



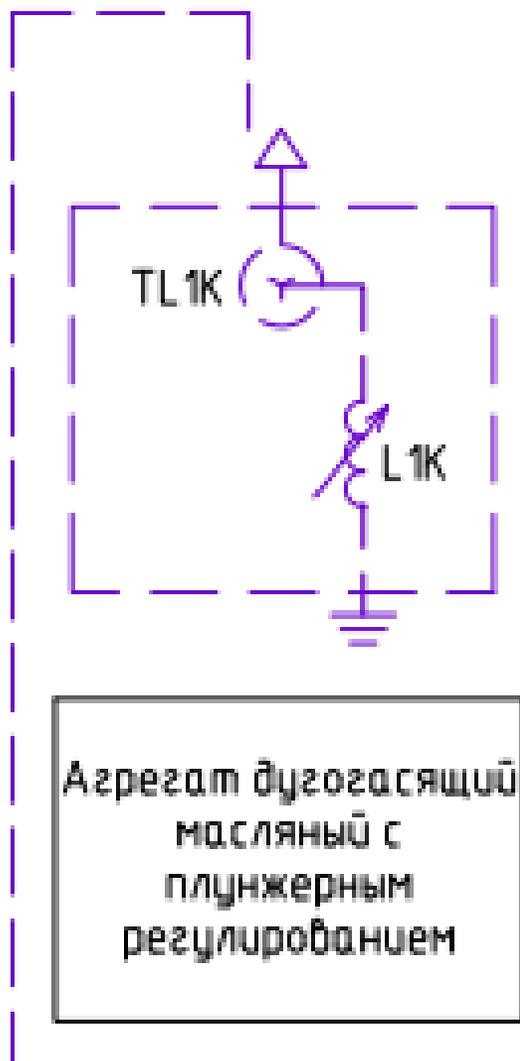
ЭКРА

СОХРАНЯЯ ЭНЕРГИЮ



Технические решения по реализации автоматики управления ДГР

Назначение



АУ ДГР предназначена для выполнения автоматического поддержания **настройки ДГР**, близкой к резонансной с **целью оптимальной компенсации емкостного тока сети** среднего напряжения.

Согласно ТИ 34-70-070-87 и ПУЭ изд. 7 пункт 1.2.116 компенсация емкостного тока замыкания на землю в сетях 3-35кВ должна применяться :

- ВЛ с ж/б или мет. опорами 6-20кВ и во всех сетях 35кВ при токе более 10А;
- ВЛ с ж/б или мет. опор
 - 6кВ при токе более 30А
 - 10кВ при токе более 20А
 - 15-20кВ при токе более 15А
 - 6-20кВ генераторного напряжения – более 5А

Современные функциональные требования

Изложены в **НТД (ПТЭ)** и **СТО 56947007-29.120.70.241-2017** с изменениями от 11.12.2019г., требования ПАО «Россети» (раздел 6.2.12.4):

- **точность** настройки компенсации (требуется $\pm 1\%$, по СТРО ПАО Россети)*;
- **диапазон измерения** расстройки компенсации (не менее $- 70 \% \dots + 70 \%$);
- **функционирование** в компенсированных сетях с **низким уровнем добротности**;
- настройка ДГР **без** создания **искусственного смещения** нейтрали;
- возможность настройки ДГР как в ручном, так и в автоматическом режиме;
- возможность **обеспечения** резонансной **настройки ДГР** при **объединении секций на параллельную работу**;
- **блокировка управления** настройкой у плунжерных ДГР **при ОЗЗ**;
- управление коммутацией заземляющего резистора при ОЗЗ;
- журнализация аварийных процессов при ОЗЗ и событий настройки ДГР;

* Петров О.А. О допустимой расстройке компенсации в электрических сетях 6-35 кВ /О.А. Петров, А.И. Левковский // Электрические станции. – 1992. – №1. – С.71 – 75

Методы контроля и измерения степени расстройки компенсации применяемые на практике

Большинство распространенных методов контроля и измерения степени расстройки компенсации осуществляют настройку ДГР в нормальном режиме (без ОЗЗ):

- измерение напряжения промышленной частоты на ДГР, за счет введения искусственной несимметрии сети;

- метод измерения частотных параметров сети (зависимости частоты и периода собственных колебаний контура нулевой последовательности от степени расстройки компенсации);

- методы, основанные на наложении на сеть токов с частотой, отличающейся от промышленной частоты (100 Гц, 25 Гц и др.).

Метод наложения на сеть токов с частотой отличающейся от промышленной

Преимущества метода:

- **не требует** создания искусственной несимметрии сети;
- **не подвержен** влиянию напряжения естественной несимметрии сети и поэтому работоспособен в распределительных сетях с протяженными участками воздушных линий;
- **работоспособен** в компенсированных сетях с пониженным уровнем добротности контура нулевой последовательности (комбинированным заземлением нейтрали);
- **не подвержен** влиянию состава и характера питаемых нагрузок, в том числе с источниками высших гармоник (металлургия, сварка и т.п.);
- **имеет возможность** совмещения функции непрерывного контроля степени расстройки компенсации с решением задачи селективного **выявления поврежденного фидера с ОЗЗ** (у электрических машин защищаемая зона охватывает до 100 % витков обмотки статора без зоны нечувствительности вблизи нейтрали).

Суть метода наложения на сеть токов с частотой отличающейся от промышленной

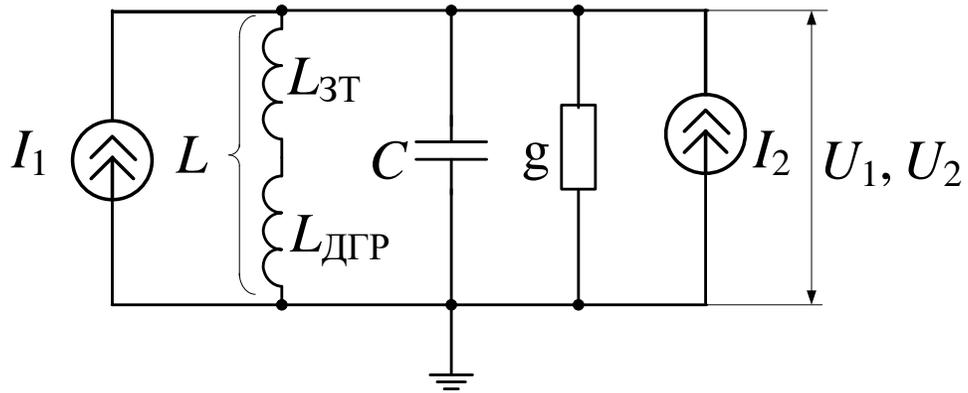


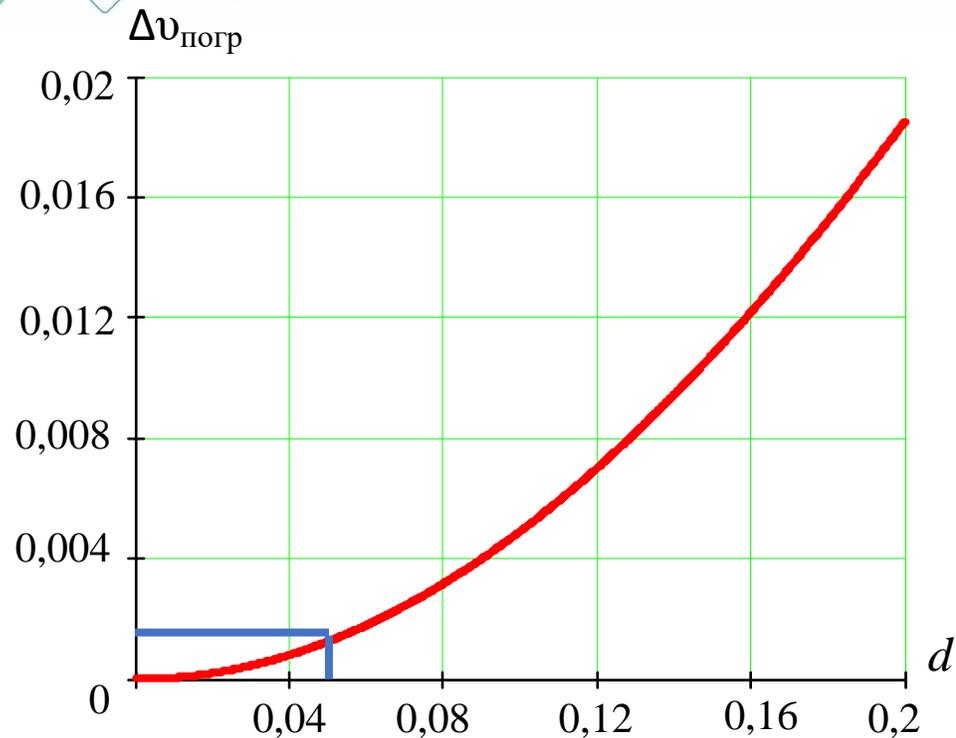
Схема нулевой последовательности

- где
- I_1 – источник тока №1 ($f < 50$ Гц);
 - I_2 – источник тока №2 ($f > 50$ Гц);
 - C – эквивалентная емкость сети;
 - g – эквивалентная проводимость сети;
 - L_{3T} – индуктивность заземляющего трансформатора;
 - $L_{дгр}$ – индуктивность дугогасящего реактора;
 - U_1 – измеряемое падение напряжений от источник тока №1;
 - U_2 – измеряемое падение напряжений от источник тока №2;

На электрическую сеть накладывается ток от двух независимых источников с частотой отличной от промышленной.

Определение величины расстройки компенсации основано на измерений падения напряжения в контуре нулевой последовательности при протекание наложенных токов

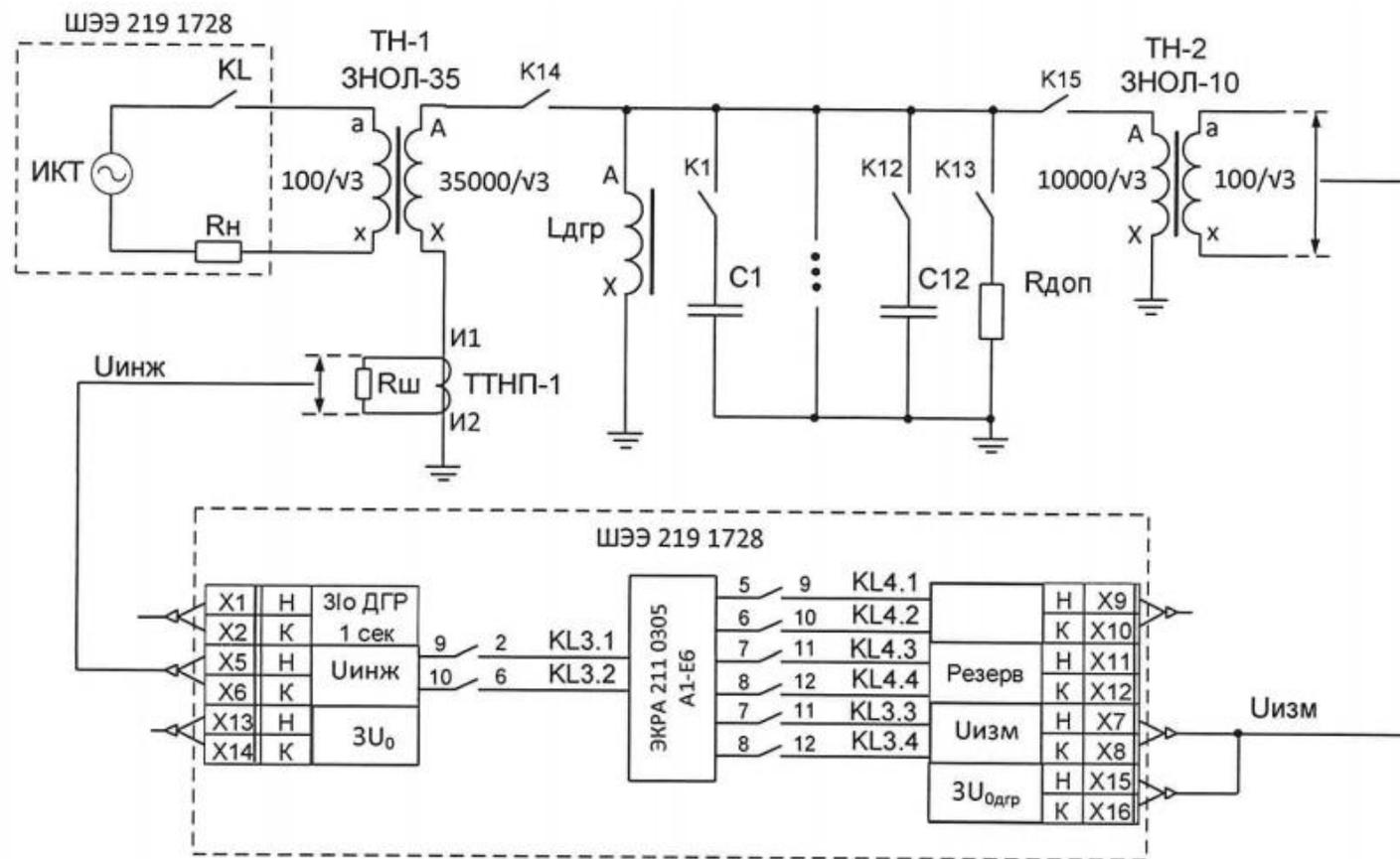
Влияние активной проводимости изоляции сети на величину абсолютной погрешности



Зависимость абсолютной погрешности измерения U при фактически точной настройке при различных коэффициентах демпфирования

- Активная проводимость контура нулевой последовательности сети характеризуется **коэффициентом демпфирования (d)**, который включает в себя активную проводимость изоляции фаз сети и реактора.
- При типичном значении коэф. демпфирования $d = 0,05$ (изоляция сети $X_c/R_{\text{из.}} = 3\%$ + изоляция реактора $X_L/R_L = 2\%$) абсолютная погрешность расстройки компенсации составляет не более $0,124\%$

Комплексные испытания

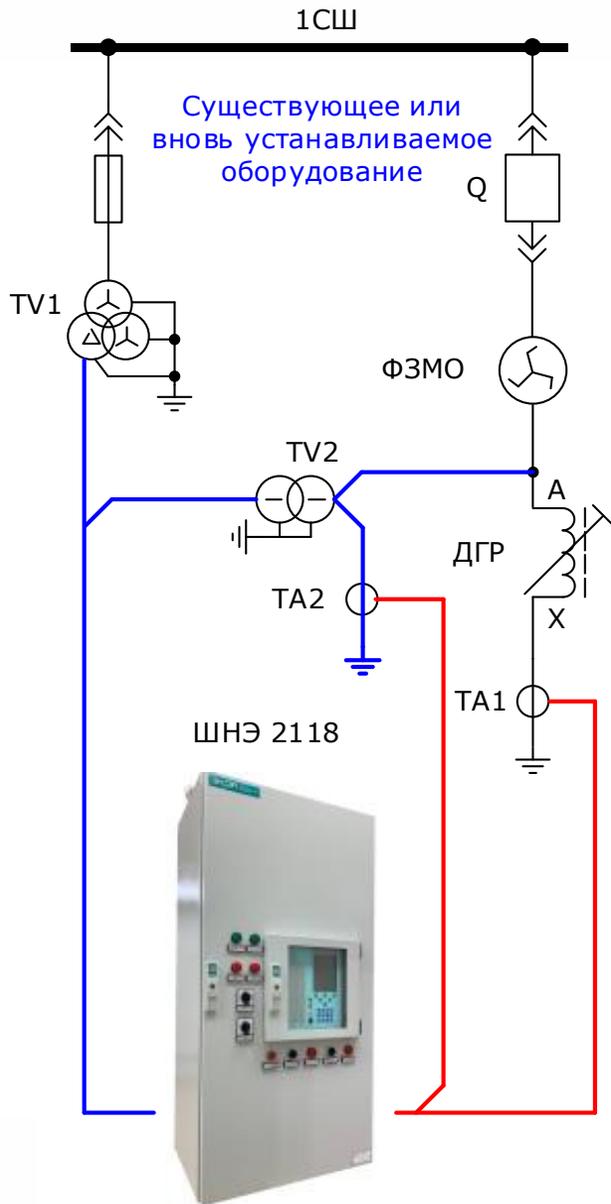


Принципиальная электрическая схема подключения АУ ДРГ НПП «ЭКРА» к модели контура нулевой последовательности

Выводы

1. Метод наложения в контур нулевой последовательности тока одной частоты ниже промышленной, позволяет полноценно решить задачу непрерывного контроля степени расстройки компенсации и автоматической настройки дугогасящих реакторов.
2. Метод измерения степени расстройки компенсации на основе наложения токов двух частот через типовой трансформатор напряжения позволяет обеспечить измерение расстройки компенсации емкостного тока при реальных значениях коэффициента демпфирования с достаточной точностью.
3. Основой для технической реализации предлагаемого метода контроля расстройки компенсации может быть источник тока не промышленной частоты, используемый для защиты от замыканий на землю генераторов и апробированный на практике.

Практическая реализация



Для реализации требуется:

- 1) Источник контрольного тока
- 2) Измерительный трехфазный ТН
- 3) Нейтрале образующее устройство
- 4) Регулируемый дугогасящий реактор
- 5) Однофазный ТН
- 6) Трансформатор тока нулевой последовательности
- 7) Спец. трансформатор тока

Обозначения на схеме:

Q – высоковольтный выключатель;

ФЗМО – нейтрале образующее устройство;

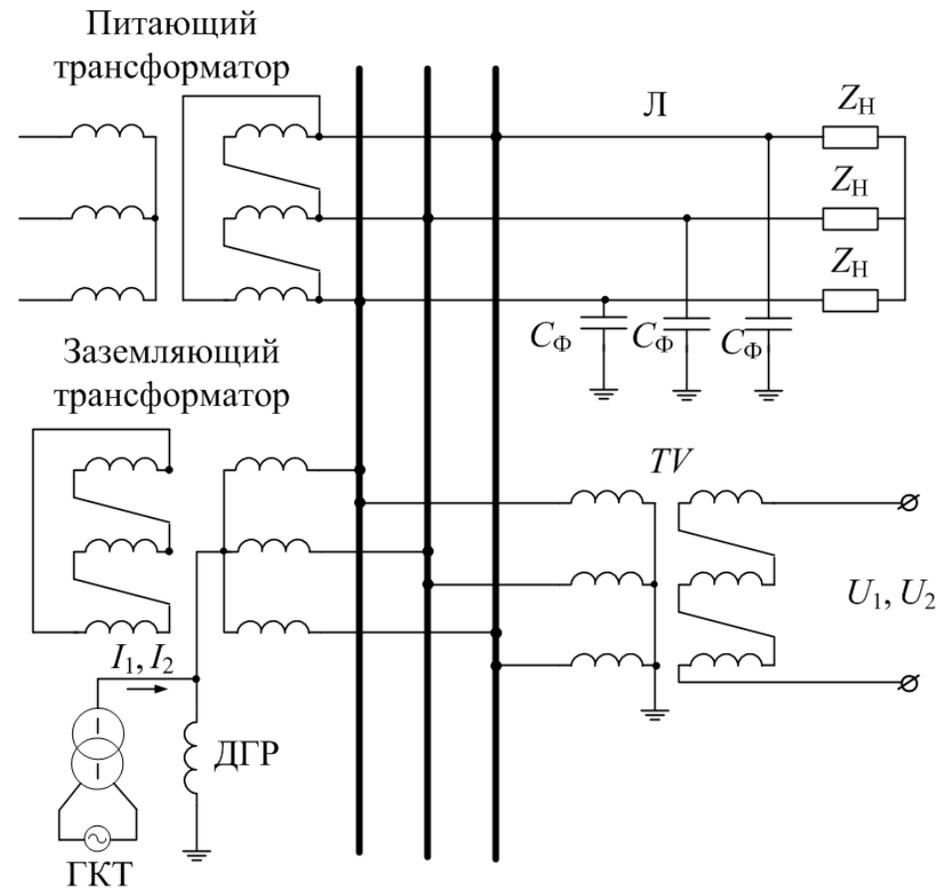
TV1 – трехфазная группа измерительных трансформаторов напряжения;

TV2 – однофазный заземляемый ТН;

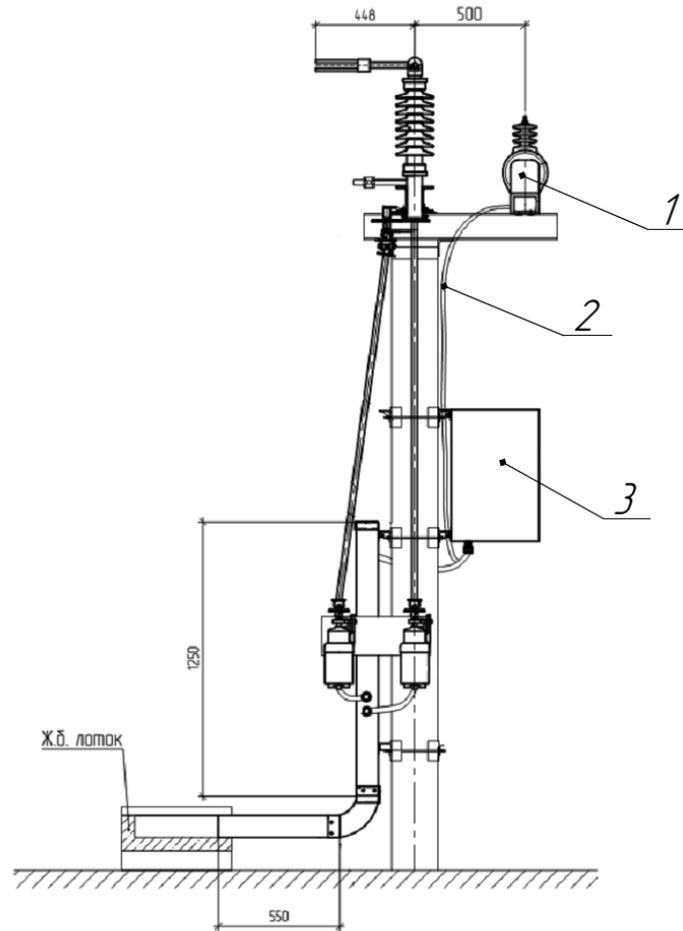
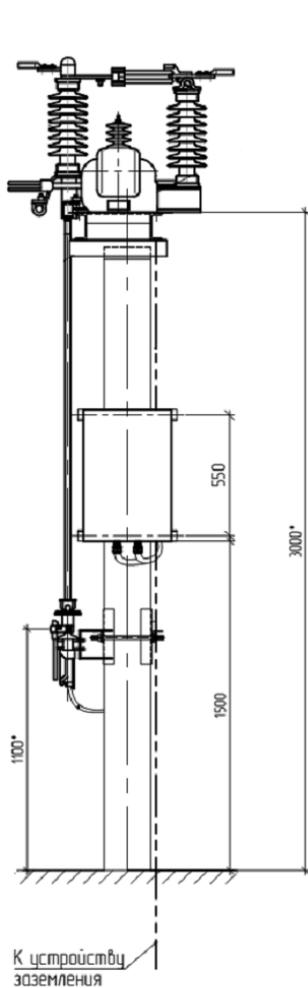
TA1 – трансформатор тока;

TA2 – трансформатор тока нулевой последовательности.

Практическая реализация



Дополнительное оборудование необходимое для подключения АУ ДГР НПП ЭКРА



Пример размещения шкафа ШНЭ 9001 и ТН ЗНОЛ-10 УХЛ1.

1. Трансформатор напряжения ЗНОЛ-10 УХЛ1;
2. Кабель ВВГнг(А)-LS-1 (1x10) в металлорукаве ДКС6071-020N с герметичной ПВХ оболочке \varnothing 20 мм ;
3. Шкаф ШНЭ 9001.

Основные функции АУ ДГР НПП ЭКРА



Шкаф ШЭЭ 214 1748
(напольного
исполнения)



Шкаф ШНЭ 2118
(навесного исполнения)

- автоматическая (либо ручная) настройка контура нулевой последовательности на резонансный режим либо заданное значение степени расстройки компенсации;
- непрерывный контроль текущей величины и знака расстройки контура нулевой последовательности и его визуальная индикация на устройстве;
- управление коммутацией заземляющего резистора в нейтрали ДГР и организация поиска поврежденного фидера при ОЗЗ;
- определение величины емкостного тока секции сети при расположении ДГР в пределах одной подстанции;
- обеспечение правильной работы устройства при гальваническом соединении двух сетей нормально работающих изолированно;
- передача в систему мониторинга верхнего уровня АСУ ТП информации по цифровому каналу связи (расстройка компенсации, емкостный ток сети, ток компенсации ДГР, напряжение на нейтрали и другие необходимые параметры определенные настройкой устройства);
- журнализация событий настройки ДГР, возникновения ошибок в работе автоматики и аппаратных неисправностей;
- журнализация аварийных событий (ОЗЗ) с сохранением предшествующих и текущих параметров сети (расстройка компенсации, ток компенсации ДГР, напряжение на нейтрали и др.);
- просмотр событий с помощью меню устройства и персонального компьютера.

Основные технические характеристики АУ ДГР НПП «ЭКРА»

| Наименование характеристики | Значение характеристики |
|---|--------------------------------|
| Количество одновременно управляемых реакторов | 1, 2 или 4 |
| Точность измерения расстройки компенсации КНП | $\pm 1\%$ |
| Диапазон задания уставки целевой расстройки КНП | $\pm 5\%$ |
| Диапазон измерения степени расстройки контура КНП | $\pm 70\%$ |
| Режим поиска резонанса и управления ДГР без создания искусственного смещения нейтрали | Ручн./автоматич. |
| Непрерывная индикация текущего значения расстройки КНП | Да |
| Номинальное оперативное напряжение питания шкафа | $\sim 220\text{ В}$ (=220/110) |
| Напряжение питания цепей привода управления | $\sim 380\text{ В}$ |
| Возможность управления несколькими ДГР (их комбинацией) с возможностью согласованного управления ими при объединении секций | Да, 1-16 |
| Работа в сети с комбинированным заземлением нейтрали | Да |
| Возможность управления заземляющим резистором для обеспечения работы защит от ОЗЗ | Да |
| Порты связи, в том числе для организации передачи данных с учетом цифровой архитектуры построения сети | 2xRS-485, 2xEthernet |
| Осциллографирование событий и аварийных процессов, передача на верхний уровень АСУ ТП параметров сети | Да |
| Журнализация событий настройки ДГР, возникновения ошибок и аппаратных неисправностей, аварийного события ОЗЗ с сохранением параметров (расстройки компенсации, ток компенсации, напряжения на нейтрали и пр.) | Да |

Основные конструктивные характеристики АУ ДГР НПП «ЭКРА»

| | |
|---------------------------------|---|
| Способ монтажа | навесной/напольный |
| Способ обслуживания | односторонний/двухсторонний |
| Вариант установки шкафа | внутри помещения (УХЛ 3.1) / на улице (УХЛ 1) |
| Количество регуляторов | 1,2,4 |
| Степень защиты | IP51 или IP54 |
| Напряжение питания шкафа | переменное или постоянное |

| Тип | Обслуживание | Ширина | Глубина | Высота |
|---------------------------------|---------------------|---------------|----------------|---------------|
| Напольные шкафы | одностороннее | 800/1000/1200 | 800/600 | 2100 |
| | двустороннее | 800 | 800/600 | 2100 |
| Навесные шкафы | одностороннее | 600 | 400 | 1200 |
| Шкафы наружной установки | одностороннее | 900 | 600 | 1370 |

Референс

- НГКМ Арктик СПГ
- ПС №64 110/10/6 кВ МОЭС
- ПС 110/10/6 кВ Нокса Казанские ЭС
- ПС 110/10 кВ Константиновка Казанские ЭС
- ПС 110/10 кВ Азино Казанские ЭС
- Канская ТЭЦ ТГК-13
- ПС Каргали Татэнерго
- ПС 220/110/35/6 кВ Чистополь Татэнерго

Итоги

- Применяемые алгоритмы позволяют управлять настройкой дугогасящих реакторов (ДГР) следующих типов:
 - ДГР с регулируемым зазором магнитопровода (плунжерным);
 - ДГР со ступенчатым регулированием.
- Шкафы производятся как в навесном, так и в напольном конструктиве.
- Разработанные алгоритмы позволяют одновременно управлять настройкой до 16 реакторов.
- В комплекте поставляется сервисное ПО для корректирования файла конфигурации, и программа для просмотра файлов осциллограмм.
- При необходимости возможна поставка систем автопроверки на базе ПО ЭКРА Автотест для испытательного комплекса Omicron (сокращение сроков проверки оборудования на объекте).



ЭКРА

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!