

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

410-1

**20-22 октября 2022 года**

---

**УДК 621.316**

А.А. СИБИРЯКОВ, заместитель главного инженера по оперативно-технологическому и ситуационному управлению - начальник ЦУС филиала ПАО «Россети Сибирь» - «Кузбассэнерго-РЭС»  
г. Кемерово

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТЭК**

От энергетических компаний сегодня требуется повышение надежности, безопасности и эффективности работы электрических сетей при одновременном повышении качества производимой электроэнергии. Компании также должны увеличивать долю распределенных источников энергии, например, возобновляемых источников, систем распределенного хранения энергии и станций для зарядки электромобилей, подключенных к сетям среднего или низкого напряжения.

Решить эти проблемы помогут уже существующие инновационные технологии интеллектуальных сетей. На подстанциях среднего и низкого напряжения, являющихся основным компонентом любой распределительной сети, находятся выключатели, конденсаторы, трансформаторы и другое оборудование, используемое для обеспечения бесперебойных перетоков мощности, их балансирования и передачи. Такие подстанции, расположенные в непосредственной близости к большинству потребителей, становятся ключевым элементом развития электрических сетей.

Переход таких подстанций на работу с новым интеллектуальным функционалом становится болезненным вопросом при вводе в эксплуатацию очередной умной сети, а стандарт МЭК 61850 представляется одной из наиболее подходящих основ для такого перехода.

### **Преимущества использования МЭК 61850.**

Преимущества стандарта для пользователя обычно предполагают:

- Сокращение времени и стоимости внедрения интеллектуальных устройств среднего и низкого напряжения в системы управления распределительными сетями благодаря подходу к моделированию, реализованному в стандарте.
- Повышение наблюдаемости и управляемости участков среднего и низкого напряжения сети, в том числе областей распределенной генерации.
- Повышение качества предоставления услуг за счет частичной или полной децентрализации систем автоматики фидеров.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

410-2

**20-22 октября 2022 года**

---

- Поддержку дополнительных функций (балансирование нагрузки фидеров низковольтного участка сети, управление пределами изменения напряжения, а также мониторинг и управление распределенной генерацией).
- Оптимизацию оборудования и снижение количества выездов на объекты.
- Предотвращение нежелательного выделения части энергосистемы на изолированную работу.

В рамках выполнения концепции «Цифровая трансформация» в Кузбассэнерго-РЭС в 2021 году была выполнена реконструкция **ПС 110 кВ Бенжереп-2** в виде высокоавтоматизированной по З архитектуре с применением протокола МЭК 61850 (цифровые ТТ и ТН, аналоговые сигналы в виде SV-потоков, обмен сигналами между устройствами РЗА через GOOSE сообщения).

На ПС 110 кВ Бенжереп-2 применены:

**Трансформатор тока электронный оптический (ТТЭО) 110 кВ** состоит из чувствительных элементов, установленных на высоковольтном изоляторе различного исполнения, и электронных блоков обработки (ЭОБ), соединенных пассивным оптическим кабелем. Для резервирования устанавливается независимый оптический контур внутри крышки и независимый ЭОБ, соединенный собственным оптоволоконным кабелем. Каждая фаза измеряет ток самостоятельно, без влияния соседних фаз.

Достоинства: ТТЭО 110 кВ:

1. Технические:
  - Цифровая обработка сигналов и современные интерфейсы;
  - Стандартизация интерфейса, возможность подключения устройств разных производителей (стандарт МЭК 61850);
  - Высокая точность измерения и широкий динамический диапазон;
  - Широкий температурный диапазон, позволяющий работать на территориях с суровым климатом;
  - Полная гальваническая развязка, соответствие требованиям ЭМС;
  - Высокая сейсмическая безопасность;
  - Точность измерений в переходных процессах;
  - Отсутствие насыщения в аварийных режимах (при КЗ);
2. Эксплуатационные:
  - Повышение эксплуатационной безопасности для обслуживающего персонала;
  - Повышение эксплуатационной безопасности вторичного оборудования;
  - Меньший вес и габариты, удобство монтажа и эксплуатации;
  - Возможность подключения устройств разных производителей;
  - Взрыво- и пожаробезопасность;
3. Экономические:

# V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

410-3

20-22 октября 2022 года

---

- Отсутствие медных вторичных цепей, что снижает затраты на материалы и монтажа;

- Нет риска перебоев в электроснабжении потребителей за счет повышения наблюдаемости;

- Снижение затрат на текущую эксплуатацию;

- Ценовое преимущество по сравнению с мировыми производителями;

- Высокая унификация с сокращением запасных частей;

- Проведение диагностики обслуживания по запросу.

Недостатки:

Высокая стоимость относительно аналоговых ТТ.

**Делители напряжения емкостные электронные с цифровым выходом (ДНЕЭ)** предназначены для масштабирования преобразований переменного высокого напряжения с тока заземленной нейтрали в переменный ток низкого напряжения и выработка сигнала измерительной информации согласно МЭК 61850-9-2 для передачи результатов измерений и преобразования на электрические измерительные приборы, в системы коммерческого учета электрической энергии, устройствам измерения (в том числе показателей качества электроэнергии), защиты, автоматики, сигнализации и управления.

ДНЕЭ состоит из емкостных делителей без индуктивных элементов, установленных на подставке со встроенной платой АЦП и электронными блоками обработки (ЭОБ), соединенными оптическим кабелем. Для резервирования устанавливают независимые платы АЦП внутри постамента и независимый ЭОБ, соединенный собственным оптоволоконным кабелем. Каждая фаза измеряет напряжение самостоятельно, без влияние соседних фаз.

Достоинства ДНЕЭ 110 кВ:

- Отсутствие индуктивного делителя, нет феррорезонанса;
- Исключение опасных перенапряжений;
- Отсутствие влияния вторичных цепей;
- Широкие диапазоны напряжения 100-145 кВ, 200-245 кВ в одних и тех же делителях;
- Температурный коэффициент емкости для амплитуды и сдвига фаз компенсируется;
- Широкий частотный диапазон, может использоваться для измерения качества электроэнергии;
- Широкий температурный диапазон -60..+60°C;
- Каждый ЭОБ подходит как для коммерческого учета, так и для защиты;

# V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

410-4

20-22 октября 2022 года

---

- Может комбинироваться с помощью оптического соединительного кабеля с любым ТТЭО и создавать объединенный поток данных МЭК 61850-9-2LE;

- Очень низкий вес масла (несколько килограмм) - только внутри пакетов конденсатора;

- Взрыво- и пожаробезопасность;

- Низкая амплитудная и фазовая погрешность

- Остается в одном классе точности в широком диапазоне температур  
Недостатки:

- Высокая стоимость относительно аналоговых ТН.

**Цифровые устройства РЗА** с поддержкой протокола МЭК 61850, выполненные на микропроцессорной базе.

Достиныства:

Удаленный мониторинг состояния УРЗА, параметров сети, аварийных режимов и процессов.

Удаленный доступ к УРЗА с возможностью получения аварийных осцилограмм, файлов конфигурации, отчетов.

Контроль УРЗА получаемых/передаваемых сигналов. При обрыве (потери) линии связи между УРЗА функции РЗА использующие данную связь блокируются, что исключает ложное или излишнее срабатывание РЗА.

Сокращение «медных» связей между УРЗА, повышение ЭМС.

Сокращение промежуточных реле и устройств.

Стоимость УРЗА практически соответствует УРЗА выполненным на микропроцессорной базе работающих на традиционных принципах.

Недостатки:

Высокие требования к обслуживающему персоналу РЗА в части знаний организации, оборудования сетей и связи.

Разные подходы у фирм производителей к конфигурированию УРЗА, что усложняет обслуживание и наладку.

Необходимость вводить меры предотвращающие несанкционированный доступ к УРЗА.

Также, в рамках «цифровизации» в филиале установлено порядка 200 реклоузеров **6-10 кВ**.

Реклоузер — устройство автоматического управления и защиты воздушных ЛЭП на основе вакуумных выключателей под управлением специализированного микропроцессорного УРЗА. Помимо защитных и противоаварийных функций защиты воздушных линий передач дополнительно могут выполнять функции мониторинга и учёта характеристик и параметров электросетей. Реклоузыры имеют устройства передачи данных по GSM или радио каналам.

# V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

410-5

20-22 октября 2022 года

---

При помощи реклоузеров воздушные ЛЭП делятся на отдельные участки, в каждом из которых устанавливается интеллектуальное устройство РЗА, в реальном времени анализирующее параметры работы сети и при необходимости выполняющее её реконфигурацию (производится локализация повреждённого участка и автоматическое восстановление электроснабжения потребителей на неповреждённых участках) согласно программно установленному алгоритму. При этом исключается необходимость дистанционного поиска повреждения и его устранения — всё это выполняется по месту работы реклоузера посредством микропроцессорного УРЗА.

Основные особенности реклоузеров:

- реклоузеры имеют достаточно компактные размеры и устанавливаются непосредственно на опорах ЛЭП, поэтому не нуждаются в монтаже дополнительных фундаментов и ограждений;
- не требуют обслуживания, что даёт возможность наладить стабильную работу сети без необходимости вмешательства людей. Это особенно актуально для труднодоступных или удалённых районов;
- помимо защитных функций микропроцессорное УРЗА реклоузера может выполнять несколько попыток восстановления передачи электроэнергии (функции АПВ и АВР), а при неудаче отправлять уведомлению диспетчеру.

Основные функции:

- осуществление штатных переключений в сетях распределения (местная и дистанционная конфигурация сетей);
- интеграция в системы дистанционного контроля и учёта (телемеханика);
- автоматическая регистрация характеристик и параметров работы сети;
- автоматическое отключение участков с повреждениями;
- автоматическое восстановление электропередачи неповреждённых участков сети;
- повторное включение повреждённых участков в автоматическом режиме.

На ВЛ 35-110 кВ для локализации места аварии используются **регистраторы коротких замыканий ИКЗ-В31Л-Н110**.

Предназначены для определения воздушных линий электропередачи, ответвлений, участков, на которых произошли межфазные замыкания или однофазные замыкания на землю, применительно к сетям класса напряжений 110 кВ с односторонним питанием.

Данное оборудование устанавливается на отпайках от основной магистрали ВЛ 35-110 кВ. Комплект состоит из трёх индикаторов ИКЗ устанавливаемых непосредственно на проводах ВЛ и блоком сбора и передачи информации устанавливаемый на ближайшей опоре данной ВЛ. При

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

410-6

**20-22 октября 2022 года**

---

возникновении короткого замыкания в нижней части корпуса регистраторов начинают вспыхивать сверхъяркие светодиоды, которые хорошо видны издалека при обходе ВЛ. По радиоканалу ближней связи стандарта Bluetooth блок сбора и передачи информации получает от индикаторов информацию, сохраняет её во внутренней памяти, и затем при помощи встроенного GSM-модуля передает на диспетчерский пункт.

Достоинства:

- Регистрация МФЗ и ОЗЗ;
- Визуальная сигнализация при МФЗ, ОЗЗ;
- Передача информации о виде повреждения в SCADA систему;

Недостатки:

Высокая стоимость оборудования, требует периодического технического обслуживания.

**Список литературы:**

1. Статья «Преимущества IEC 61850 в сетях среднего и низкого напряжения» на WEB-ресурсе <http://digitalsubstation.com>
2. Статья «Реклоузеры — применение, достоинства и недостатки, разновидности» на WEB-ресурсе <https://pue8.ru>
3. Презентационные материалы «Теквел парк»

**Информация об авторах:**

Сибиряков Александр Александрович, заместитель главного инженера по оперативно-технологическому и ситуационному управлению - начальник Центра Управления Сетями (ЦУС), филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Кузбассэнерго-РЭС», 650000, г. Кемерово, ул. Николая Островского, д. 11, Sibiryakov\_AA@ke.rosseti-sib.ru.