

Устройство селективного определения поврежденного присоединения и расстояния от подстанции до места возникновения однофазного замыкания на землю в распределительных сетях 6–35 кВ «Волна-М»

Григорьев Андрей Сергеевич

Доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГАОУ ВО «ОмГТУ», начальник службы релейной защиты и автоматики ЦУС филиала ПАО «Россети Сибирь» – «Омскэнерго»

Дед Александр Викторович

К.т.н., доцент кафедры ЭсПП Энергетического института ОмГТУ

2023 / 5–6 июля

Москва / Конгресс-центр ЦМТ



VIII Международная
научно-техническая конференция

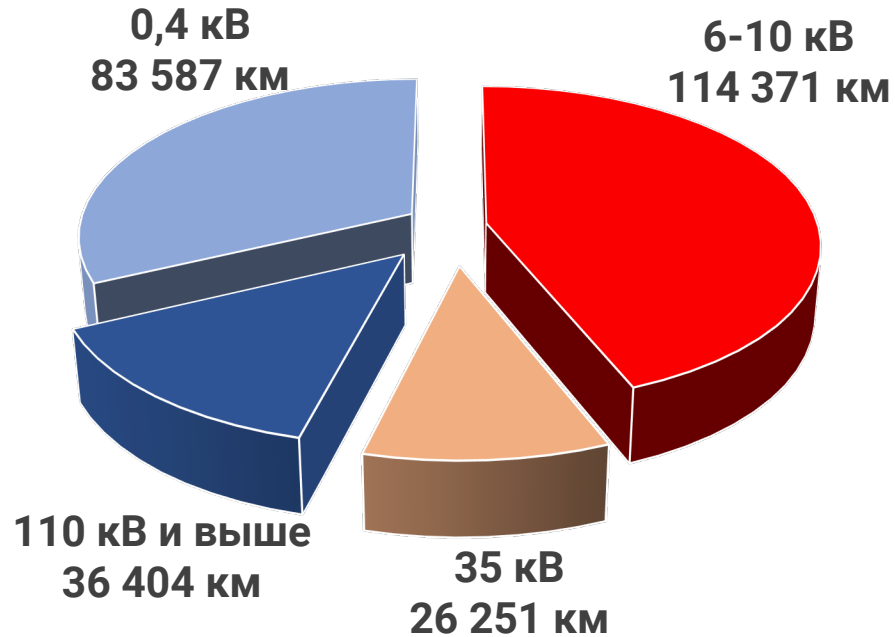
«Развитие и повышение надежности
распределительных электрических сетей»

ОРГАНИЗАТОРЫ



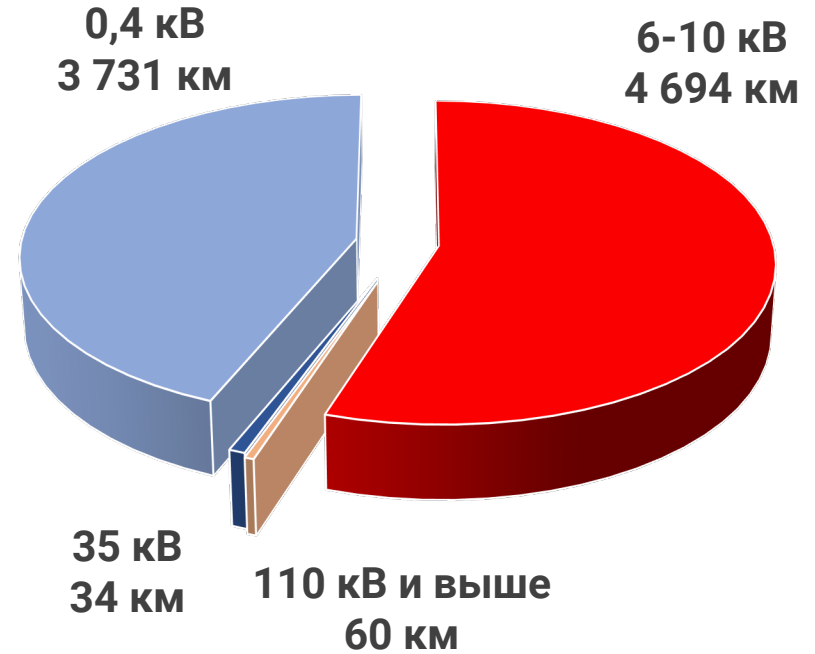
ТЕКУЩАЯ ПРОБЛЕМАТИКА НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

ОБЩАЯ ПРОТЯЖЕННОСТЬ ВОЗДУШНЫХ
ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПАО «РОССЕТИ
СИБИРЬ»



54 %
ВЛЭП 6-35 кВ

ОБЩАЯ ПРОТЯЖЕННОСТЬ КАБЕЛЬНЫХ
ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПАО «РОССЕТИ
СИБИРЬ»



55,5 %
КЛЭП 6-35 кВ

ТЕКУЩАЯ ПРОБЛЕМАТИКА НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

ПРОБЛЕМА ПОИСКА МЕСТА ОЗЗ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ ПРИ БОЛЬШИХ ПРОТЯЖЕННОСТЯХ ЛЭП

Длительное присутствие ОЗЗ приводит:

Увеличение
перенапряжений

Повреждение
электрооборудования

Опасность поражения
электрическим током

Феррорезонансные
явления

Старение изоляции

Переход в другие виды
замыканий

ПРОБЛЕМЫ СВЯЗАННЫЕ С ОЗЗ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ В ФИЛИАЛЕ ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО»

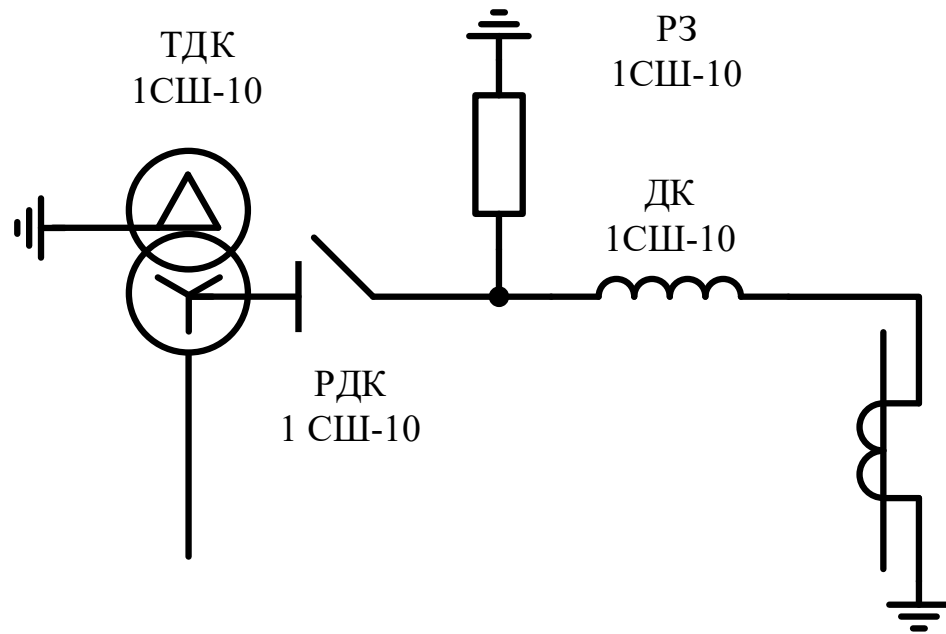
ВРЕМЯ И СЕЛЕКТИВНОСТЬ

- **Время определения** поврежденного фидера значительно увеличивается по причине наличия, в среднем, 5-10 шт. КВЛ-10 кВ подключенным к каждой из шин 10 кВ городских подстанций 110/10 кВ областного центра г.Омска.
- **Селективное определение** поврежденного фидера в сети 10 кВ с постоянно изменяющейся конфигурацией и преобладающим количеством кабельных линий.

МЕСТО И РАССТОЯНИЕ ОЗЗ

- **Определение места замыкания** на ВЛ-10 кВ протяженностью более 25 км северных районов и ВЛ-10 кВ с большим количеством отпаяк требует много времени и ресурсов.
- **Определение расстояния** до места повреждения на кабельно-воздушных линиях значительной длины.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ РЕШЕНИЯ ФИЛИАЛА ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО»



Подключение
высокоомного резистора с ДК
к секции шин 10 кВ
ПС 110 Левобережная

РЕШЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

- **Решение** – применение на 2-х ПС 110/10 кВ высокоомных сопротивлений подключенных параллельно реакторами дугогасящих катушек.
- **Результат** – повышение точности определения поврежденного фидера 10 кВ до 75%.
- **Эксплуатация** – выявлено, что при изменении сети 10 кВ основного потребителя - в городских сетях меняется емкостный ток, величину которого **невозможно спрогнозировать и достаточно точно выбрать уставку по току нулевой последовательности.**

НИОКР ФИЛИАЛА ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО» И ОМГТУ

ЦЕЛЬ НИОКР

- **Разработка и создание новых способов селективного определения отходящей линии и дистанционного определения места однофазного замыкания на землю в распределительных сетях 6–35 кВ на основе метода стоячих волн для изготовления устройств, ранее не применявшихся в электросетевом комплексе (п. 2.2.3.1 Регламента формирования и реализации Программы НИОКР в расп. Россети № 118р от 06.03.2017)**

НАУЧНЫЕ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ ЗАДАЧИ

- **Выбор оптимального решения задачи по определению поврежденного присоединения и места повреждения ВЛ и КЛ сети 6–35 кВ**
- **Разработка математической модели, теории и методов анализа режима работы сети с изолированной (компенсированной) нейтралью при ОЗЗ**
- **Разработка функциональной и принципиальной схем устройства дистанционного определения места ОЗЗ**
- **Проведение экспериментальных исследований системы в действующих электрических сетях ПАО «Россети»**
- **Формирование интеллектуального портфеля и нематериальных активов ПАО «Россети» путем патентования в России и за рубежом результатов разработок**

НИОКР ФИЛИАЛА ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО» И ОМГТУ

НОВИЗНА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

- Известно, что применяемые для организации устройств защит и сигнализации ОЗЗ трансформаторы тока нулевой последовательности могут вносить существенную погрешность при наличии высокочастотных составляющих напряжения
- Зарегистрированы случаи некорректной работы микропроцессорных терминалов из-за низкого качества трансформаторов тока нулевой последовательности

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ

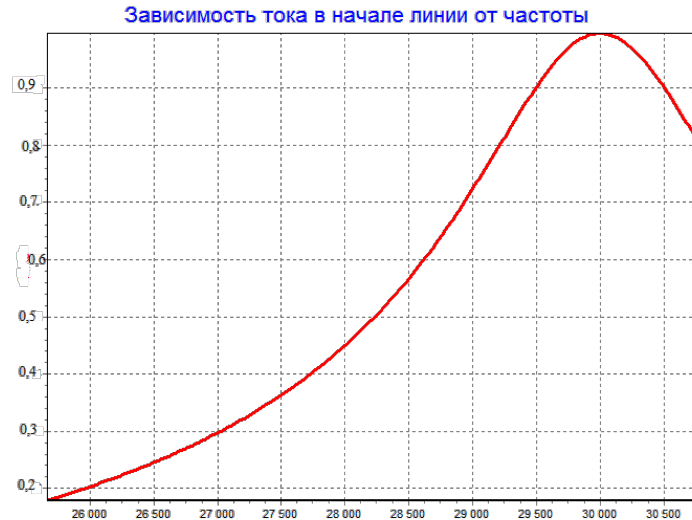
- Не применяются трансформаторы тока
- Используется генератор высокой частоты (1 комплект на шины подстанции)
- Применяются датчики на ферритах для уменьшения потерь в сердечнике (3 датчика на одну отходящую линию)
- Селективное определение отходящей линии с ОЗЗ
- Определение расстояния от подстанции до места ОЗЗ

НИОКР ФИЛИАЛА ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО» И ОМГТУ

$$X_k = \lambda = \frac{v}{f}$$

УПРОЩЕННАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ДО
МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ

λ – длина электромагнитной волны
 $v \approx 300\,000$ км/с – скорость распространения
электромагнитной волны (света)
 f – частота сигнала

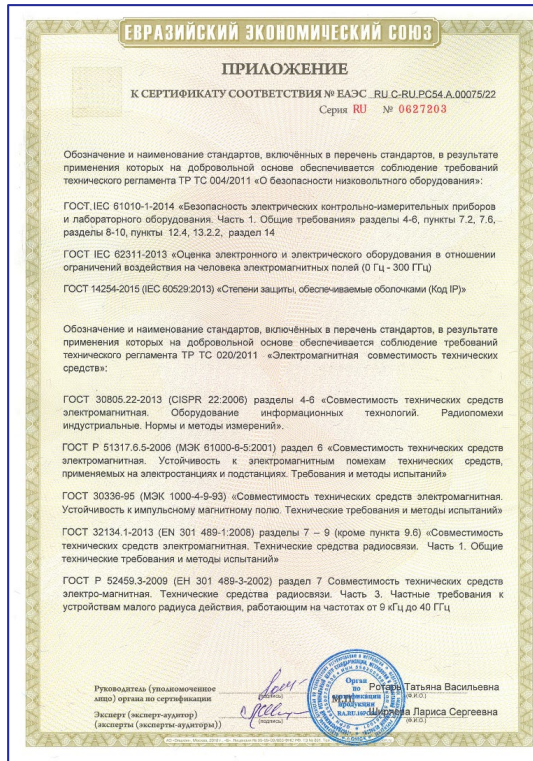
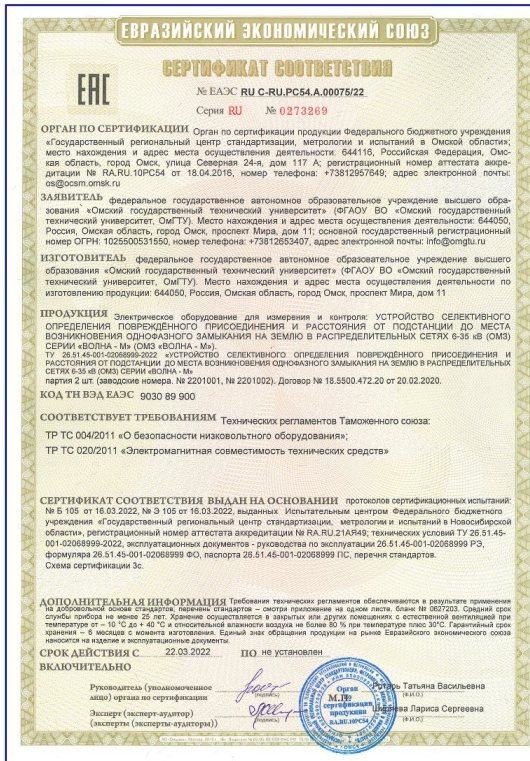


Определение резонансной частоты

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ БАЗИС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НИОКР

- Принцип метода стоячих волн – к отключенной поврежденной линии присоединяется источник периодического (синусоидального) сигнала высокой частоты
- При достаточно высоких частотах линию электропередачи следует рассматривать как длинную линию, т.е. линию с распределенными параметрами
- При совпадении частоты источника испытательного напряжения и собственной резонансной частоты линии в начале линии амплитудное значение напряжения (тока) будет максимальным

НИОКР ФИЛИАЛА ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО» И ОМГТУ



ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НИОКР

- **Комплект конструкторской и эксплуатационной документации для организации серийного производства ОМЗ «ВОЛНА – М»**
- **Пакет документов для регистрации патентных прав на имя ПАО «Россети Сибирь»**
- **Экспериментальный образец устройства селективного определения поврежденного присоединения и расстояния от подстанции до места возникновения ОЗЗ в распределительных сетях 6-35 кВ ОМЗ «ВОЛНА – М»**

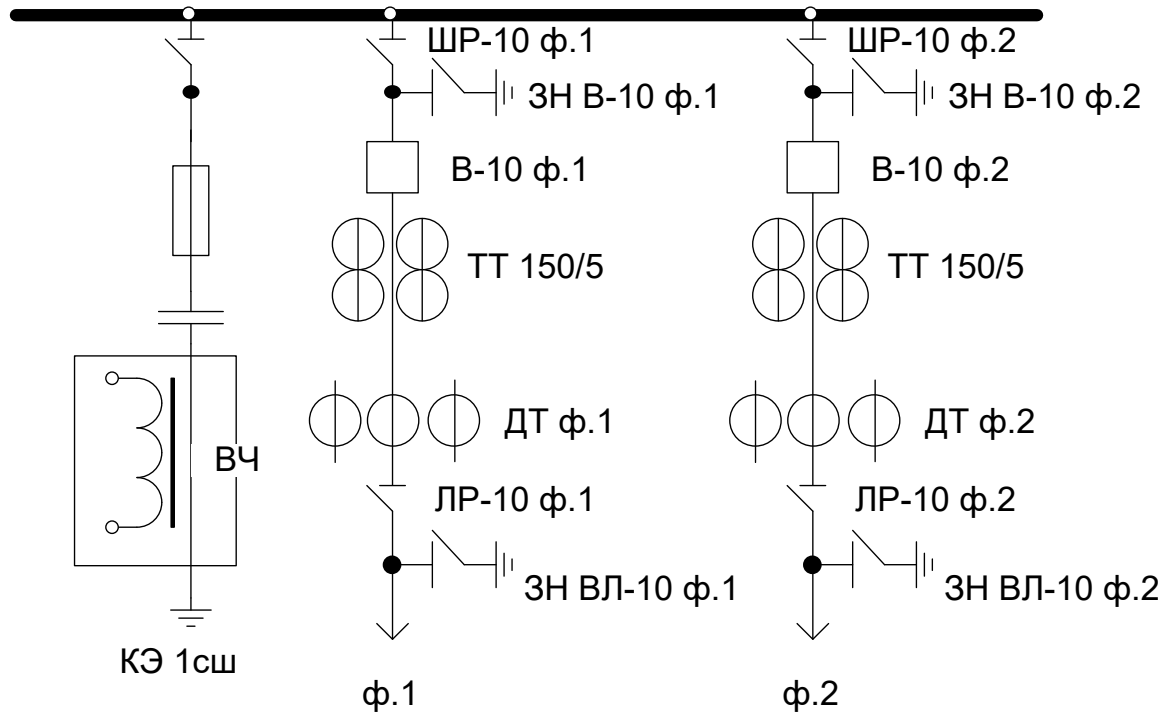
Сертификат соответствия ОМЗ «ВОЛНА – М»
требованиям ТР ТС

НИОКР ФИЛИАЛА ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО» И ОМГТУ

РЕЗУЛЬТАТ - УСТРОЙСТВО ОМЗ «ВОЛНА – М»

- **Селективное определение** отходящей линии с ОЗЗ
- **Определение расстояния** от подстанции до места ОЗЗ
- **Точность определения** повреждения – не менее 50 м при длине ЛЭП до 50 км
- **Время определения** повреждения – не более 1 минуты
- **Самодиагностика**
- **Возможность интеграции и взаимодействия** с другими устройствами РЗА, установленными на ПС
- **Возможность передачи данных** на вышестоящие уровни
- **Возможность дистанционного управления**, сбора данных от датчиков и передачи фиксированных данных о ОЗЗ на вышестоящие уровни

НИОКР ФИЛИАЛА ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО» И ОМГТУ



ОПЭ ОМЗ «ВОЛНА – М» на ПС «ПЕТРОВКА»

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

- ПС 35/10 кВ «Петровка» – схема одна секционированная система шин 35 кВ с 3-мя ВЛ-35 кВ
- К шинам 10 кВ подключено по 4 фидера:
 - средняя протяженность фидера – 20 км;
 - количество отпаяк на фидер – 7;
 - емкость сети (емкостный ток) – 6,7 А;
 - РЗА ПС выполнена на переменном оперативном токе.
- Пуск ОМЗ «Волна-М» – по наличию напряжения небаланса в цепи разомкнутого треугольника ТН-10 1 сш-10
- Питание ОМЗ «Волна-М» – от ЩСН (0,23 кВ)
- Результаты передаются на диспетчерский пункт РЭС по технологическому каналу связи

НИОКР ФИЛИАЛА ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО» И ОМГТУ



ОПЭ ОМЗ «ВОЛНА – М» на ПС «ПЕТРОВКА»

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ Место установки: ПС 35/10 кВ «ПЕТРОВКА»

ЭЛЕМЕНТ	Место	Кол-во
Блок системы управления ОМЗ «Волна-М»	релейный отсек ф. Пв-10 1сш-10	1 шт.
Датчики ВЧ (ДВЧ)	ВВ отсеки ф. Пв-1, Пв-2, Пв-8, Пв-9 1сш-10	12 шт.
Индуктор	ВВ отсек ф. Пв-10 1сш-10	1 шт.
Высоковольтные конденсаторы	ВВ отсек ф. Пв-10 1сш-10	3 шт.

НИОКР ФИЛИАЛА ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ» - «ОМСКЭНЕРГО» И ОМГТУ

РЕЗУЛЬТАТ ОПЭ

- В период ОПЭ были выполнены опыты короткого замыкания:
 - на отключенной ВЛ-10 кВ;
 - на ВЛ-10 кВ под напряжением, с целью проверки определения поврежденного фидера и фазы;
 - на ВЛ-10 под напряжением для настройки точности определения расстояния до места замыкания.
- За период опытной эксплуатации зафиксировано реальное однофазное замыкание с правильным определением фидера и фазы.
- Точность определения расстояния 95%

Устройство селективного определения поврежденного присоединения и расстояния от подстанции до места возникновения однофазного замыкания на землю в распределительных сетях 6–35 кВ «Волна-М»

Григорьев А.С.
филиал ПАО «Россети Сибирь» — «Омскэнерго»
Grigorev_AS@om.rosseti-sib.ru

Дед А.В.
Омский государственный технический университет (ОмГТУ)
ded_av@mail.ru

Спасибо за внимание!

