

# ДИСПЕТЧЕРИЙН ҮНДЭСНИЙ ТӨВ ТӨХХК



## **“6-35 кВ түгээх сүлжээнд гарсан нэг фазын газардлагыг илрүүлэх гэмтэлтэй фидер тодорхойлох систем”-ийн судалгаа**

Танилцсан: Гүйцэтгэх захирал ..... / Г.Балжинням/

Хянасан: СХА-ны дарга ..... / Э.Ганбат/

Боловсруулан: СХА-ны инженер ..... / А.Мөнх-Эрдэнэ/

Улаанбаатар хот

2022 он

## Агуулга

Товчилсон үгс	3
1. Монгол Улсад ашиглагдаж байгаа нейтрэлийн горим	4
1.1 Тусгаарлагдсан нейтрэльтай сүлжээний онцлог	6
1.2 Нум унтраах ороомгоор газардуулсан сүлжээний онцлог	8
1.3 Эсэргүүцлээр газардуулсан сүлжээнд гардаг хүндрэлүүд	9
2. Нэг фазын газардлагын хамгаалалт	11
2.1 Олон улсад ашиглагдаж буй нейтрэлийн горим	11
2.2 Олон улсад ашиглагдаж буй нэг фазын газардлагын хамгаалалт	13
2.2.1 Гэмтэлтэй фидер тодорхойлох систем	13
2.2.1.1 Алгоритм №1: Чиглэлгүй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалт	15
2.2.1.2 Алгоритм №2: Чиглэлтэй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалт	16
2.2.1.3 Алгоритм №3: Гүйдлийн гармоник бүрэлдэхүүний утгаар ажилладаг хамгаалалт	17
2.2.1.4 Алгоритм №4 Шилжилтийн процессын анализ	18
2.2.1.5 Гэмтэлтэй фидер тодорхойлох системийн холболт	19
3. Тэг дарааллын гүйдлийн трансформаторт тавигдах шаардлага.	20
4. Эдийн засгийн тооцоо	21
5. Гэмтэлтэй фидер тодорхойлох системийг хэрэглэснээр гарах үр дүн	22
6. Дүгнэлт	23
7. Ашигласан материалууд	24

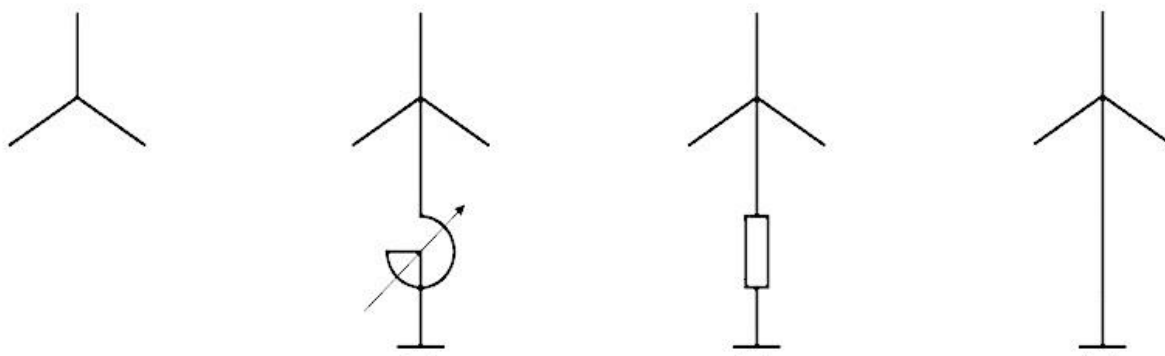
## **Товчилсон үгс**

АШ	Агаарын Шугам
ГФТС	Гэмтэлтэй Фидер Тодорхойлох Систем
КШ	Кабель Шугам
НУО	Нум Унтраах Ороомог
НФГ	Нэг Фазын Газардлага
РХА	Реле Хамгаалалт Автоматик
СОПФ	Система Определения Поврежденного Фидера
ХТ	Хүчдэлийн Трансформатор
ХХТ	Хаалттай Хуваарилах Байгууламж
ТДГ	Тэг Дарааллын Гүйдэл
ТДГТ	Тэг Дарааллын Гүйдлийн Трансформатор
“ЦДҮС” ТӨХК	Цахилгаан Дамжуулах Сүлжээ ТӨХК
“ДСЦТС” ХК	Дархан Сэлэнгийн Цахилгаан Түгээх Сүлжээ ХК
“ДДЦС” ТӨХК	Дарханы Дулааны Цахилгаан Станц ТӨХК
“УБЦТС” ТӨХК	Улаанбаатар Цахилгаан Түгээх Сүлжээ ТӨХК
“ЭБЦТС” ТӨХК	Эрдэнэт Булганы Цахилгаан Түгээх Сүлжээ ТӨХК

## 1. Монгол Улсад ашиглагдаж байгаа нейтрэлийн горим

Нейтрэлийн цэгийг хэрхэн газардуулах нь сүлжээний шинж чанарыг тодорхойлогч чухал үзүүлэлтүүдийн нэг бөгөөд сүлжээний нейтрэль цэгийн газардуулгын төрлөөс хамаарч дараах үзүүлэлтүүд өөрчлөгддөг. Үүнд:

1. Гэмлтийн цэг дээрх газардлагын гүйдлийн утга
2. Газардлага гарах үеийн сүлжээний ажиллагаа(тасралтгүй ажиллагаанд нөлөөлөх эсэх)
3. Сүлжээний онцлогоос хамаарч хэрэглэгдэх реле хамгаалалтын функцууд
4. Газардлага гарах үеийн эрүүл фаз дээрх хэт хүчдэлийн утга
5. Суурилагдсан тоноглолын шийдэл үнэ өртөг(тусгаарлагчийн түвшин)



Зураг 1. Монгол улсын 6-35 кВ сүлжээнд хэрэглэж байгаа нейтрэлийн горимууд

Нейтрэлийн горимын тухайд Монгол улсын цахилгаан тоног төхөөрөмжийн байгууламжийн дүрэм **БД 43-101-03**-д:

**1.2.8.** 6-35 кВ цахилгаан сүлжээний зураг төсөлд сүлжээний саармаг (нейтрэль)-ийг нум унтраах реактор тавьж тусгаарлах ба газардуулах боломжийг тусгах нь зүйтэй. Газар луу холбогдох (газардах) үеийн багтаамжийн гүйдлийг тэгшитгэхдээ хэвийн горимын үеийн гүйдлийн утгыг тооцож авах ёстой. Үүнд:

- 6,10,15,22 кВ төмөр бетон ба металл тулгууртай агаарын шугам сүлжээ болон 35 кВ-ын бүх төрлийн сүлжээнд 10 А-аас дээш;
- Төмөр бетон ба металл тулгуургүй сүлжээнд 3-6 кВ хүчдэлтэй бол 30 А-аас дээш, 10 кВ-ын хүчдэлтэй бол -20 А-аас дээш, 15-20 кВ-ын сүлжээнд -15 А-аас дээш;

Газар луу холбогдох үеийн гүйдэл нь 50 А-аас илүү байвал хоёроос дээш тооны газардуулгын нум унтраах реактор тавихыг зөвлөсөн байна.

Монгол улсын хувьд 6-35 кВ-ын түгээх сүлжээнд тусгаарлагдсан, компенсцлагдсан буюу НУО-оор газардуулсан, эсэргүүцлээр (бага Омын эсэргүүцлээр) газардуулсан болон гүн газардуулсан нейтраль(саармаг цэг)-ийн горимуудыг хэрэглэдэг(Зураг 1). Саармаг цэгийн горимоос шалтгаалан нэг фазын газардлагаас хамгаалах реле хамгаалалтын төхөөрөмжүүд таслах эсвэл дохиолох үйлчлэлээр ажиллаж байна.

НФГ гарахад реле хамгаалалт дохиолох зарчимаар ажиллах нь хэрэглэгчдийг ЦЭХ-ээр тасралтгүй хангах боломжтой болгодог ч, сүлжээнд үүссэн газардлага удаан хугацаагаар үргэлжлэх нь цахилгаан тоноглолын тусгаарлагч гэмтэх, шугам сүлжээний ойр байгаа хүн хүчдэлд нэрвэгдэх эрсдэлийг нэмэгдүүлдэг.

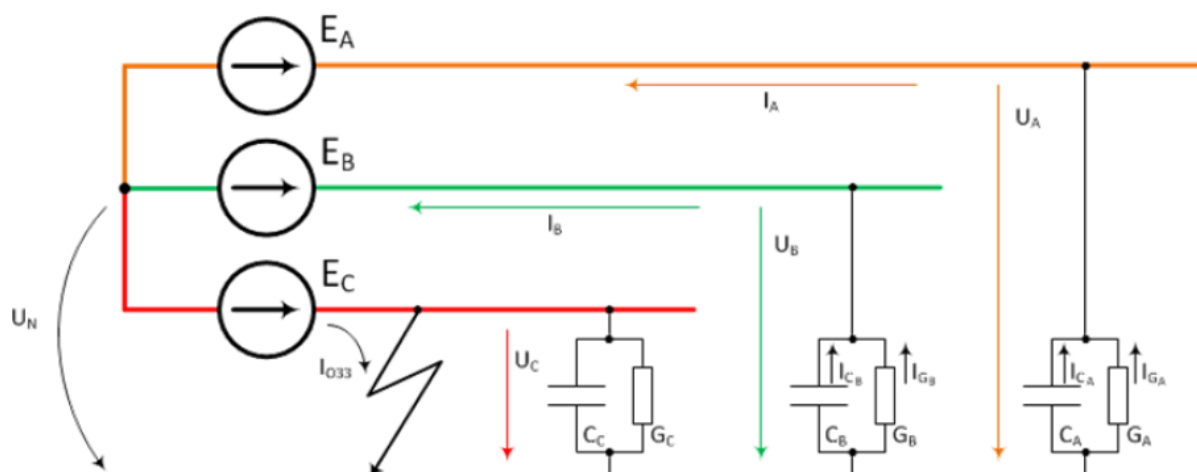
6-35 кВ тусгаарлагдсан, НУО-оор газардуулсан сүлжээнд НФГ гарах үед реле хамгаалалт буруу ажиллах, газардлага гараагүй бусад цахилгаан тоноглолыг гэмтээх, хүний амь нас эрсдэхээс сэргийлж түгээх сүлжээний нейтрэлийн горимыг өөрчлөх эсвэл эдгээр нейтрэльтай сүлжээнд НФГ гарахад богино хугацаанд илрүүлж, таслах зарчимаар ажиллах чадвартай реле хамгаалалтыг эрчим хүчний системд нэвтрүүлэх шаардлагатай байна.

### 1.1 Тусгаарлагдсан нейтральтай сүлжээний онцлог

Тусгаарлагдсан сүлжээний давуу тал нь газар руу гарсан эхний богино залгааг нэн даруй таслах шаардлагагүй байдаг. Мөн сүлжээ нь газартай харьцангуй бага багтаамжтай үед гэмтэл гарсан цэг дээр гүйдэл бага байдаг.

Тусгаарлагдсан нейтральтай сүлжээнд дараах дутагдалтай талууд байдаг. Эдгээр нь:

- Нэг фазын газардлагын үеийн хэт хүчдэлээр(Зураг 2, НФГ-ын гүйдлийн тархалт) тоноглолын тусгаарлагч гэмтэх;
- Олон цэгүүд дээр нэг агшинд тусгаарлагч гэмтэх;
- ХТ гэмтэх;
- РХА буруу ажиллах;
- Гэмтэл тодорхойлох хугацаанаас хамаарч хүн амьтан хүчдэлд нэрвэгдэх зэрэг аюултай.



Зураг 2. Тусгаарлагдсан нейтральтай сүлжээнд НФГ-ын гүйдлийн тархалт

Манай орны 6-35 кВ-ын сүлжээний дийлэнх нь тусгаарлагдсан нейтрэлийн горимтой бөгөөд реле хамгаалалтын ажиллагаанд дараах хүндрэлүүд илэрч байна. Үүнд:

- “ЭБЦТС” ТӨХК-ийн хувьд 2021 онд нийт 27 удаа газардлагын хамгаалалт ажилласан ба үүнээс 11 удаад тасралтын шалтгаан тодорхойгүй ба ЦДАШ болон тоноглолд үзлэг хийхэд гэмтэл илрээгүй;
- “Хөвсгөл-Эрчим хүч” ХХК нь 10 кВ гаргалгаанд РН53/60Д релег ашиглан газардлагын хамгааллатыг нэвтрүүлсэн ба реле хамгаалалтын хугацааны тавил нь  $t=9$  секунд;

- “ДЦС-4” ТӨХК-ийн 6 кВ ХХБ-ийн секцүүд нь тусгаарлагдсан нейтральный горимтой ба зөвхөн тэг дарааллын хүчдэлээс мэдэрч таслах хэлхээ оруулснаар газардлага гарахад тухайн шин дээрх нийт хэрэглэгчдийг таслах, гэмтэл үүсээгүй хэрэглэгч хамт тасрах нөхцөл үүссэн;
- “ББЭХС” ТӨХК 35, 10, 6 кВ гаргалгаануудад РН53/60Д релег ашиглан газардлагын хамгаалалтыг нэвтрүүлсэн ба хугацааны тавилууд нь  $t=5-9$  секунд;
- “ДБЭХС” ТӨХК 6-35 кВ сүлжээнд газардлагын хамгаалалтыг таслах үйлчилгээгээр оруулахад, газардлага гарсан үед фидерийн хамгаалалтууд нэгэн зэрэг буюу селектив бус ажилласан.

Дээр дурдсан тусгаарлагдсан нейтральтай сүлжээнд газардлагын хамгаалалтыг таслах үйлчлэлээр ажиллагаанд оруулсан боловч, реле хамгаалалтад тавигдах сонгох чадвар (селективность) болон хурдан үйлчилгээтэй байх(быстродействие) зэрэг шаардлагыг хангахгүй байна.

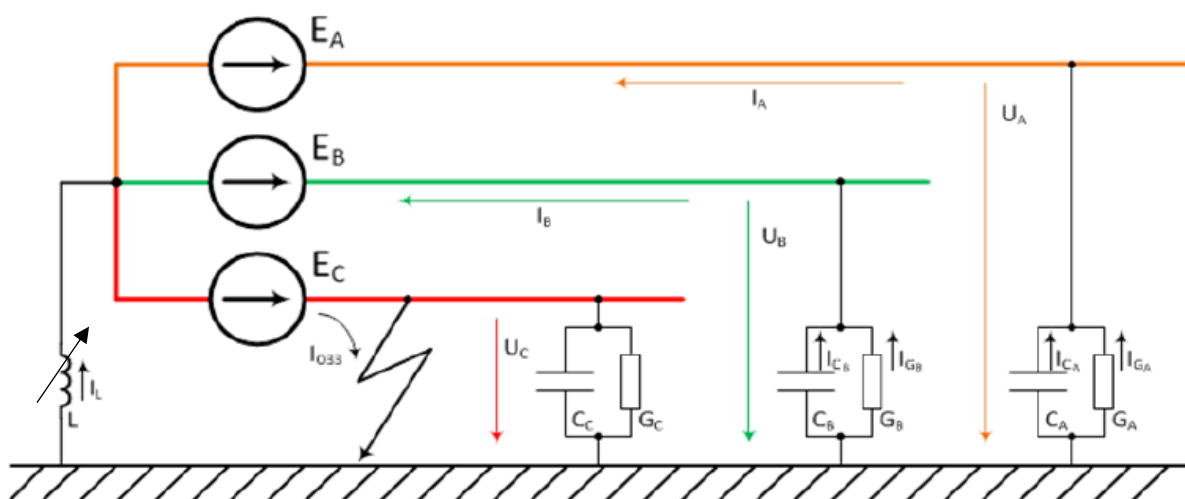
## 1.2 Нум унтраах ороомгоор газардуулсан сүлжээний онцлог

Уг нейтральный горимын давуу тал нь нэг фазын газардлага гарахад шууд таслах шаардлагагүй байдаг. Мөн хүчдэлийн трансформаторын ханалттай холбоотой феррорезонансын процесс гардаггүй. Нум унтраах реактор буюу НУО-ыг суурилуулж холбохдоо  $I_{C\Sigma}$  сүлжээний багтаамжийн гүйдлийг 50Гц давтамжтай байх үед тохируулж  $I_L$  компенсцлах гүйдлийн утгыг тохируулдаг  $I_{C\Sigma}=I_L$ .

Уг нейтральный горимтой сүлжээнд дараах хүндрэлүүд гардаг. Эдгээр нь:

- Компенсацын тохиргоо их хэмжээгээр алдагдсан үед нумын хэт хүчдэл үүснэ;
- Сүлжээнд нуман газардлага удаан хугацаанд үргэлжилсэнээр олон цэг дээрх гэмтэл үүсэх магадлалтай;
- Компенсацын тохиргоо үлэмж хэмжээгээр алдагдсан үед НФГ хоёр фазын богино залгаа болж шилжих боломжтой;
- Дутуу компенсацын үед нейтральный шилжилт болох ба бүрэн бус фазын горим үүсэх боломжтой;
- АШ резонансын тохируулгын үед нейтральный шилжилт их хэмжээгээр гарах боломжтой;
- Гэмтлийн цэгийг хайж тогтоох төвөгтэй;
- Багтаамжийн гүйдэл компенсцлагдснаар ТДГТ-аар хэмжигдэх гүйдлийн утга багасдаг тул тэг дарааллын реле хамгаалалт ажиллахгүй байх магадлалыг нэмэгдүүлдэг.

Кабель шугамын хөндийрүүлэг нь АШ-ын хөндийрүүлгээс ялгаатай нь дахин сэргэх чадваргүй байдаг. Өөрөөр хэлбэл гэмтлийн цэгийн гүйдэл бүрэн компенсцлагдсан горимд ч кабель шугам дээр үүссэн гэмтэл хэвээр үлддэг.



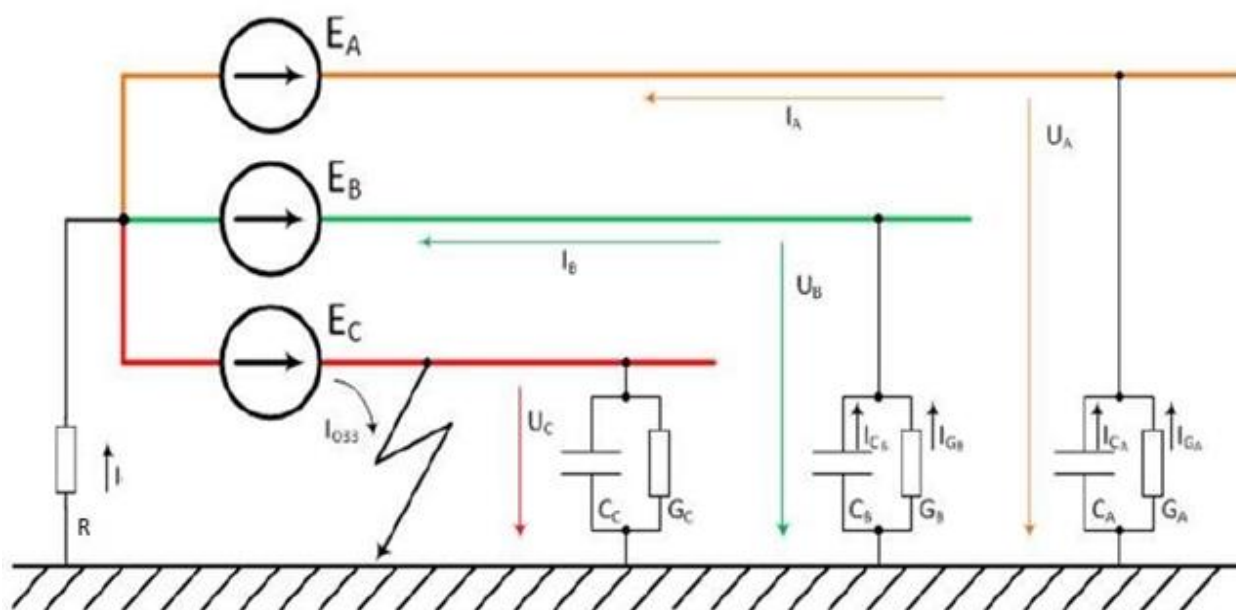
Зураг 3. НУО-оор газардуулсан нейтральный сүлжээний НФГ-ын гүйдлийн тархалт



### 1.3 Эсэргүүцлээр газардуулсан сүлжээнд гардаг хүндрэлүүд

Нейтральный резистив газардуулгын хоёр төрөл байдаг: өндөр болон бага Ом. Өндөр Омын нейтральный газардуулгын үед гэмтлийн цэг дээрх гүйдлийн нийлбэр 10 А-аас хэтэрдэггүй. Өөрөөр хэлбэл өндөр Омын нейтральный газардуулга нь сүлжээнд үүссэн нэг фазын газардлагын үед таслахгүй байх боломжийг бий болгодог. Өндөр Омын нейтральный газардуулгыг 5-7 А буюу бага багтаамжийн гүйдэлтэй сүлжээнд хэрэглэдэг.

Бага Омын эсэргүүцлээр газардуулсан сүлжээнд газардлага болсон цэг дээрх нийлбэр гүйдлүүдийн утга (эсэргүүцэл дээрх гүйдлийн бодит бүрэлдэхүүн болон сүлжээний багтаамжийн гүйдлийн нийлбэр) 10А-аас их байдаг ба энэ үед реле хамгаалалт нэг фазын газардлага гарахад гэмтэлтэй КШ эсвэл АШ-ыг сүлжээнээс тасалж ажилладаг.



Зураг 4. Эсэргүүцлээр газардуулсан нейтральтай сүлжээний НФГ-ын гүйдлийн тархалт

Эсэргүүцлээр газардуулсан нейтральтай сүлжээний дутагдал нь гэмтлийн цэг дээрх гүйдлийг ихэсгэдэг. Бага Омын эсэргүүцлээр газардуулсан нейтральтай сүлжээнд нэг фазын газардлага гарахад зайлшгүй таслах шаардлагатай байдаг тул хэрэглэгчдийг ЦЭХ-ээр тасралтгүй хангахад хүндрэлтэй болдог.

“УБЦТС” ТӨХК-ийн 6-35 кВ сүлжээнд нийт 9 дэд станцад бага Омын эсэргүүцлээр газардуулсан нейтральный горимыг (Хүснэгт№1) хэрэглэж байна. Тус салбар компанийн хувьд 2021 онд 651 тасралт гарснаас 44 удаагийн тасралтын шалтгаан тодорхойгүй, үзлэгээр гэмтэл илрээгүй байна.

*Хүснэгт 1. “УБЦТС” ТӨХК-ийн эсэргүүцлээр газардуулсан нейтрэлийн горимтой дэд станцууд*

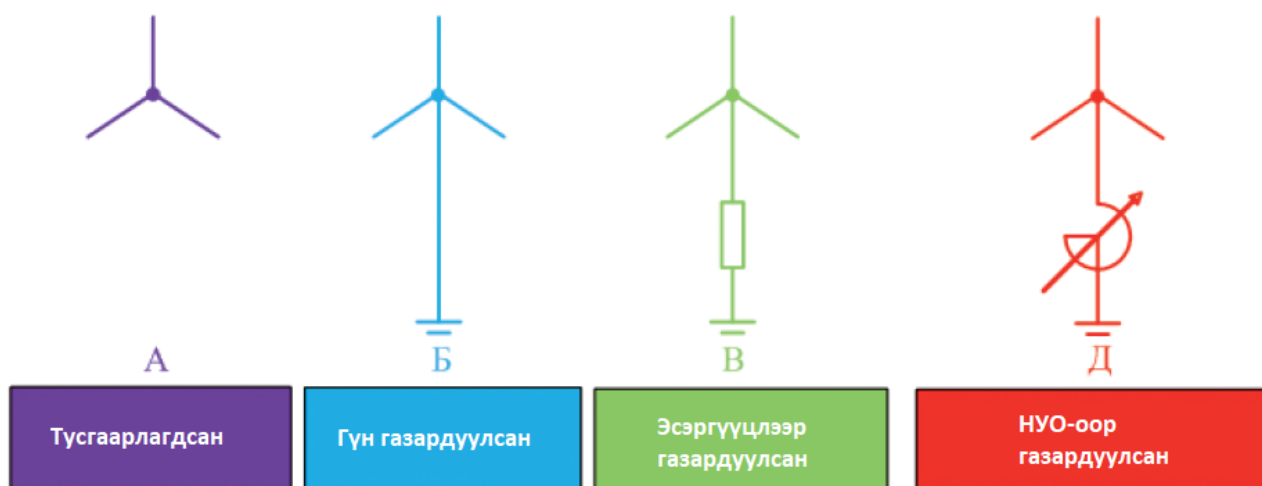
Д/д	Дэд станцын нэр	Резисторын эсэргүүцэл, Ом	Эсэргүүцлээр гүйх гүйдэл, А	Гүйдлийн тавил, А	Хугацааны тавил, с
1	35/10 кВ Дорнод-1	60	100	30	0,3
2	35/10 кВ Нарлаг	100	60	30	0,3
3	35/10 кВ Хөгжил	100	60	30	0,3
4	35/6 кВ Баянхошуу	30	120	30	0,3
5	35/6 кВ Ваар	30	120	30	0,3
6	35/6 кВ Дөрвөн зам	30	120	30	0,3
7	35/6 кВ Олимп	20	180	30	0,3
8	35/6 кВ Эсгийлэх	20	180	30	0,3
9	35/6 кВ Цэлмэг	30	120	30	0,3

## 2. Нэг фазын газардлагын хамгаалалт

### 2.1 Олон улсад ашиглагдаж буй нейтрэлийн горим

Олон улсад 1-69 кВ дунд хүчдэлийн түвшинтэй сүлжээнд [4]- IEEE Std 142-2007 (Revisiob of IEEE Std 142-1991) IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems стандартын дагуу дараах нейтрэлийн горимыг хэрэглэж байна (Зураг 5). Үүнд:

- Тусгаарлагдсан;
- Гүн газардуулсан;
- Эсэргүүцлээр газардуулсан(бага эсвэл их Омын эсэргүүцэл);
- Нум унтраах ороомгоор газардуулсан.



Зураг 5. Дунд хүчдэлийн түвшний сүлжээний нейтрэлийн горимууд

Европын дийлэнх орнууд аюулгүй байдлыг хангах үүднээс(газардлага гарсан цэг орчим үүсэх алхамын хүчдэл) сүлжээний газардлагын гүйдлийн утга 35 А-аас дээш үед түгээх сүлжээнд тусгаарлагдсан нейтрэлийн горимыг хэрэглэхийг хуулиар хориглосон байна. Мөн уг сүлжээнд тэг дарааллын гүйдлийн хуурмаг бүрэлдэхүүн хэсэг буюу  $I_0 \sin(\phi)$ -ыг мэдэрч ажилладаг чиглэлтэй гүйдлийн реле хамгаалалт тавихыг зөвлөдөг. Эдгээр реле нь нэг фазын газардлага гарахад реактив буюу багтаамжийн гүйдлийг хэмждэг.

Эсэргүүцлээр газардуулсан нейтрэльтай сүлжээнд НФГ-ын гүйдлийн утга 100-2500 А хооронд байдаг. Эсэргүүцлээр газардуулсан сүлжээнд тэг дарааллын гүйдлийн бодит бүрэлдэхүүн буюу  $I_0 \cos(\phi)$ -ыг мэдэрч ажилладаг чиглэлтэй гүйдлийн хамгаалалт тавихыг зөвлөдөг.

Мөн зарим орнууд дээр дурдсан горимоос гадна НУО болон эсэргүүцлийг зэрэгцээ холбож газардуулсан хосолмол нейтрэлийн горимыг хэрэглэж байна. ХБНГУ-ын 20 кВ сүлжээ нь уг горимоор ажилладаг. НУО нь тогтворгүй богино залгааны багтаамжийн гүйдлийг компенсациладаг ба тогтвортой богино залгаа үүссэн тохиолдолд гэмтэлтэй фидерийг тодорхойлохын тулд эсэргүүцлийг нэг фазын таслуураар сүлжээний нейтральд зэрэгцээ холбодог.

Тусгаарлагдсан нейтрэлийн горимыг Финлянд, Монгол болон ОХУ зэрэг орнууд хэрэглэж байна. Финлянд улсын хувьд тусгаарлагдсан нейтрэльтай сүлжээнд нэг фазын газардлага гарахад реле хамгаалалт таслах зарчимаар ажилладаг.

Хүснэгт 2. Дэлхийн улс орнуудын 3-69кВ сүлжээний нейтрэлийн горимууд

УЛС	Нейтрэлийн горим			
	Тусгаарлагдсан	НУО-оор газардуулсан	Эсэргүүцлээр газардуулсан	Гүн газардуулсан
Монгол	+	+	+	
ОХУ	+	+		
Австрали			+	+
Канад			+	+
АНУ			+	+
Испани		+	+	+
Португал			+	
Франц		+	+	
Япон			+	
Герман		+	+	
Австри		+	+	
Бельги			+	
Их британи			+	+
Швейцарь		+	+	
Финлянд	+	+	+	
Итали		+	+	
Чех		+	+	
Словак		+	+	
Швед		+	+	
Норвеги		+	+	

## **2.2 Олон улсад ашиглагдаж буй нэг фазын газардлагын хамгаалалт**

Нэг фазын газардлага (НФГ) нь гурван фазын цахилгаан системд түгээмэл тохиолддог гэмтэл юм. Орчин үед микропроцессорын баазтай реле хурдтай хөгжиж байгаа боловч, төрөл бүрийн нейтральный горимтой сүлжээнд ажиллах боломжтой, сонгох чадвар болон найдвартай байдлыг хангах чадвартай нийтэд хүлээн зөвшөөрөгдсөн алгоритм одоог хүртэл байхгүй байна.

ОХУ-д 6-35 кВ сүлжээнд 2012 оноос эхлэн “Система Определения Повреждённого Фидера” (Система ОПФ) буюу “Гэмтэлтэй фидер тодорхойлох систем”-ийг (ГФТС) хэрэглэж байна. Уг систем нь сүлжээний нейтральный горимоос үл хамааран НФГ гарсан фидерийг богино хугацаанд тодорхойлж ажилладаг онцлогтой. Уг системийг боловсруулсан ОХУ-ын “Бреслер” НПП болон “ЭКРА”НПП-д тус тус үйлдвэрлэгдсэн терминалуудын ажиллагааг судлав.

### **2.2.1 Гэмтэлтэй фидер тодорхойлох систем**

6-35 кВ сүлжээний НФГ-аас хамгаалах “Гэмтэлтэй фидер тодорхойлох систем” (ГФТС) бүхий функцтэй “Бреслер-0107.080” болон “ЭКРА.650321.075” терминалууд нь НФГ гарсныг илрүүлж, гэмтэл гарсан шугамыг тодорхойлох, мөн түүнчлэн гэмтэл гарсан үед дохиолох болон гэмтэл гарсан фидерийг сүлжээнээс тасалж ажиллана. Уг тоноглол нь цахилгаан станц болон дэд станцад суурилуулах зориулалттай микропроцессорын баазтай реле юм.

Уг хамгаалалт нь доорх нейтральный горимтой сүлжээнд ажиллах боломжтой.

Үүнд:

- Тусгаарлагдсан нейтральтай сүлжээ;
- НУО-оор газардуулсан нейтральтай сүлжээ;
- Эсэргүүцлээр дамжуулан газардуулсан нейтральтай сүлжээ.

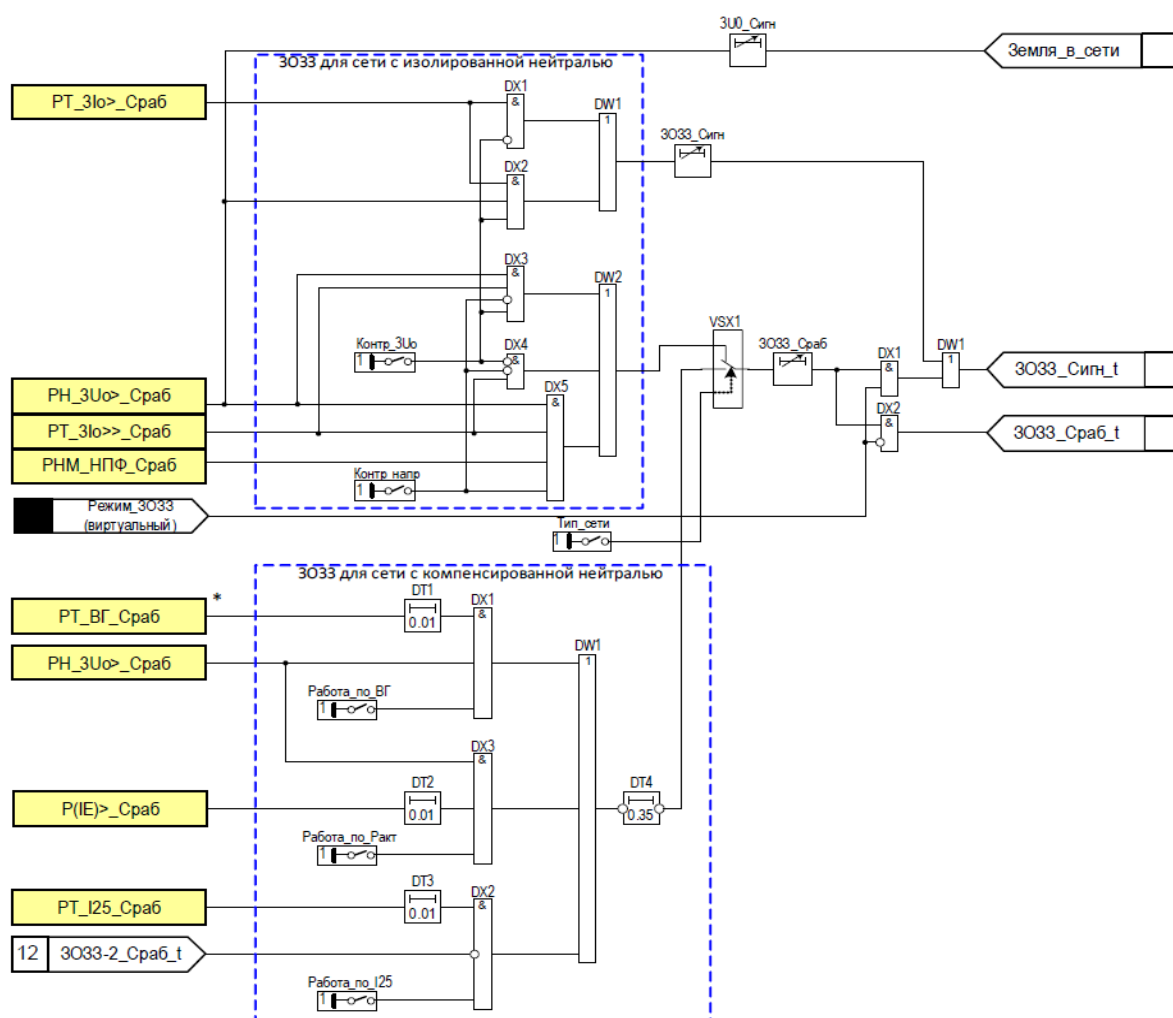
Хамгаалалтаар илрүүлэх боломжтой гэмтлийн төрлүүд:

- Тоноглолын тусгаарлагч гэмтэх;
- Шилждэг нуман газардлага(тогтворгүй НФГ);
- Тогтвортой НФГ;

Дээрх тоноглолуудын ажиллагаа нь харьцангуй хэмжилт хийх аргачлал дээр суурилж ажилладаг. Бреслер НПП терминалын селектив ажиллагааг хангах зорилгоор тоноглол суурилуулж байгаа дэд станцын нейтральный горимоос хамаарч зарим алгоритмыг унтраана. ЭКРА НПП терминалын хувьд тоноглол ажиллах нейтральный

горимыг сонгож тохируулдаг. Харьцангуй хэмжилт хийх аргачлал нь терминалд холбогдсон фидерүүдийн гүйдлийн утга болон өнцөг, хүчдэлийн утга болон өнцөг гэх мэт хэмжигдэхүүнүүдийг хооронд нь харьцуулснаар гэмтэлтэй фидерийг тодорхойлдог ба үүний давуу тал нь сүлжээний бүтцийн өөрчлөлтөөс хамаарч сүлжээний багтаамжийн гүйдэл  $I_{C\Sigma}$  өөрчлөгдсөн ч сонгох чадварыг хангаж ажиллана.

Эдгээр тоноглолууд нь хүчдэлийн трансформатораас(хэмжүүрийн трансформаторын хоёрдогч ороомгийн холболт нь задгай гурвалжин) ирэх 3Uo утгыг тасралтгүй хэмжиж байдаг бөгөөд НФГ гарсан тохиолдолд терминалын нүүр нь дээр <<секцэд НФГ>> гэрлэн диод асаж, үүний дараа <<секцэд НФГ>>-ын гаралтын реле ажиллаж, гэмтэлтэй фидер тодорхойлох ажиллагаа эхэлнэ.



Зураг 5. ЭКРА НПП, тусгаарлагдсан болон компенсцлагдсан нейтральтай сүлжээний НФГ-ын хамгаалалтын функционал схем

Зураг 5-д ЭКРА НПП, гэмтэлтэй фидер тодорхойлох системийн алгоритм ажиллагааны зарчмыг харуулав.

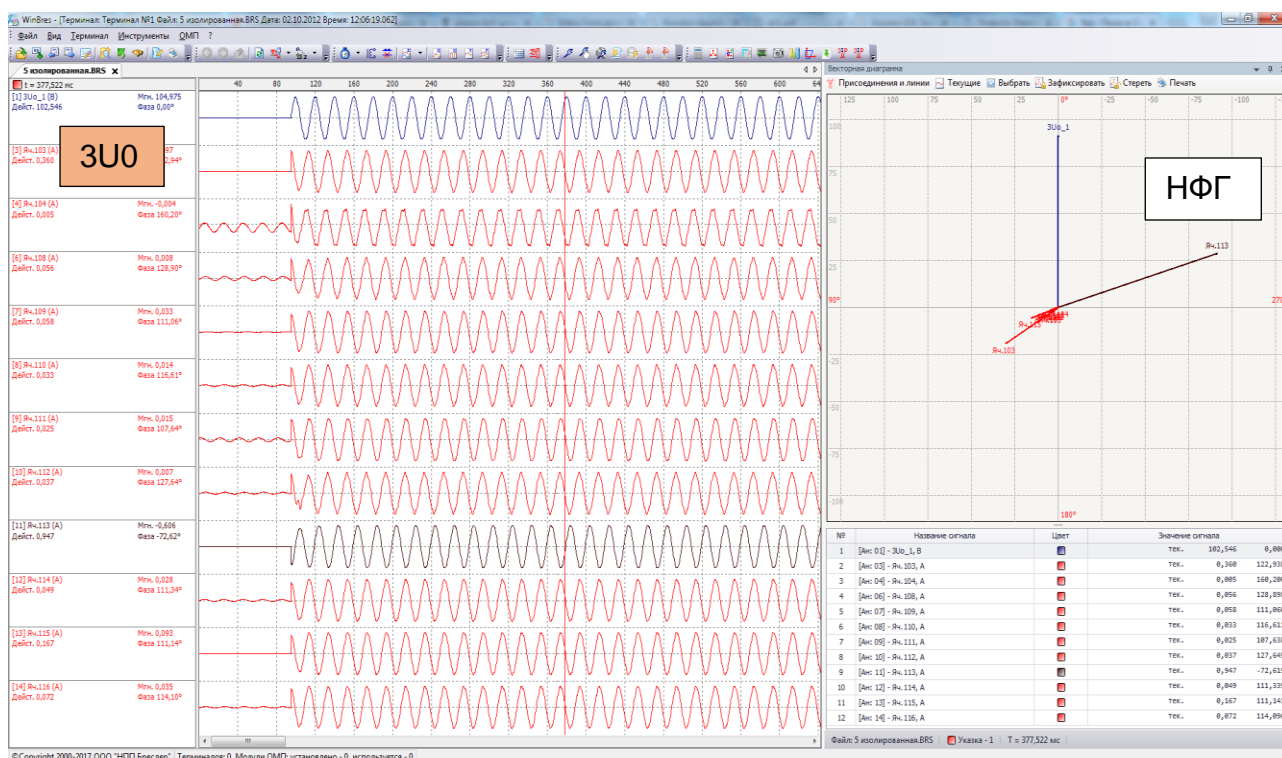
Мөн терминалууд нь фидер тус бүрийн тэг дарааллын гүйдлийг тасралтгүй хэмждэг ба 3Uo болон Io-ын эгшин зуурын утгуудыг тоноглолын санах ой тасралтгүй хадгалж байдаг. 3Uo бүртгэгдэхэд, терминалд суулгасан алгоритмууд нь хүлээн авж байгаа сигналууд дээр анализ хийж гэмтэлтэй фидерийг тодорхойлж ажилладаг.

Терминалд суулгасан алгоритмууд нь:

- Чиглэлгүй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалт;
- Чиглэлтэй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалт;
- Гүйдлийн дээд гармоник бүрэлдэхүүний утгаар ажилладаг чиглэлгүй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалт
- шилжилтийн процессын анализ.

### 2.1.1 Алгоритм №1: Чиглэлгүй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалт

Чиглэлгүй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалтыг олон фидертэй, гэмтэлтэй шугамын багтаамжийн гүйдэл нь сүлжээний нийлбэр багтаамжийн гүйдлээс хэд дахин бага (багтаамжийн гүйдлийн харьцаа:  $I_{c.Feeder}/I_{\Sigma C} < 0.15$ ) тусгаарлагдсан болон эсэргүүцлээр дамжуулан газардуулсан нейтральтай сүлжээнд хэрэглэдэг.



Зураг 6. Чиглэлгүй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалтын осциллограм

Зураг 6-д дүрсэлсэн осциллограм дээр тусгаарлагдсан нейтральтай сүлжээнд НФГ гарахад хамгаалалт хэрхэн ажиллаж байгааг харуулсан ба осциллограм дээрх хөх өнгийн сигнал нь ХТ-ын задгай гурвалжин ороомгоос авч байгаа тэг дарааллын

хүчдэлийн сигнал. Бусад буюу улаан өнгийн сигналууд нь фидерүүд дээр байрлуулсан ТДГТ-ын сигналууд байна. Баруун дээд хэсэгт фидерүүдийн болон хүчдэлийн трансформаторын векторын диаграммыг харуулсан байна.

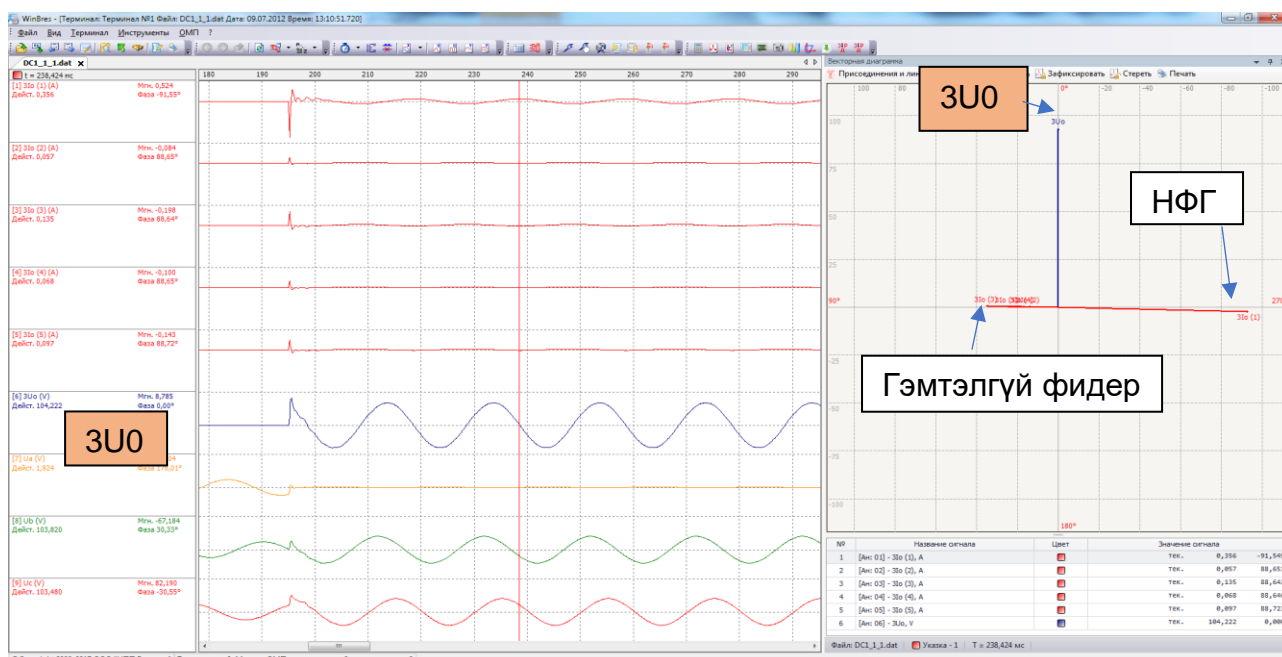
Гэмтэлтэй фидерийн бубликээс авсан гүйдлийн үйлчлэх утга нь  $I_{дейст}=0.947A$ , фазын өнцөг нь  $79,62^\circ$  байхад (вектор хэмжигдэхүүн) бусад гэмтэлгүй фидерүүдийн гүйдлийн үйлчлэх утга дунджаар  $I_{дейст}=0.034A$ , фаз нь эсрэг чиглэлтэй байна.

## 2.1.2 Алгоритм №2: Чиглэлтэй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалт

Чиглэлтэй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалтыг олон фидертэй, гэмтэлтэй шугамын багтаамжийн гүйдэл болон сүлжээний нийлбэр багтаамжийн гүйдлийн харьцаа:  $I_{C.Feeder}/I_{\Sigma C} > 0.15$  нөхцөлд тусгаарлагдсан болон эсэргүүцлээр дамжуулан газардуулсан нейтральтай сүлжээнд хэрэглэдэг.

Уг алгоритм нь фидерүүдийн тэг дарааллын гүйдлийн утгуудыг харьцуулахаас гадна вектор буюу чиглэлийг харьцуулж ажилладаг. Гэмтэлтэй фидер болон гэмтэлгүй фидерүүдийн гүйдлүүдийн чиглэл нь хоорондоо ойролцоогоор  $180^\circ$  зөрүүтэй байдаг.

Уг хамгаалалтын давуу тал нь гүйдлийн трансформаторын фазын алдааны утга 10-20% байсан ч гэмтэлтэй фидерийн вектор болон эрүүл фидерүүдийн векторууд нь эсрэг чиглэлтэй байх тул хамгаалалт хэвийн ажиллана.

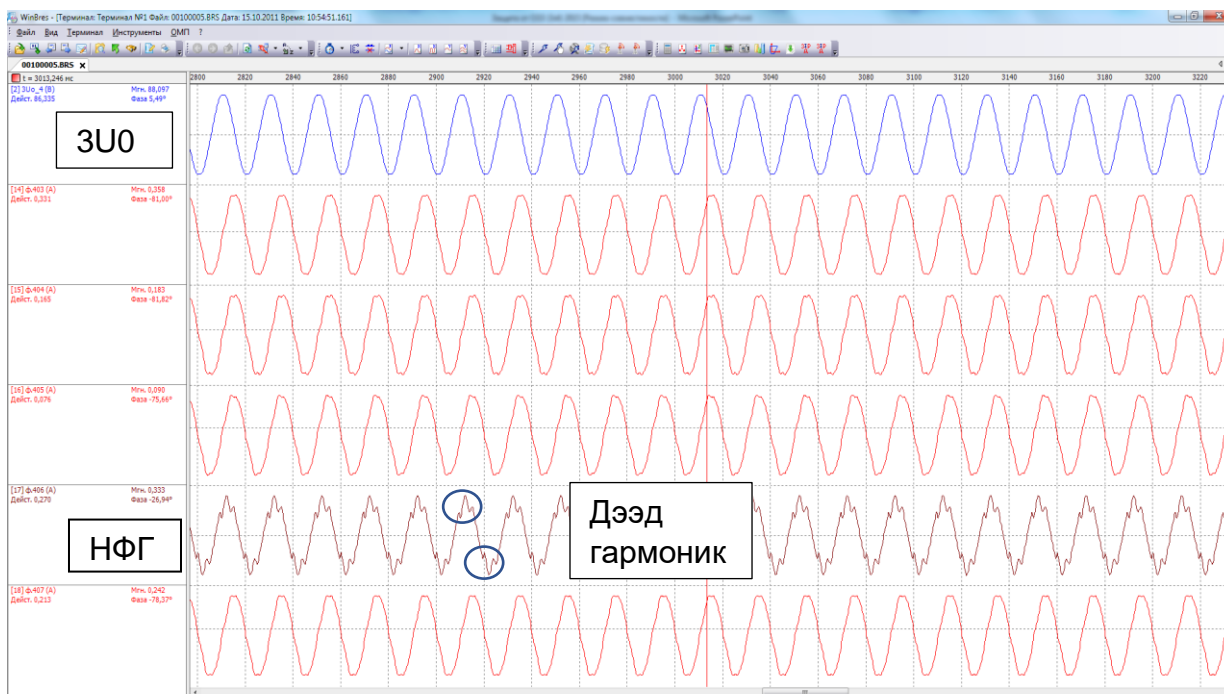


Зураг 7. Чиглэлтэй тэг дарааллын гүйдлийн хамгаалалтын осциллограм



### 2.1.3 Алгоритм №3: Гүйдлийн гармоник бүрэлдэхүүний утгаар ажилладаг хамгаалалт

Уг хамгаалалт нь компенсацлагдсан нейральтай буюу НУО-оор газардуулсан сүлжээнд гарсан НФГ-ыг тодорхойлох зориулалттай. НУО нь зөвхөн үндсэн давтамж буюу 50Гц багтаамжийн гүйдлийг компенсацладаг бөгөөд дээд давтамжийн бүрэлдэхүүн гүйдлүүд нь НУО-оор компенсацлагддаггүй ба сүлжээнд холбогдсон тоноглолуудын онцлогоос хамаарч дээд гармоникүүд үргэлж байдаг. НФГ гарсан үед гэмтэлгүй шугамуудаар гүйх дээд гармоникийн бүрэлдэхүүн гүйдлүүдийн нийлбэр нь гэмтэлтэй шугамаар гүйдэг тул хамгаалалт уг гармоник бүрэлдэхүүнийг мэдэрч ажилладаг(Зураг 8).

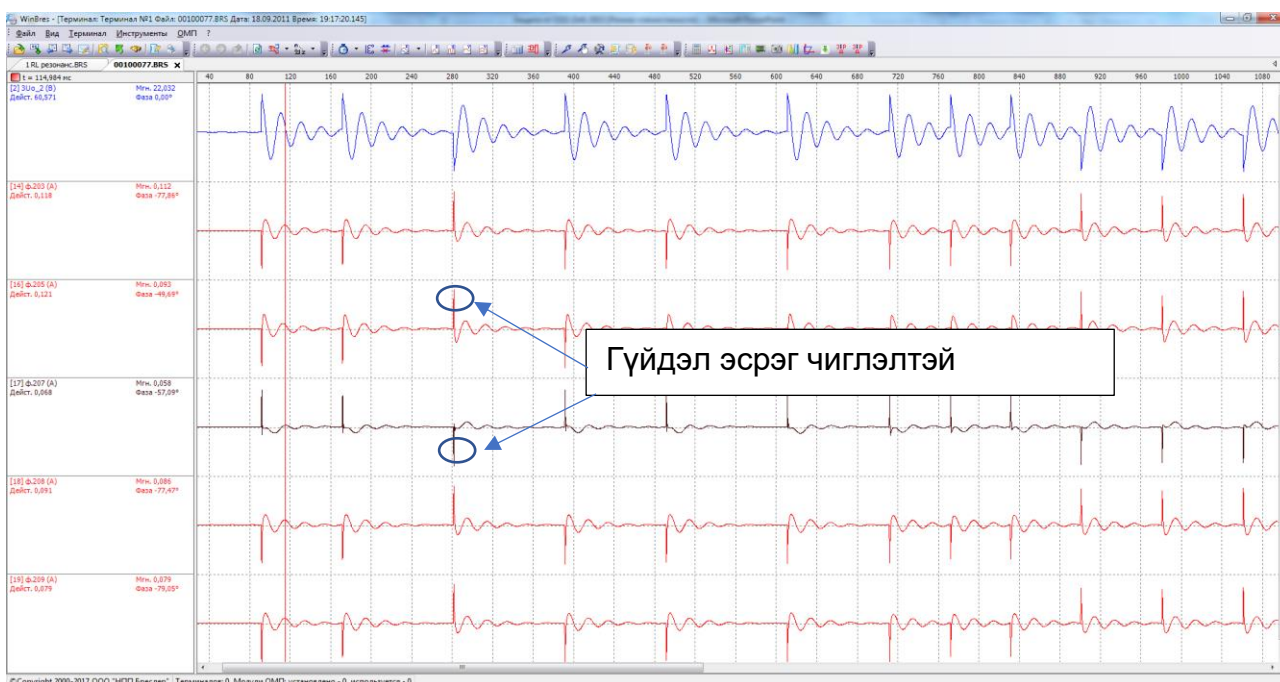


Зураг 8. Гүйдлийн гармоник бүрэлдэхүүнийг мэдэрч ажилладаг алгоритм

## 2.1.4 Алгоритм №4 Шилжилтийн процессын анализ

Уг алгоритмыг тогтворгүй НФГ гарсан үед тоноглолын найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх зорилгоор нэмэлтээр суурилуулдаг.

НФГ гарсан агшинд газардлага гарсан шугам газардсан цэгээр цэнэгээ алдаж, гэмтэл гараагүй 2 фаз нь шугамын хүчдэлтэй болдог. НФГ гарсан үед гэмтэлтэй фидер болон гэмтэл гараагүй фидерүүд дээр гүйдлийн хэт өсөлт богино хугацааны дотор болдог бөгөөд энэхүү гүйдлийн хэт өсөлт нь гэмтэлтэй фидер болон хэвийн фидерүүд дээр эсрэг чиглэлтэй байдаг(Зураг 9). Фидерүүдийн гүйдлийн хэт өсөлтийн чиглэлийг харьцуулж гэмтэлтэй фидерийг тодорхойлдог.

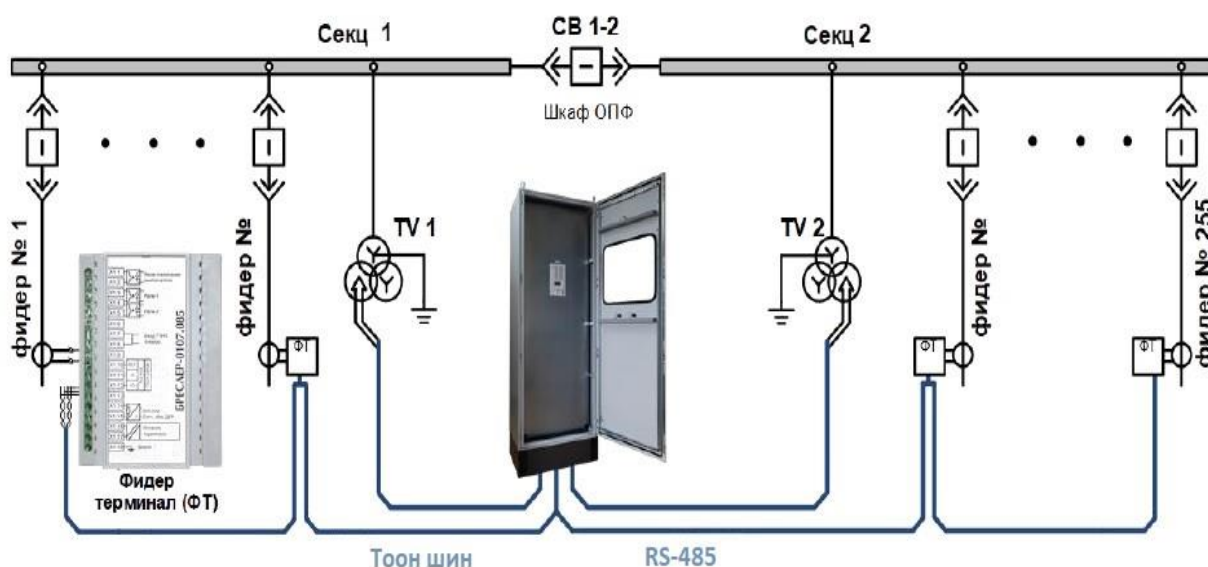


Зураг 9. Шилжилтийн процессын анализ

## 2.1.5 Гэмтэлтэй фидер тодорхойлох системийн холболт

“Гэмтэлтэй фидер тодорхойлох систем” нь секцүүд дээр холбогдсон хүчдэлийн трансформаторын задгай гурвалжнаас тэг дарааллын хүчдэлийг, фидер тус бүр дээр суурилуулсан тэг дарааллын гүйдлийн трансформатораас гүйдлийн утгуудыг харгалзах удирдлагын блокуудаар дамжуулж төв процессорт анализ хийснээр дохиолох эсвэл таслах команд өгнө.

Фидер тус бүр дээр байрлуулсан фидерийн терминал (Зураг11) дээр тухайн фидерийн ТДГТ-ын хэмжилтийг авч анализ хийсний дараагаар төв процессорлуу мэдээллээ дамжуулдаг. Ингэхдээ фидерийн терминал нь төв процессортой дамжуулагч утсаар биш RS-485 тоон шинээр холбогддог тул цаашид нэмж фидерүүд холбох боломжтой.

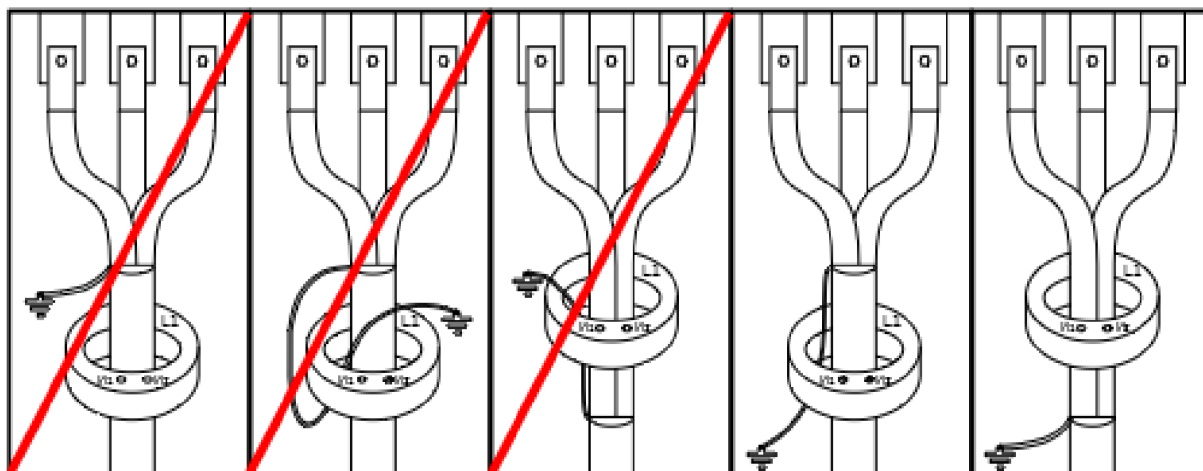


Зураг 10. ГФТС-ийн холболтын схем

### 3. Тэг дарааллын гүйдлийн трансформаторт тавигдах шаардлага.

Тоноглолын найдвартай ажиллагаа болон сонгох чадварыг хангах үүднээс мэдээлэл дамжуулах гол суваг ТДГТ-т тавигдах зөвлөмжүүдийг хүргэж байна. Эдгээр нь:

- Нэг дэд станц дээр нэг үйлдвэрлэгчийн, нэг төрлийн, нэг сери дугаартай ТДГТ хэрэглэх;
- Аль болох цул хийцийн ТДГТ хэрэглэх(Трансформатор тока неразрезного типа);
- ТДГТ-ын хоёрдогч хэлхээний эсэргүүцлийг байж болох хамгийн бага утгад барих;
- Гурван фазын кабелийг ТДГТ-ын цонхны голд байршуулах;
- Хүчний кабелийн экраныг зөв газардуулах(Зураг 11);
- ТДГТ холбохдоо үзүүрүүдийг зөв дарааллаар холбох;



Зураг 11. Хүчний кабелийн экраныг газардуулах зөвлөмж

#### 4. Эдийн засгийн тооцоо

Гэмтэлтэй фидер тодорхой системийг суурилуулахад шаардлагатай зардлыг “УБЦТС” ТӨХК-ийн харъяа 35/6 кВ Олимп дэд станц дээр жишээ болгон бодов. Ингэхдээ ажиллах хүчний зардлыг тооцоогүй болно.

Олимп дэд станц нь Туул Олимп А, Б хос хэлхээт ЦДАШ-аар тэжээгддэг ба 23 гаргалгаатай. Уг дэд станцад тохирох “Бреслер” НПП болон “ЭКРА” НПП үйлдвэрлэсэн ГФТС-ийн терминалын үнийн саналыг хүснэгт 2-т харуулав.

*Хүснэгт 3. ГФТС-ийн үнийн санал*

№	Бүтээгдэхүүний нэр	Хэмжих нэгж	Тоо	Үнэ, Рубль	Үнэ, Төгрөг
1	Шкаф ОПФ на 24 фидера “Бреслер-0117.080.2.24”	Ширхэг	1	1 404 900,0	53,695,278
2	Шкаф ОПФ на 28 фидера “ШНЭ 2520”	Ширхэг	1	1 962 000,0	74,987,640

Үнийн дүнг Монгол Банкны 2022 оны 4-р сарын 12-ны өдрийн ханш 1 Рубль=38,22 Төгрөг байхад бодов.

## **5. Гэмтэлтэй фидер тодорхойлох системийг хэрэглэснээр гарах үр дүн**

Манай оронд тусгаарлагдсан нейтральтай сүлжээний ажиллагааны онцлогоос хамаарч хүн болон мал амьтан эрсдэх үзэгдэл гарсаар байгаа бөгөөд үүний нэг жишээ нь 2022 оны 3-р сарын 28-ны өдөр Хандгайт-Санзайн 10 кВ ЦДАШ-д цемент зуурмагын машин хүрч 1 хүний амь эрсэдсэн осол гарсан байна. Үүнтэй төстэй осол уул уурхайн үйл ажиллагаа идэвхитэй явдаг хөдөө орон нутгийн бүсүүдэд тохиолдох нь элбэг байдаг.

ГФТС нь ямар ч нейтральный горимд селектив ажиллаж, гэмтэлтэй фидерийг тодорхойлж таслах команд өгөх боломжтой ба таслалтын үеийн аваарын бичлэгийг үзэх боломжтой нь тасарсан шалтгааныг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой байна.

6-35 кВ сүлжээнд гэмтэлтэй фидер тодорхойлох системийг нэвтрүүлснээр сүлжээнд НФГ гарсан үед гэмтэлтэй шугамыг богино хугацаанд тодорхойлж сүлжээнээс тусгаарлана. Энэ нь хэт хүчдэлээс шалтгаалж цахилгаан тоноглолын тусгаарлагч болон цахилгаан тоноглол гэмтэхээс сэргийлэх ач холбогдолтой.

## 6. Дүгнэлт

Манай улсын хувьд 6-35 кВ сүлжээнд тусгаарлагдсан нейтрэлийн горимоос бага Омын эсэргүүцлээр газардуулсан нейтрэлийн горимд үе шаттай шилжиж байгаа хэдий ч гэмтэлтэй фидер тодорхойлох систем нь ямар ч нейтрэлийн горимд селектив, найдвартай ажиллах чадвартай тул шинээр баригдах дэд станцад болон ашиглалтад байгаа дэд станцын техник шинэчлэлийн хүрээнд ашиглах боломжтой тоноглол юм.

Мөн эсэргүүцлээр болон НУО-оор газардуулсан нейтрэлийн горимыг бий болгох зардал нь ГФТС суурилуулах өртөг зардлаас өндөр, эдийн засгийн оновчгүй тохиолдолд уг системийг хэрэглэснээр сүлжээний найдвартай ажиллагаа болон аюулгүй байдлыг хангах боломжтой.

Уг систем нь харцангуй хэмжилтийн аргачлалаар ажилладаг тул дэд станцад суурилуулснаар, сэлгэн залгалт болон горим ажиллагаанаас хамаарч сүлжээний бүтэц өөрчлөгдөхөд реле хамгаалалтын тавил тооцоог дахин тооцож, тохируулах шаардлагагүй учир цаг хугацаа болон хүний хөдөлмөр хэмнэнэ.

ГФТС нь сүлжээний нейтрэлийн онцлогоос хамаарч нэг ба түүнээс дээш алгоритм ажиллуулдаг. Ингэснээр НФГ гарахад, гэмтэлтэй фидерийг цаг алдалгүй тодорхойлж, таслалт хийснээр гэмтэлтэй шугамын ойр орчим байгаа хүн, амьтан хүчдэлд нэрвэгдэхээс сэргийлэх боломжтой.

## 7. Ашигласан материалууд

1. Монгол улсын цахилгаан тоног төхөөрөмжийн байгууламжийн дүрэм БД 43-101-03
2. “УБЦТС” ТӨХК-иас ирүүлсэн эсэргүүцлээр газардуулсан нейтральный горимтой Улаанбаатар хотын 6-35 кВ дэд станцуудын судалгаа
3. “ЭБЦТС” ТӨХК-иас ирүүлсэн нэг фазын газардлага гарсан үед авч хэрэгжүүлж байгаа ажлын тайлан
4. IEEE Std 142-2007 (Revisiob of IEEE Std 142-1991) IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.
5. Руководство по эксплуатации БРСН.656 122.080 РЭ
6. Руководство по эксплуатации Бреслер-0107.080
7. Руководство по эксплуатации ЭКРА.650321.001 РЭ
8. Шабад М.А. – “Защита от однофазных замызаний на землю в сетях 6-35 кВ”