлөө үзүүлж байгаа тул уул уурхайн үйлдвэрлэл эрхэлж байгаа томоохон хэрэглэгч болох Монголжүюанли ХХК-ийн 35/0.4 кВ “Шархад” дэд станцын хэрэглээг хязгаарлалтын горимоор ажиллуулж байсан.

урсгалын өндөр нэвтрүүлэх техникийн боломжийг ашиглан компанийн хэмжээнд тулгамдаж байгаа томоохон асуудлуудын нэг болох Хэнтий ЦТС салбарын түгээх сүлжээн дэх хүчдэлийн уналтыг шийдвэрлэж болох техникийн шийдэл юм.

Шинээр барих 110/35/10 кВ дэд станц

110 кВ-ын схемийн шийдэл болон тоноглол.

1. 110/35/10 кВ 16000А чадалтай 3 фазын 3 ороомогтой хүчний трансформатор – Ачаалал дор хүчдэл тохируулах төхөөрөмж 121+9x1.25 %, 11 кВ Үлээлгийн тосон хөргөлттэй, ороомгийн холболт нь ҮноД-11,



Зураг 1. Бүс нутгийн цахилгаан түгээх сүлжээний схем

IV. ШИНЖИЛГЭЭ, ТООЦОО

110/35/6 кВ Өндөрхаан дэд станцын Бэрх 35 кВ ЦДАШ-д Монголжүюаньли ХХК-ийн жонш олборлох 35/0.4кВ-ын “Шар хад” дэд станц (1000 кВА*2 чадалтай хүчний трансформатор) ачаалал авахад Бэрх 35 кВ ЦДАШ-ын зангилаа дэд станцууд дээрх хүчдэл унаж байна. Үүнээс шалтгаалж “Нэгдсэн сүлжээний дүрэм”-д заасан стандартын шаардлага хангасан цахилгаан эрчим хүчээр хэрэглэгчдийг хангахгүй байгаа талаар хэрэглэгчээс ирсэн гомдол саналын дагуу Бэрх 35 кВ ЦДАШ-д хүчдэл өсгөх боломжтой зургаан хувилбар сонгож горимын тооцоог хийсэн. Үүнд:

Хувилбар 1.

1. 35/0.4 кВ Шар хад дэд станцын 35 кВ талд 1600 кВар чадалтайн компенсацлах төхөөрөмж суурилуулах. Энэ үед шөнийн бага ачааллын үед болон Шархад дэд станц

ачаалалгүй үед компенсацлах төхөөрөмжийг сүлжээнээс салгаж байх.

2. Баян-Адрага 35/15 кВ д/ст-ын РПН-4-ийг 6 болгож өсгөхөд

Хувилбар 2.

1. Шар Хад 2000 кВА чадлыг бүрэн хязгаарлахад

Хувилбар 3.

1. Шар Хад 35/6 кВ болгож өргөтгөхөд

Хувилбар 4.

1. 110/35/6 кВ Өндөрхаан дэд станцаас 35 кВ Шар хад гаргалгаа
2. Шар хад ЦДАШ АС-70, урт 152.46 км

Хувилбар 5.

1. Шугамын эхэн дахь хүчдэл 38.5 кВ байхад
3. Шар Хад 800 кВар чадалтай компенсацлах төхөөрөмж тавих. Энэ үед шөнийн бага ачааллын үед болон Шар хад дэд станц

- ачаалалгүй үед компенсцлах төхөөрөмжийг сүлжээнээс салгаж байх.
2. Баян-Адрага 35/15 кВ д/ст-ын РПН-4-ийг 6 болгоход

Дээрх 5 хувилбараар хийсэн тооцооллоос Бэрх 35 кВ ЦДАШ-ын зангилаа дэд станцуудын хүчдэлийн түвшнийг хүснэгтээс харвал:

Хүчдэлийн түвшин

Хүснэгт 1.

Д/д	Нэрс /гол зангилаа цэгүүд/	Бодит схем		Хувил бар-1	Хувил бар-2	Хувил бар-3	Хувил бар-4	Хувил бар-5	
		Ачаалал, кВт	Шугамын эхэн дэх хүчдэл 37 кВ байхад						
1	Өндөрхаан-Бэрх	3359	Шугамын төгсгөл дэх хүчдэлүүд	33.6	34.8	35.2	35.6	35.4	36.0
2	Бэрх-Сал. Шархад	979		31.2	34.1		30.5	35.2	34.8
3	Сал. Шархад-Түмэнцогт	197		31.3	34.1	34.9	35.4	34.3	34.7
4	Бэрх-Батноров	305		32.6	33.8	34.1	34.8	34.4	35.0
5	Батноров-Сал.Цагаан жонш	260		32.3	33.5	33.9	34.7	34.1	34.8
6	Сал. Цагаан жонш-Баян Адрага	718		31.3	31.3	33.0	33.7	33.2	33.9

Горимын тооцооны үр дүнгээс харахад уул уурхайн компаниуд бүрэн ачаалалтай үед бид хэрэглэгчдийг MNS IEC 38:2001 стандартын шаардлага хангасан цахилгаан эрчим хүчээр хангаж боломжгүй байна. Иймд Монголжүюаньли ХХК-ийн жонш олборлох 35/0.4 кВ-ын “Шар хад” дэд станц 35 кВ талд компенсцлах төхөөрөмж тооцооны үндсэн дээр тавьж суурилуулах нь зайлшгүй шаардлага байна. 35/0.4 кВ-ын “Шар хад” дэд станцын 35 кВ талд суурилуулсан компенсцлах төхөөрөмжийг шөнийн бага ачааллын үед болон тус үйлдвэрийн ачаалал буурахад сүлжээнээс салгаж байх. Учир нь үйлдвэрийн ачаалал буурахад сүлжээний хүчдэл өсөх аюултай.

V. Техникийн шийдлийг авч хэрэгжүүлснээр үүсэх давуу тал

Сонгосон техник зохион байгуулалтын арга хэмжээний ажлыг хийж гүйцэтгэхэд шаардагдах техник эдийн засгийн судалгаа, төсөв, горим, схемийн сонголт, үр ашгийн тооцоог хийж гүйцэтгэснээс харахад:

- 1997 онд 110 кВ-ын хүчдэлийн түвшин, габаритаар баригдсан Өндөрхаан-Бэрх чиглэлийн ЦДАШ-ыг 110 кВ-ын төлөвлөсөн хүчдэлийн түвшинд ашиглах.
- 110/35/10 кВ хүчдэлийн түвшний 3 ороомогт хүчний трансформаторыг ЦДҮС ТӨХК-иас шилжүүлэх боломжтой болсон.
- 110 кВ-ын габаритаар баригдсан ЦДАШ-ыг технологийн зориулалтаар нь ашигласнаар ЦДАШ шинээр барих эрчим хүчний

барилга угсралтын ажлын зардлын хэмнэлтийг гаргах боломжтой.

4. 2001 онд шинэчлэгдэн батлагдсан Эрчим хүчний тухай хуулийн хэрэгжилт хангагдаж түгээх тусгай зөвшөөрөл эзэмшигч компанийн хувьд 110 кВ түвшинд дэд станц, ЦДАШ-ын засвар үйлчилгээ, ЦЭХ-ний борлуулалтын арга хэмжээг бүрэн хариуцаж ажиллах анхны боломж үүсэх зэрэг эерэг сайн талуудтай байна.

VI. Техникийн шийдлийг авч хэрэгжүүлснээр гарсан үр дүн

1. 110 кВ-ын габаритаар баригдсан ЦДАШ-ыг технологийн зориулалтаар нь ашигласнаар манай компанийн өмнө тулгамдаж байгаа асуудлуудын нэг болох Хэнтий салбарын түгээх сүлжээний хүчдэлийн уналтыг зогсоох, хүчдэлийн түвшин нэмэгдсэнээр түгээлтийн алдагдлыг бууруулж, шугамын нэвтрүүлэх чадварыг 46.2 %-иар нэмэгдүүлэх боломжтой нь тооцоогоор гарч байна.
2. Бүс нутгийн өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээг хангаж, ЦЭХ-ний чанарыг нэмэгдүүлж, түгээх сүлжээний найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх техникийн боломжоор бүрэн хангагдана.

VII. ДҮГНЭЛТ

Хэнтий аймгийн хойд чиглэлийн бүс нутгийн хүчдэлийн уналтыг зогсоох, түгээлтийн алдагдлыг бууруулах, өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээг хангах техникийн боломжийн талаарх хийгдсэн тооцоо, судалгаа, шинжилгээ маань Бэрх 35 кВ-ын ЦДАШ-ыг анх төлөвлөгдөн, баригдсан хийцээр нь ашигласнаар үүсээд байсан асуудлыг шийдэх, хүчдэлийн уналтыг зогсоох, түгээлтийн алдагдлыг бууруулах, бүс нутгийн өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээг хангах техникийн боломжоор хангагдсан гэж үзэж байгаа ба

нэгэнт 110 кВ-ын хийцээр (габарит) баригдсан ЦДАШ-ыг 110 кВ-ын түвшинд шилжүүлэн ашиглах нь чадал, энергийн урсгалыг нэвтрүүлэх техникийн боломжийг ашиглан түгээх сүлжээнд тулгамдаад байсан томоохон асуудлуудын нэг Хэнтий ЦТС салбарын түгээх сүлжээн дэх хүчдэлийн уналтыг шийдвэрлэсэн техникийн шийдэл болсон.

Хүчдэлийн уналтыг зогсоох тус техник зохион байгуулалтын арга хэмжээг авч хэрэгжүүлснээр Хэнтий аймгийн Бэрх, Батноров, Баян-Адрага, Биндэр, Батширээт, Норовлин, Дадал, Баян-Овоо, Сүхбаатар аймгийн Түмэнцогт зэрэг нийт 9 сумдын 40.0 мянга гаруй ахуйн, мөн жижиг аж ахуйн нэгж байгууллагууд, тус бүс нутаг дахь уул уурхайн олборлолт, баяжуулалт, бусад үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаа эрхэлж буй үйлдвэрүүдийн өсөн нэмэгдэж байгаа хэрэглээг хангах, эрчим хүчний чанарыг нэмэгдүүлэх, түгээх сүлжээний найдвартай ажиллагааг сайжруулах, улмаар борлуулалтын орлого нэмэгдэж үндсэн үйл ажиллагааны орлого, үр ашгийг нэмэгдүүлж байгаа юм.

VIII. АШИГЛАСАН НОМ ЗҮЙ

1. Цахилгаан эрчим хүчний хэмнэлт. 2002. Д.Содномдорж
2. Цахилгаан шугам сүлжээ, систем. 2014. Ш.Гантөмөр
3. Цахилгаан байгууламжийн дүрэм БД-43-101-03, 2003
4. “ЭХЗХ”-оос эмхлэн гаргадаг Эрчим хүчний статистик үзүүлэлтүүд эмхэтгэл, 2021, 2022 онуудын эмхэтгэлүүд
5. “ЦДҮС” ТӨХК-ийн ЗӨБ-ийн салбарын 2022 оны тоноглолын судалгаа
6. “БЗӨБЦТС” ТӨХК-ийн техникийн архиваас 2015-2022 оны тоноглолын судалгаа

“ДЦС-4” ТӨХК-НИЙ ДОТООД ХЭРЭГЦЭЭНИЙ РХА-ИЙН СУДАЛГАА

Э.Намжин^{1,2}, Ш.Баасансүрэн¹, М.Баттулга¹

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

² Монгол улс, Улаанбаатар, “ДЦС-4” ТӨХК, Хими цех

battulga@must.edu.mn, namjaa625@gmail.com

Хураангуй—“ДЦС-4” ТӨХК нь Монгол улсын цахилгаан, дулааны эрчим хүчний ихэнх хувийг үйлдвэрлэдэг томоохон станц. Манай улсын дийлэнх эрчим хүчийг үйлдвэрлэж буй тус цахилгаан станцын хувьд үйлдвэрлэлийн процесст ашиглагдаж буй үндсэн тоноглол болон туслах тоноглолуудад гарах гэмтэл, тасралт доголдол нь их хэмжээний хохирол учруулахаар байдаг. Өнөөгийн байдлаар эрчим хүчээр тасралтгүй, найдвартай хангах, тоноглолыг аваар, саатал, гэмтэл доголдлоос хамгаалах асуудал нь маш чухал асуудлуудын нэг болсон. Тиймээс станцын дотоод хэрэгцээний РХА-ын одоогийн байдал, цаашдын ажиллагааг найдваржуулах, сайжруулах асуудлыг судалж цаашид ямар арга хэмжээ авах төлөвлөгөө боловсруулах нь чухал. Реле хамгаалалт, автоматикийн байгууламжийн хэвийн найдвартай ажиллагааг хангах, техник технологийн шинэчлэл хийх зэрэг арга хэмжээнүүдийн талаар энэхүү өгүүлэлд тусгав.

Түлхүүр үг— дотоод хэрэгцээ, реле хамгаалалт, автоматик, шинэчлэл

I. УДИРТГАЛ

“ДЦС-4”-ийн дотоод хэрэгцээний реле хамгаалалт автоматикийн судалгаа нь эрчим хүчний системийн найдвартай ажиллагаа, станцын үндсэн болон туслах тоноглолыг гэмтэл доголдлоос хамгаалах нь одоогийн өсөн нэмэгдэж байгаа цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээнд маш чухал ач холбогдолтой. “ДЦС-4”-ийн дотоод хэрэгцээний реле хамгаалалт автоматикийн өнөөгийн байдал, түүний ажиллагаа, сүүлийн үеийн микропроцессорийн реленүүд болгох шинэчлэлийн талаар судлах гол зорилго тавив. 2021 онд дотоод хэрэгцээний цахилгаан тоноглолуудын гэмтлүүдийн төрөл, насжилт, реле хамгаалалт автоматик ажилласан, ажиллаагүй, татгалзсан шалтгаанууд, дохиолол ирсэн, буруу ажилласан зэргээр судалгаа хийв.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

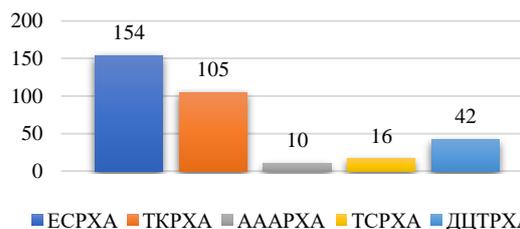
“ДЦС-4” нь 773 мВт цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх суурилагдсан хүчин чадалтай. 2021 оны байдлаар ДЦС-4-ийн ерөнхий схемийн тоноглол, төв корпусын тоноглол, алслагдсан аж ахуйн тоноглол, тоосон системийн тоноглол, дулаанжуулалтын цахилгаан тоноглолуудын реле хамгаалалтын гэсэн үндсэн 5-н хэсэгт судалгааг хийж дүгнэлт хийлээ. Реле хамгаалалтын байгууламж нь блокийн реле хамгаалалт, дотоод хэрэгцээний реле хамгаалалт гэсэн 2 үндсэн хэсэгт хуваагддаг ба дотоод хэрэгцээний реле хамгаалалтын байгууламжийг ерөнхийд нь 6кВ, 0,4кВ реле хамгаалалт гэж төрөлжүүлж болно [1-3].

Сүүлийн 5 жилийн байдлаар ДЦС-4-ийн цахилгаан тоноглолын РХА-ын байгууламж нийтдээ 587 удаа ажилласан ба үүнээс хамгаалалт татгалзсан - 1, буруу ажилласан - 22, шалтгаан тодорхойгүй - 2 ажилласан байна. Сүүлийн жил буюу 2021 оны РХА-ын ажиллагаанд анализ хийхэд цахилгаан

тоноглолын РХА-ын байгууламж нийтдээ 92 удаа, үүнээс хамгаалалт татгалзсан - 0, буруу ажилласан - 0, шалтгаан тодорхойгүй - 2 удаа, цахилгаан тоноглолын дохиоллын систем - 327 удаа ажилласан нь бүртгэгдсэн байна.



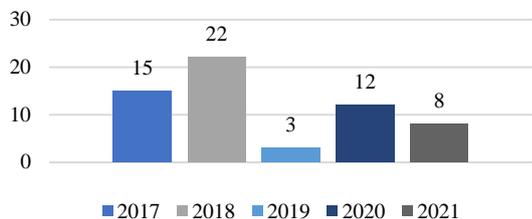
1-р зураг. Дотоод хэрэгцээний реле хамгаалалтын ажиллагаа (2017-2021 он)



2-р зураг. Дотоод хэрэгцээний РХА-ын дохиолол өгсөн байдал (2021 он)

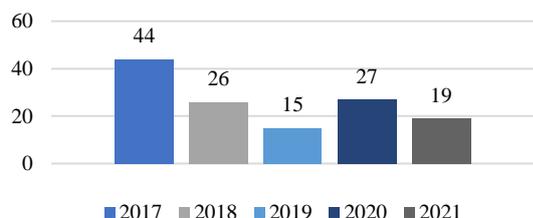
2021 оны РХА-ын байгууламж буруу ажиллаагүй боловч алслагдсан аж ахуйн цахилгаан тоноглолын РХА-ын байгууламжийн хэсэгт шалтгаан тодорхойгүй ажилласан тохиолдол 2 удаа байна. 2021 онд цахилгаан тоноглолын РХА-ын байгууламжийн хамгаалалтын ажилласан нийт тоонд шалтгаан тодорхойгүй хамгаалалт ажилласан тоог харьцуулахад 2,17%-г эзэлж байна. 2021 онд хамгаалалт буруу ажилласан тохиолдол гараагүй байна [4,5].

Ерөнхий схемийн РХА-ын ажиллагаа (3-р зураг), төв корпусын РХА-ын ажиллагаа (4-р зураг), алслагдсан аж ахуйн РХА-ын ажиллагаа (5-р зураг), тоосон системийн РХА-ын ажиллагаа (6-р зураг), дулаанжуулалтын цахилгаан тоноглол РХА-ын ажиллагааг (7-р зураг) сүүлийн 5-н жилээр харьцуулав.



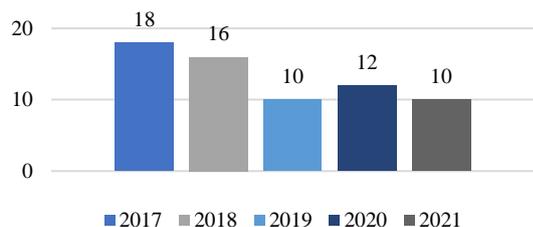
3-р зураг. Ерөнхий схемийн РХА-ын ажиллагаа (2017-2021 он)

2021 онд хамгаалалт 8 удаа ажилласнаас генераторын хамгаалалт 6-н удаа, блокийн хамгаалалтын ажилласан тоо 1 удаа, системийн тоноглолтой холбоотой хамгаалалт 1 удаа ажилласан байна. Дохиолол 154 удаа ирсэн байна.



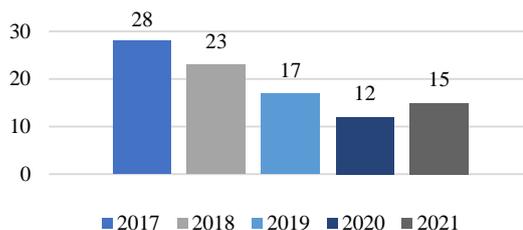
4-р зураг. Төв корпусын РХА-ын ажиллагаа (2017-2021 он)

2021 онд хамгаалалт нийт 19 удаа ажилласнаас цахилгаан хөдөлгүүрийн хамгаалалт 18 удаа, дотоод хэрэгцээний 6/0,4кВ-н трансформаторын хамгаалалт 1 удаа ажилласан байна. Дохиолол 105 удаа ирсэн байна.

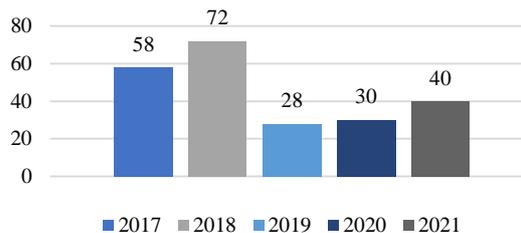


5-р зураг. Алслагдсан аж ахуйн РХА-ын ажиллагаа (2017-2021 он)

2021 онд хамгаалалт нийт 10 удаа ажилласнаас цахилгаан хөдөлгүүрийн хамгаалалт 5 удаа, дотоод хэрэгцээний 6/0,4кВ-н трансформаторын хамгаалалт 5 удаа ажилласан байна. Дохиолол 10 удаа ирсэн байна.



6-р зураг. Тоосон системийн РХА-ын ажиллагаа (2017-2021 он)
2021 онд хамгаалалт нийт 15 удаа ажилласнаас 0,4кВ-н цахилгаан хөдөлгүүрийн хамгаалалт 15 удаа ажилласан байна. Дохиолол 16 удаа ирсэн байна.



7-р зураг. Дулаанжуулалтын цахилгаан тоноглол РХА-ын ажиллагаа (2017-2021 он)

2021 онд хамгаалалт нийт 40 удаа ажилласнаас СЭН, ПСН, НПТС-ийн давтамж хувиргагчийн хамгаалалт 29 удаа, КНПСГ, СлПНД-ийн давтамж хувиргагчийн хамгаалалт 9 удаа, бусад хамгаалалт 2 удаа ажилласан байна. Дохиолол 42 удаа ирсэн байна.



8-р зураг. Дулаанжуулалтын цахилгаан тоноглол РХА-ын ажиллагаа тоноглолоор (2021 он)

2021 онд дээрх үндсэн хэсгүүдийн ажилласан РХА-ын ажиллагаанаас харахад генераторын хамгаалалт 6-н удаа, трансформаторуудын хамгаалалт 1 удаа, системийн тоноглолтой холбоотой хамгаалалт 1 удаа, цахилгаан хөдөлгүүрийн хамгаалалт 18 удаа, дотоод хэрэгцээний 6/0,4кВ-н трансформаторын хамгаалалт 1 удаа, цахилгаан хөдөлгүүрийн хамгаалалт 5 удаа, дотоод хэрэгцээний 6/0,4кВ-н трансформаторын хамгаалалт 5 удаа, 0,4кВ-н цахилгаан хөдөлгүүрийн хамгаалалт 15 удаа, давтамж хувиргагчийн хамгаалалт 38 удаа, бусад хамгаалалт 2 удаа ажилласан байна.

A. 2017 онд хамгаалалт буруу ажилласан

- 4Т трансформаторын тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалт буруу ажилласан. Хамгаалалтын хугацааны барилтын утга реленд тавигдаагүй

байсан. 3Т трансформаторын оруулга гэмтэж богино залгаа болоход ажилласан.

- 6ВТ трансформаторын дифференциал хамгаалалт буруу ажилласан. ПЭН-8-г ажилд залгахад ажилласан. Гүйдлийн хэлхээний холболт хөндийрсөн.
- 6-р блоккийн гэдрэг дарааллын V шатны хамгаалалт буруу ажилласан. ТГ-6 генераторын гэдрэг дарааллын гүйдлийн хугацааны хамааралтай хамгаалалтын тавилыг тооцоог SEL-751A реленд шилжүүлж тооцоолохдоо алдаа гаргасны улмаас гаднын симметр бус богино залгааны үед хамгаалалтын сонгон ажиллах чадвар алдагдан трансформаторыг тасалсан. Дулаанжуулалтын цахилгаан тоноглолын РХА-ийн байгууламжийн хэсэгт буруу ажилласан – 4 байна. Үүнд: СЭН-2, СЭН-4, ПСЭН-4-н давтамж хувиргуурын трансдюсер хуучралтаас болж хамгаалалт 3-н удаа, ДХСЭН-2 дээр Phase fault хамгаалалт 1 нийт 4 удаа буруу ажилласан.

В. 2018 онд хамгаалалт буруу ажилласан

- 2018-07-16 ПЭН-4 газардлагын хамгаалалт 2 удаа
- 2018-05-18 ВПУ-2 DMC-262 зогсож байхад газардлагын хамгаалалт
- 2018-11-20 70ВFT12 секц ажлын оруулга БМРЗ газардлагын 1-р шат релений аналог оролтын хэсгийн мэдрэх элементүүдэд алдаа гарсан.

С. 2019 онд хамгаалалт буруу ажилласан

- 9/КНТ-76 МТЗ 2-р шат; КНТ-46 дулааны хэт ачаалал 7 удаа гүйдлийн трансформатор гэмтсэн, ПМН-7 МТЗ 2-р шат КНТ-76, ПМН-7 хэт ачааллын хамгаалалтаар зогссон.

Д. 2020 онд хамгаалалт буруу ажилласан

- Реле хамгаалалт буруу ажилласан–2 (МНУГ-26 DMC-262)(БН-4)
- Релений аналог оролтын хэсгийн мэдрэх элементүүдэд алдаа гарсан.

Е. 2021 онд хамгаалалт буруу ажилласан

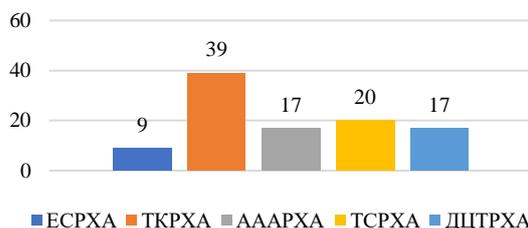
- 2021 онд хамгаалалт буруу ажилласан хамгаалалт байхгүй боловч, шалтгаан тодорхойгүй ажилласан 2 удаа байна. Энэ нь механик фильтерийн угаалтын насос №1-н хамгаалалтын релений аналог оролтын хэсгийн мэдрэх элементүүдэд 2 удаа алдаа гарсан байна.

РХА-ын хэсэгт гарсан гэмтлүүд

2021 онд цахилгаан тоноглолын удирдлага, дохиолол, реле хамгаалалт автоматикийн байгууламж, хэмжих хэрэгсэл, цахилгаан энергийн тоолуурт нийтдээ 102 удаа гэмтэл гарсан байна. Энд

ЕСРХА, ТКРХА, АААРХА, ТСРХА, ДЦТРХА-ын хэсгийн гэмтлүүдийг тусгасан болно.

Гарсан гэмтлүүдийг хэсгээр нь ангилсан байдлаас харахад тоноглолын тоо их, тоноглолын насжилт өндөр, технологи ажиллагаанаас хамаарч тоноглолуудыг нь олон дахин залгаж тасалдаг тул ТКРХА-ын хэсгийн гэмтэл хамгийн олон буюу 32,5%-г эзэлж байгаа боловч гэмтлийн тоо буурсан. АААРХА-ын хэсгийн гэмтэл нэмэгдсэн шалтгаан нь хими цехэд суурилагдсан хятад микропроцессорийн релений гэмтэл ихсэж байгаатай холбоотой. СЭН, ПСЭН-н ACS-600, ACS-800 давтамж хувиргагчуудын хөргөлтийн сэнснүүдийн холхивчны ажиллах цаг дууссанаас гэмтлийн тоог ихэсгэх нөхцөл болж байна [4-6].



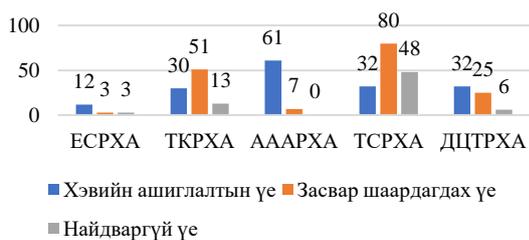
9-р зураг. Гэмтэл гарсан хэсгүүдийн ангилал (2021 он)

2021 онд гарсан гэмтэл реле хамгаалалтын тоноглолоор нь ангилсныг харахад автомат, залгах таслах аппаратурын төхөөрөмжийн гэмтэл хамгийн олон 37 ш буюу төв корпусын тоноглолын тоо олон, тэдгээрийн хуучралттай холбоотой мөн хими цехэд суурилагдсан хятад микропроцессорийн релений гэмтэл нэмэгдсэн нь тухайн релений чанараас хамаарч байна. ПСЭН, СЭН-н давтамж хувиргуурын сэнсний гэмтэл их байна. CLF-н контроллер, давтамж хувиргуурын гэмтэл ихэссэн нь CFC-100 контроллер, инверторын хуучралт, орчны халуун нөлөөлж байна.

Станцын техник эдийн засгийн үзүүлэлтэд нөлөөлдөг гол үзүүлэлт нь үндсэн тоноглолын зогсолт байдаг. 2021 онд генератор нь реле хамгаалалтын байгууламжийн ажиллагаанаас 4 удаа зогссон байна.



10-р зураг. Генераторын тасралт (2017-2021 он)



11-р зураг. Цахилгаан тоноглолын насжилт

Тоног төхөөрөмж шинэчилснээс гарах үр дүн

Микропроцессорийн SEL загварын релегээр шинэчлэн сольсноор цахилгаан тоноглолын хамгаалалтын буруу ажиллагаа, гэмтэл буурах, аваарын зогсолтын шалтгаан тодорхойлох, дүн шинжилгээ хийх үйл ажиллагаа үнэн зөв хийгдэх ба цаг хугацаа хэмнэх нөхцөл бүрдэнэ. Иймд сүүлийн үеийн микропроцессорийн релегээр насжилт өндөр болсон релег солих шаардлага гарч байна.

III. ДҮГНЭЛТ

“ДЦС-4”-ийн дотоод хэрэгцээний цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийн реле хамгаалалтын ажиллагааг сүүлийн 5-н жилээр харьцуулж, эдгээрээс 2021 оныг онцлон дүгнэлт хийв.

1. Төв корпусын цахилгаан тоноглолын гэмтлүүд нийт гэмтлийн 32,5%-г эзэлж байгаа нь тоноглолын тоо их, насжилттай шууд холбоотой байна. Эдгээр гэмтлүүд дээр тус тоноглолын РХА-ууд хэвийн ажиллагаатай байна.

2. Алслагдсан аж ахуйн цахилгаан тоноглолын хувьд хөдөлгүүр дээр гарах гэмтэл дийлэнх хувийг эзэлж байгаа бөгөөд 2021 оны байдлаар 2 удаа хамгаалалт буруу ажилласан нь механик фильтрийн угаалтын насос №1-ийн хамгаалалтын релений аналог оролтын хэсгийн мэдрэх элементүүдэд алдаа гарсан байна. Мөн хими цехийн цахилгаан тоноглолууд дээр суурилуулсан Хятад улсад үйлдвэрлэгдсэн микрпроцессорийн реленүүдэд

гэмтэл ихэссэн байгаа нь релений чанараас шалтгаалж байна.

3. Тоосон системийн цахилгаан тоноглолуудад гарсан гэмтлүүдийн ихэнх нь CLF /түүхий нүүрс тэжээгч/-д гарсан гэмтэл эзэлж байна. CLF-н ачаалал мэдрэгч датчик, CLF-н хуслагчийн хөдөлгүүр, CLF-н инверторийн хөргөлтийн сэнс гэмтсэн зэрэг гэмтлүүд сүүлийн жилүүдэд ихэссэн судалгаагаар харагдав.

4. ДЦС-4-н дотоод хэрэгцээний РХА-д гарч байгаа гэмтлүүд нь станцын үндсэн болон туслах тоноглолын ажиллагаанд шууд нөлөөлж байгаа тул гэмтлийн судалгааг давхар хийснээр РХА-ын найдвартай ажиллагаанд чухал ач холбогдолтой. ДЦС-4-н дотоод хэрэгцээний РХА-ын насжилтын судалгаанаас харахад тоноглолын хуучралт, Хятад микропроцессорийн релений гэмтэл нэмэгдсэн, тоноглолын ажиллагаа, технологийн онцлог, тоноглолын ажиллах орчин, нөхцөлөөс РХА-ын найдвартай ажиллагаа хамаарч байгаа тул насжилт дууссан тоноглол, РХА-ын байгууламжийг шинэчлэх шаардлагатай байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Л.Энхбаатар. ДЦС-4 ТӨХК-ийн реле хамгаалалтын байгууламжид суурилагдсан микропроцессорийн релений ашиглалтын түвшин. УБ 2017 он.
- [2] Ч.Бадрах, “ДЦС-4-ын дотоод хэрэгцээний тоноглолын реле хамгаалалт, автоматикийн судалгаа ба тэдгээрийг боловронгуй болгох нь” УБ 2015 он.
- [3] Б.Батгал, М.Баттулга. “ДЦС-4” ТӨХК-ийн цахилгаан тоноглолын гэмтэл ба насжилтын судалгаа. “Эрчим хүч-100” оюутны эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл – 2022. 39-41 хууд.
- [4] “ДЦС-4” ТӨХК 2021 оны Цахилгаан цехийн тайлан
- [5] “ДЦС-4 “ДЦС-4” ТӨХК 2016-2021 оны Цахилгаан цехийн насжилтын судалгаа. УБ 2021 он.
- [6] Д.Батзориг, Г.Мөнхтөр. Эрчим хүчний салбарын реле хамгаалалт, системийн автоматикийн талаар баримтлах бодлогын баримтлах бодлогын баримт бичиг. УБ 2019 он. 5-10 хууд.

УХААЛАГ ТООЛУУРЫН АВТОМАТ УДИРДЛАГЫН СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА

Магистр оюутан : Б.Дагираза*

Удирдагч: Доктор (Ph.D), проф. Б.Сэргэлэн*

*Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

Хураангуй. Ухаалаг цахилгаан тоолуур дээр суурилсан хэмжигдэхүүний дэд бүтцийн дэвшилтэд систем (AMI) автомат тоолуурын систем (AMR) нь хэрэглэгчдэд цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээний мэдээллийг илүү нарийвчлан өгч, цахилгаан эрчим хүч хэмнэх зорилгод хүрэхийн тулд цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээгээ илүү сайн удирдах боломжийг олгодог.

Түлхүүр үг. Ухаалаг тоолуур, AMR, AMI систем

I. Оршил

Ухаалаг цахилгаан тоолуур нь ухаалаг цахилгаан сүлжээний мэдээлэл цуглуулах үндсэн тоног төхөөрөмжүүдийн нэг юм. Энэ нь цахилгаан эрчим хүчний параметруудийн анхдагч өгөгдөл олж авах, хэмжих, дамжуулах ажлыг хариуцдаг бөгөөд мэдээллийг нэгтгэх, дүн шинжилгээ хийх, оновчлох, мэдээлэл танилцуулах үндсэн суурь болно. Ухаалаг тоолуур нь уламжлалт цахилгаан тоолуурын үндсэн хэмжих функцээс гадна янз бүрийн түвшний хоёр талт тоолуур, хэрэглэгчийн хяналтын функц, янз бүрийн горимын хоёр талын өгөгдөл дамжуулах функц, бусад функцүүдтэй болон ухаалаг функцүүд, ухаалаг цахилгаан сүлжээний сэргээгдэх эрчим хүчинд дасан зохицох зэрэг давуу талуудтай юм. Цахилгаан түгээх компаниудад ухаалаг тоолуур ашигласнаар эрчим хүчний сүлжээний хяналт, менежментийг бэхжүүлэн, алдааг илүү хурдан илрүүлж цаг тухайд нь хариу өгөх боломжтойгоос гадна цахилгаан эрчим хүчний өгөгдөл цуглуулах, хэмжих, дамжуулах өндөр найдвартай, нарийвчлал сайтай болох юм.

IEC61968 стандартаар УБЦТС ХК-д хэрэгжүүлж буй тоолуурын системүүд

-Chint Electrics компанийн [8] DDSI666 AMR систем

-Shenzhen Star Instrument компанийн DDSF-36C and DDS26D AMR систем

-Shenzhen Clou Electrics компанийн CL7100 AMI систем

-Алсын зайнаас тоолуурын мэдээллийг авах автомат систем

Алслагдсан цэгүүд дэх ХАЦ-н тоолуурын систем:

-Алслагдсан цэгүүд дэх 6-35/0.4кВ дэд станцуудын ХАЦЭХ-ний тооцооны тоолуураас заалт авах, хяналт хэмжилт хийх зэрэг өдөр тутмын үйл ажиллагааг гүйцэтгэхэд хүн хүч, машин техник, түлш шатахууны зардал их зарцуулдаг.

-Эхний ээлжинд туршилтаар Улаанбаатар хотоос алслагдсан Лүн, Баянцогт, Атар, Нөхөрлөл, Налайх зэрэг хөдөө орон нутгийн 169 дэд станцын ХАЦ-н тоолуурт GPRS модем суурилуулан ашиглаж байгаа бөгөөд одоогоор зүгшрүүлэлтийн ажил явагдаж байна.

DDSI666 AMR тоолуурын систем

-2012 оноос PLC буюу хүчний шугам ашиглан хянах, удирдах боломж бүхий DDSI666 AMR (AMR- Automatic Meter Reading System) ухаалаг тоолуурын системийг нэвтрүүлсэн.

-Уг системд БНХАУ-н Chint компанид үйлдвэрлэсэн 1029 ширхэг DDSI666 ухаалаг тоолуур болон 4 ширхэг DJGZ23 - ZTY666 / GPRS/GSM, PLC/ мэдээлэл цуглуулах, нөөцлөх төхөөрөмж (концентратор) ашиглаж байгаа.

-Холболтын бүтэц нь хүчний шугамаар буюу PLC технологиор тоолуураас концентратор мэдээлэл авч цааш системийн сервер лүү GPRS сүлжээ ашиглан дамжуулдаг.

DDSF-36C and DDS26D AMR тоолуурын систем

- 2014 оны 07 сараас мэдээлэл дамжуулах RS-485 шугам болон PLC хослуулсан “DDSF36C электрон тоолуураас мэдээлэл авах болон DDS26D ухаалаг тоолуурыг хянах удирдах” системийг нэвтрүүлсэн. Үүнд 440 ширхэг DDSF36C электрон тоолуур болон 236 ширхэг DDS26D [9] ухаалаг тоолуур, 150 ширхэг тоолуурын мэдээлэл цуглуулах дамжуулах төхөөрөмж/коллектор/, 4 ширхэг DJGZ23-STAR2202 / GPRS/GSM, PLC/ мэдээлэл цуглуулах, нөөцлөх төхөөрөмж (концентратор) суурилуулсан.

- Холболтын бүтэц нь тоолуураас щит дотроо RS-485 шугамаар коллектортой холбогдоно. Коллектор RS-485 ирсэн сигналыг PLC сигнал болгон концентраторт дамжуулна. Концентратор мэдээллийг цааш системийн сервер үрүү GPRS сүлжээ ашиглан дамжуулдаг.

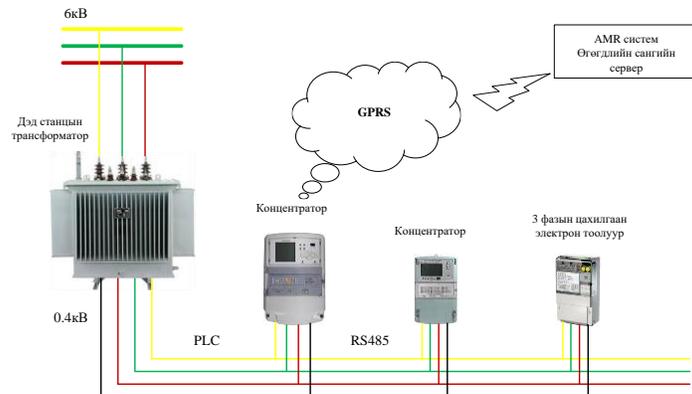
CL7100 AMI тоолуурын систем

-2014 оны 06 сараас мэдээлэл дамжуулах RS-485 шугам ашиглан хянах, удирдах боломж бүхий CL7100AMI (AMI- Advanced Metering Infrastructure) ухаалаг тоолуурын системийг нэвтрүүлсэн.

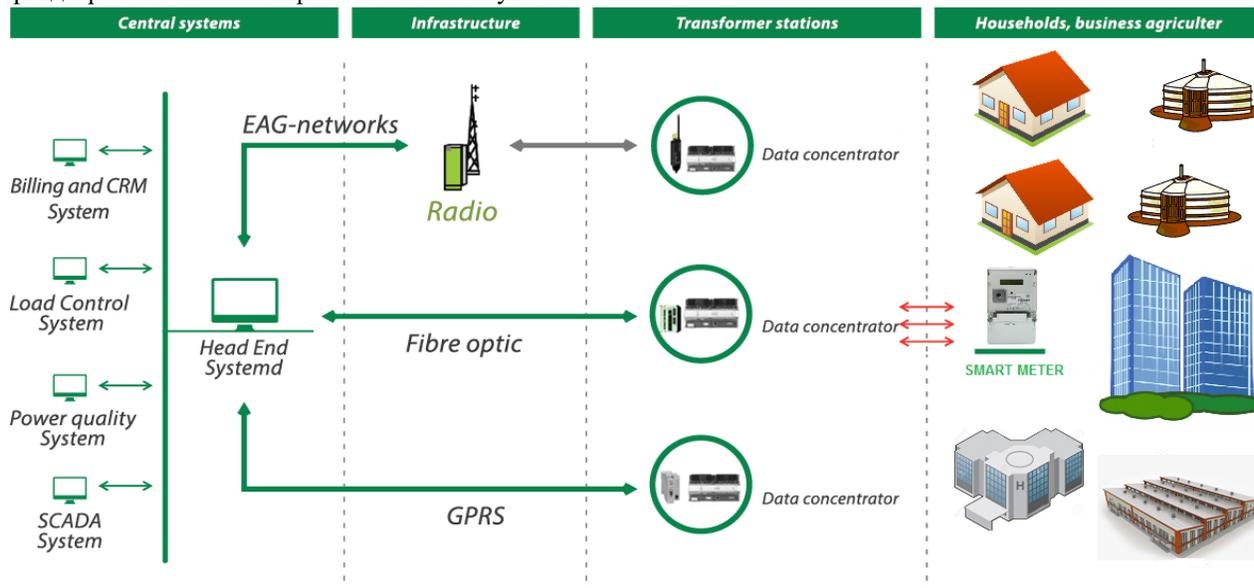
-Уг системд БНХАУ-н Shenzhen Clou компанид үйлдвэрлэсэн 2869 ширхэг CL710K1 ухаалаг

тоолуур болон 20 ширхэг CL818C9 / GPRS/GSM, RS485/ мэдээлэл цуглуулах, нөөцлөх төхөөрөмж (мини концентратор) суурилуулан ашиглаж байна.

-Холболтын бүтэц нь RS-485 дэд бүтэц үүсгэн тоолуураас концентратор мэдээлэл авч цааш системийн сервер лүү GPRS сүлжээ ашиглан дамжуулдаг.



Зураг.1 AMR систем



Зураг.2 AMI систем

II. Тоолуурын судалгаа.

Одоогийн байдлаар УБЦТС ТӨХК-ний хувьд 390 шахам мянган хэрэглэгч буюу Монгол улсын нийт хүн амын 50 орчим хувийг цахилгаан эрчим хүчээр хангаж ажилладаг. Улаанбаатар хотын хэмжээнд ухаалаг тоолуурын систем нэвтрүүлснээр урьд нь хүний хийдэг байсан тоолуурын өгөгдлүүдийг тэмдэглэх, цуглуулах, дамжуулах, өгөгдлүүдийг ангилан сан үүсгэх, хайлт хийх зэрэг үйлдлийг

бүрэн автоматжуулан хүний хүчин зүйлээс үүсдэг байсан хүндрэлүүдийг үгүй болгосон. Уг үйл ажиллагааг операторын түвшинд систем хийх болсноор зарцуулдаг цаг хугацаа, зардал ажиллах хүч хэмнэгдэнэ.

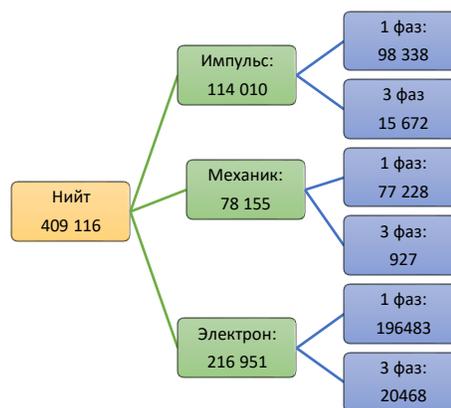
Хүснэгт.1 Хэмнэлт зардал

Бүх импульс болон механик тоолуурыг ухаалаг тоолуураар сольсноор баталгаажуулалтаас хэмнэх боломжтой зардлын тооцоо

Тоолуурын төрөл	Баталгаажуулалтын төлбөр /₮/	Тоо хэмжээ /ширхэг/	8 жилд баталгаажуулах тоо /удаа/	Баталгаажуулалтын зардал /8 жилд ₮/	Баталгаажуулалтын зардал /жилд ₮/
Механик	23,173	78,155	1	1,811,085,815	226,385,726
Импульс	9,845	114,010	2	2,244,856,900	283,029,825
Ухаалаг	13,860	216,951	1	3,006,940,860	375,867,607
Баталгаажуулалтаас хэмнэх зардал				1,049,001,855	133,547,944

Хүснэгт.2 Хэрэглэгчдийн болон тоолуурын тоо

Хэрэглэгчийн тоо	2019 он	2020 он	2021 он
АЖ АХУЙН НЭГЖ	17 895	18 797	20 297
ГЭР ХОРООЛОЛ	160 084	165 484	175 363
ОРОН СУУЦ	180 084	189 663	193 235
НИЙТ	358 063	373 944	388 895



III. Тоолуурын нэгдсэн системийн судалгаа

Тоолуурын систем буюу AMR system (Automatic Meter Reading) гэдэг нь тодорхой төлөвлөлт, зарчимд үндэслэн холбосон хэсэг бүлэг тоолуурын мэдээллийг холбооны ямар нэг систем (шилэн кабель, LAN сүлжээ, GPRS, радио долгион, суурин утасны сүлжээ гэх мэт) ашиглан тухайн тоолуур буюу хэмжих хэрэгслүүдийн (цахилгааны, усны, хийн гэх мэт) төлөв байдал, хэмжсэн буюу тоолж байгаа зүйлийн хэмжээний тухай өгөгдлийг тоолуурын системийн мэдээлэл цуглуулан анхан шатны боловсруулалт хийх завсрын төхөөрөмж болох IED/modem эсвэл RTU ашиглан төв серверт цуглуулан урьдчилан боловсруулсан программ хангамжаар тухайн өгөгдлүүдэд шаардлагатай хувиргалт, боловсруулалтыг хийсний дараа шинжилгээ, дүгнэлт хийж эцсийн тайлан гаргах цогц системийг ойлгоно. AMR систем нь 2 төрлийн программ хангамжаас бүрдэж ажиллана:

1. AMR manage system /тоолуур, концентраторуудын мэдээллүүдийг бүртгэх /
2. AMR reading system /тоолуур, концентраторуудын мэдээллүүдийг унших, удирдах программ хангамж /

Гурван фазын цахилгаан тоолуур шалгах томъёо
[1]

$$P_a = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos\varphi$$

P_a – Чадал, кВт

I – Гүйдэл, А

U – Хүчдэл, В

$\cos\varphi$ – Чадлын Коэффициент

Дээрх 2 программ хангамж нь нэгдэж тоолуурын мэдээллийг авах, удирдах үйл ажиллагааны цогц болно. Цахилгаан эрчим хүчний тоолуурын системийг түүний үүрэг зориулалтаас нь хамааруулан ерөнхийдөө дараах 3 түвшинд ангилж үзнэ. Үүнд:

1. Эх үүсвэр болон дамжуулах сүлжээний түвшний
2. Түгээх сүлжээний түвшний
3. Тухайн үйлдвэр, аж ахуйн газрын түвшний

Дээрх 3 түвшнийг мөн үүрэг зориулалтаас нь хамааруулан техникийн хяналтын ба тооцооны тоолуурын системд ангилж үзэх бөгөөд манай улсад дээр дурдсан 2 ба 3-р түвшний тоолуурын системийг байгуулах оролдлогууд хийгдэж эхэлсэн байна.

IV. Гурван фазын цахилгаан электрон тоолуурт тооцоо, хэмжилт хийх

$$P_T = \frac{3600 \cdot K_T}{C \cdot t}$$

P_T – Тоолуурын хэмжиж буй чадал, кВт

3600 – Тогтмол тоо

C – Тоолуурын дискний нэгж хугацаан дахь эргэлтийн тоо, Эрг/мин

t – Хугацаа, сек

K_T Гүйдлийн трансформаторын Коэффициент



Зураг 3. 380В тоолуур

Бодолт.

$$P_{ач} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{дунд} \cdot \cos\phi = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 11,3 \cdot 0,76 = 5,6 \text{ кВт, ц}$$

Өгөгдөл Жишээ бодлого:

Тоолуурын марк: DTSD111
Хүчдэл: 380В

А фазын гүйдэл: 15А (анхдагч)
В фазын гүйдэл: 8А (анхдагч)

С фазын гүйдэл: 11А (анхдагч)
Тоолуурын тогтмол: 5000 имп/кВт.ц

Гүйдлийн трансформаторын коэф: 150/5

Импульс анивчилтын хоорондох хугацаа: 3.8 секунд

Чадлын коэф /COSφ/: 0.76

Салхит Фидерийн станцуудын өвлийн ачааллын хэмжилт 12 сарын 20 өдрийн 18:00-19:00 цагийн байдлаар

Хүснэгт.2 Өвлийн ачаалал

Дд	Фидер	ТП-ны төрөл	ТП-ны дугаар	0.4 кВ талын эзэмшил	Тр чадал кВА	Ачаалал /А/				Хүчдэл (В)				Тр-рын хэвийн ачаалал (А)	Авч байгаа ачаалал (А)	Ачааллаж буй хувь
						Ia	Ib	Ic	Io	Ua-o	Ub-o	Uc-o	Uав			
1	Салхит	КТПН	5644	Гадны	100	60	64	69	19	225	227	220	387	145	45	31%
2	Салхит	АТП	1844	Гадны	63	0	0	4	1.7	230	228	229	386	91	1	1%
3	Салхит	КТПН	2494	Гадны	100	36	36	29.2	16.9	226	228	229	389	145	23	16%
4	Салхит	АТП	1818	Гадны	63	1.2	1.5	5.1	1.3	238	239	229	379	91	2	2%
5	Салхит	КТПН	3377	Гадны	63	19.3	21.3	9.1	8.3	223	215	223	375	91	11	13%
6	Салхит	КТПН	4407	Гадны	50	4.2	4.2	24	11.4	222	234	221	380	72	7	10%
7	Салхит	АТП	2258	Гадны	100	8	7	14	5	218	218	218	380	145	7	5%
8	Салхит	КТПН	1724	Гадны	63	8.09	6.14	20.38	5.8	225	220	219	369	91	8	9%
9	Салхит	КТПН	4595	Гадны	100	96.9	100.8	109.8	51.3	219	221	220	370	145	71	49%
10	Салхит	АТП	2855	Гадны	100	78	70	80	38.0	221	221	218	371	145	53	36%
11	Салхит	КТПН	3263	Гадны	100	12.8	9.6	52.8	12.5	220	221	218	381	145	17	12%
12	Салхит	КТПН	3481	Гадны	50	60.4	63.2	56.4	30	215	214	214	379	72	42	57%
13	Салхит	КТПН	3677	Гадны	63	10	8	1	2	220	220	219	379	91	4	5%
14	Салхит	КТПН	3304	Гадны	100	143.5	96.5	102	57	219	218	219	370	145	79	55%
15	Салхит	КТПН	4391	Гадны	250	13.2	16.2	16.8	7.3	220	221	221	368	361	11	3%

Дүгнэлт.

Ухаалаг цахилгаан тоолуур дээр суурилсан хэмжигдэхүүний дэд бүтцийн дэвшилтэд систем (AMI) автомат тоолуурын систем (AMR) нь тодорхой стандартыг хангасан бусад тоолууруудтай шууд холбогдон ажиллах

боломжтой тул нэг үйлдвэрлэгчээс хэт хамааралтай болох эрсдэл багатай.

Ухаалаг тоолуурын системийн өргөн боломжуудыг нэвтрүүлснээр цахилгаан түгээх компанийн үйл ажиллагаа оновчтой шуурхай болж үр ашиг эрс дээшлэн алдагдлын хувь бууран,

хэрэглэгчид үзүүлэх үйлчилгээ шинэ түвшинд гарч, шинэ боломжуудыг компанийн хувьд нээж өгнө.

Хэрэглэгчийн хувьд ухаалаг хэрэглээг дэмжих нь эргээд эрчим хүчний системийн үйл ажиллагаанд болон тэдгээрийн уялдаа холбоонд эерэг үр нөлөө үзүүлэх болно.

Ашигласан материал

1. Б.Сэргэлэн Л.Булгирмаа С.Энхтайван “Үйлдвэр, хот, төмөр замын цахилгаан хангамж, гэрэлтүүлгийн үндэс” 2020

2. З.Цэрэндорж Ц. Эрдэнэтуяа “Цахилгаан хангамж түгээлтийн үндэс” 1, 2
3. Илтгэлүүдийн эмхэтгэл “2019”
4. www.nrec.com.
5. Эрчим хүч хэмнэх үндэсний хөтөлбөр (2018-2022 он), Улаанбаатар, хуудас 9-12. Засгийн газрын 2017 оны 274 дүгээр тогтоолын хавсралт
8. <https://www.facebook.com/ChintbrendUB/>
9. <http://energytech.mn/products/48>
10. Цахилгаан тоноглол суурилуулалтын гарын авлага ОУЦТХ-ноос батлагдсан ЕС60364 стандартын дагуу

ДЕФИБРИЛЛЯТОРЫН АППАРАТЫН АШИГЛАЛТ, АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫН СУДАЛГАА

П.Жавхлан¹, Х.Сарангэрэл²

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, Цэргийн Төв Эмнэлэг

² Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны техникийн салбар
javkhaa027@gmail.com; sarangerel@must.edu.mn

Хураангуй— Дефибриллятор аппаратыг эмнэлгийн яаралтай тусламж болон эрчимт эмчилгээний тасагт ашигладаг бөгөөд уг аппарат нь цахилгаан цочролыг зүрхний булчинд тархмал, түр зуурын туйлирал үүсгэн жигд бус зүрхний цохилтыг хэвийн болгон улмаар үйл ажиллагааг сэргээх явцыг гүйцэтгэдэг юм. Шугаман байдал нь тэгшитгэлээс $R2=0.7515$ гэсэн утгатай шугаман функц гарч энэ нь үнэмлэхүй алдааны өсөлтийн коэффициентын утгын хамаарлыг харуулж байгаа бөгөөд ашиглалтын жилээс хамаарч аппаратын гаралтын үзүүлэлтүүд харилцан адилгүй, стандарт хазайлт нь ± 5 зөвшөөрөгдөх хязгаарт байв. Нэгдсэн болон төв эмнэлэгт хэрэглэж буй дефибрилляторын аппаратын ашиглалт, аюулгүйн байдлын талаар судлахыг зорилоо.

Түлхүүр үг— Зүрхний хэм алдагдал, анализатор, чанарын байдал

I. УДИРТГАЛ

Дефибрилляторын аппаратыг зүрх гэнэт зогсох болон хэм алдагдал, ховдлын фибрилляци, тахикарди зэргийг эмчлэх, амь нас аврах яаралтай тусламжийн үед ашигладаг. Зүрхэнд энергийн өндөр цохилт өгөх замаар хэм алдагдлыг арилгах гэнэтийн огцом цахилгаан цочрол нь булчингийн бүх ширхэглэгийг нэгэн зэрэг агшихад нөлөөлж зүрхийг хэвийн байдалд оруулдаг. Хүний зүрх 5 минут зогсоход тархи гэмтэж улмаар үхэлд хүргэдэг бөгөөд цорын ганц үр дүнтэй арга нь дефибрилляци хийх юм. ДЭМБ-аас гаргасан 2018 оны судалгаагаар зүрх, судасны өвчлөлийн нас баралтаар дараах улс орнууд тэргүүлж байгааг 1-р хүснэгтэд харуулж байна [1].

1-Р ХҮСНЭГТ. 2018 ОНЫ ДЭМБ-ЫН ЗҮРХ, СУДАСНЫ ӨВЧЛӨЛИЙН НАС БАРАЛТЫН СУДАЛГАА

Байр	Улс	Үзүүлэлт (100,000 хүн тутамд)
1	Туркменистан	379
2	Киргизстан	361
3	Йемен	345
4	Узбекистан	331
5	Украин	328
6	Молдав	322
7	Беларус	306
8	Казакстан	306
9	Сири	298
10	Азербайжан	293
17	Монгол	248

Иймээс зүрх судасны сэхээн амьдруулах эмчилгээний хамгийн чухал хэсэг болох зүрхний эмгэг өвчнийг эмчлэх дефибрилляторын аппаратуудын техник үзүүлэлтүүдийг харьцуулан, аюулгүй ажиллагааг тодорхойлж дүн шинжилгээ

хийлээ. Судалгаанд Монгол Улсын гуравдугаар шатлалын эмнэлэгт ашиглагдаж байгаа аппаратуудыг хамруулав [2].

II. АРГА ЗҮЙ

Зүрх, уушгины сэхээн амьдруулах тусламжийн үед CPR шахалтыг давтамжтай хийсний дараа зүрх зогссоныг баталгаажуулж, үр дүн үзүүлээгүй тохиолдолд дефибрилляторын аппаратыг ашиглана [3]. Аппаратын иж бүрдэлд өсгөх трансформатор, шулуутгагч, конденсатор, электрод зэргүүд ордог. 110-240 хүчдэлийг 5000В хүртэлх тохируулсан энергис хамааруулан өсгөж, тогтворжуулан конденсаторт хадгалан, цэнэг гадагшлуулах товчлуурыг дарж электродоор дамжуулан сонгогдсон энергийг өвчтөнд хүргэнэ [4]. Цочрол өгөх энерги нь 50-360 Жоуль байх бөгөөд дараах зүйлсээс хамаарна.

- Өвчтөний нас, эрүүл мэнд
- Хэм алдагдлын үргэлжлэх хугацаа, төрөл
- Ашиглаж буй аппаратын төрөл

Импульсийн энергийг чадлын муруйн интеграл дээр үндэслэн математик дундаж аргаар тодорхойлно. Дараах тэгшитгэлээр тооцоолно.

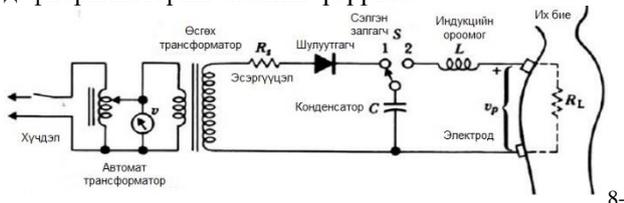
$$\text{Энерги} = E = \int P dt$$

$$\text{Чадал} = P = V^2/R \Rightarrow \int E = V^2 / R dt = \int V^2 dt / R \quad (1)$$

Энерги хадгалагдах хуулиар тусгаарлагдсан систем дэх нийт энергийн хэмжээ нь тодорхой цаг хугацааны турш тогтмол байдаг. Дефибрилляторын аппаратыг нэг болон хоёр фаз гэж ангилдаг. Хоёр фазын долгионыг ашигласнаар дефибрилляторын аппаратын эмчилгээний үр дүнг нэмэгдүүлж, ховдлын дефибрилляцийг арилгахад энерги бага шаарддаг учраас орчин үед хамгийн түгээмэл дефибрилляторын аппаратын төрөл болон хөгжсөн [6]. Хоёр туйлт

дефибрилляцийн долгионы хэлбэрийг нэвтрүүлснээр цочролын өмнөх түр зогсолт багассан тул цэнэглэх хугацааг ойролцоогоор 8 секундээс 2 секунд болгон бууруулсан.

Дефибрилляторын аппарат нь тэжээлийн эх үүсвэр, трансформатор, шулуутгагч, конденсатор, унтраалга, электрод зэрэг бүрэлдэхүүн хэсэгтэй. 1-р зурагт дефибрилляторын схемийг үзүүлжээ.



1-р зураг. Дефибрилляторын схем

Дефибрилляторын аппарат нь RLC саармагжуулсан хэлбэлзлийн цэнэгийн зарчмын дагуу цахилгаан дефибрилляцийг гүйцэтгэдэг. Цэнэглэх гүйдэл нь:

$$i(t) = \frac{u}{\sqrt{\alpha^2 - 1}} \sqrt{\frac{L}{C}} \exp[\alpha(t/\sqrt{LC})] \sinh(\sqrt{\alpha^2 - 1} t/\sqrt{LC})$$

$$\alpha = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (2)$$

Дефибрилляторын анализаторын хэмжилт, тохируулгыг тодорхойлохын тулд дефибрилляцийн энергийн харьцангуй алдааг дараах байдлаар тооцоолно:

$$\delta = \frac{E - E_0}{E} \times 100\% \quad (3)$$

Үүнд: E- энергийн гаралт, E₀ - хэмжсэн утга

Гаралтын хүчдэлийн оргил нь ойролцоогоор 1000 – 2000 вольтын хооронд байдаг. Оргил гүйдэл нь ойролцоогоор 30А (эрэг болон сөрөг гүйдэл зэрэгцэн оршино) [7][8]. 2-р хүснэгтэд дефибрилляторын аппаратын гаралтын үндсэн үзүүлэлтийг харуулав.

2- Р ХҮСНЭГТ ШАЛГАХ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

№	Хэмжилтийн үзүүлэлтүүд	Хэмжих нэгж	Утга
1	Энерги	Ж	0-360
2	Ачааллын эсэргүүцэл	Ом	50
3	Цэнэг алдалтын хугацаа	м/сек	6–8
4	Хүчдэл	В	0-5000
5	Гүйдэл	А	0-100
6	Цэнэг авах хугацаа	сек	0-10

Монгол улсад олон улсаас гаргасан стандартаар аппаратын хэвийн ажиллагаа, аюулгүй байдлыг хангах зорилгоор 3 төрлийн шалгалт хийгддэг байна. Үүнд:

1. Чанар: Их бие, тэжээл, холболтын кабель, шуугианы хамгаалалт, удирдлагын хэсэг, цэнэглэгч, батарей, нэмэлт хэрэгслүүд зэргийг бүрэн

ажиллаж байгаа эсэх зэрэг 10-40 хүртлэх үзүүлэлтээр шалгадаг.

2. Тоон үзүүлэлт: Аппаратын цахилгаан хэмжигдэхүүний тоон үзүүлэлт хэвийн хэмжээнд байгаа эсэхийг шалгана.
 - Газардуулгын эсэргүүцэл
 - Их биеийн цахилгааны алдагдал
 - Электродын алдагдал
 - Гаралтын энерги
 - Электро-кардиографи, синхрончлолын ажиллагаа
3. Долгионы шинжилгээ Цочроох үеийн долгионы хэлбэр, давтамжийн хэмжээг шалгах [9].

III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Судалгаанд 5 улсад үйлдвэрлэсэн 10 төрлийн 1-15 жил ашиглагдаж буй давхардсан тоогоор 30 ширхэг дефибриллятор аппаратуудыг хамруулсан бөгөөд 3-р хүснэгтэд аппаратуудын техник үзүүлэлтийг харьцуулан харуулсан болно. Хувьсагчид статистик хамааралтай үед тэдгээрийн хоорондын нөлөөлөл, хувирч өөрчлөгдөх зүй тогтлыг регрессийн шинжилгээний аргаар тодорхойлдог. Хэмжилтийн үр дүнг боловсруулах үндсэн аргын нэг нь түүврийн арга юм. 3-р хүснэгтэд харуулснаар гаралтын хэмжилтийн утгуудыг судалгааны түүвэр гэж авч үзсэн. Математик статистик нь санамсаргүй үзэгдлийг загварчлах асуудлыг авч үздэг. Урьдчилан мэдэгдэж буй у-ийг хамааран хувьсагч, у хувьсагчийг тодорхойлоход хэрэглэгдэж буй х-ийг үл хамааран хувьсагч гэж сонгосон. Судалгаанд хамрагдсан хүчин зүйлсийн хоорондын статистик хамаарлыг байгуулахын тулд дараах дарааллыг баримталсан [10].

- Үнэн зөв мэдээлэл, өгөгдлийг цуглуулах
- Өгөгдлүүдийг ашиглан хамаарлын хэлбэрийг тодорхойлж хамаарах ба үл хамаарах хувьсагчийн хоорондын холбоог илэрхийлэх
- Хамаарлын хүчин зүйлс, параметрийн үнэлгээг хийх

Статистик хамаарлыг судлах зорилгоор хэмжилт хийн, $(x_i, y_i), i = 1, \dots, n$ гэсэн хоёр хэмжээст олонлогоос хийсэн түүврийн утгууд байгуулсан. Түүврийн $(x_i, y_i), i = 1, \dots, n$ утгуудыг тэгш өнцөгт координатын системд цэгээр дүрсэлж, хоорондоо жигд зайтай байрлах координатын шугамуудаар хуваах нөхцөлд үүсэх диаграмм буюу корреляцийн талбарыг мөн байгуулсан.

Судалгааг хийж гүйцэтгэхдээ аппаратууд үнэн зөв ажиллаж байгаа эсэхийг харьцангуй, үнэмлэхүй алдаагаар шалгаж, тоон боловсруулалтыг хамгийн бага квадратын арга, энгийн шугаман регрессийн шинжилгээг ашиглаж хийсэн. Шугаман байдал нь тэгшитгэлээс $R^2=0.7515$ гэсэн утгатай шугаман функц гэрч энэ нь үнэмлэхүй алдааны өсөлтийн коэффициентын утгын хамаарлыг харуулж байгаа бөгөөд ашиглалтын жилээс хамаарч аппаратын

гаралтын үзүүлэлтүүд харилцан адилгүй байгааг харуулж байна. Эмчилгээний чанарыг нэмэгдүүлэхийн тулд өдөр бүр, сар тутмын хуваарьт техникийн үзлэгийг тогтмол явуулж тохируулга, шалгалтад тэнцсэн аппаратыг хэрэглэж байх шаардлагатай байна. 3-р хүснэгтэд дефибрилляторын аппаратын 200 Жоуль энерги дэх гаралтын параметруудийн үр дүнг харууллаа.

Тооцооны хэсэг

Хэмжилтийг АНУ-д үйлдвэрлэсэн “Fluke” брэндийн “Impulse 4000DP” загварын анализатор ашиглан ачааллын эсэргүүцлийг 50 Ом, 200 Жоуль энергийн утгыг сонгож жоуль, хүчдэл, гүйдэл зэрэг параметруудийн хэмжилтийг хийсэн болно. Дефибрилляторын аппаратын ажилласан хугацааг энергийн зөрүүнээс нь хамааруулан түүврийн аргаар судалсан. y нь ажилласан хугацаа /жилээр/, x нь аппаратын гаралтын энерги зөрүүг /жоуль/ санамсаргүй түүврийн аргаар сонгосон. Нийт түүврийн тоо $n = 30$, судалгаанд хамрагдсан дефибрилляторын аппаратын дундаж гаралтын зөрүү $\bar{x} = 8.96$ жоуль, дундаж ажилласан жил $\bar{y} = 7.5$ байна.

3-Р ХҮСНЭГТЭД 200 ЖОУЛЬ ЭНЕРГИ ДЭХ ГАРАЛТЫН ХЭМЖИЛТИЙН УТГА

№	Загвар	Ажилласан жил	Хэмжсэн утга		Үнэмлэхүй алдаа
			Жоуль	Гүйдэл	
1	Beneheart D3	1	194.8	49.9	5.2
2	Beneheart D3	1	194.4	50.6	5.6
3	Beneheart D3	2	193.9	27.3	6.1
4	Beneheart D3	2	193.6	27.4	6.4
5	Beneheart D3	2	193.2	27.5	6.8
6	Beneheart D3	2	192.9	28.3	7.1
7	Defigard 5000	3	192.7	41.3	7.3
8	Defigard 5000	4	192.6	27.3	7.4
9	Defigard 5000	4	191.5	50.7	8.5
10	Defigard 5000	5	191.2	27.2	8.8
11	Defigard 5000	5	192.1	35.9	7.9
12	Defigard 5000	5	190.2	45.7	9.8
13	HD8000	6	191.7	45.8	8.3
14	HD8000	6	189.9	50	10.1
15	HD8000	6	189.8	45.7	10.2
16	DM7000	7	190.6	27.2	9.4
17	Defix200	8	189.3	27.2	10.7
18	Defix200	8	190	50.2	10
19	PT9000D	10	189.8	50.2	10.2
20	PT9000D	10	190.5	50.3	9.5
21	PT9000D	10	190.2	50.7	9.8

22	M series	12	189.7	41.3	10.3
23	M series	12	189.6	50	10.4
24	M series	12	189.7	41.2	10.3
25	Lifepak12	13	189.4	42.1	10.6
26	Lifepak13	14	189.3	49.8	10.7
27	Lifepak14	14	190.5	40.9	9.5
28	Lifepak15	14	189.7	40.5	10.3
29	Lifepak16	15	189.6	40.8	10.4
30	Lifepak17	15	188.8	40.8	11.2

График 1-т шугаман регрессийн аргаар 8 нэр төрлийн 30 нэгж дефибрилятор аппаратуудыг үнэмлэхүй алдааг ажилласан жилтэй харьцуулан тооцооллоо. Үр дүнгээс харахад ашиглалтын жил ихсэх тусам үнэмлэхүй алдаа нэмэгдэж байгааг харуулж байна. Өөрөөр хэлбэл 5 жилээс дээш насжилттай аппаратуудын батарей нурсан, электрод, дагалдах хэрэгслийн элэгдэл, тохируулга шалгалтад хамрагдаагүй зэргүүд нөлөөлж байна гэж үзэж байна [11].

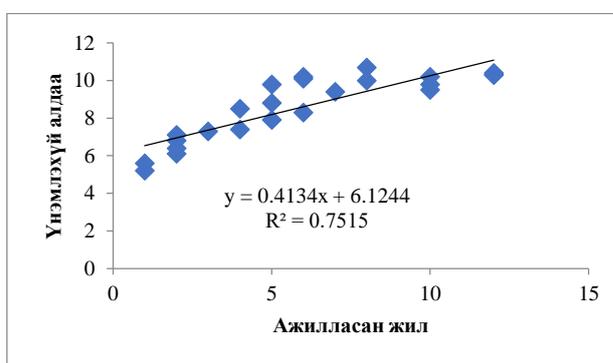


График 1. Шугаман регрессийн шинжилгээ

ДҮГНЭЛТ

Дефибрилляторын аппаратын үр дүнтэй, аюулгүй байдлыг хангахын тулд тэдгээрийн гаралтын энергийн түвшин тогтмол байлгах бөгөөд жилд 1 удаа дефибрилляторын анализаторын тусламжтайгаар гаралтын параметрууд стандарт хангасан аппаратыг эмчилгээ, үйлчилгээнд ашиглаж болно. Хэрэв өвчтөнд

өгөх энергийн хэмжээ урьдчилан тогтоосон хэмжээнээс хэлбэлзэж байвал эмчилгээний үр дүнд нөлөөлж улмаар өвчтөнд аюултай нөхцөл байдал үүсгэх эрсдэлтэй байдаг. Эмнэлгийн практикт өргөнөөр ашиглагддаг 200 Жоулийн энергийг сонгож хэмжилт хийхэд гаралтын дундаж зөрүү 8.96 Жоуль, корреляцийн коэффициентын утга $R2 = 0.7515$ байгаа нь хамаарлын хүч их, ажилласан жил нэмэгдэх тусам аппаратын гаралтын зөрүү өсөх нь харагдаж байна. Аппаратын насжилт 75 хувиар нөлөөлж байна. Цаашид аппаратын хэвийн ажиллагаа, аюулгүй байдлыг хангахын тулд баталгаажуулалт, тохируулга хийж, үйлдвэрлэгчээс заавал солих шаардлагатай байдаг дагалдах хэрэгслүүд болох батарей, электрод зэрэг чухал хэрэгслүүдийг заасан хугацаанд шинэчилснээр аппаратын бэлэн байдлыг хангаж улмаар эмчилгээний үед гарч болох эрсдэлийг 50 хүртэл хувь бууруулах боломжтой гэж үзэж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1]. Монгол улсын үндэсний статистикийн хороо, Монгол улсын статистикийн эмхэтгэл, Улаанбаатар, 2021.
- [2]. Эрүүл мэндийн хөгжлийн төв, ЭМЯ, Эрүүл мэндийн үзүүлэлт, Улаанбаатар, 2021;8:92-93.
- [3]. Д.Энхзул, Г.Мөнхжаргал, Т.Амаргүвшин “Электроникийн үндэс” 2013.
- [4]. Д.Пүрэвдаш “Эмнэлгийн техник I” 2010.
- [5]. Trayanova N. (2005) “Defibrillation of the heart: insights into mechanisms from modelling studies”. *Experimental Physiology* 91(2):323-337.
- [6]. Gliner, B.E., et al. Transthoracic defibrillation of swine with monophasic and biphasic waveforms. *Circulation* 92:1634-1643, (1995).
- [7]. Tang, W., et al. The effects of biphasic waveform design on post-resuscitation myocardial function. *J American College of Cardiology* 43 (7): 1228-1235, (2004).
- [8]. Lerman, B, et al. Current-based versus energy-based ventricular defibrillation: a prospective study. *J American College of Cardiology* 12:1259-1264, (1988).
- [9]. Zelinka, M. et al., Comparison of five different defibrillators using recommended energy protocols. *Resuscitation* 3236, (2007).
- [10]. Achleitner, U, et al, Waveform analysis of biphasic externaltra defibrillators. *Resuscitation* 50: 61-70, (2001).
- [11]. Ч.Авдай, Д.Энхтуяа “Судалгаа шинжилгээний ажил гүйцэтгэх арга зүй” 2018 .

ДАМЖУУЛАХ СҮЛЖЭЭНИЙ УЛААНБААТАР БҮСИЙН ТООН РЕЛЕ ХАМГААЛАЛТЫН СУДАЛГАА

Б.Чинзориг^{1,2}, Ш.Баасансүрэн¹, WuSi Ha La^{1,3}, Xie Yong Xiang^{1,3}, М.Баттулга¹

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар

² Монгол улс, Улаанбаатар, ЦДҮС ТӨХК-ийн Улаанбаатар салбар

³ Xilinhot City, Xilingol League, Xilingol Vocational College

chinzoo0210@gmail.com, baasansuren@must.edu.mn

Хураангуй— Дамжуулах сүлжээний Улаанбаатар бүсийн шугамын реле хамгаалалт автоматикийн байгууламжийн өнөөгийн байдал, Микропроцессорийн реле хамгаалалт түүний ашиглалт, тоон релений боломжит функцүүд тэдгээрийн ашиглалт зэргийг судлахыг зорилоо. Мөн ашиглагдахгүй байгаа функцүүдээс Монгол улсад нэвтрүүлэх, улмаар найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх авах арга хэмжээг тодорхойлсон болно.

Түлхүүр үг— Тоон реле хамгаалалт, автоматик, РХА-ийн ашиглалт, тасралт, шинэчлэл

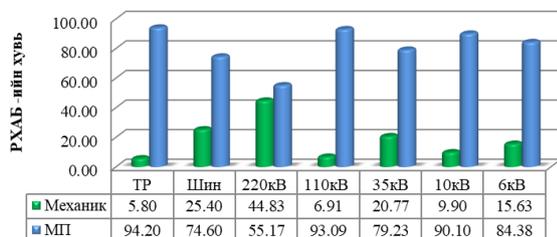
I. УДИРТГАЛ

Цахилгаан дамжуулах үндэсний сүлжээ (ЦДҮС) ТӨХК-ийн Улаанбаатар салбар нь Улаанбаатар хотын 8 дүүрэг, Төвийн бүсийн 16 суманд цахилгаан эрчим хүчийг дамжуулах үйл ажиллагаа явуулдаг. 220, 110 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ)-ын тойрог системд нийт 34 дэд станцын ашиглалт засвар үйлчилгээ болон тоноглолын найдвартай ажиллагааг ханган ажилладаг [1, 3]. Үүнд 220 кВ-ын 17 ш, 110 кВ-ын 323 ш, 35 кВ-ын 141 ш, 10 кВ-ын 646 ш, 6 кВ-ын 66 ш гаргалгаа шугамын реле хамгаалалт автоматикийн байгууламжийн өнөөгийн байдал, хамгаалалтын найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх, тоон реле хамгаалалтын ашиглалтын түвшнийг нэмэгдүүлэх боломж зэргийг судлахад тус судалгааны ажлын зорилго оршино.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Улаанбаатар салбарын реле хамгаалалт, автоматикийн байгууламжын өнөөгийн байдал

1. Улаанбаатар салбар (УБС)-ын реле хамгаалалт, автоматикийн байгууламж (РХАБ)-ийн ашиглалтад орсноос хойш 2022 он хүртэлх цахилгаан механик реле хамгаалалт болон микропроцессорын реле хамгаалалт руу шилжсэн шинэчлэлийг дараах графикаар харуулав.



1-р зураг. Улаанбаатар салбарын транзит шугамуудын РХАБ-ийн шинэчлэлийн хувь.

1-р зургаас харахад 220 кВ-ын транзит шугамын реле хамгаалалтын шинэчлэл нь 55,17%, 110 кВ-ын шугамын реле хамгаалалт нь 93,09% буюу хамгийн

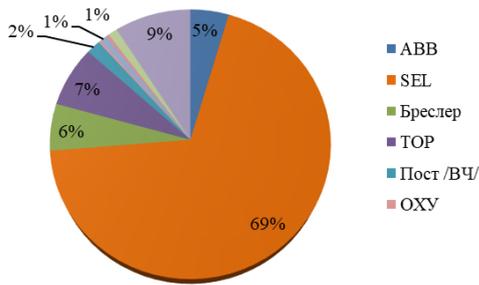
их байгаа нь харагдаж байна. Тоон реле хамгаалалт нь дараах давуу талуудтай [2]. Үүнд:

- Олон функц агуулдаг
- Аваарын бичлэг хадгалах, дүн шинжилгээ хийх
- Гэмтлийн зайг тодорхойлох
- Угсралт болон хоёрдогч хэлхээний холболтын хялбар схемтэй
- Овор хэмжээ багатай
- Хамгаалалт болон дохиоллын хэлхээг хамт шийдсэн
- РХАБ-ийн засвар үйлчилгээ багассан
- Ашиглалтын хугацаа өндөр
- Үйлдэл бүрийг бүртгэх боломжтой
- Бусад реле хамгаалалт, автоматжуулалтын төхөөрөмж (РХА)-ийн төхөөрөмжтэй уялдан ажиллах боломжтой
- Нэгдсэн нэг систем үүсгэн алсаас удирдах боломжтой
- Өөрөө өөрийгөө хянах боломжтой
- Үйлдэл бүрийг бүртгэх боломжтой гэсэн давуу талуудыг бүрдүүлж өгсөн байдаг.

Дутагдалтай талууд:

- РХА-ийн байгууламжийн блокууд гэмтсэн тохиолдолд засварлах боломжгүй
- Хамгаалалтын функц зэрэг ажилласан тохиолдолд зөвхөн сүүлд идэвхэжсэн функцийг харуулдаг
- Үнэ өртөг өндөр гэх зэрэг дутагдалтай талуудтай байдаг байна.

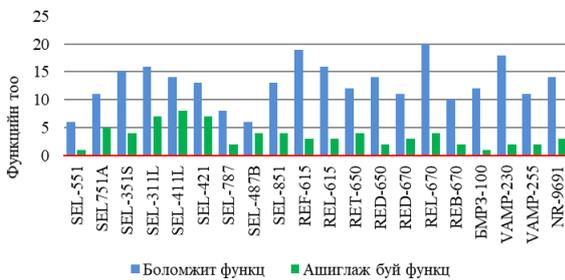
2. Улаанбаатар салбарын транзит шугамуудад дараах үйлдвэрлэгчдийн РХА-ийн төхөөрөмжүүдийг ашиглаж байна.



2-р зураг. Улаанбаатар салбарын транзит шугамаудад ашиглагдаж байгаа РХА-ийн төхөөрөмжүүдийн үйлдвэрлэгчид.

Дээрх графикаас харахад SEL фермийн РХА-ийн төхөөрөмж хамгийн их буюу 69%-ийг эзэлж байна. Энэ нь эрчим хүчний салбарын реле хамгаалалт, системийн автоматикийн 2019-2023 оны бодлогын нэг үйлдвэрлэгчийн реле хамгаалалт автоматикийн байгууламж нь тухайн үйлдвэр компаниудын реле хамгаалалт, автоматикийн байгууламжийн 50%-иас ихгүй байна гэсэн бодлого алдагдсан байгааг харуулж байна. Дамжуулах сүлжээний Улаанбаатар салбарт ашиглаж байгаа тоон реле хамгаалалтын терминалын ажиллагаанд байгаа болон ашиглагдахгүй байгаа функцүүдийг дараах хэсэгт авч үзье.

3. Дамжуулах сүлжээнд ашиглагдаж байгаа РХА-ийн байгууламжууд болон тэдгээрийн боломжит функцүүд [4-6].



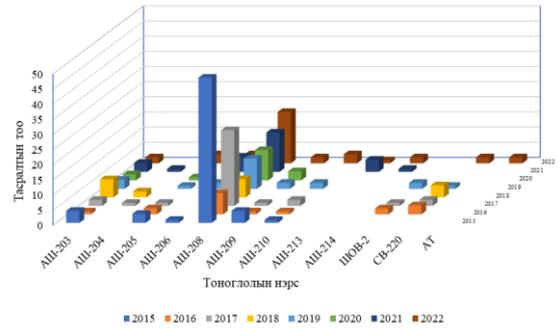
3-р зураг. Тоон реле хамгаалалтын боломжит функц болон ашиглагдаж буй функцний харьцуулалт.

1-р хүснэгт. Улаанбаатар салбарт ашиглагдаж буй тоон реле хамгаалалтын боломжит функцыг тоон утгаар харьцуулбал

Төрөл	SEL-551	SEL-751A	SEL-351S	SEL-311L	SEL-411L	SEL-421	SEL-787	SEL-487B	SEL-851	REF-615	REF-615	RET-650	RED-650	RED-670	REL-670	REB-670	БМР3-100	VAMP-230	VAMP-255	NR-9691
Боломжит функц	6	11	15	16	14	13	8	6	13	19	16	12	14	11	20	10	12	18	11	14
Ашиглаж буй функц	1	5	4	7	8	7	2	4	4	3	3	4	2	3	4	2	1	2	2	3
Ашиглалт, хувь	17%	45%	27%	44%	57%	54%	25%	67%	31%	16%	19%	33%	14%	27%	20%	20%	8%	11%	18%	21%

Дээрх хүснэгтээс харахад тоон реле хамгаалалтын ашиглалт хамгийн өндөр байгаа нь SEL-487B функц 67% байгаа ба ашиглалтын түвшин хамгийн бага байгаа нь ОХУ-н БМР3-100 реле 8% байна.

4. Тоон реле хамгаалалтаар тасарсан 220 кВ болон 110 кВ-ын тоноглолын тасралтын судалгааг харьцуулан үзье.

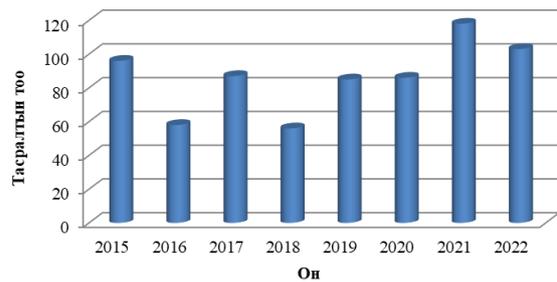


4-р зураг. Тоон реле хамгаалалтаар тасарсан 220 кВ-ын тоноглолын тасралтын сүүлийн 8 жилийн харьцуулалт

2-р хүснэгт. Тоон реле хамгаалалтаар тасарсан 220 кВ-ын тоноглолын тасралтын судалгаа

Он \ Нэр	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
АШ-203	4	1	2	6	3	2	3	2
АШ-204			1	2			1	
АШ-205	3	2	1		1	1		3
АШ-206	1			1	2	8	5	3
АШ-208	48	7	25	6	10	10	13	17
АШ-209	4	1	1		2	3		2
АШ-210	1	1	2		2			3
АШ-213							4	1
АШ-214							1	2
ШОВ-2		2	1		2			
СВ-220		3	2	4	1			2
АТ								2
Нийт	61	17	35	19	23	24	27	37

220кВ-ын тасралтын судалгааг өмнөх онуудтай харьцуулахад тасралтын тоо илүү байгаа боловч хамгаалалтын ажиллагаанд селектив бус тасралт 7 гарсан байна [7].

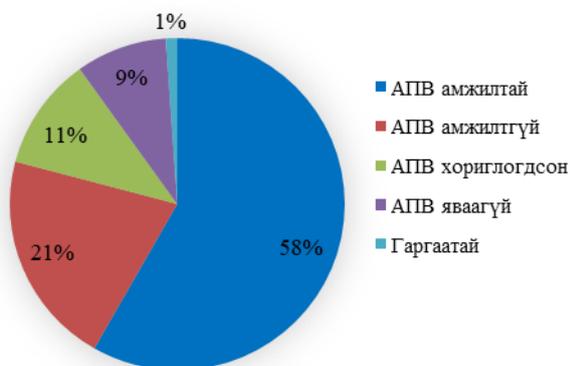


5-р зураг. 110 кВ-н шугам, тоноглолын тасралтын судалгаа, сүүлийн 8 жилээр.

110 кВ-ын тасралтын судалгаанаас харахад шугам тоноглолын тасралт жилд дунджаар 80-100 тасралт гарч байгаа нь харагдаж байна. Улаанбаатар салбар дамжуулах сүлжээний их тойрог болон бага тойргийн шугам тоноглолд тасралт гарснаар сүлжээний тогтвортой ажиллагаа алдагдах эрсдэлтэй. Энэ тохиолдолд найдвартай ажиллагааг хангах чухал үзүүлэлт бол автоматикийн ажиллагаа буюу тэр дундаа АПВ-ын ажиллагаа гол үүрэг гүйцэтгэнэ.

Тиймээс АПВ-ын ажиллагааг 2022 оны байдлаар судалж 5-р хэсэгт үзүүлэв.

5. Цахилгаан дамжуулах сүлжээний Улаанбаатар салбарын АПВ-ын ажиллагааг 2022 оны байдлаар судалж дараах зургуудад статик үзүүлэлтүүдийг харуулав.



6-р зураг. 110 кВ-ын АПВ-ын ажиллагаа, 2022 он.



7-р зураг. 110 кВ-ын АПВ-ын селектив бус ажиллагааны хувь

2022 оны 12-р сарын 1-ны байдлаар 110 кВ-ын тоноглолын 103 удаагийн тасралт гарсан үүнээс 7 удаагийн тасралт селектив бус гарсан байна. 110 кВ-ын тоноглолын АПВ 91%-ийн найдвартай ажилласан бөгөөд АПВ буруу ажиллагаа 9% байна.

ДҮГНЭЛТ

Дамжуулах сүлжээний Улаанбаатар салбарын тоон реле хамгаалалтын судалгаанаас харахад нийт реле хамгаалалт автоматикийн байгууламжийн 85% тоон реле хамгаалалтын байгууламж руу шилжсэн сайн талтай боловч нийт тоон РХА-ийн байгууламжийн 69% нь SEL фирмийн төхөөрөмж байгаа нь Эрчим хүчний салбарын реле хамгаалалт, системийн автоматикийн талаар баримтлах бодлогын баримт бичиг /2019-2023/-ийн 3.2.2-дахь заалтыг зөрчсөн байгаа нь харагдаж байна. Мөн тоон реле хамгаалалтын төхөөрөмжийн боломжит функцүүдийн ашиглалтын түвшин дунджаар 31% буюу бага байгаа нь харагдаж байна. Цаашид тоон хамгаалалтын терминалын ашиглалтын түвшнийг дээшлүүлэх, ашиглагдахгүй байгаа функцүүдийн ажиллагааны зарчим, тавил тохируулгыг судлан, боломжит функцүүдийг нэвтрүүлэх шаардлагатай гэж үзэж байна. Эрчим хүчний системийн транзит ЦДАШ-д гардаг гэмтлүүдийн 80%-ийг түр зуурын нэг фаз газартай богино залгаа эзэлдэг бөгөөд энэ тохиолдолд АПВ-ын найдвартай ажиллагаа нь сүлжээний тогтвортой ажиллагааг ханган ажиллах чухал автоматик болж өгдөг. Иймээс АПВ-н найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх шаардлагатай байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Н.Ичинхорлоо, Б.Тогтохжаргал М.Баттулга, “Дамжуулах сүлжээний Улаанбаатар бүсийн шугам, тоноглолын реле хамгаалалт автоматикийн судалгаа”. “ЭРЧИМ ХҮЧ-100” бакалавр, магистр, доктор оюутны эрдэм шинжилгээний бага хурал. Улаанбаатар, №22(4)292, 2022 он.
- [2] М.Баттулга, Д.Хосбаяр, Б.Даваасамбуу, “УБЦТС ТӨХК-ийн ашиглалтад буй цахилгаан тоноглолын гэмтэл ба реле хамгаалалтын судалгаа”, Эрчим хүч & engineering. Улаанбаатар, № 216, 2022 оны 2-р сар.
- [3] ЦДҮС “ТӨХК” Улаанбаатар салбарын реле хамгаалалт автоматикийн судалгаа. Улаанбаатар, 2022 он.
- [4] <https://www.nrec.com/>.
- [5] <https://library.e.abb.com/>.
- [6] <https://selinc.com/>.
- [7] <http://data.transco.mn/> (ЦДҮС “ТӨХК”-ий техник мэдээллийн сан)

ЦДҮС ТӨХК-ИЙН 110 КВ-ЫН ӨНДӨР АЧААЛАЛТАЙ БОГИНО ШУГАМУУДААР ХОЛБОГДСОН ТОЙРОГ СХЕМИЙН РЕЛЕ ХАМГААЛАЛТ, АВТОМАТИКИЙН НАЙДВАРТАЙ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ НЬ

Н.Ичинхорлоо^{1,2}, Б.Чинзориг^{1,2}, Б.Лхагвадэмбэрэл³, П.Түмэнгэрэл¹, М.Баттулга¹,

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

² Монгол улс, Улаанбаатар, ЦДҮС ТӨХК, Улаанбаатар салбар

³ Korea, Korea University, Green-School

Ichko_bpisd@yahoo.com, battulga@must.edu.mn, lkhagvademberelb@gmail.com

Хураангуй- ЦДҮС ТӨХК-ийн хувьд Улаанбаатар хотын өсөн нэмэгдэж байгаа цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг тасралтгүй, найдвартай, чанартай эрчим хүчийг дамжуулах үүргийн хүрээнд цахилгаан дамжуулах шугам, дэд станц, тоноглолын өргөтгөл шинэчлэлт, засвар үйлчилгээг хийж ажиллах үүрэгтэй. Сүлжээ өргөжин тэлэх хирээр хуучин системийг шинэ системд уялдуулах, найдвартай ажиллагааг нэмэгдүүлэх зайлшгүй шаардлага үүсдэг. Эдгээрийг шийдэхийн тулд дэвшилтэд техникийн шийдлийг ашиглах шаардлага тулгардаг. Гэвч хэрэглээг хангах үүднээс хотын төвийн хэсэг, шинэ суурьшлын бүсүүд, зарим томоохон хэрэглэгчдэд ойртуулж шинэ цахилгаан дамжуулах болон түгээх дэд станцууд, цахилгаан дамжуулах шугам сүлжээг төлөвлөн ашиглалтад оруулсан ч дэд станцуудыг холбосон 110 кВ-ын өндөр ачаалалтай тойрог сүлжээ үүссэн богино шугамуудын хувьд селектив ажиллагаа хангагдахгүй нөхцөл байдал хүрсэн. Иймээс энэхүү судалгааны ажлаар 110 кВ-ын өндөр ачаалалтай богино шугамуудын реле хамгаалалт автоматикийн селектив ажиллагааг хангах реле хамгаалалтын шийдэл болон түүнийг нэвтрүүлснээрээ системийн динамик тогтворжилтод хэрхэн нөлөөлөх нөлөөллийг судалсан болно.

Түлхүүр үг— найдваржилт, шийдэл, реле хамгаалалт, үндсэн хамгаалалт

I. ОРШИЛ

Улаанбаатар хотын цахилгаан хэрэглээ 2010 онтой харьцуулахад даруй 40,8% буюу 350-400 МВт ачаалал нэмэгдсэн. Айл өрхийн тоогоор 80-100 мянган өрхийн хэрэглээгээр нэмэгдсэн байна [4].

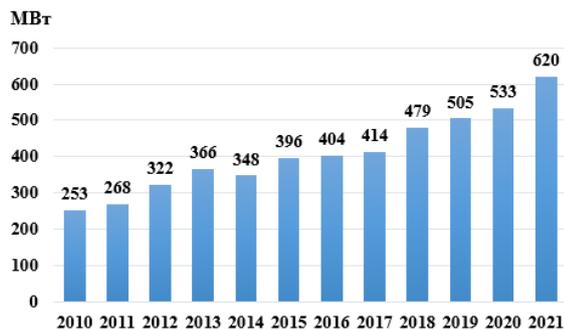
Өнөөдрийн байдлаар Улаанбаатар хотын хэмжээнд 220 кВ-ын 1 дэд станц баригдаж, 2 дэд станц дээр томоохон өргөтгөл хийж, 110 кВ-ын 18 шинэ дэд станц ашиглалтад орж дамжуулах сүлжээний суурилагдсан хүчин чадал 1000 МВт-аар /нэг хэлхээнд шилжүүлснээр/ нэмэгдсэн [6]. Эдгээр дэд станцууд нь байршлаасаа хамаарч өөр өөрийн онцлогтой схемээр ажиллах шаардлага үүсэж, тэдгээрт тохирсон реле хамгаалалт, автоматикийн шийдлүүдийг нэвтрүүлэх хэрэгтэй болсон.

Улаанбаатар хотын 110 кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээнд холбогдсон 5 үндсэн дэд станцууд (ИХБ-4), Дорнод-2, Улаанбаатар, Туул, ИХБ-3) нь 60 км цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ)-аар холбогдсон ба суурилагдсан ачаалал нь 350 МВт байна. Уг дэд станцуудыг холбосон 110 кВ-ын 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112-р богино шугамууд нь хэт өндөр ачаалал авах шаардлагатай болсон. Их хэмжээний ачаалал, богино шугамаар дамжих нөхцөл нь үндсэн хамгаалалтын сонгох чадвар, найдвартай ажиллагааг хангахад төвөгтэй нөхцөлийг үүсгэдэг. Иймд энэхүү төвөгтэй нөхцөлийг шийдэж реле хамгаалалтын найдвартай

ажиллагааг хангах оновчтой шийдлийг судлахыг зорьсон.

II. УЛААНБААТАР ХОТЫН ДЭД СТАНЦУУДЫН АЧААЛЛЫН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ

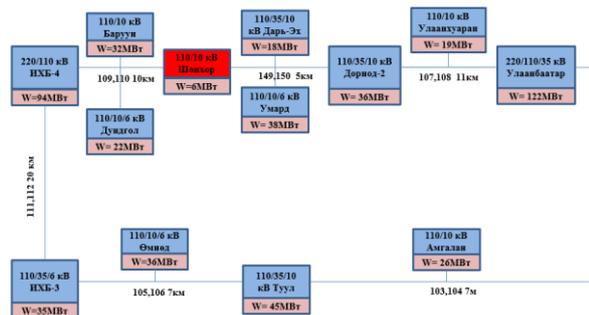
ЦДҮС ТӨХК-ийн Улаанбаатар салбарын суурилагдсан хүчин чадал 2475 МВА, хотын төвийн 8 дүүрэг, төвийн бүсийн аймгийн 16 суманд цахилгаан эрчим хүчийг дамжуулах үйл ажиллагаа явуулж, 220, 110 кВ-ын 1543,898 км ЦДАШ /нэг хэлхээнд шилжүүлснээр/, 34 дэд станцын ашиглалт, засвар үйлчилгээ болон найдвартай ажиллагааг ханган ажилладаг [6]. Улаанбаатар хотын хүн ам өсөн нэмэгдэж, барилга байгууламж, үйлдвэрлэл нэмэгдэж байгаа нь цахилгаан эрчим хүчний үүсгүүрийн дутагдал, найдвартай ажиллагаа, техникийн нөөц, техник технологийн болон боловсон хүчний эрэлт зэрэг олон зүйлд нөлөөлөл үзүүлж байгаа нь Улаанбаатар хотын 2010-2021 онуудын нийт ачааллын харьцуулалт (Зураг.1)-ээс харагдаж байна. Өсөн нэмэгдэж байгаа цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг хангахын тулд дэд станцууд, ЦДАШ-уудыг нэмэх шаардлагатай болсон [4].



Зураг 1. Улаанбаатар хотын ачааллын график (2010-2021)

Монгол Улсын Эрчим Хүчний Систем (МУЭХС)-ийн нийт ачааллын 1450 МВт буюу 75-80%-ийг Төвийн бүсийн нэгдсэн систем (ТБНС) дангаараа эзэлдэг. Харин ТБНС-ийн нийт ачааллын 600-650 МВт буюу 40-45%-ийг Улаанбаатар хотын ачаалал эзэлдэг [2].

Улаанбаатар хотын ачаалал өсөн нэмэгдэж байгаатай холбоотойгоор 110 кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээнд 110/10 кВ-ын 2х40 МВА суурилагдсан хүчин чадалтай Шонхор дэд станцыг ашиглалтад оруулсан (Зураг.2).



Зураг 2. 110 кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээнд холбогдсон дэд станцуудын ачаалал [4]

Улаанбаатар хотын 34 дэд станцын нийт 620 МВт орчим ачааллын 50-60%-ийн ачааллыг 110 кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээнд холбогдсон дэд станцууд авч байна [4]. Өөрөөр хэлбэл Улаанбаатар хотын нийт ачааллын дийлэнх хувийг хотын төв хэсгийн ачаалал эзэлж байна. Дамжуулах сүлжээний хүчдэлийн түвшний хувьд 110 кВ талдаа илүү ачаалал авч, 220/110кВ-ын ИХБ-4 болон 220/110/35кВ-ын Улаанбаатар дэд станцуудын Автотрансформаторууд нь чадал хувиарлалтанд онцгой үүрэгтэй оролцдог нь харагдаж байна (Зураг.3).



Зураг 3. Улаанбаатар хотын 110кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээнд холбогдсон дэд станцуудын ачааллын эзлэхүүн

110 кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээнд 110/10 кВ-ын Шонхор дэд станцыг холбох болсон давуу талууд нь:

- 220/110 кВ-ын ИХБ-4 дэд станцаас 110/35/10 кВ-ын Дорнод-2 дэд станцын хооронд холбогдсон 109, 110-р агаарын шугам (АШ)-уудаас 110 кВ-ын Дундгол, Умард, Баруун, Дарь-эх гэсэн ачаалал өндөртэй 4 дэд станц холбогдсон байсан. АШ-109, 110 шугамуудад засвар үйлчилгээ хийх, гэмтэл устгахад дээрх 110 кВ-ын 4 дэд станцын ачааллыг аль нэг шугамд шилжүүлэх шаардлага гардаг. Гэвч ихэнх тохиолдолд ачаалал нэг шугам дээр багтдаггүй байсан тул зарим хязгаарлалтуудыг хийх шаардлага үүсдэг. Харин 110/10 кВ-ын Шонхор дэд станц АШ-109,110 шугамыг хувааж холбогдсоноор ачаалал сэлгэлтийн дээрх асуудал шийдэгдсэн.
- 110 кВ-ын 109,110,149,150-р АШ-уудыг сэлгэж ажиллахад “Бага тойрог” сүлжээний найдвартай байдал хадгалагдаж, горим сэлгэлттэй холбоотой сэлгэн залгалтын тоо буурч шуурхай ажиллагааны хугацаа багассан.
- Дээрх 2 шугамын Селектив чадвар нэмэгдэж, эрчим хүчээр тасалдах хэрэглэгчдийн тоо буурсан.

110 кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээг холбодог 109,110-р АШ-уудын урт багасаж, богино залгааны үеийн гүйдэл нэмэгдэж, реле хамгаалалт автоматик (РХА)-ийн найдвартай ажиллагаа хангагдахад зарим хүндрэл үүссэн [2]. Өөрөөр хэлбэл үндсэн хамгаалалт болох өндөр хурдны логик хамгаалалт (ӨХЛХ)-ын зөвшөөрөх тавилын утга нь Зайн хамгаалалтын 3-р шатлал (ЗХ-III), Газардлагын гүйдлийн хамгаалалтын 4-р шатлал (ГХ-IV)-аас пуск хийж өөр хоорондоо зөвшөөрлийн дохио солилцож ажилладаг энэ хамгаалалтыг 5 км-ын урттай, дунджаар 90-100 МВт-ын ачаалал дамжуулдаг 110 кВ-ын шугам, дэд станцуудын өгөгдөл дээр РХА-ийн тавилын тооцоо селектив байдлыг хангахгүй болсон. Дээрх шугамаас холбогдсон 110 кВ-ын дэд станцуудын 6, 10 кВ талын богино залгааны гүйдлийн хэмжээ 110 кВ-ын ЗХ-III болон ЗХ-II шатлалыг давж байсан (Хүснэгт-1). Энэ нь 110 кВ-ын шугам дээр болсон богино залгааны гүйдэл, 6, 10 кВ-ын шин болон түүнтэй ойр болсон 3 фазын богино залгааны гүйдлийн утгатай маш бага зөрүүтэй байна (Хүснэгт-2). Иймээс 110 кВ-ын ЦДАШ-уудын РХА-ийн тавилыг тооцоход хүндрэлтэй болсон.

Digsilent PowerFactor программ дээр тооцсон 110 кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээнд холбогдсон дэд станцуудын тооцооллын үр дүнг харуулав (Хүснэгт-1,2)

Хүснэгт 1. 110кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээг үүсгэдэг шугамуудын ачаалал болон эсрэгүүдийн тооцоо [1]

д/д	Дэд станц	АШ-н марк тип	АШ-н нэр	АШ-н урт	Дамжуулж байгаа чадал	Шугамын эсрэгүүлэл
110/10 кВ-ын Шонхор дэд станцыг ашиглалтад орсны дараах өргил ачааллын үеийн судалгаа /18 цаг/						
1	220/110кВ ИХБ-4	АСМС С-295/40	109	10 км	91МВт	0.98 ом
			110	10 км	93МВт	
2	110/10кВ Шонхор	АСМС С-295/40	109	10 км	66МВт	0.98 ом
			110	10 км	65МВт	
3	110/10кВ Шонхор	АСМС С-295/40	149	5 км	64МВт	0.49 ом
			150	5 км	63МВт	
4	220/110/35кВ Улаанбаатар	АСМС С-295/40	107	11 км	8МВт	1.078 ом
			108	11 км	9МВт	
5	220/110/35кВ Улаанбаатар	АС-240/39	103	7 км	5МВт	0.85 ом
			104	7 км	8МВт	
7	110/35/6кВ ИХБ-3	АС-240/39	105	7 км	76МВт	0.85 ом
			106	7 км	77МВт	
8	110/35/6кВ ИХБ-4	АС-240/39	111	20 км	55МВт	2.4 ом
			112	20 км	55МВт	

110 кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээнд холбогдсон дэд станцуудын 6,10 кВ-ын шин дээр 3 фазын богино залгаа болох үед өндөр тал буюу 110 кВ талаар гүйх богино залгааны гүйдлийг тооцов (Хүснэгт-2).

Хүснэгт 2 Богино залгааны гүйдлийн тооцооны үр дүн

д/д	Дэд станцын нэр	3Ф-н БЗ-ны гүйдэл [кА]		Нам талын шин дээр 3Ф-н БЗ болох үед 110 кВ-н ЦДАШ-уудаар гүйх БЗ-ны гүйдэл [кА]											
		10кВ шин	6кВ шин	ИХБ-4 талаас	Шонхор талаас	Баруун талаас	Дарь-Эх талаас	Умард талаас	Дорнод-2 талаас	Шонхор талаас	ИХБ-4 дэд станцын 110кВ-н шинээр гүйх БЗ-ны гүйдэл				
2022-2023 оны өвлийн их ачааллын горимоор тооцов.															
1	Балуун	10.79	0.997	0.543	0.567	0.294	0.294							0.643	
2	Шонхор	10.749	0.993			0.483	0.483							0.632	
3	Умард	17.556	0.944		0.720	0.275		0.327	0.205					0.632	
4	Дарь-Эх	6.779	0.630						0.438	0.204	0.241	0.124		0.602	

Дээрх тооцоолуудаас харахад Улаанбаатар хотын 110 кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээнд холбогдсон дэд станцуудын аль ч цэгт 3 фазын богино залгаа болоход 220/110 кВ-ын ИХБ-4 дэд станцын 110 кВ-ын систем шин дээр гүйх хамгийн их гүйдэлтэй ойролцоо хэмжээний гүйдэл гүйж байгаа үзүүлэлт нь энэхүү шугамуудын урт нь маш богино байгааг илэрхийлж байна. Энэ нь системийн тогтвортой ажиллагаа алдагдах томоохон хүчин зүйл юм.

III. 110 кВ-ын “БАГА ТОЙРОГ” СҮЛЖЭЭНИЙ ШУГАМУУДЫН РХА-ИЙН НАЙДВАРТАЙ АЖИЛЛАГААНЫ ШИЙДЭЛ

110/10 кВ-ын Шонхор дэд станц “Бага тойрог” сүлжээнд холбогдох үед 110 кВ-ын ЦДАШ-уудад ӨХЛХ болон өндөр давтамжийн хоригтой хамгаалалт (ӨДХХ)-ийг хэвээр үлдээж, дагуу гүйдлийн дифференциал хамгаалалтыг давхар оруулах шийдэл гаргасан (Хүснэгт.3). Тухайн 110 кВ-ын шугамаас тэжээгдэж байгаа дэд станцын тооноос хамаарч 3 болон 4 төгсгөлийн дагуу дифференциал хамгаалалтуудыг шугам тус бүрд сонгосон. Эдгээр нь өөр хоорондоо шилэн кабелийн бие даасан сүлжээг, синхрон цагийн системийн хамт ашигладаг онцлогтой. Мөн нэг ЦДАШ дээр давхар үндсэн хамгаалалт, давхар бэлтгэл хамгаалалт гэсэн ойлголт бий болсон. Үндсэн болон бэлтгэл хамгаалалтуудын ажиллах зарчим, ашиглагдах төхөөрөмжүүд, мэдээлэл дамжуулах сувагчлал, хоёрдогч хэлхээний схем холболтоороо бие биеэсээ үл хамаарах тус тусдаа ажиллах шийдэл юм. Ингэхдээ уламжлалт үндсэн болон бэлтгэл хамгаалалтын ажиллах бүх нөхцөлийг хангасан байна. Энэ шийдлийг нэвтрүүлснээр реле хамгаалалтын найдвартай ажиллагаа 2 дахин сайжирч, бие даасан байдал үүсэж, микропроцессорын хамгаалалтууд өөр хоорондоо хяналт хийх боломжтой болсон. Эдгээр үзэл санааг орчин үеийн бүх төрлийн микропроцессорын төхөөрөмжид тулгуурлан хийж болох бөгөөд өнөөгийн эрчим хүчний системийн тогтворжилт хангахад хэрхэн нөлөөлөх ач холбогдлыг судлах гол үндэслэл болсон юм.

Хүснэгт 3. 110кВ-ын “Бага тойрог” сүлжээний шугамуудын реле хамгаалалт

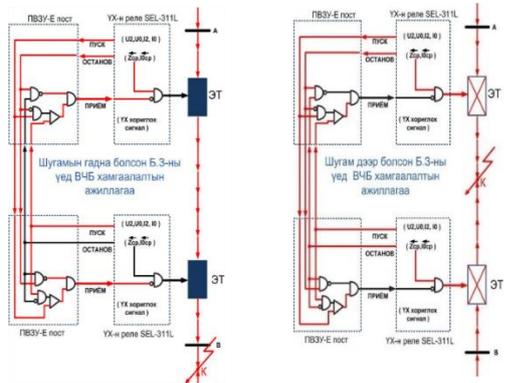
д/д	АШ-ын нэр	Хамгаалалт	Тип марк	Ажиллах байдал	Шинээр давхар тавигдсан хамгаалалт
1	АШ-109,110	YX	SEL-411L	Дагуу дифференциал хамгаалалт	3 болон 4 төгсгөлийн хамгаалалт
		YX	SEL-311C	ӨХЛХ	
2	АШ-149,150	YX	SEL-411L	Дагуу дифференциал хамгаалалт	4 төгсгөлт хамгаалалт
		YX	SEL-311C	ӨХЛХ	

3	АШ-107,108	YX	SEL-311L	Дагуу дифференциал хамгаалалт	3 төгсгөлт хамгаалалт
		YX	SEL-311C	ӨХЛХ	
4	АШ-103,104	YX	SEL-311L	Дагуу дифференциал хамгаалалт	87L релений асуудал шийдвэрлэх
		YX	SEL-311C	ӨДХХ	
5	АШ-105,106	YX	SEL-311L	Дагуу дифференциал хамгаалалт	Өмнөд дэд станц 87L релений асуудал шийдвэрлэх
		YX	SEL-311C	ӨДХХ	
6	АШ-111,112	YX	SEL-311L	Дагуу дифференциал хамгаалалт	2 төгсгөл
		YX	SEL-311C	ӨДХХ	

ӨНДӨР ДАВТАМЖИЙН ХОРИГТОЙ ХАМГААЛАЛТ

ӨДХХ нь шугам дээрх хэвийн бус горимын үед үүссэн урвуу болон тэг дарааллын гүйдэл, хүчдэлийг (I₂,I₀,U₂,U₀) үндсэн хамгаалалтын (YX) реле мэдэрч, өндөр давтамжийн пост (ӨДП) руу «пуск» сигнал өгснөөр ӨДП-уудын гаралтууд (хоригийн сигнал-приём) идэвхжиж, YX-ыг ажиллуулахгүй байх хоригийн сигналыг YX-ын оператив хэлхээнд өгдөг. Тухайн эгшинд шугам дээр үүссэн богино залгаа (БЗ) нь гүйдлийн чиглэлтэй хамгаалалтын тавилд хүрэхэд, шугамын 2 талын YX-ын реленүүдээс ӨДП-уудад 2 талдаа «останов» сигнал өгснөөр, ӨДП-ууд нь гаралтан дахь хоригийн сигналуудаа авч таслуурын таслах хэлхээг ажиллуулж шугамын 2 талд тасарч, гэмтэлтэй шугамыг тойрог системээс тусгаарладаг (Зураг.4). ӨДП-ууд нь өндөр давтамжийн модуляцлагдсан сигналыг цахилгаан дамжуулах өндөр хүчдэлийн шугамын аль нэг фазын утсыг ашиглан өндөр давтамжийн долгионд дайх зарчмаар өөр хоорондоо мэдээлэл солилцон ажиллана.

ӨДХХ-той энэхүү шийдлийг механик реле хамгаалалтын төхөөрөмжөөс микропроцессорын реле хамгаалалтын төхөөрөмж рүү шилжүүлж ПЗВУ-Е посттой хослуулан ашиглах шийдлийг 2009 оноос хойш ашиглаж байна. Энэхүү хамгаалалтыг ТойТ-оор орлуулсан үед бүрэн ашиглах боломжтой байдаг.



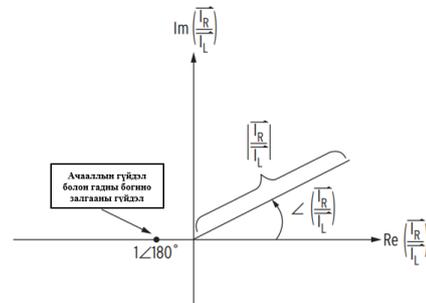
Зураг 4. Өндөр давтамжийн хоригтой хамгаалалтын ажиллах зарчим

ДАГУУ ДИФФЕРЕНЦИАЛ ХАМГААЛАЛТ

Дагуу дифференциал хамгаалалт нь (1) тэгшитгэлийн дагуу зөвхөн гүйдлийн чиглэл болон өнцгийг харьцуулж, түүний ялгавраар ажилладаг. 87L маягийн функцийг агуулсан SEL-311L болон SEL-411L микропроцессорын реле хамгаалалт (МПРХ) нь фаз хоорондын богино залгааны гүйдэл (87LA, 87LB, 87LC), урвуу дарааллын гүйдэл (87L2) болон газардлагын гүйдлийн (87LG) элементүүдийг ашиглан ялгавар гүйдлийн зарчим дээр тулгуурласан онцлогтой [8].

$$I_{DIFF} = |\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \dots + \bar{I}_N| \quad (1)$$

$$\bar{k} = \frac{\bar{I}_R}{\bar{I}_L}$$



Зураг 5. Альфа хавтгай дээрх I_{local} болон I_{remote} гүйдлийн вектор харьцаа

SEL-311L МПРХ-ын дифференциал элемент нь альфа хавтгай дээр урвуу болон тэг дарааллын I_{local} болон I_{remote} гүйдлийн вектор харьцааг гүйдлийг фаз тус бүрээр тооцоолж ажилладаг (Зураг.5).

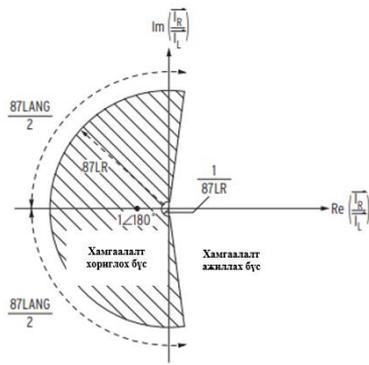
Шугаман дээр гэмтэл гараагүй хэвийн үеийн альфа хавтгай дээрх I_A, I_B, I_C гүйдлүүдийн вектор ялгавар үүсээгүй тооцооллыг дараах байдлаар харуулав.

$$\frac{\bar{I}_{AR}}{\bar{I}_{AL}} = \frac{5\angle 180^\circ}{5\angle 0^\circ} = 1\angle 180^\circ \quad (2)$$

$$\frac{\bar{I}_{BR}}{\bar{I}_{BL}} = \frac{5\angle 60^\circ}{5\angle -120^\circ} = 1\angle 180^\circ \quad (3)$$

$$\frac{\bar{I}_{CR}}{\bar{I}_{CL}} = \frac{5\angle -60^\circ}{5\angle 120^\circ} = 1\angle 180^\circ \quad (4)$$

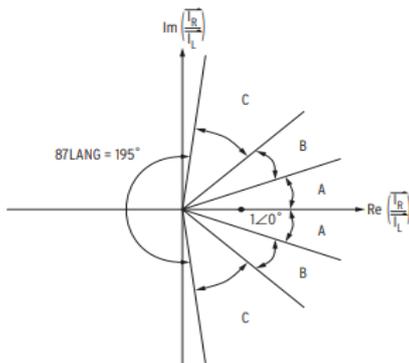
Харин Альфа хавтгайн мэдрэхгүй бүс нь 87LANG, 87LR гэсэн 2 элементээс бүрддэг. Хориглох мужийн өнцгийг 87LANG, радиусын уртыг 87LR элементүүдийг тодорхойлж тохируулна. Мэдрэх мужийн радиус нь хориглох мужийн 87LR-тай урвуу пропорциональ хамааралтай байдаг [8] (Зураг.6).



Зураг 6. SEL-311L релений гаднын богино залгааны үеийн хамгаалалт хориглох муж

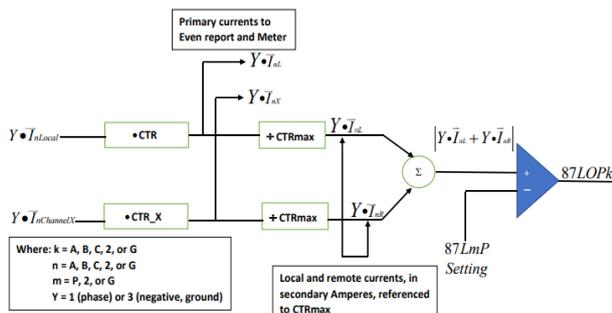
SEL-311L МПРХ-ын дагуу дифференциал хамгаалалтын мэдрэх мужийг альфа хавтгай дээр харуулав (Зураг.7). Энэхүү мужийг зурагт харуулсанчлан А, В, С өнцгүүдийг тооцоолж гаргасан байдаг [8].

- А- 20 градус- үүсвэр талын гүйдэл, эсэргүүцлийн өнцгийн зөрүү
- В- 21,6 градус- суваг хоорондын мэдээлэл дамжуулах 2 мсек-ийн хоцрогдлыг тооцсон өнцөг
- С- 40 градус- гүйдлийн трансформаторын ханалтыг тооцсон өнцөг



Зураг 7. SEL-311L релений хамгаалалт ажиллах муж

CHANNEL-X-н Фаз, урвуу дараалал болон газардлагын элементийн мэдэрч ажиллах логик схемийг харуулав [8] (Зураг.8).



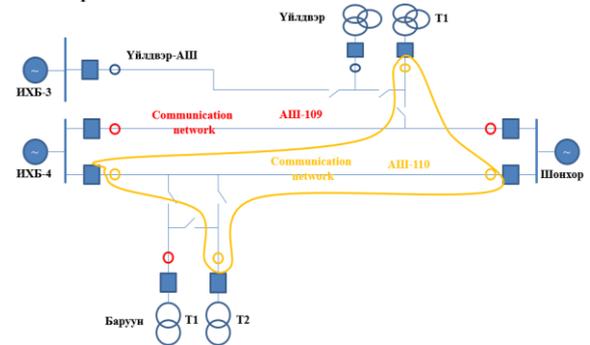
Зураг 8. 87L элементийн ажиллах логик схем

ХОЁР ҮНДСЭН ХАМГААЛАЛТ НЭВТРҮҮЛСЭН БАЙДАЛ

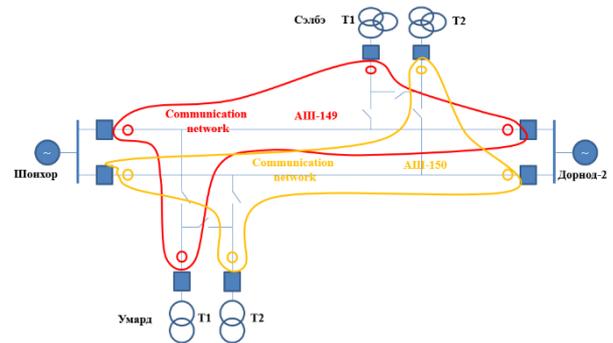
Хоёр үндсэн хамгаалалтын хэлхээ нэг нэгнээсээ үл хамаарсан байна. Үүнд:

- Мэдээлэл дамжуулах суваг, өндөр давтамжийн суваг, шилэн кабелийн суваг, бие даасан тус тусдаа шөрмөс (core) ашигладаг.
- Хэмжүүрийн трансформатор буюу хүчдэл, гүйдлийн трансформаторын хоёрдогч талын тус тусдаа ороомгоос тэжээгдэнэ.
- Гүйдэл болон хүчдэлийн хэлхээний кабель, засварын реле, туслах тоноглолууд тусдаа.
- Үндсэн болон бэлтгэл хамгаалалтуудын төхөөрөмжүүд бие даасан тусдаа реле хамгаалалтын төхөөрөмжүүд ашигладаг.
- Гүйцэтгэх буюу таслах хэлхээ, залгах хэлхээний кабель болон таслах ороомгууд тусдаа.
- Хоёрдогч хэлхээний кабель хэлхээний хувьд бие биесээ үл хамаарсан байна.

Харин 3 болон 4 төгсгөлийн дагуу дифференциал хамгаалалтын мэдрэх мужийг доорх байдлаар тайлбарлав.



Зураг 9. 4 төгсгөлт хамгаалалт SEL-411L реле тавигдсан дэд станцууд

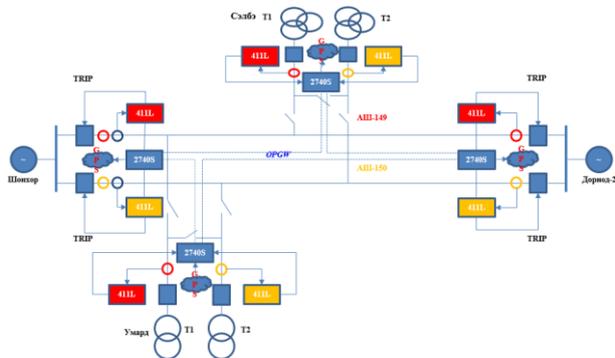


Зураг 10. 4 төгсгөлт хамгаалалт SEL-411L реле тавигдсан дэд станцууд

3 болон 4 төгсгөлт хамгаалалтыг нэмж оруулахад хийгдсэн ажлууд:

- Баруун, Дундгол, Умард, Сэлбэ дэд станцуудад 24 шөрмөс (core) шилэн кабелийн сүлжээ оруулсан.
- Эдгээр станцуудад 87L функц бүхий реле хамгаалалтууд суурилуулсан.

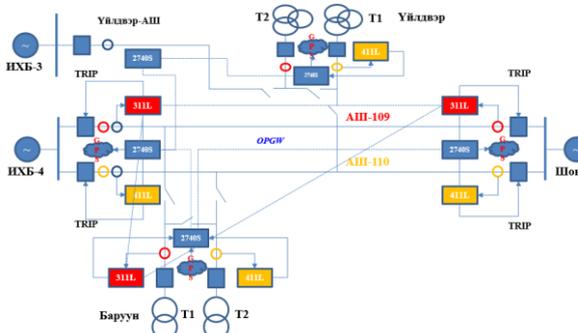
- Мөн дээрх станцуудын бүх микропроцессорын реле хамгаалалтуудыг синхрон цагийн системээр тоноглож холбосон.
- Зөвхөн Реле хамгаалалт, автоматикийн мэдээлэл явах интернэт болон бусад гадна сүлжээнээс үл хамаарсан бие даасан шилэн кабелийн RING сүлжээ үүсгэсэн.



Зураг 11. 4 төгсгөлт хамгаалалт SEL-411L реле тавигдсан дэд станцуудын сүлжээ

SEL-311L суурилагдсан 3 төгсгөлт хамгаалалтын сүлжээ:

- АШ-109 буюу ИХБ-4, Баруун, Шонхор дэд станцууд хооронд 3 төгсгөлийн хамгаалалтыг 2 соге шилэн кабелийн суваг ашиглан оруулсан.
- АШ-110 буюу ИХБ-4, Дунд гол, Баруун, Шонхор дэд станцууд хооронд мөн 2 соге ашиглан STAR холболтоор шилэн кабелийн суваг оруулсан.
- “Бага тойрог” дэд станцуудын АШ-ын шилэн кабелийн ашиглалт нь ДҮТ ТӨХХК-д хамаардаг учир бидэнд хангалттай хэмжээний шилэн кабелийн соге байхгүй тул техникийн хязгаарт баригдаж олон төрлийн хувилбаруудыг ашигласан.



Зураг 9. 3 төгсгөлт хамгаалалт SEL-311L реле тавигдсан дэд станцуудын сүлжээ

3 болон 4 төгсгөлийн дагуу дифференциал хамгаалалтыг нэвтрүүлснээр ЦДАШ-ын хамгаалалтын найдвартай ажиллагаа сайжирч дараах эрсдэлүүдийг бууруулсан . Үүнд:

- Аль нэг үндсэн хамгаалалт татгалзахад нөгөө үндсэн хамгаалалт ямар ч хугацааны хоцрогдолгүй ажиллана.
- Үндсэн болон бэлтгэл хамгаалалтуудын хоорондын уялдаа холбоо илүү нягтарч өөр хоорондоо нөхөж ажиллах чадамж 2 дахин нэмэгдэж, хамгаалалт хоорондын хяналт үүссэн.
- Үндсэн болон бэлтгэл хамгаалалтын хэлхээнд ямар нэгэн гэмтэл гарахад хамгаалалтууд ажиллахгүй болох магадлал 2 дахин буурсан.
- Аль нэгэн хамгаалалтын хэлхээнд засвар үйлчилгээ хийх үзлэг шалгалт хийхэд нөгөө хамгаалалтын хэлхээг гаргах шаардлагагүй болсон.
- Аль нэг дурын станц дээрээс эсрэг төгсгөлийн реле хамгаалалтын төхөөрөмжүүдийн хэмжилт хийх, ачааллын параметр хянах, аваарын бичлэг авах, зарим тохиолдолд тавил тохируулга хийх боломжтой болсон.
- Дагуу гүйдлийн ялгаварт үндсэн хамгаалалт нь гүйдлийн ялгавар хэмжилтийг байнга хийж ажилладаг бөгөөд үндсэн хамгаалалтын хэвийн ажиллагааг өөрөө тасралтгүй хянаж байдаг.
- “Оператив ускорение” буюу үндсэн хамгаалалт ажлаас гарсан үед бэлтгэл хамгаалалтын ажиллах хугацааг багасгаж хамгаалалтын сонгох чадварт нөлөөлдөг горимыг ашиглах магадлал 2 дахин буурсан.
- Хэрэв үндсэн хамгаалалт ажлаас гарсан үед хамгаалалт автоматаар хурдасгах хэлхээ рүү шилжиж ажилладаг.
- Системийн динамик тогтворжилтыг хангаж горим тооцооны уян хатан байдал нэмэгдсэн.

ДУТАГДАЛТАЙ ТАЛ:

- Хамгаалалтын хэлхээнд хэрэглэгдэж байгаа схем шийдэл, логик программчлал, төхөөрөмжүүдийн уялдаа холбоо нэмэгдсэнээр түүнд ажиллах хөдөлмөр зарцуулалт 2 дахин ихэссэн.
- Засвар үйлчилгээ, зарим тохируулга өөрчлөлт хийхэд илүү их мэдлэг туршлагатай мэргэжилтэн шаардлагатай болсон.
- Зарим нарийн хэмжилтүүд хийх, нэмэлт тоон технологиуд ашиглах шаардлага гарсан учир шалгалт тохируулгын орчин үеийн багаж хэрэгсэл шаарддаг.
- 3 болон 4 төгсгөлийн үндсэн хамгаалалт оруулсан шугамуудын салаалсан дэд станцуудад 110 кВ талаар сэлгэж 1 шугам дээр 2 трансформаторыг зэрэг залгах сэлгэн залгалт хийсэн үед үндсэн хамгаалалтыг заавал гаргах шаардлагатай. Учир нь анхдагч хэлхээний хувьд Крихгофийн хууль алдагдаж байгаа юм.

IV. ҮР ДҮН

ДҮТ ТӨХХК-ийн горимын инженерүүдтэй хамтран 110 кВ-ын АШ-109,110 ЦДАШ-уудад үндсэн хамгаалалт татгалзах үед системийн тогтворжилт хэрхэн нөлөөлөх тооцооллын үр дүнг доор харуулав.

Хүснэгт 4. Тогтворжилтын тооцоолол[3]

БЗ-ны төрөл	горим	Гэмтлийн байршил	РХ-н ажиллагаа			Системийн тогтворжилтын шинж чанар		
			Ажилласан хамгаалалт	Ажиллах шат	Ажиллах хугацаа /сек			
3 фаз	109,110-р АШ залгаагай	109-р АШ	Үндсэн хамгаалалт татгалзсан /-/ Зайн хамгаалалт	I шат	0,1	Тогтвортой		
				II шат	0,5	ДЦС-4 ТГ-1,2 генератор асинхрон горимд орж байна.		
		109-р АШ Дорнод-2		I шат	0,1	Тогтвортой		
				II шат	0,5	ДЦС-4 ТГ-1,2 генератор асинхрон горимд орж байна.		
	110-р АШ залгаагай, 109-р АШ тасархай	109-р АШ		Үндсэн хамгаалалт татгалзсан /-/ Зайн хамгаалалт	I шат	0,1	Тогтвортой	
					II шат	0,5	ДЦС-4 ТГ-1,2 генератор асинхрон горимд орж байна.	
		109-р АШ Дорнод-2 талд			I шат	0,1	Тогтвортой	
					II шат	0,5	ДЦС-4 ТГ-1,2 генератор асинхрон горимд орж байна.	
	110-р АШ залгаагай, 109-р АШ тасархай	109-р АШ			Үндсэн хамгаалалт татгалзсан /-/ Зайн хамгаалалт	I шат	0,1	Тогтвортой
						II шат	0,5	ДЦС-4 ТГ-1,2 генератор асинхрон горимд орж байна.
		109-р АШ Дорнод-2 талд				I шат	0,1	Тогтвортой
						II шат	0,5	ДЦС-4 ТГ-1,2 генератор асинхрон горимд орж байна.

Энэ тооцооноос богино залгаа болж АШ-109,110-ын үндсэн хамгаалалт ажиллахгүй буюу татгалзсан үед богино залгааны эсэргүүцэл зайн хамгаалалтын 2-р шатны тавилд хүрэхэд Дулааны Цахилгаан Станц-4 (ДЦС-4)-ийн Турбогенератор-1,2 (ТГ) нь асинхрон горимд орж байгааг Power Factor программын тооцоолоор харуулж байна. Системийн динамик тогтворжилт хангахын тулд тухайн ЦДАШ-уудад богино залгаа болоход 0,2 секундийн дотор тухайн богино залгааг тусгаарлах шаардлагатайг харуулж байна.

110 КВ-ЫН ШУГАМ, ТОНОГЛОЛЫН ТАСРАЛТЫН СУДАЛГАА

110 кВ-ын сүлжээнд тасралтын судалгааг 2015-2021 онуудад хийсэн ба хамгийн ихдээ 2021 онд нийт 118 удаагийн тасралт гарч, реле хамгаалалт, автоматик (РХА) ажилласнаас 12 удаа селектив бус ажилласан байна [7]. Судалгаанаас харахад реле хамгаалалт, автоматикийн найдвартай ажиллагаа 98.33%-ийн үзүүлэлттэй байна. РХА-ийн найдвартай ажиллагааны хувьд энэ үзүүлэлт өндөр боловч тасралтын тоо бүрийн ард системийн тогтворжилт алдагдах эрсдэл байна гэж ойлгогдож байна.



Зураг 10. 110 кВ-ын шугам, тоноглолын тасралт (2015-2021)[5].

ХҮСНЭГТ 5. 110 КВ-ЫН ШУГАМ, ТОНОГЛОЛЫН РХА-ИЙН АЖИЛЛАГАА

Тасралт	Тоноглол		тоо	Хамгаалалт
	Станц	шугам		
Селектив бус	Селектив		106	
	Хөшигт	АШ-139	2	Газ-1
	Хөшигт	АШ-140	2	Газ-1
	Амгалан	Т-2	1	Хийн хамгаалалт
	Шонхор	СХТ	1	МТЗ
	ИХБ-3	Дундгол	2	Зайн-3
	ИХБ-4	АШ-112	1	ВЧБ
	ИХБ-4	ШОВ-2	1	Деление шин
	ИХБ-4	АТ-1	1	Бэлтгэл хамгаалалт
	Туул	АШ-106	1	ВЧБ

Дээрх шугам, тоноглолын тасралтын судалгаанаас 110 кВ-ын “Бага тойрог”-ын схемийг үүсгэгч 109,110,149,150-р АШ-уудын хувьд авч үзвэл:



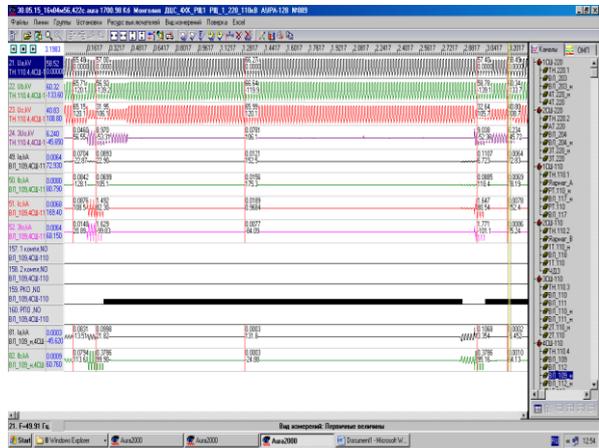
Зураг 11. 110 кВ-ын 109,110,149,150-р АШ-уудын тасралт (2018-2021).

Дээрх тасралтуудаас 110 кВ-ын 109,110-р АШ дээр дагуу дифференциал хамгаалалт оруулахаас өмнө болон оруулсны дараах ойролцоо зайд болсон 2 богино залгааны үеийн тасралтын бичлэгийг харьцуулан дүгнэлт гаргав.

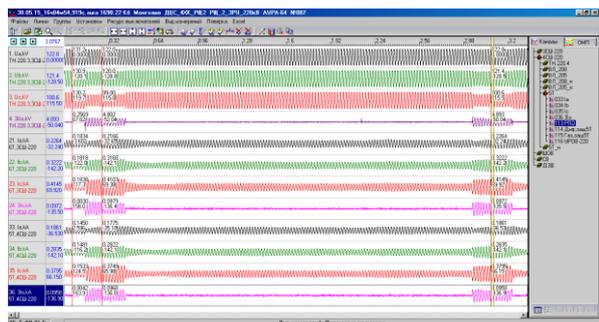
- 2018 онд 110/10 кВ-ын Шонхор дэд станц холбогдохоос өмнө 110 кВ-ын 109-р АШ-ын үндсэн хамгаалалт буюу ӨХЛХ ажилласан тасралтын үеийн бичлэг:

2015 оны 5-р сарын 30-ний өдөр АШ-109 дээр С фаз газартай богино залгаа болж $I_c=1492A$, $3I_0=1929A$, $U_c=31,95$, $3U_0=8,9$ кВ болсон байна. 109-

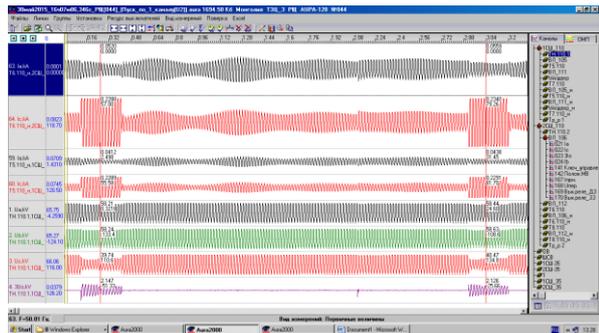
р АШ-ын үндсэн хамгаалалт РХА-ийн тавилын дагуу үнэн, зөв ажиллаж богино залгаа эхэлснээс 0,118 секунд дотор Дорнод-2, ИХБ-4 дэд станцуудад таслуурууд тасарч богино залгаа устгаж байгааг (Зураг.12)-аас харж болно.



Зураг 12. ИХБ-4 дэд станц дээрх 109-р АШ-н С фазын богино залгааны үеийн АУРА-89-ын бичлэг



Зураг 13. 109-р АШ-н богино залгаа нь ИХБ-4 дэд станцын 220 кВ-ын СШ, 5Т,6Т д хэрхэн нөлөөлж байгааг бичлэг

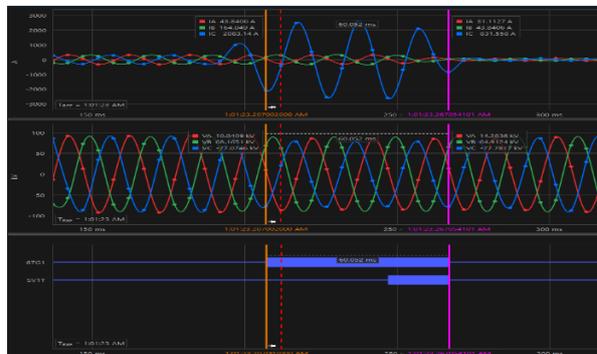


Зураг 14. 109-р АШ-н богино залгаа ИХБ-3 дэд станцын 110 кВ-ийн СШ-ийн хүчдэлүүд 5Т,6Т д хэрхэн нөлөөлж байгааг бичлэг

2. 110/10 кВ-ын Шонхор дэд станц холбогдсоны дараах буюу дагуу дифференциал хамгаалалтууд 110 кВ-ын 109, 110-р АШ-уудад оруулсан үеийн богино залгааны үеийн бичлэг:

2021 оны 09-р сарын 25-ний өдөр АШ-109 дээр С фаз газартай богино залгаа болж үндсэн

хамгаалалт ажилласан. Богино залгааны үед ИХБ-4 дэд станцаас $I_{\Sigma} = 2083A$ гүйдэл гүйж дөрвөн төгсгөлийн үндсэн хамгаалалт РХА-н тавилын дагуу үнэн зөв ажиллаж богино залгаа эхэлснээс 0,06 секунд дотор ИХБ-4, Шонхор дэд станцуудад 109-р АШ-ын таслуурууд тасарч богино залгааг устгаж байгааг (Зураг.15)-аас харж болно.



Зураг-15. ИХБ-4 дэд станцын АШ-109-ын аваргийн үеийн тасралтын бичлэг

Хүснэгт 6. 2 хамгаалалтын харьцуулалтын үр дүн

Д / д	Хамгаалалт	Дэд станц	Шугамын урт	АШ-ын нэр	Богино залгааны төрөл, гүйдэл [А]	Хамгаалалт ажилласан хугацаа [сек]
1	Өндөр хурдны логик хамгаалалт	ИХБ-4 дэд станц талаас	10 км	АШ-109	$I_c^{(1.1)} = 1492$	0,118
2	Дагуу гүйдлийн ялгаварт хамгаалалт	ИХБ-4 дэд станц талаас	5 км	АШ-109	$I_c^{(1.1)} = 2083$	0,06

Дээрх тасралтын үеийн параметруудийг харьцуулбал 109-р АШ-н С фазын газартай богино залгааны үед үндсэн хамгаалалт буюу өндөр хурдны логик хамгаалалт 0,118 секундэд тавилын дагуу үнэн зөв ажилласан ч тухайн богино залгааны үед ИХБ-4 болон ИХБ-3 дэд станцуудын генераторууд дээр (Зураг.13,14)-д үзүүлсэнчлэн савлалтууд үүсэж РХА ажиллан богино залгаа устгаснаас хойш 3 секунд орчимд савлалт үргэлжилсэн байна. Энэ нь зөвхөн 1 фаз газартай богино залгааны үед бөгөөд хэрэв фаз хоорондын богино залгааны үед савлалт илүү хүчтэй байх нь тодорхой. Үндсэн хамгаалалтын ажиллах хугацаа, таслуур тасрах хүртэл хугацаа удааширсан тохиолдолд нэгдсэн сүлжээний тогтворжилт алдагдахад бэлэн байгааг харж байна. Харин дагуу гүйдлийн ялгаварт хамгаалалтын ажилласан дараагийн богино залгааны гүйдэл илүү өндөр байхад РХА ажиллан богино залгааг устгах хугацаа нь 0,07 сек байгаа нь өндөр хурдны логик хамгаалалтын хугацаанаас 2 дахин бага байна. Энэ тасралтын үед системд ямар нэг савлалт мэдрэгдээгүй. Иймд дагуу гүйдлийн ялгаврын хамгаалалтыг үндсэн хамгаалалтаар оруулсан нь

системийн тогтворжилтыг хангахад чухал ач холбогдолтой.

[8][file:///C:/Users/user/Downloads/Telegram%20Desktop/311L-0-6_IM_20160715%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Telegram%20Desktop/311L-0-6_IM_20160715%20(2).pdf)

V. ДҮГНЭЛТ

Дамжуулах сүлжээний хэмжээнд ашиглагдаж байгаа 110, 220 кВ-ын хүчдэлийн хүчний тоноглолууд болон ЦДАШ-ын үндсэн болон бэлтгэл хамгаалалтын найдвартай ажиллагаа болон системийн динамик тогтворжилт хоорондоо маш хүчтэй хамааралтай болсон. Учир нь Улаанбаатар хот орчмын хэрэглээ ТБЭХС-ийн нийт эрчим хүчний хэрэглээний 75-80 хувийг эзэлж байна. Энэ хэрэглээг хангах эрчим хүчний үүсгүүрийн дутагдал 300-450 МВт орчим байна. Энэ зөрүүг бид ОХУ-аас импортоор хангаж системийн балансыг барьж ажилладаг. Эрчим хүчний системд динамик шилжилт болоход маш хурдтай реле хамгаалалтын төхөөрөмжүүд ажиллаж, үргэлжлээд системийн автоматикууд ажилладаг. Системийг тогтвортой барьж үлдэхийн тулд тодорхой хугацаа зарцуулдаг. Энэ хугацаа цикл буюу 0.02 секундээр хэмжигдэнэ. Энэ хугацаанд системийн параметрууд болох гүйдэл, хүчдэл, давтамж нь тухайн хэлхээний эсэргүүцлээс хамаардаг. Хэт өндөр ачаалалтай, хэт богино транзит ЦДАШ-ын бэлтгэл хамгаалалт ажиллах боломжгүй болсон гэдгийг энэхүү судалгаанаас дүгнэж болно. Учир нь бэлтгэл хамгаалалтын 1-р шатаас бусад шатлал ажиллах хугацааг Улаанбаатар хот орчмын систем тогтворжилт хангахгүй түвшинд орсон. Мөн бэлтгэл хамгаалалт болон уламжлалт үндсэн хамгаалалтын тооцоог бусад тойрог шугамын хамгаалалтууд, дэд станцуудын хамгаалалтуудтай уялдуулан хийж сонгох чадварыг хангуулах нь боломжгүй болсон. Иймд тойрог схемийн ЦДАШ-ын үндсэн хамгаалалтаар дагуу гүйдлийн ялгаварт (87L) хамгаалалт сонгож нэмэлтээр ашиглах нь системийн тогтворжилт хангахад ихээхэн нөлөө үзүүлж байна.

VI. НОМ ЗҮЙ

- [1] “ЦДҮС ТӨХК”-ийн өвлийн их ачааллын хэмжилт
- [2] ДҮТ ТӨХХК-ийн 2022-2023 оны ЭХС-ийн горим ажиллагааны төлөвлөлт
- [3] А.Чойдорж, ДҮТ ТӨХХК-ийн Горимын тооцоолол, Эрдэнэт хот, 2018он
- [4] ЦДҮС ТӨХК-ийн УБС-ын горимын инженерүүдийн балансын хэмжилт
- [5] Н.Ичинхорлоо, Б.Тогтохжаргал, М.Баттулга-“Дамжуулах сүлжээний Улаанбаатар бүсийн шугам, тоноглолын реле хамгаалалт автоматикийн судалгаа”, Бакалавр, Магистр, Доктор оюутны эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл №22(4)292, 2021 он
- [6]http://data.transco.mn/index.php?r=shugam/info&shugam_id=154
- [7] <https://dsums.transco.mn/Reports>

ТРАНСФОРМАТОРЫН ДИФФЕРЕНЦИАЛ ХАМГААЛАЛТЫН ГАРМОНИК ХОРИГИЙН СУДАЛГАА, ТАВИЛ ТОХИРУУЛГА

Б.Тогтохжаргал^{1,2}, П.Түмэнгэрэл¹, М.Баттулга¹

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

² Монгол улс, Улаанбаатар, “ЦДҮС” ТӨХК, Улаанбаатар салбар

battulga@must.edu.mn, batbayrtoogii97@gmail.com

Хураангуй—Монгол улсын төвийн бүсийн эрчим хүчний системийн суурилагдсан чадал 1400-1450 МВт бөгөөд салхин цахилгаан станцын суурилагдсан чадал 150 МВт, нарын цахилгаан станцын суурилагдсан чадал 90 МВт буюу 20-25 хувийг сэргээгдэх эрчим хүч эзэлж байна. Дамжуулах сүлжээний “Улаанбаатар” бүсийн хүчин чадал 600-680 МВт байдаг. Сэргээгдэх эрчим хүч нь инвертерийн системтэй бөгөөд нэгдсэн сүлжээн дэх үндсэн параметр болох гүйдэл, хүчдэлийн синусоидыг гажилтанд оруулах, дээд гармоник бий болох нөхцөл үүсгэж байна. Энэ нь хоёрдогч хэлхээ тэр дундаа реле хамгаалалт, автоматикийн байгууламжид гажилттай сигнал орж ирэх, хамгаалалт, автоматикийн ажиллагааг буруу ажиллуулах, цаашлаад селектив бус тасралт гаргах нөхцөл бүрдүүлж байна. Тиймээс хүчний трансформаторын үндсэн хамгаалалт болох дифференциал хамгаалалтад ашиглагдаж буй гармоник хоригийн функцийг тавил, тохиргоо хийхэд бодит нөхцөлийг үнэлэх зайлшгүй шаардлагатай болсон тул нэгдсэн сүлжээнд үүсэх дээд гармоникийн судалгааг хийж энэхүү өгүүлэлд дурдлаа.

Түлхүүр үг— *найдваржилт, гармоник, хориг, дифференциал хамгаалалт*

I. УДИРТГАЛ

Трансформатораар дамжих гармоникүүд нь дуу чимээ ихэсгэж болзошгүйг эс тооцвол эдгээр бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд үзүүлэх нөлөө нь ихэвчлэн паразит халалтаас үүсдэг. Гармоник нь трансформаторт дараах байдлаар нөлөөлнө:

Гүйдлийн гармоникүүд нь ороомгийн алдагдлыг ихэсгэдэг бол хүчдэлийн гармоникүүд нь зүрхэвч дээрх алдагдлыг нэмэгдүүлдэг. Нийт нөлөөлөл нь цэвэр синусоид (суурь) ажиллагаатай харьцуулахад трансформаторын халалтыг өсгөдөг. Гүйдлийн гармоникийн гажилтын дээд хязгаарыг трансформаторын хэвийн гүйдлийн 5%-иас ихгүй байх ёстой гэж үздэг байна. Зөвлөмж болгож буй практикт трансформаторын тогтсон тогтвортой байдалд тэсвэрлэх чадвартай байх хамгийн их хүчдэлийн үйлчлэх утгыг зааж өгдөг: хэвийн ачааллын үед 5%, ачаалалгүй үед 10% байна [1].

Гармоник хүчдэл ба гармоник гүйдлийн аль алинаас үүссэн трансформаторын алдагдал нь давтамжаас хамаардаг. Алдагдал нь давтамж нэмэгдэх тусам нэмэгдэж, улмаар өндөр давтамжийн гармоник бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь трансформаторын халалтанд бага давтамжийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс илүү чухал ач холбогдолтой [1]. Иймээс манай улсад ашиглагддаг трансформаторын төрлүүд, мөн реле хамгаалалт автоматикийн төхөөрөмжинд дээд гармоникийн хориг тохируулгын талаар судлахад оршино.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Үндсэн давтамжтай гармоник буюу 50 Гц-ээс бусад давтамжтай гармоникүүд гүйдэл болон хүчдэлд агуулагдах нь эрчим хүчний системд сөргөөр нөлөөлдөг. 3 фазын системд саармаг дамжуулагч нь сондгой гармоникүүдээс болж

хамгаалалтгүй болдог. Дээд гармоникийн нөлөөллөөс болж ачааллын гүйдэл ихсэж селектив бус тасралт гарах эрсдэлтэй. Эрчим хүчний системд гармоник нь хоёр өөр төрлийн ачааллаас үүсдэг [6]. Үүнд:Хугацааны хувьд өөрчлөгддөггүй шугаман ачаалал нь синусоид хүчдэлийг хэрэглэснээр гүйдлийн синусоид урсгалыг үүсгэдэг. Эдгээр ачаалал нь хэрэглэсэн синусоид хүчдэлийн үед тогтмол тогтвортой эсэргүүцлийг харуулдаг. Хэрэв хүчдэл нэмэгдвэл, гүйдэл шууд харьцаагаар нэмэгдэнэ. Гэрэлтүүлэг нь ийм төрлийн ачааллын энгийн жишээ юм. Ачаалал хэвийн нөхцөлд трансформатор ба эргэлдэх хөдөлгүүрүүд нь ойролцоогоор энэ тодорхойлолтыг хангаж өгдөг, гэхдээ эргэдэг машины агаарын завсар дахь соронзон орны долгион нь синусоид биш. Машины сойзны налуу нь урагшаа болон урвуу эргэдэг гармоникүүдыг бий болгодог ба ханасан соронзон хэлхээ нь гармоникийг бий болгодог. Жишээлбэл, хэвийн өндөр хүчдэлээс үүдэлтэй трансформаторын ханалт нь гармоникийг үүсгэдэг. Учир нь трансформаторын зүрхэвч дэх соронзон нягтрал болон соронзон орон хоорондын хамаарал шугаман биш юм. Трансформаторын ханалтын гүйдэл нь тогтмол, бүрдэл хэсгүүдийг багтааж, тогтмол гүйдлийн бүрэлдэхүүнийг агуулдаг. Гэсэн хэдий ч хэвийн үйл ажиллагааны нөхцөлд эдгээр нөлөө бага байх болно. Цахилгаан систем дэх синхрон генераторууд нь синусоид хүчдэл үүсгэдэг ба ачаалал нь бараг синусоид бус гүйдэл бий болдог. Хоёр дахь ангиллын ачааллыг шугаман бус гэж тодорхойлдог. Шугаман бус төхөөрөмжүүдийн хувьд авч үздэг. Шугаман бус байдал нь эсэргүүцлийн давтамжаас хамааралтай адилхан биш, өөрөөр хэлбэл эсэргүүцлийн хариу үйлдэл эсвэл давтамжийн харьцааны өөрчлөлттэй адилхан биш боловч давтамж бүрд шугаман байна. Нөгөө талаар, шугаман бус ачааллын синусоид нь хүчдэлийн циклийн нэг

хэсэг дээр тасралтгүй эсвэл импульсээр үүсгэж болох гүйдлийг байгуулдаг Шугам бус ачааллын зарим жишээг дурдвал: Тохируулгатай удирдлагын системүүд, Тэжээлийн блок, SVC, Цахилгаан зүтгүүр, Зайны цэнэглэгч гэх мэт олон зүйлс багтдаг [7]. Иймээс судалгааг дараах байдлаар хийж гүйцэтгэсэн болно. Үүнд : 2 дэд станцыг сонгон авч зохих судалгаа, үнэлэлт дүгнэлт гаргасан.

1-р хүснэгт. Хүчдэлийн синус муруйн гажилтын коэффициентын утга (хувиар) [2]

Хэвийн зөвшөөрөх утга, $U_{ном}$ -оос /кВ/ хамааран			
0.38	6-20	35	110-330
8.0	5.0	4.0	2.0
Хязгаарын зөвшөөрөх утга, $U_{ном}$ -оос /кВ/ хамааран			
0.38	6-20	35	110-330
12.0	8.0	6.0	3.0

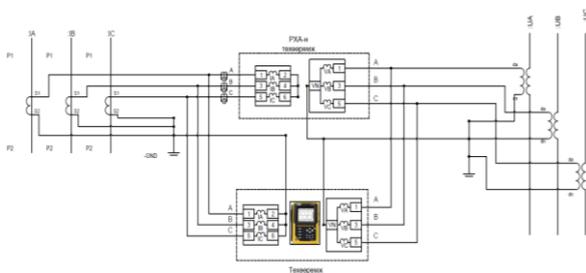
2-р хүснэгт. Хүчдэлийн n дугаар гармоник бүрдүүлэгчийн коэффициентын утга (хувиар) [2]

3-т хуваагдахгүй сондгой гармоникүүд				
n*	0.38	6-20	35	110-330
5	6	4.0	3.0	1.5
7	5	3.0	2.5	1.0
11	3.5	2.0	2.0	1.0
13	3.0	2.0	1.5	0.7
17	2.0	1.5	1.0	0.5
19	1.5	1.0	1.0	0.4
23	1.5	1.0	1.0	0.4
25	1.5	1.0	1.0	0.4

3-т хуваагдахгүй сондгой гармоникүүд				
n*	0.38	6-20	35	110-330
5	6	4.0	3.0	1.5
7	5	3.0	2.5	1.0
11	3.5	2.0	2.0	1.0
13	3.0	2.0	1.5	0.7
17	2.0	1.5	1.0	0.5
19	1.5	1.0	1.0	0.4
23	1.5	1.0	1.0	0.4
25	1.5	1.0	1.0	0.4

Тэгш гармоникүүд				
n*	0.38	6-20	35	110-330
2	2.0	1.5	1.0	0.5
4	1.0	0.7	0.5	0.3
6	0.5	0.3	0.3	0.2
8	0.5	0.3	0.3	0.2
10	0.5	0.3	0.3	0.2
12	0.2	0.2	0.2	0.2

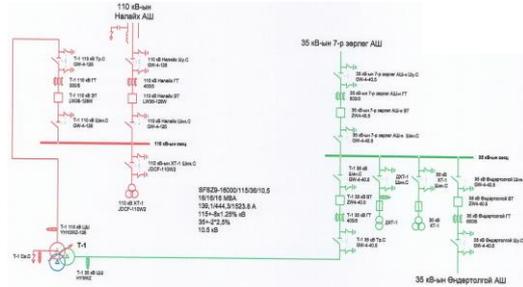
n* хүчдэлийн гармоник бүрдүүлэгч дугаар. ** 3 ба 9 дүгээр гармоникийн дугаарт харгалзах хэвийн зөвшөөрөх утга нь нэг фазын цахилгаан сүлжээнд хамаарна. Гурван фазын гурван утастай цахилгаан сүлжээнд энэ утгыг хүснэгтэд зааснаас 2 дахин багасгаж авна.



1-р зураг. Хоёрдогч хэлхээний холболтын схем

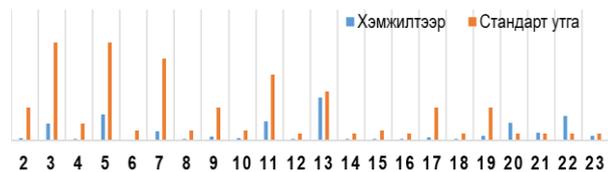
Туршилтыг гүйцэтгэхдээ нэгдсэн сүлжээнд холбогдсон “Багахангай” дэд станц, “Налайх” дэд станцуудыг сонгов. Дэд станцуудын реле хамгаалалт, автоматикийн байгууламжууд холбогдож буй хэмжүүрийн трансформаторын хоёрдогч хэлхээнд хэмжилтийг гүйцэтгэсэн бөгөөд туршилтын схемийг 1-р зурагт үзүүлэв.

Багахангай дэд станц нь 54.2км урт ЦДАШ-аар 110/35/10 кВ-ын Налайх дэд станцаас тэжээгддэг. Багахангай дэд станц нь 1x16 МВА-ын суурилагдсан хүчин чадалтай дэд станц. 35 кВ талд 7-р зөрлөг, Ган туйван, Өндөр толгой зэрэг гарсан шугамуудтай. Үүний нэг 35 кВ-н Өндөр толгой гарсан шугам нь төмрийн үйлдвэрийн цахилгаан хангамжаар хангадаг тул тухайн станцыг сонгож авсан. 2022 оны 06 дугаар сарын 06-ны 14 цаг 10 минутад тухайн өдрийн 23 цагт 3-н фазын fluke-430 загварын багаж ашиглан, трансформаторт 2 удаагийн дээд гармоникийн хэмжилт хийсэн. Тухайн үед Ган туйван шугамын ачаалал 2,7МВт байсан [3]. Багахангай дэд станцын зарчмын схемийг 2-р зурагт үзүүлэв.



2-р зураг. Зарчмын схем

Ачаалал бага үед 3-р гармоникийн эзлэх хувь 0.5 %, 5-р гармоникийн эзлэх хувь 0.8 %, 13-р гармоникийн эзлэх хувь 1.3%, 20-р гармоникийн эзлэх хувь 0.5% байна. Нийт хүчдэлийн гармоник 2.06%. Ачаалал өндөр байх үед нийт хүчдэлийн гармоник 9.1% буюу стандартын шаардлага хангахгүй байна. Хэмжилтээр 35кВ-ын Өндөртолгой ЦДАШ-аас тэжээгдэж буй төмрийн үйлдвэрүүдийн үйл ажиллагаатай холбоотойгоор гармоник үүсэж байна. 3-р зурагт үзүүлэв.



3-р зураг. Хэмжилтийн үеийн график

3-р хүснэгт. Хэмжилтийн үеийн утга (сондгой гармоник)

Гармоник	3	5	7	9	11
Хэмжилтээр	0,51	0,79	0,27	0,12	0,58
Гармоник	13	15	17	19	21
Хэмжилтээр	1,31	0,03	0,09	0,13	0,22

4-р хүснэгт. Хэмжилтийн үеийн утга (Тэгш гармоник)

Гармоник	4	6	8	10	12
Хэмжилтээр	0,04	0,02	0,05	0,06	0,04
Гармоник	14	16	18	20	22
Хэмжилтээр	0,05	0,04	0,04	0,52	0,74

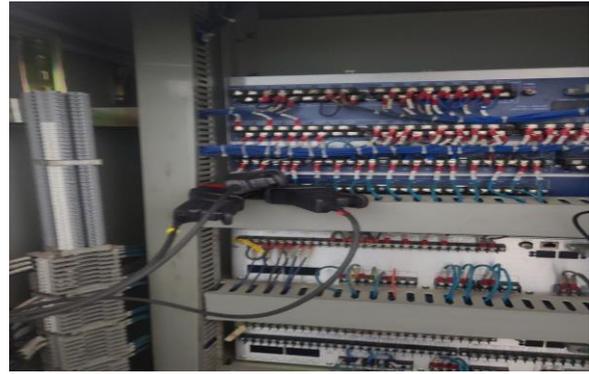
Хэмжилтээс үзэхэд 3, 5, 13, 20-р гармоникнууд үүссэн боловч стандартын шаардлага хангаж байна. Ачаалал харьцангуй бага үед нийт хүчдэлийн гармоник нь 2.06% байсан буюу хэвийн үр дүнтэй байна. Хэмжилтийн үеийн протоколыг зураг-3д үзүүлэв. Тухайн өдрийн 23 цагт үед 35кВ-ын Өндөртолгой ЦДАШ-аас тэжээгдэж буй хэрэглэгчийн ачаалал өсөж 9.3 МВт хүрч, тухайн үеийн хүчдэлийн гармоник 9.1 хувь хүрсэн. Тус үзүүлэлт нь стандартад заагдсан утгаас 4.1 хувиар өндөр байгаа тул шаардлагатай арга хэмжээг хэрэглэгч талд авах шаардлагатай. Хэмжилтийн үеийн параметрийг 4-р зурагт үзүүлэв.



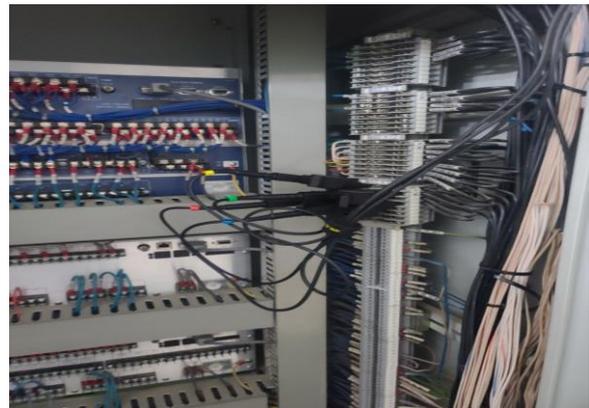
4-р зураг. Хэмжилтийн үеийн утга

Ачаалал бага үед 3-р гармоникийн эзлэх хувь 0.5 хувь, 5-р гармоникийн эзлэх хувь 0.8 хувь, 13-р гармоникийн эзлэх хувь 1.3 хувь, 20-р гармоникийн эзлэх хувь 0.5 хувь байна. Нийт хүчдэлийн гармоник 2.06 хувь. Ачаалал өндөр байх үед нийт хүчдэлийн гармоник 9.1 хувь буюу стандартын шаардлага хангахгүй байна. Хэмжилтээр 35кВ-ын Өндөртолгой ЦДАШ-аас тэжээгдэж буй төмрийн үйлдвэрүүдийн үйл ажиллагаатай холбоотойгоор гармоник үүсэж байна.

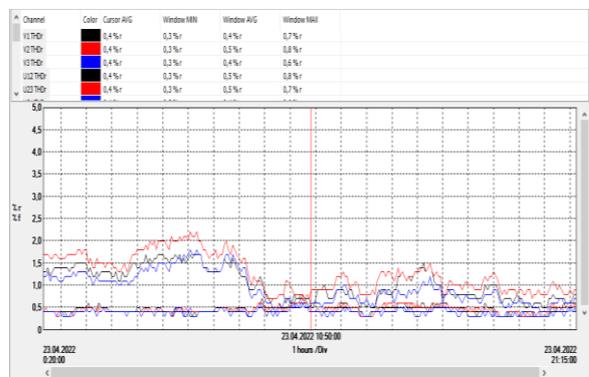
110/35/10 кВ-н “Налайх” дэд станц 1984 онд ашиглалтанд орсон. Улаанбаатар хотын Налайх дүүргийн нутаг дэвсгэрт байгаа үйлдвэр аж ахуйн нэгж, айл өрх, орон сууцнуудыг цахилгаан эрчим хүчээр хангах зорилготой 2x25 МВА хүчин чадал бүхий 110/35/10 кВ-н дэд станц юм. 35 кВ талд Хонхор-А,Б, Элстэй-А,Б, гэсэн шугамуудтай холбогддог. 110 кВ-н агаарын шугамууд нь их тойргийн битүү кольцо схем үүсгэгдгээрээ онцлогтой дэд станц юм. 2022 оны 4 сарын 23-наас 2022 оны 4 сарын 24 00:00 цаг хүртэл 3-н фазын Флуке-С.А 833 загварын багаж ашиглан, Т-1 трансформаторт 5 минут тутамд дээд гармоникийн хэмжилт хийсэн.



5-р зураг. Хэмжилтийн хийх үеийн гүйдлийн холболт



6-р зураг. Хэмжилт хийх үеийн хүчдлийн холболт



7-р зураг. Хэмжилтийн үеийн график

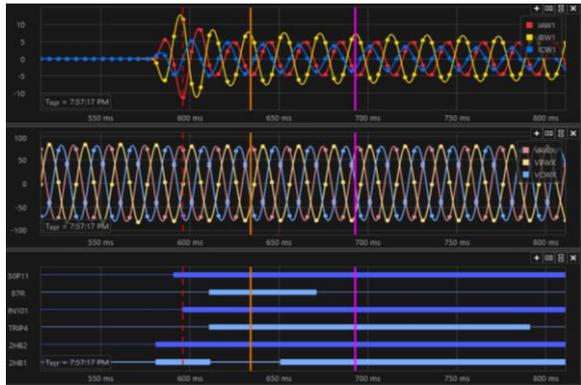
5-р хүснэгт. Хэмжилтийн үеийн утга

Он сар	Цаг	V1THDr	V2THDr	V3THDr
23.04.2022	0:20:00	0.4 % r	0.4 % r	0.4 % r
23.04.2022	0:25:00	0.5 % r	0.4 % r	0.5 % r
23.04.2022	0:30:00	0.4 % r	0.4 % r	0.4 % r
23.04.2022	0:35:00	0.4 % r	0.4 % r	0.4 % r
23.04.2022	0:40:00	0.4 % r	0.4 % r	0.4 % r
23.04.2022	0:45:00	0.4 % r	0.4 % r	0.4 % r
23.04.2022	0:50:00	0.4 % r	0.4 % r	0.4 % r

Хэмжилтийн утгыг үзэхэд 5 минут тутамд хийгдсэн дээд гармоник үүссэн боловч стандартын шаардлага хангаж байна. Трансформаторын реле хамгаалалтын хамгаалалтын төхөөрөмжинд 2 гармоникийн хувийг 15 хувь буюу үйлдвэрийн утгаар тохируулахад хэвийн байна. Үүнээс үндэслээд

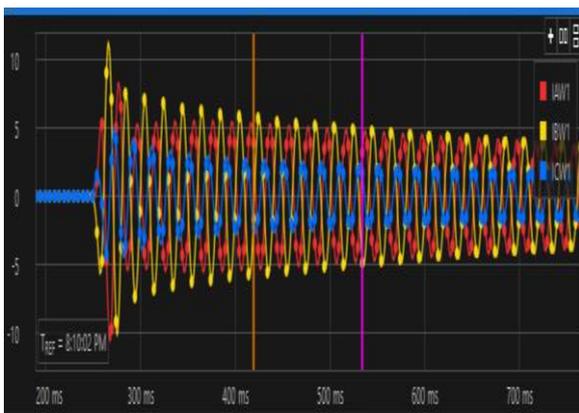
2022 онд дамжуулах сүлжээнд гарсан хүчний трансформаторын аваарын үеийн процессыг дурдлаа.

Зайсан дэд станцын трансформатор дифференциал хамгаалалт ажилласан үеийн бичлэг, тухайн нөхцөл, цаг үед авсан арга хэмжээг дурдъя. Зайсан дэд станцын трансформаторын 10 кВ-ын А фазын оруулгын цэнэг шавхагч буудаж Т1-ыг ажлаас засварт гаран цэнэг шавхагч солих ажлыг зохион байгуулсан. Т1-ыг 110 кВ талаар нь засвараас ажилд залгах үед дифференциал хамгаалалтаар тасарсан [3].



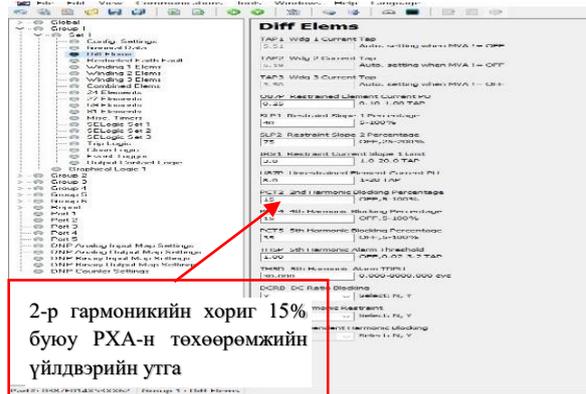
8-р зураг. SEL-387E релений аварийн үеийн бичлэг [5]

Дээрх бичлэгээс үзэхэд С фаз харьцангуй өндөр гүйдэл гүйж байгаа боловч богино залгааны гүйдлийн утгад хүрэхгүй бага хэмжээний гүйдэл гүйсэн байна. 110 кВ талд гүйдлээрээ $I_a=690$ А, $I_b=750$ А, $I_c=276$ А гүйж трансформатор залгах үед жигд бус соронзлогдож байгаа нь харагдаж байна. Трансформатор залгах үед 2-р гармоникийн 15 хувь тавил дээр хоригийн хэлхээ тасалдсан бөгөөд энэ үед дифференциал хамгаалалт ажиллах нөхцөл бүрдсэн [3].



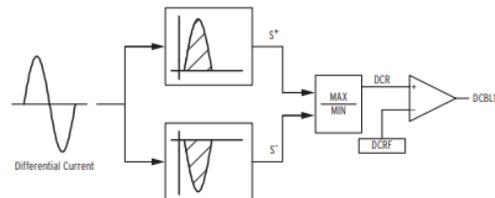
9-р зураг. Т1 залгах үед пускийн гүйдэл гүйж трансформаторын соронзон ханалтанд орж байгаа шилжилтийн процессын бичлэг [5].

Соронзон ханалтын үед С фазын гүйдэл А,В фазын гүйдлээс 1 дахин бага байгааг харж болох бөгөөд энэ С фазын гүйдлийн ханалт хурдан байгааг илтгэж байгаа юм. Харин А, В фазын зүрхэвчний ханалт удаан бөгөөд гүйдэл харьцангуй өндөр авч байна.

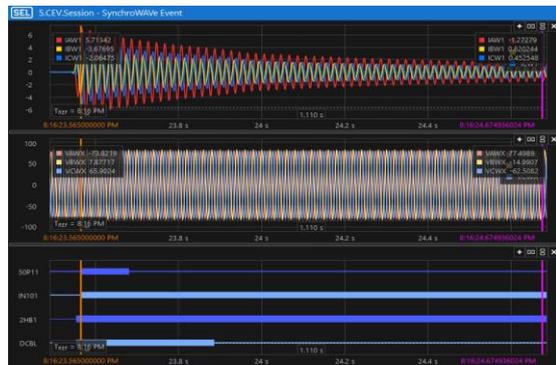


10-р зураг. SEL-387E релений тавил тохируулгын хэсэг

Трансформатор залгагдах үед тухайн трансформаторын зүрхэвчний ханалтаас хамаарч 2-р гармоник 15%-аас дээш үүсэх хугацаа хэт бага байгаагаас пускийн гүйдэлд тасарч байна гэдгийг туршилтын явцаас тодорхойлж [3] SEL-387E реле хамгаалалтын тавил тохируулгад DCB Ratio Blocking нэмэлт функцийг ажилд оруулан тавил тохируулгыг өөрчилсөн. Дараах зурагт логикийн ажиллагааг үзүүлэв.



Зураг-11. DCB Ratio blocking функцийн ажиллах логик.



Зураг №12. DCB Ratio blocking функцийг ажилд оруулсны дараа трансформаторыг залгахад ажилласан байдал.

DCB Ratio blocking функцийг оруулсны дараа трансформаторыг 3 удаа толчок маягаар залгаж тасалж үзэхэд дахин пускийн гүйдэл дээр тасрахгүй байсан бөгөөд тэр бүр дээр DCB Ratio block функц ажиллаж байв.

Аваарын үеийн бичлэгээс үзэхэд дээд гармоникүүдийг үүсгэдэг тоног төхөөрөмжүүд (хүчний электроник дээр суурилсан төхөөрөмжүүд буюу инвертер, конвертор, давтамж хувьсгуур, мөн цахилгаан нуман зуух, SVC STATCOM гэх мэт) системд холбогдсон тохиолдолд заавал холбогдох

гармоникийг тооцооллыг тусгай зөв хийлгэх шаардлагатай бөгөөд дээрх аваарын бичлэгүүдээс дүгнэхэд Зайсан дэд станцын хүчний трансформатор нь 40 МВА хүчин чадалтай БНХАУ-ын ТАЙКАИ фирмийн трансформатор бөгөөд урд өмнө нь ийм төрлийн тасралт 3 удаа гарч байсан бөгөөд эдгээр тасралтууд дээр гүйдлийн хэлхээний холболтыг өөрчлөх, СаС-ын хуурай салгуурын контактын чангалгаа хийлгэх зэрэг арга хэмжээ авч байсан. Мөн тасралтын судалгаанаас үзэхэд Найрамдал дэд станц, Буянт-Ухаа дэд станцуудын трансформаторууд яг ийм байдлаар пускийн гүйдэл дээр хэд хэдэн удаа ажиллаж байсан бөгөөд эдгээр тасралтууд хүчний трансформаторын зүрхэвчний шинж чанар соронзон ханалтын гүйдлээс шууд хамааралтай байх дүр зураг энэхүү тасралтын үед ажиглагдаж байна.

III. ДҮГНЭЛТ

Судалгааны ажилд трансформаторын дээд гармоникийн хэмжилтийг хийсэн бөгөөд, мөн трансформаторын тасралтын үеийн бичлэг судласанаар цаашид авах арга хэмжээг тодорхойлсон. Үүнд : Дээд гармоник үүсгэж байгаа хуурмаг чадлын хэрэглээтэй тоноглолын холболтын цэг дээр цуваа шүүлтүүр (фильтр) суурилуулах. Эсвэл DCB функц ашиглаж дифференциал

хамгаалалтын хоригийн функц ашиглах, дифференциал хамгаалалтын хоригийг тооцоонд бодит нөхцөл байдалтай нь уялдуулж тооцуулж байх. Хэмжилт хийсэн 2 дэд станцын хувьд гарсан шугам нь үйлдвэр, инвертер, конвертор, давтамж хувьсгуур зэргийн шинж чанартай дэд станцын хувьд дээд гармоникийн хоригийг үйлдвэрийн утгаас өндөр тооцуулах, эдгээр хэрэглэгчээс бусад хэрэглэгчтэй дэд станцад үйлдвэрийн утгаар тохируулахад хэвийн байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] IEEE Std 519-2004 стандарт
- [2] MNS 1778:2007 Цахилгаан эрчим хүч. Техник хэрэгслийн цахилгаан соронзон зохицол. Ерөнхий зориулалтын цахилгаан хангамжийн систем дэх цахилгаан эрчим хүчний чанарын норм.
- [3] <https://dsyms.transco.mn/DisInfoData/9313>
- [4] <https://www.transco.mn/>
- [5] <https://selinc.com/products/>
- [6] Ч.Нацагдорж, Д.Пүрэвдаш, “Цахилгаан энергийн чанарын стандарт, түүнд хийсэн харьцуулсан судалгаа,” %I-д Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл, Улаанбаатар, 2015.
- [7] <https://www.adb.org/mn/news/features/unlocking-mongolias-rich-renewable-energy-potential>

БАРИГДАЖ БУЙ БАРИЛГЫН ХЯНАЛТ УДИРДЛАГЫН СИСТЕМИЙН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Б.Биндэрьяа¹, Бя.Бат-Эрдэнэ¹

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар
b.bndr0103@gmail.com

Хураангуй—Сүүлийн жилүүдэд барилгын салбар эрчимтэй хөгжихийн хэрээр барилгын талбай дээр гарч буй осол, эндэгдлийн тоо тэр хирээр өсөх хандлагатай болсон тул ослоос урьдчилан сэргийлэх нь чухал асуудлуудын нэг юм. Барилга баригдах явцад ажилчдын аюулгүй байдал нь барилгын салбарынхны санаа зовоосон асуудал болоод байна. Хамгаалалтын малгай өмсөх нь барилгын ажилчдын бэртлийг бууруулах боломжтой боловч янз бүрийн шалтгааны улмаас хамгаалалтын малгайг тэр бүр зөв зүүж, хэрэглэж чаддаггүй. Тиймээс компьютерын хараанд суурилсан хамгаалалтын малгай илрүүлэх автомат систем нь маш чухал юм. Маш олон судлаачид машин болон гүнзгий суралцахад суурилсан мотоциклийн хамгаалалтын малгай илрүүлэх системийг боловсруулсан ч барилгын ажилчдын хамгаалалтын малгай илрүүлэлт хийх судалгааны ажил цөөхөн байдаг. Тийм учраас энэхүү судалгааны ажлаар бодит цагийн компьютерын хараанд суурилсан барилгын ажилчдын хамгаалалтын малгай илрүүлэх автомат системийг танилцуулсан. Энэхүү судалгаанд хамгаалалтын малгай илрүүлэхэд машин сургалтын аргыг ашигласан ба 1500 зураг ашиглаж моделийг сургасан. Туршилтын үр дүнгээс харахад дундаж нарийвчлал нь (mAP) 79.1 % -д хүрсэн бөгөөд ингэснээр барилгын талбайд хамгаалалтын малгайг илрүүлэх нь бүрэн боломжтой гэсэн үр дүнд хүрч байна.

Түлхүүр үг— хамгаалалтын малгай, дүрс боловсруулалт, машин сургалт, хиймэл оюун, технологийн процессын автоматжуулалт

I. УДИРТГАЛ

Барилгын салбар эрчимтэй хөгжиж байгаагийн хэрээр ухаалаг барилга ихээр нэмэгдэж эрчим хүчний хэмнэлттэй барилгын талаар маш олон судалгаа байдаг боловч барилга дээр ажиллаж буй ажилчдад зориулсан ухаалаг хяналт удирдлагын систем төдийлөн сайн хөгжөөгүй байна. Энэхүү судалгааны ажлаар барилгын ажилчдын эрүүл аюулгүй орчинд ажиллах нөхцөл тэр дундаа аюулгүй байдлыг хангах чухал хэрэгсэл болох хамгаалалтын малгай илрүүлэх системийг судлан авч үзлээ.

Барилга байгууламж барих, засварлах, буулгах ажиллагаа нь хүний хүч хөдөлмөр ихээр шаарддаг бөгөөд энэ үйл ажиллагааны явцад инженер, барилгын ажилчид, цахилгаанчин, туслах ажилчид үйлдвэрлэлийн осолд өртөж гэмтэх, улмаар амь насаа алдах эрсдэл өндөр байдаг. Иймээс энэ чиглэлээр үйл ажиллагаа явуулдаг компани, аж ахуйн нэгж, иргэд хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн шаардлагыг ямагт хангаж ажиллах нь чухал юм.

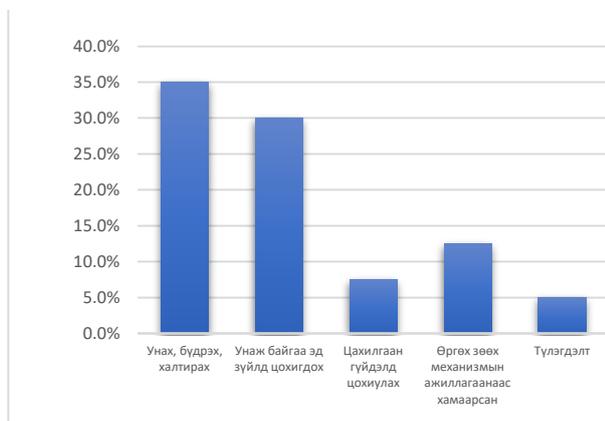
2018 онд Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн хууль, дүрэм, журам, стандартыг хангаагүйн улмаас гарсан нийт 140 ослын 64 буюу 45,7 хувь нь барилгад, 9 буюу 6,5 хувь нь эрчим хүчинд, 24 буюу 17,5 хувь нь уул уурхайн, 24 буюу 17,5 хувь нь хөнгөн хүнсний салбаруудад гарсан байна [1]. Тиймээс энэхүү судалгаан дээр үндэслэн барилгын салбарын осол, эндэгдлийг бууруулах зорилгоор хамгаалалтын малгай өмссөн эсэхийг илрүүлэх системийг авч үзсэн болно.

Олон улсын хөдөлмөрийн байгууллагын статистик судалгаагаар барилгын салбарт осол аваар гарах нь бусад салбартай харьцуулахад өндөр байдаг [2]. АНУ-ын Хөдөлмөрийн статистикийн товчооны мэдээлснээр нас барсан хүний тоо 2015 онд 985 байсан бол 2020 онд 1034 болж, жил бүр 2%-иар өссөн байна [3]. Хятадад 2018 онд 840 ажилчин барилгын төсөл дээр ажиллаж байхдаа нас барсны 52.2% нь өндөр дээрээс унаж нас барсан байна [4]. Монгол улсын хувьд 2018 онд барилгын 8 осол бүртгэгдсэн бөгөөд 5 нь амь насаа алдсан байна. Осол гарахад нөлөөлсөн хүчин зүйлийн 15 хувь удирдлагын тогтолцооноос, 30 хувь нь ажлын байрны орчин нөхцөлөөс, 20 хувь нь техник, технологийн эвдрэл гэмтлээс, 35 хувь нь хүний хүчин зүйлээс хамаарсан байна. Барилгын салбарт ажиллах үеийн нийт ослын унах, бүдрэх, халтирах тохиолдол 35 хувь, унаж байгаа эд зүйлд цохигдох 30 хувь, цахилгаан гүйдэлд цохиулах 7.5 хувь, өргөх зөөх механизмын ажиллагаанаас хамаарсан 12.5 хувь, түлэгдэлт 5 хувийг тус тус эзэлж байна [1].

Мэргэжлийн Хяналтын Ерөнхий Газрын мэдээллээр үйлдвэрлэлийн осол, хурц хордлогын тохиолдол 2021 оны эцэст 256 бүртгэгдсэн ба үүнээс 82 (32.0%) тохиолдол унасан, бүдэрсэн, халтирснаас үүссэн бол эд зүйлд хавчуулагдсан 32 (12.5%), унаж байгаа эд зүйлд цохигдсон 28 (10.9%), гадны халдлагад өртсөн 16 (6.3%), хүчилсэн болон хүчтэй хөдөлгөөнд өртсөн 11 (4.3%), эд зүйл дээр гишгэсэн суурин болон хөдөлгөөнт эд зүйлд цохигдсон 10 (3.9%), халсан, түлэгдсэн, хөлдсөн 10 (3.9%), цахилгаан гүйдэлд цохиулсан 9 (3.5%), живсэн 3

(1.2%), хорт бодис, цацраг идэвхийн нөлөөнд өртсөн 1 (0.4%), бусад 54 (21.1%) тохиолдол бүртгэгдсэн байна [5]. Унах ослын ихэнх тохиолдолд ажилчид өндрөөс унаж, хатуу шалан дээр толгойгоо цохидог. Хамгаалалтын малгай нь уналтын нөлөөг шингээж, сарниулж, өндрөөс унасан ажилчдын бэртэх эрсдэлийг бууруулдаг. Мөн механик үйлчлэлийн үед толгойг найдвартай хамгаалах, цахилгааны аюулыг тэсвэрлэх чадвартай. Ажилчид хатуу хамгаалалтын малгай өмссөн тохиолдолд санамсаргүй уналтаас болж нас барсан тохиолдлын тал хувь, халтирч унах, осолдох, унасан эд зүйлд цохиулж амь насаа алдах тохиолдлыг багасгадаг [6]. Хамгаалалтын малгайг зөв зүүх нь ажилтай холбоотой толгойн гэмтлийн тохиолдлыг 70%-иар бууруулдаг [7]. Барилгын талбайн үхлийн гол шалтгаан нь унах, халтирч унах, аливаа зүйлд цохиулах, цахилгаанд цохиулах, объектын завсарт хавчуулагдах зэрэг болно [8].

Ажилчдын аюулгүй байдлыг хангахын тулд улс орон бүр үйлдвэрлэлийн аюулгүй байдлын дүрэм журмыг мөрддөг. Манай улсын хувьд “Барилгын ажилд хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн шаардлага хангах нийтлэг журам”-н 2.25-д Барилгын ажлын талбайд ажиллах ажилтны тоо 300 хүртэл нэг, 150 ажилтан нэмэгдэх тутамд аюулгүй ажиллагаа хариуцсан нэг ажилтныг нэмж томилоно. Мөн 4.1.2-г Барилгын захиалагч, зөвлөх үйлчилгээ үзүүлэгч, зураг төсөл зохиогч, ерөнхий болон туслан гүйцэтгэгчийн ажилтан хариуцан гүйцэтгэж байгаа ажлын нөхцөлд тохирсон хувцас, хамгаалах хэрэгслээр бүрэн хангагдсан, хэрэглэж хэвшсэн байх гэж заасан байна [9].



1-р зураг. Барилгын салбарт ажиллах үеийн нийт ослын эзлэх хувь.

Энэхүү журам нь осол гэмтлийг бууруулахын тулд барилгын талбайд дүрэм, журам боловсруулж, хэрэгжүүлэх зорилготой юм. Гэсэн хэдий ч энгийн хайхрамжгүй байдал эсвэл хамгаалалтын малгайны талаар ташаа мэдээлэл өгөх зэрэг шалтгааны улмаас барилгын ажилчид энэхүү журмыг дагаж мөрддөггүй. Хамгаалалтын малгайг бүрүү хэрэглэсэн тохиолдолд хянах нь ялангуяа томоохон барилгын хувьд боломжгүй шийдэл юм. Тиймээс

хамгаалалтын малгайны хэрэглээг автоматаар илрүүлэх нь маш чухал юм.

Энэхүү судалгааны ажил нь дараах бүтэцтэй. Эхний I хэсэгт удиртгал, II хэсэгт онолын хэсэг, III хэсэгт туршилт явуулсан байдал, IV хэсэгт энэхүү судалгааны ажлын туршилтын харьцуулсан үр дүнг тус тус харуулсан. Төгсгөлийн V хэсэгт уг судалгааны ажлын дүгнэлтийг оруулсан.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Зурган дээрх объектуудыг тодорхойлох нь хүний тархинд энгийн зүйл боловч машины хувьд тийм ч энгийн зүйл биш юм. Зурган дээрх объектуудыг таних нь "объект илрүүлэх" гэж нэрлэгддэг компьютерын харааны ажил юм. Бодит цагийн объект илрүүлэх олон алгоритмууд байдаг ба энэ удаа "Teachable machine learning" аргад үндэслэн хамгаалалтын малгай илрүүлэх алгоритмыг сонгосон. Энэ арга нь объектыг программчлалын мэдлэг шаардагдахгүй онлайн орчинд илүү хурдан сургагдаараа давуу талтай.

Машин сургалт:

Хиймэл оюун ухааны салбар нь асар том, хийсвэр бөгөөд компьютерыг хүний хийдэг шиг сэтгэн бодох, үйлдэл хийхтэй холбоотой бүхий л зүйлийг хамардаг бөгөөд үүний нэг салбар нь машин сургалт юм. Уламжлалт программчлал нь өгөгдөл дээр ажиллаж, бидэнд хариулт өгдөг программчлалын хэлээр илэрхийлсэн алгоритм бичихийг хамардаг бол машин сургалт нь тооцоолох аргад суурилан, өгөгдлөөс шууд суралцаж мэдээллийг олж авдаг. Машин сургалт нь компьютер өөрийн туршлагаасаа суралцаж буй ойлголт юм [10].



2-р зураг. Машин сургалтын үйл явц.

TensorFlow

“TensorFlow” бол машин сургалтын загвар үүсгэх, ашиглах нээлттэй эхийн платформ юм. Энэ нь машин сурахад шаардлагатай олон нийтлэг алгоритм, хэв маягийг хэрэгжүүлдэг. Машин сургалтын загварыг бий болгох үйл явцыг сургалт гэж нэрлэдэг. Энд компьютер нь оролтын талаар болон тэдгээрийг бие биеэсээ юугаараа ялгаатай болохыг мэдэхийн тулд алгоритмуудын багцыг ашигладаг. Загварыг сургасны дараа ирээдүйн оролтуудыг таних эсвэл ангилах үйл явцыг үр дүн гэж нэрлэдэг.

Дүрс боловсруулалт

Энэхүү судалгааны ажлаар “OpenCV” санг ашигласан. “OpenCV” (Open Source Computer Vision Library) нь нээлттэй эхийн компьютерын хараа болон машин сургалтын программ хангамжийн сан юм. Энэ сан нь 2500 гаруй оновчтой алгоритмтай

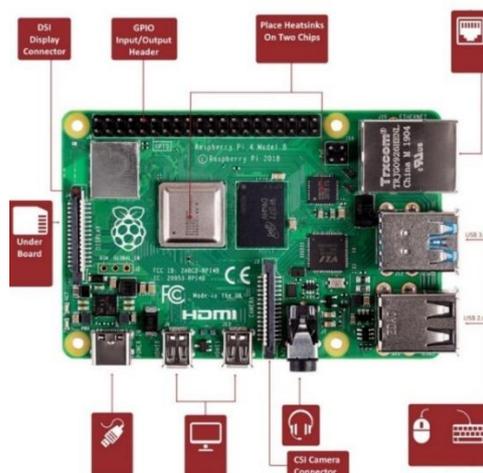
бөгөөд үүнд орчин үеийн компьютерын хараа, машин сургалтын алгоритмуудыг багтаасан байдаг. Эдгээр алгоритмууд нь нүүр, царайг илрүүлэх, таних, объектуудыг таних, видео дээрх хүний үйлдлийг ангилах, камерын хөдөлгөөнийг хянах, хөдөлж буй объектуудыг хянах боломжтой. “OpenCV” нь ихэвчлэн бодит цагийн харааны програмуудад тулгуурладаг [11].

Энэхүү судалгааны ажлын туршилтыг гүйцэтгэх техник хангамжийн хувьд “Raspberry pi 4” ашигласан ба энэ нь хямд өртөгтэй, зээлийн картын хэмжээтэй микро компьютер бөгөөд компьютерын дэлгэц залгагддаг бөгөөд стандарт гар, хулгана ашигладаг. “Raspberry Pi” нь гадаад ертөнцтэй харилцах чадвартай бөгөөд царай таних, роботын удирдлагын систем зэрэг олон төрлийн дижитал үйлдвэрлэгч төслүүдэд ашиглагдаж ирсэн.

“Raspberry pi” нь 2012 оноос хөгжүүлэгдэж ирсэн бөгөөд 2019 онд “Raspberry Pi 4B” загвар худалдаанд гарсан [12]. “Raspberry pi 4 model B” нь ширээний компьютерын бүрэн хэрэглээг хангах боломжтой.

“Raspberry Pi 4B”-ийн зарим үзүүлэлт, түүний бүтэц:

- 1.5 ГГц, 64 битийн дөрвөн цөмт Cortex-A72 (ARM v8) процессор.
- Санах ой: 4GB SDRAM.
- Мэдээлэл дамжуулалт: 2.4 GHz ба 5.0 GHz IEEE 802.11ac утасгүй, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet, 2×USB 3.0 порт; 2×USB 2.0 порт.
- Үндсэн зориулалтын оролт, гаралтын хөл (GPIO): Raspberry Pi стандарт 40 pin GPIO толгойтой.
- Video & Sound: 2×micro-HDMI порт, 2 эгнээ бүхий “MIPI DSI” дэлгэцийн порт, “MIPI CSI” камерын порт, аудио болон нийлмэл видео портууд.
- SD card: Үйлдлийн системийг ачаалах, өгөгдөл хадгалах бичил микро SD карт.
- USB-C холбогчоор 5V DC хүчдэлээр тэжээгдэх боломжтой.
- Ашиглалтын температур: орчны 0~50 градус.



3-р зураг. “Raspberry pi 4B”-ийн бүтэц

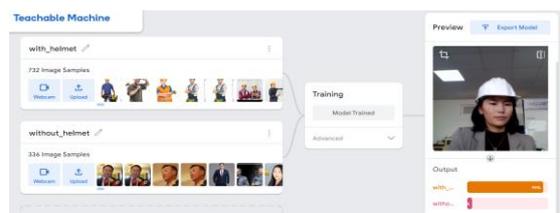
III. ТУРШИЛТ ЯВУУЛСАН БАЙДАЛ

“Teachable Machine” нь зураг, дуу чимээ, дүр төрх танихын тулд компьютероор сургаж, дараа нь өөрийн сайт, аппликешн болон бусад зүйлд зориулж загвараа экспортлох боломжтой. Мөн машин сургалтын загварыг хурдан, хялбар болгох веб хэрэгсэл бөгөөд кодчилол шаардлагагүй тул ямар ч хүн хэрэглэх боломжтой юм [13].

Загвараа экспортлохдоо “tensorflow.js” ашиглан сурган авсан ба ингэхдээ хамгаалалтын малгай өмссөн болон өмсөөгүй 1500-аад хүмүүсийн зургийг сургасан. Ингэснээр компьютер энэ загварыг ашиглан хүнийг хамгаалалтын малгай өмссөн эсвэл өмсөөгүй гэдгийг олж мэдэхийг оролдох болно. Загварыг сургасны дараа ирээдүйн оролтуудыг танихын тулд “Raspberry Pi”, веб камер ашиглан “Python” хэлээр программчилсан.

Үүнийг хэрэгжүүлэхийн тулд бид компьютерын харааны чиглэлээр “Tensorflow & Keras” дээр суурилсан системийг боловсруулсан. Систем нь ажилчдыг хамгаалалтын малгай өмссөн эсэх, эсвэл өмсөөгүй эсэхийг бодит цаг үед нь илрүүлэх боломжтой.

Загвар үүсгэх: Үүний тулд хамгаалалтын малгай өмссөн болон өмсөөгүй хүний 1500 зургийг интернэт болон веб камерын тусламжтай олж авсан. Энэ зургуудаа “Teachable machine learning” машин сургалтын аргыг ашиглан ‘with_helmet’, ‘without_helmet’ ангилал үүсгэн моделио сурган авсан.



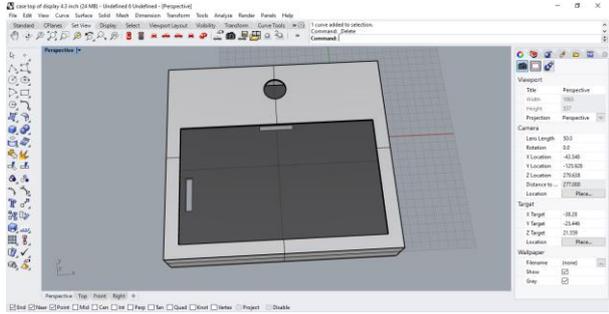
4-р зураг. Модель үүсгэн, сургалт явуулж буй байдал

Сургасан моделио экспорт хийн “keras_model.h5”, “labels.txt” өргөгтгөлтэй файл болгон хадгалан авна.

keras_model.h5	2/9/2023 10:47 PM	H5 File	2,396 KB
labels	2/9/2023 10:47 PM	Text Document	1 KB

5-р зураг. Үүсгэсэн моделийн “keras_model.h5”, “labels.txt” өргөгтгөлтэй файлын харагдах байдал

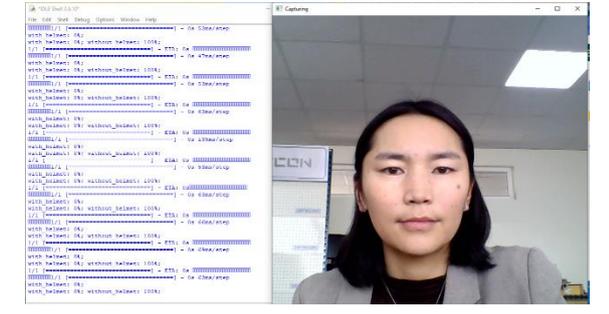
Манай хамгаалалтын малгай илрүүлэх систем нь “Raspberry pi 4B”, “Raspberry pi camera”, 4.3 инчийн дэлгэц зэргээс бүрдсэн ба түүнд тохирох гадна гэрийг мөн хийсэн болно. Ингэхдээ уг барилгын талбайн ажилчдыг хянахад зориулсан төхөөрөмжийн загварыг “Rhino 6” программыг ашиглан зурсан. Түүний харагдах байдлыг доорх зурагт харуулсан.



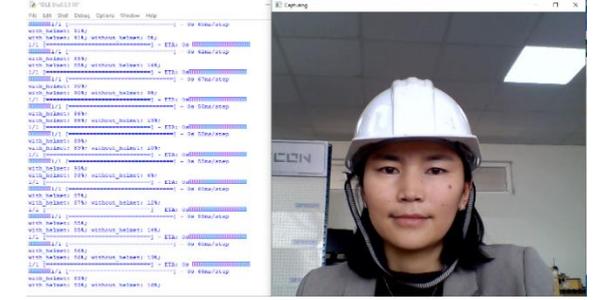
6-р зураг “Rhino 6” программ ашиглан тохирох хайрцгийг зурсан байдал

IV. ХАРЬЦУУЛСАН ҮР ДҮН

Машин сургалтаар нийт хамгаалалтын малгайтай хүний 754 зураг, малгайгүй хүний 750 зураг ашиглан сургасан. Туршилтыг бодит цагийн үр дүнгээр “Raspberry pi 4 B” болон компьютер дээр таниулсан. Эхлээд сургасан моделио компьютер дээр бодит цагийн үр дүнгээр шалгасан ба хамгаалалтын малгай өмссөн, өмсөөгүй эсэхийг 80 хувиас дээш магадлалтай таньж байсан.

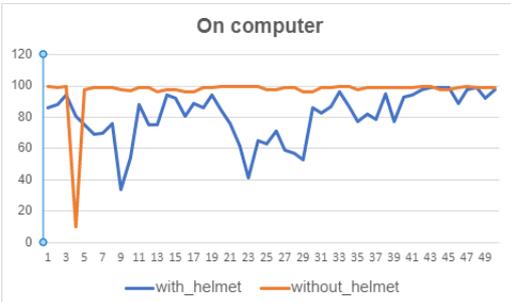


7-р зураг. Сургасан моделийг компьютер дээр ажиллуулсан үр дүн: Хамгаалалтын малгай өмсөөгүй үеийн танилт, танилтын хувь



8-р зураг. Сургасан моделийг компьютер дээр ажиллуулсан үр дүн: Хамгаалалтын малгай өмссөн үеийн танилт, танилтын хувь

Туршилтаас гарсан үр дүнг харьцуулж үзэхэд танилт хамгаалалтын малгай өмсөөгүй хүнийг 96.9% таньж байгаа боловч хамгаалалтын малгай өмссөн хүнийг 80.7%-тай таньж байна.

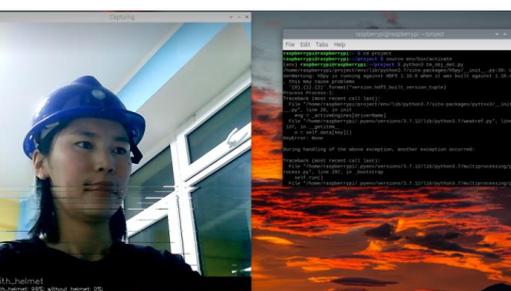


9-р зураг. Компьютер ашигласан үеийн хамгаалалтын малгай өмссөн болон өмсөөгүй үеийн харьцуулсан үр дүн

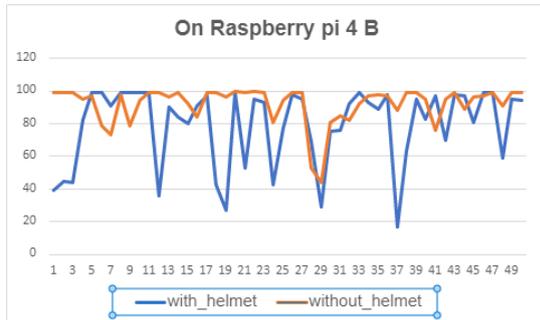
Харин “Raspberry pi” дээр программыг ажиллуулж үзэхэд танилт нь хамгаалалтын малгай өмсөөгүй хүнийг 91.9% таньж байгаа боловч хамгаалалтын малгай өмссөн хүнийг 79.1%-тай таньж байна.



10-р зураг. Сургасан моделийг “Raspberry pi 4B” дээр ажиллуулсан үр дүн: Хамгаалалтын малгай өмсөөгүй үеийн танилт, танилтын хувь



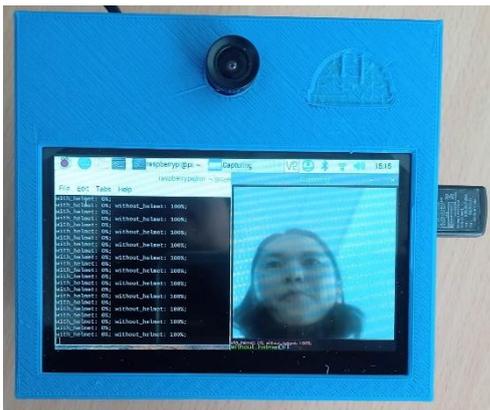
11-р зураг. Сургасан моделийг “Raspberry pi 4B” дээр ажиллуулсан үр дүн: Хамгаалалтын малгай өмссөн үеийн танилт, танилтын хувь



12-р зураг. “Raspberry pi 4B” ашигласан үеийн хамгаалалтын малгай өмссөн болон өмсөөгүй үеийн харьцуулсан үр дүн

Дээрх үр дүнгээс харахад сургасан модель нь ижил боловч “Raspberry pi 4B”-ийн танилтын түвшин нь компьютер дээрх танилтаас 5~8%-иар бага байна.

Цаашид энэхүү системийг улам сайжруулан барилгын талбайн орох хаалган дээр суурилуулан ашиглаж, хяналт тавих боломжтой юм.



13-р зураг. Хяналтын системийн бодит туршилт хийж буй байдал

V. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар “Raspberry pi 4B” болон компьютер ашиглан бодит хугацааны нөхцөлд хамгаалалтын малгай илрүүлэхийн тулд машин сургалтын аргыг ашигласан. Ингэхдээ “Teachable machine learning” онлайн платформыг ашиглаж

моделийг сургасан. Сургасан моделийг “Python” программчлалын хэл ашиглан шалгаж үзсэн.

Сургалтын үр дүнгээс харахад 79%-иас дээш танилттай байгаа нь цаашид энэхүү системийг улам боловсронгуй болгож практикт бүрэн хэрэглэх боломжтой нь харагдаж байна. Ингэснээр хөдөлмөр хамгаалалт, аюулгүй байдлын зөрчлийг хурдан илрүүлэх болон зөвхөн хүний хараанаас бус компьютерын хараанд суурилснаараа илүү найдвартай болох бүрэн боломж байна.

Техник технологи эрчимтэй хөгжиж буй өнөө үед компьютерын хараанд суурилсан объект илрүүлэх аргыг хэрэглэхийг илүүд үзэж байна. Уг хамгаалалтын малгай илрүүлэх системд тулгуурлан барилга байгууламж, үйлдвэр аж ахуйн газар, цахилгаан станц зэрэг бүхий л эрсдэл өндөртэй газруудад, аюулгүй ажиллагаа зөрчигдөх боломжтой байршилд хамгаалалтын малгай илрүүлэх системийг суурилуулан ашиглах, цаашид улам боловсронгуй болгох боломжтой нь харагдаж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <https://www.barilga.mn/n/9551>
- [2] International Labour Organization (ILO). World Statistic. 2020. www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249278/lang--en/index.html
- [3] Bureau of Labor Statistics. <https://www.bls.gov/iif/>
- [4] Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. https://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201903/t20190326_239913.html
- [5] <https://www2.1212.mn/BookLibraryDownload.ashx?url=3. Occupational accident and acute poisonings 2021 I-XII mn.pdf&ln=Mn>
- [6] Kishor Shrestha, Pramen P. Shrestha, Dinesh Bajracharya, and Evangelos A. Yfantis Hard-Hat Detection for Construction Safety Visualization. Journal of Construction Engineering/2015
- [7] Zhang, Z. W. 2009. “Research in comfort design of safety helmet.” Ph.D. thesis, College of Art, Graduate School of the Central South Univ
- [8] Occupational Safety & Health Administration, Construction’s Fatal Four, 2013, <https://www.osha.gov/oshstats/commonstats.html>
- [9] <https://www.barilga.mn/n/6962/>
- [10] Laurance Moroney “AI and Machine Learning for coders”. 2021
- [11] <https://opencv.org/about/>
- [12] <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>
- [13] <https://teachablemachine.withgoogle.com/>

ГОВИЙН БҮСИЙН САЛБАРЫН РЕЛЕ ХАМГААЛАЛТЫН СУДАЛГАА

Г.Цолмон, М.Баттулга, Б.Бат-Эрдэнэ

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

Хураангуй. Монгол улсын уул уурхай болон дэд бүтцийн томоохон бүтээн байгуулалтууд говийн бүс нутагт хийгдэж байна. Тухайн бүс нутгийн цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг тасралтгүй, найдвартай хангах үүргийг цахилгаан дамжуулах үндэсний сүлжээ ТӨХК-ийн говийн бүсийн салбар (ГБС) хариуцан ажиллаж байна. Монгол улсын говийн бүс нутаг нь уул уурхай болон дэд бүтцийн томоохон бүтээн байгуулалт ихээр хийгдэж байгаа хэсэг юм. Тус бүс нутгийг хамрах ЦДҮС ТӨХК-ийн Говийн бүсийн салбар (ГБС) нь цахилгаан дамжуулах сүлжээний хэвийн найдвартай ажиллагааг хангаж томоохон хэрэглэгчдийн хэрэглээг тасралтгүй хангах үүрэг хүлээсэн салбарын нэг билээ. Иймд сүлжээний болон реле хамгаалалт найдвартай байдлыг хангах чухал шаардлага үүсэж байна. Тиймээс говийн бүсийн салбарт хамаарагддаг 110/35/10 кВ-ын “Мандалговь” дэд станц, 110/35/10 кВ-ын “Даланзагдаг” дэд станц, 220/110/35/10 кВ-ын “Тавантолгой” дэд станц, 220/110/35 кВ-ын “Оюутолгой” дэд станц, 220/110/35 кВ-ын “Мандал” дэд станцуудын реле хамгаалалт автоматик (РХА)-ийн найдвартай байдлыг судлах зорилгоор реле хамгаалалт автоматикийн байгууламж (РХАБ)-ийн ажиллагааны одоогийн төлөв байдал, дэд станцуудын 2013-2022 он хүртэлх үндсэн тоноглол болон цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ)-ын аваарын тасралтын судалгааг хийж, тасралт үүсгэж буй хүчин зүйлсийг тодорхойлов.

Түлхүүр үг: Реле хамгаалалт, тасралт

I. УДИРТГАЛ

Монгол улсын стратегийн ач холбогдол бүхий голлох салбарын нэг нь цахилгаан эрчим хүчний (ЦЭХ) салбар юм. ЦЭХ-ний хэрэглэгчдийн тоо сүүлийн жилүүдэд жилд дунджаар 7-8 хувь, дотоодын эрчим хүчний үйлдвэрлэл 6-7 хувь өсөлттэй байна [1]. ЦЭХ-ний хэрэглэгчдийн дийлэнх хувь нь төвийн бүсийн нэгдсэн сүлжээнд харьяалагддаг ба тэр дундаа говийн бүсийн эрчим хүчний хэрэглээ уул уурхайн салбар болон үйлдвэржилтийг дагаж хурдацтай өсөж байна. Тус бүс нутгийг хамрах “ЦДҮС” ТӨХК-ийн ГБС нь цахилгаан дамжуулах сүлжээний хэвийн найдвартай ажиллагааг хангаж томоохон хэрэглэгчдийн хэрэглээг тасралтгүй хангах үүрэг хүлээсэн салбарын нэг юм.

“ЦДҮС” ТӨХК-ийн ГБС-т нийт 5 дэд станц харьяалагддаг ба ЦДАШ-ын хувьд 220 кВ-ын ЦДАШ-н трассын нийт урт 602.1 км, 110 кВ-ын ЦДАШ-н трассын нийт урт 89.7 км байна. Үүнээс 220/110/35 кВ-ын “Сонгино” дэд станцаас 220/110/35 кВ-ын “Мандал” дэд станц хүртэл 220 кВ-ын 247 км урт 213, 214-р АШ нь Монгол улс дахь хамгийн урт 220 кВ-ын ЦДАШ юм [2].

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

“ЦДҮС” ТӨХК-ийн ГБС-ын хамаарал бүхий 5 дэд станцын 2013-2022 он хүртэлх тасралтын мэдээг ашиглан дэд станц бүрийн тасралтыг нэгтгэн хүснэгт-1; 2; 2.1; 3; 3.1; 4; 5-д ангилж харуулав.

Мөн тасралтын шалтгааныг дараах 4 хэсэгт хуваан ангилсан [3]. Үүнд:

- Байгалийн хүчин зүйл - салхи, шуурга, бохирдол зэргээс болж элемент нэвт цохигдох, дамжуулагч тасрах, дамжуулагч шлейф зайнд орох зэргээс үүдэлтэй тасралт;
- Гадны хүчин зүйл - хүний буруутай үйл ажиллагаа болон машин механизм дамжуулагч шүргэх, зайнд орох зэргээс үүдэлтэй тасралт;
- РХАБ-ийн тавил, тооцоо - тавил тооцооноос үүдэлтэй селектив бус тасралт;

- Тодорхойгүй - шалтгаан тодорхойгүй буюу тасралтын дараа АПВ болон гараар амжилттай залгагдсан тасралт.

1. 110/35/10 кВ-ын “Мандалговь” дэд станц

Тус дэд станц нь 1996 онд Багануур зүүн өмнөд бүсийн салбарын харьяанд ашиглалтад орсон ба 2013 оноос ГБС-ын ашиглалтад шилжсэн. Энэ дэд станц нь 110 кВ-ын Чойр-Мандалговь, Мандалговь-Тавантолгой транзит шугамуудыг холбосон зангилаа дэд станц байсан бол 2019 онд 220/110/35 кВ-ын “Мандал” дэд станц нь ТБНС-тэй 225-р АШ-аар холбогдсоноор төгсгөлийн дэд станц болсон.

Дэд станц нь нийт 14 ш релетэй ба 110 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн микропроцессорын (МП) 6 ш реле, 35 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь ОХУ-н Бреслэр брэндийн МП-ын 5 ш реле, 10 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь цахилгаан механик (ЦМ) 1 ш комплект буюу РТ-40, РП-341, РВМ-12 болон SEL брэндийн МП-ын 2 ш релетэй. Тасралтын хувьд 2021 он хүртэл нийтдээ 258 удаа тасралт (Хүснэгт 1) бүртгэгдсэн байна [4]. Нийт тасралтын 93% нь гаргалгаа ЦДАШ-ууд дээр гарсан байна.

Хүснэгт 1. 110/35/10 кВ-ын “Мандалговь” дэд станц болон ЦДАШ-ын тасралтын судалгаа

Огноо	Трансформатор	35 кВ Луус ЦДАШ	35 кВ Олгойнговь ЦДАШ	35 кВ Төв ЦДАШ	35 кВ Гурвансайхан ЦДАШ	Нийт
2014 он	0	0	5	3	1	9
2015 он	0	0	6	8	1	15
2016 он	1	7	10	11	13	42
2017 он	0	5	14	4	20	43
2018 он	2	4	10	10	3	29
2019 он	2	1	22	19	9	53
2020 он	7	1	6	2	11	27
2021 он	9	5	7	4	15	40

Тасралтын статистик судалгааг харьцуулж үзэхэд тасралтын тоо жилд дунджаар 29-30 тасралт гарч байна. Үүний дийлэнх нь 3-аас 7-р сарын хооронд байна. Шалтгааны хувьд тодорхойгүй болон байгалийн хүчин зүйлийн тасралт 33-45%-ийг эзэлж байна.



Зураг 1. 110/35/10 кВ-ын “Мандалговь” дэд станцын тасралтын шалтгаан

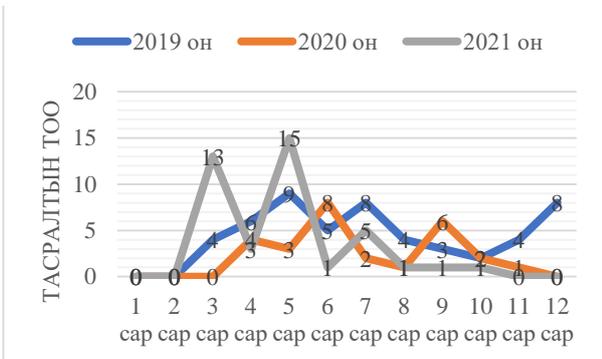


График 1. 110/35/10 кВ-ын “Мандалговь” дэд станцын тасралтын динамик

2. 110/35/10 кВ-ын “Даланзадгад” дэд станц

Тус дэд станц нь 2013 онд ашиглалтад орсон. 110/35/10 кВ-ын “Тавантолгой” дэд станцтай 110 кВ-ын Тавантолгой-Даланзадгад ЦДАШ-аар тэжээгддэг ба 10 кВ талаараа Өмнөговь аймгийн Даланзадгад дулааны цахилгаан станцтай зэрэгцээ ажилладаг онцлогтой.

Дэд станц нь нийт 34 ш релетэй ба 110 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 7 ш реле, 35 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 8 ш реле, 10 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 14 ш релетэй. Тасралтын хувьд 2021 он хүртэл нийтдээ 326 удаа тасралт (Хүснэгт 2; 2.1) гарсан. Нийт тасралтын дийлэнх нь 10 кВ Ханхонгор ЦДАШ болон Т-1, Т-2 трансформатор дээр гарсан байна.

Хүснэгт 2. 110/35/10 кВ-ын “Даланзадгад” дэд станц болон ЦДАШ-н тасралтын судалгаа

Огноо	Т-1 трансформатор	Т-2 трансформатор	35 кВ СХТ	10 кВ ТТ-4,5	110 кВ Даланзадгад ЦДАШ	35 кВ Жуулчин ЦДАШ	Нийт
2019 он	8	15	0	0	3	14	40
2020 он	21	9	3	2	1	2	38

2021 он	8	10	0	1	2	5	26
							104

Хүснэгт 2.1 110/35/10 кВ-ын “Даланзадгад” дэд станцын тасралтын судалгаа

Огноо	10 кВ Эрчим-1	10 кВ Эрчим-2	10 кВ Ханхонгор	10 кВ Эмгэглэг	110 кВ Тавантолгой ЦДАШ	10 кВ Полигон	Нийт
2014 он	0	0	7	6	0	0	13
2015 он	0	6	8	6	0	3	23
2016 он	0	0	8	5	0	1	14
2017 он	0	1	8	3	0	2	14
2018 он	0	2	7	0	0	3	12
2019 он	8	1	28	4	8	7	56
2020 он	9	1	23	0	0	13	46
2021 он	9	5	18	1	0	11	44
							222

Тасралтын статистик судалгааг харьцуулж үзэхэд тасралтын тоо жилд дунджаар 35-36 тасралт гарч байна. Үүний дийлэнх нь 2-оос 6 сарын хооронд байна. Шалтгааны хувьд тодорхойгүй болон байгалийн хүчин зүйлийн тасралт 29-33%-ийг эзэлж байна.



Зураг 2. 110/35/10 кВ-ын “Даланзадгад” дэд станцын тасралтын шалтгаан

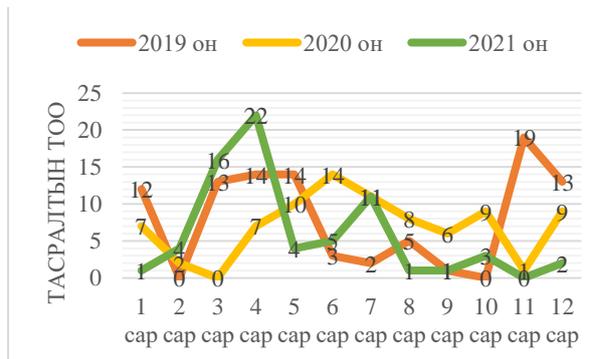


График 2. 110/35/10 кВ-ын “Даланзадгад” дэд станцын тасралтын тоон харьцуулалт

3. 220/110/35/10 кВ-ын “Тавантолгой” дэд станц

Тус дэд станц нь 2013 онд ашиглалтад орсон. 220 кВ-ын Мандал-Тавантолгой, Тавантолгой-Оюутолгой ЦДАШ-аар холбогддог ГБС-ын гол зангилаа дэд станц бөгөөд 110 кВ талаар 18 МВт

Ухаахудаг цахилгаан станц, 50 МВт Цэций СЦС-тай зэрэгцээ ажилладаг.

Дэд станц нь нийт 99 ш релетэй ба 220 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 23 ш реле, 110 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 32 ш реле, 35 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 21 ш реле, 10 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 14 ш релетэй. Тасралтын хувьд 2021 он хүртэл нийтдээ 318 удаа тасралт (Хүснэгт 3; 3.1) гарсан. Нийт тасралтын дийлэнх нь гаргалгаа ЦДАШ дээр гарсан байна. Мөн 2020 онд 2 ш 30 МВар СВК ашиглалтад орсон ба үүний туршилт, тохируулга болон хөргөлтийн системийн ажиллагаатай холбоотой технологийн хамгаалалтын тасралт зонхилж байна [6].

Хүснэгт 3. 220/110/35/10 кВ-ын Тавантолгой дэд станц болон ЦДАШ-н тасралтын судалгаа

Огноо	Т-1 трансформатор	215, 216-р АПШ	Автотрансформатор	110 кВ Мандалговь ЦДАШ	110 кВ Цанхи-А ЦДАШ	110 кВ ШХЭТ	147, 148-р АПШ	35 кВ СВК-1,2	Нийт
2019 он	4	2	0	4	3	0	2	0	15
2020 он	1	4	2	0	0	1	0	19	27
2021 он	3	2	3	0	3	1	1	48	61
									103

Хүснэгт 3.1 220/110/35/10 кВ-ын Тавантолгой дэд станц болон ЦДАШ-н тасралтын судалгаа

Огноо	35 кВ Уурхай ЦДАШ	35 кВ Ёл ЦДАШ	10 кВ Хишиг-Арвин ЦДАШ	110 кВ Даланзадгад ЦДАШ	Т-2 трансформатор	10 кВ Тостон ЦДАШ	35 кВ Манлай ЦДАШ	Нийт
2014 он	0	0	0	1	1	2	3	7
2015 он	0	0	0	1	2	2	5	10
2016 он	0	0	0	7	0	9	10	26
2017 он	0	0	0	6	0	9	10	25
2018 он	0	0	3	3	0	13	9	28
2019 он	0	4	2	3	1	21	18	49
2020 он	10	7	5	1	3	13	10	49
2021 он	2	3	1	2	5	8	0	21
								215

Тасралтын статистик судалгааг харьцуулж үзэхэд тасралтын тоо жилд дунджаар 45 тасралт гарч байна. Үүний дийлэнх нь 5-аас 10-р сарын хооронд ба сүүлийн жилүүдэд тасралт 50% өсөлттэй байна. Шалтгааны хувьд тодорхойгүй болон байгалийн хүчин зүйлийн тасралт 22-44%-ийг зонхилж байна.



Зураг 3. 220/110/35/10 кВ-ын Тавантолгой дэд станцын тасралтын шалтгаан

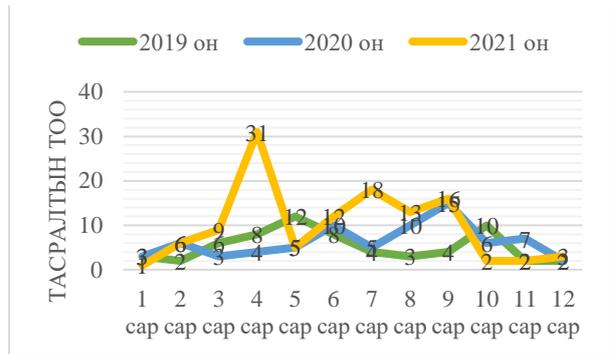


График. 220/110/35/10 кВ-ын Тавантолгой дэд станцын тасралтын тоон харьцуулалт

4. 220/110/35 кВ-ын “Оюутолгой” дэд станц

Тус дэд станц нь 2014-2016 онд 35 кВ-ын нэг оруулга, гаргалгаатай схемээр ажиллаж ирсэн. 2018 онд 35 кВ-ын Тавантолгой ЦДАШ-ын төгсгөлийн анкераас отверк авч Цагаансуврага дэд станц тэжээгдэж Цагаансуврага уурхай, Дорноговь аймгийн Мандах, Хатанбулаг сумын хэрэглэгчийг ЦЭХ-ээр хангаж эхэлсэн. 2020 онд 220/110/35/10 кВ-ын “Тавантолгой” дэд станцтай 217, 218-р АПШ-аар холбогдож бүрэн хүчдэлийн түвшнээр ажиллаж эхэлсэн.

Дэд станц нь нийт 76 ш релетэй ба 220 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 25 ш реле, Хятад улсын SIFANG брэндийн МП-ын 8 ш реле, 110 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 11 ш реле, 35 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 22 ш релетэй. Тасралтын хувьд 2021 он хүртэл нийтдээ 116 удаа тасралт (Хүснэгт 4) гарсан. Нийт тасралтын дийлэнх нь 35 кВ Цагаансуврага болон Ханболд ЦДАШ-д гарсан байна.

Хүснэгт 4. 220/110/35 кВ-ын Оюутолгой дэд станц болон ЦДАШ-н тасралтын судалгаа

	35 кВ Цагаансуврага ЦДАШ	35 кВ Ханболд ЦДАШ	221-р ЦДАШ	35 кВ Оюу-А	АТ-1	АТ-2	Нийт
2017 он	6	4	0	0	0	0	10
2018 он	19	1	0	0	0	0	20
2019 он	11	13	1	0	3	0	28
2020 он	17	9	0	0	0	2	28
2021 он	8	6	14	2	0	0	30
							116

Тасралтын статистик судалгааг харьцуулж үзэхэд тасралтын тоо жилд дунджаар 25 тасралт гарч байна. Үүний дийлэнх нь 5-аас 9-р сарын хооронд байна. Шалтгааны хувьд тодорхойгүй болон гадны хүчин зүйлийн нөлөөний тасралт 19-63%-ийг зонхилж байна.



Зураг 4. 220/110/35 кВ-ын Оюутолгой дэд станцын тасралтын шалтгаан

Тасралтын статистик судалгааг харьцуулж үзэхэд тасралтын тоо жилд дунджаар 23 тасралт гарч байна. Үүний дийлэнх нь 2 болон 9 дүгээр сард байна. Шалтгааны хувьд тодорхойгүй болон байгалийн хүчин зүйлийн нөлөөний тасралт 90%-ийг зонхилж байна.



Зураг 5. 220/110/35 кВ-ын Мандал дэд станцын тасралтын шалтгаан

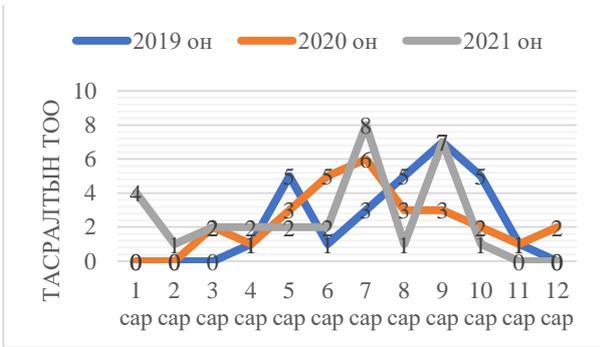


График 4. 220/110/35 кВ-ын Оюутолгой дэд станцын тасралтын тоон харьцуулалт

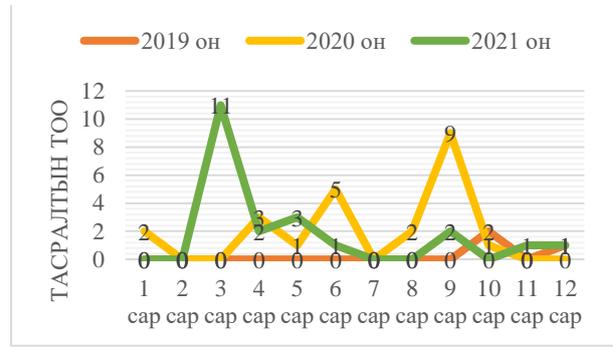


График 5. 220/110/35 кВ-ын Мандал дэд станцын тасралтын тоон харьцуулалт

5. 220/110/35 кВ-ын “Мандал” дэд станц

Тус дэд станц нь 2019 онд ашиглалтад орсон. 225-р АШ-аар Чойр дэд станцаас тэжээгддэг байсан. 215, 216-р АШ-аар 220/110/35 кВ “Тавантолгой” дэд станцтай холбогддог. 2020 онд 220/110/35 кВ-ын Сонгино дэд станцаас 220/110/35 кВ “Мандал” дэд станцыг холбосон 213, 214-р АШ ашиглалтад орсноор ГБС-ыг хоёр талын тэжээлтэй болж, гол зангилаа дэд станц болсон[7].

Дэд станц нь нийт 56 ш релетэй ба 220 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 25 ш реле, 110 кВ-ын РХ-ын байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 11 ш реле, 35 кВ-ын РХ-ыг байгууламж нь SEL брэндийн МП-ын 11 ш релетэй. Тасралтын хувьд 2021 он хүртэл нийтдээ 47 удаа тасралт (Хүснэгт 5) гарсан. Нийт тасралтын дийлэнх нь гаргалгаа 225-р ЦДАШ дээр гарсан байна.

Хүснэгт 5. 220/110/35 кВ-ын “Мандал” дэд станц болон ЦДАШ-н тасралтын судалгаа

	АТ-1	АТ-2	225-р ЦДАШ	220 кВ ШХТ	213-р ЦДАШ	216-р ЦДАШ	220 кВ-ын Реактор-1	220 кВ-ын Реактор-2	Нийт
2019 он	1	1	1	0	0	0	0	0	3
2020 он	0	2	16	2	0	0	1	2	23
2021 он	4	0	8	0	4	5	0	0	21
									47

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар “ЦДҮС” ТӨХК-ийн ГБС-ын харьяа 220/110/35/10 кВ хүртэл хүчдэлийн түвшинтэй 5 дэд станцын РХАБ-ийн одоогийн төлөв байдал болон 2014-2022 оны хоорондох тасралтын судалгааг авч үзлээ.

Судалгаагаар авч үзсэн 5 дэд станцын РХАБ-ийн 99.6% нь МП-ын реле хамгаалалтын төхөөрөмжөөр тоноглогдсон байна. Харин 1 ш комплект цахилгаан механик реле 110/35/10 кВ “Мандалговь” дэд станцын 10 кВ-ын ДХТ-2-ын үндсэн хамгаалалт дээр 1996 онд тавигдсан нь одоог хүртэл ашиглаж байна.

Реле хамгаалалтын ажиллагааг дүгнэвэл 2019-2022 оны хооронд нийт 681 удаагийн тасралт гарснаас РХАБ-ийн тавилын тооцоог буруу оруулснаас үүдэлтэй селектив бус 93 удаагийн тасралт гарсан нь нийт тасралтын 14%-г эзэлж байна. Харин реле хамгаалалтын төхөөрөмжийн буруу ажиллагаанаас үүдэлтэй тасралт огт гараагүй байна. Энэ нь “ЦДҮС” ТӨХК-ийн ГБС-ын РХА-ийн сонгох чадвар болон мэдрэх чадварыг дээшлүүлэх үүднээс тавилын тооцоог дахин шинэчлэх шаардлагатайг илэрхийлж байна.

ГБС-ын 5 дэд станцын нийт РХАБ-ийн 95.7%-ийг SEL брэндийн МП реле, 2.9%-ийг Хятад улсын SIFANG брэндийн МП реле, 1.4%-ийг ОХУ-ын Бреслэр брэндийн МП реле эзэлж байна. Эндээс SEL брэндийн МП-ын реле нь ашиглалтын хувьд хялбар, программ хангамжийн хувьд нээлттэй, хамгаалалтын

функцүүд нь Монгол улсын шаардлагыг бүрэн хангаж байгаа тул өргөнөөр ашиглахад тохиромжтой гэдэг нь харагдаж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Эрчим хүчний зохицуулах хорооны цахим хуудас <https://erc.gov.mn/web>
- [2] “Цахилгаан дамжуулах үндэсний сүлжээ” ТӨХК-ний цахим хуудас <https://www.transco.mn>

- [3] М.Сэржхорол, Ш.Гантөмөр “220 кВ-ын Сонгино-Мандалговь ЦДАШ-ын горим ажиллагаа”, Ухаалаг эрчим хүч-Оюутны оролцоо, Улаанбаатар, №26/253, 2019 он
- [4] “ЦДҮС” ТӨХК-ийн ГБС РХАХТА-ны тайлан. 2020 он
- [5] “ЦДҮС” ТӨХК-ийн ГБС-н тасралтын мэдээ. 2014-2021 он
- [6] “ЦДҮС” ТӨХК-ийн хэвлэл Дамжуулах сүлжээ. 2020 он
- [7] Д.Хосбаяр, М.Баттулга “Цахилгаан түгээх сүлжээний тасралтын судалгаа”, Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл, Улаанбаатар, №26/254, 2021 он