

НЕ ДУМАЙ О СЕКУНДАХ с ЭНКС-2



IEEE 1588 v2 Precision Time Protocol (PTP)
SNTP, IRIG-A/B 004, PPS, SNMP
2×RS-485, 1×RS-232, 2×Ethernet 100Base-T (PRP)

Госреестр СИ № 37328-15
Гарантия 5 лет
Цена 38 500 р. без НДС



Повышение надежности распределительных электрических сетей с помощью системы автоматического восстановления электроснабжения



В статье представлено решение ООО «Инженерный центр «Энергосервис» – программный комплекс «ES-Граф», разработанный для систем автоматического восстановления электроснабжения сетей (САВС). Перечислены его функциональные возможности и преимущества.

ООО «Инженерный центр «Энергосервис», г. Архангельск

В распределительных сетях 6–10 кВ происходят повреждения, повышающие риск дальнейшей эксплуатации и приводящие к аварийным отключениям потребителей. Время восстановления электроснабжения после аварийного отключения может быть существенно сокращено за счет применения систем автоматического восстановления электроснабжения сетей (САВС).

САВС представляет собой программно-аппаратный комплекс для автоматизации распределительных сетей 6–10 кВ и обеспечивает определение аварийных участков, анализ топологии и автоматическое восстановление питания потребителей.

Внедрение САВС на базе продуктов инженерного центра «Энергосервис» позволяет достигнуть снижения коммерческих и технических потерь посредством уменьшения недоотпуска электроэнергии, снижения операционных затрат (ОРЕХ) при ликвидации аварий и снижения капитальных вложений (САРЕХ) за счет продления срока службы оборудования.

Структурная схема САВС на примере трансформаторной подстанции представлена на рис. 1.

САВС состоит из трех уровней:

1 – уровень сбора данных: сбор информации о состоянии сети с по-

мощью комплекса измерительного оборудования и контроль состояния коммутационных аппаратов. К функциям измерительного оборудования данного уровня относится контроль протекания токов междуфазных коротких замыканий (КЗ), токов нулевой последовательности (НП) в сети с изолированной, резистивно-заземленной и компенсированной нейтралью. В состав оборудования входят электромагнитный разборный трансформатор тока нулевой последовательности (ДТНП), однофазный электромагнитный индикатор тока короткого замыкания (ИТКЗ) с оптическим выходом, катушка Роговского, однофазный измерительный датчик тока (КР) и лазерный датчик бесконтактного определения положения выключателя нагрузки 6–10 кВ;

2 – уровень передачи и обработки данных: обработка и передача на верхний уровень данных о состоянии сети и положении коммутационных аппаратов, получаемых от нижнего уровня. В состав оборудования данного уровня входят ЭНЛЗ – устройство фиксации КЗ посредством ИТКЗ с функцией измерения синхронизированных векторов токов НП посредством ДТНП, VMT – трансформатор напряжения для подключения ЭНЛЗ, ESM-ET – многофункциональное измерительное

устройство, объединяющее в себе трехфазный многотарифный счетчик учета электроэнергии, прибор контроля качества электроэнергии и многофункциональный измерительный преобразователь, ЭНМВ-1 – модуль ввода/вывода дискретных сигналов для сбора телесигнализации, контроля положения коммутационной техники и выполнения телеуправления выключателями и ЭНКМ-3 – устройство сбора и передачи данных (УСД) для передачи информации по двум резервируемым каналам связи (3G/2G, Ethernet) со встроенными ГЛОНАСС/GPS-приемником и 3G/2G-модемом;

3 – уровень управления: сбор, визуализация и долгосрочное хранение информации на АРМ диспетчеров, формирование команд удаленного управления. На данном уровне функционирует специализированный программный комплекс (ПК) «ES-Граф», осуществляющий выявление и локализацию ОЗЗ и КЗ. Для выполнения алгоритма анализа используются векторы тока и напряжения НП в виде пар измерений амплитуды и угла, а также дискретные значения состояния ИТКЗ. Протокол МЭК 60870-5-104 используется как в случае передачи данных для анализа от оборудования, так и для выдачи результатов анализа в про-

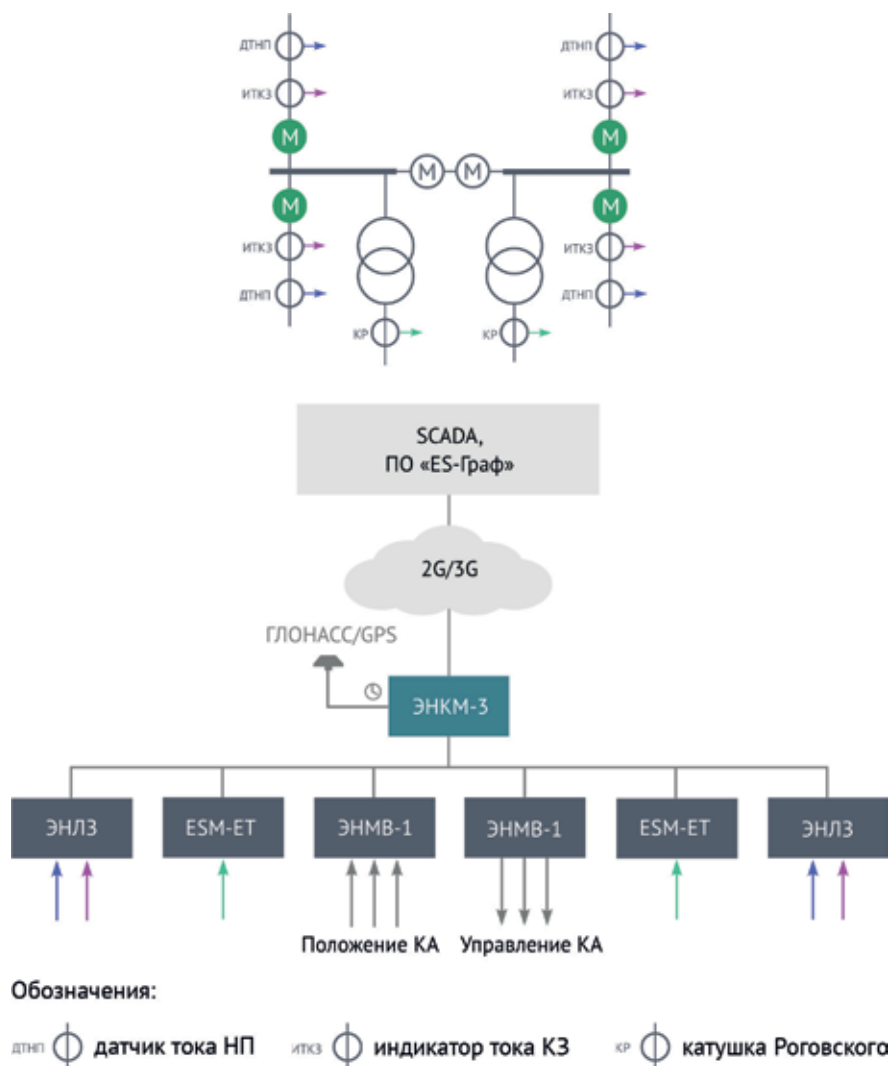


Рис. 1. САВС трансформаторной подстанции: упрощенная однолинейная схема (сверху) и структурная схема (снизу)

граммное обеспечение (ПО) уровня SCADA.

САВС реализует различные сценарии восстановления электроснабжения: восстановление питания отключенной нагрузки к одному источнику, деление нагрузки между источниками питания, восстановление питания наиболее приоритетной нагрузки.

Система позволяет учитывать различные критерии выбора оптимального сценария: пропускную способность линии, ограничение мощности питающих центров, количество необходимых переключений, уменьшение потерь ЭЭ в режиме восстановления, категорию надежности электроснабжения потребителя.

Пример работы САВС в сети с разветвленной топологией приведен на рис. 2.

Действием релейной защиты произведено отключение на РП питающей линии при КЗ на одной из линий.

В результате работы САВС обнаружен и с помощью управляемого выключателя нагрузки локализован поврежденный участок линии, что позволило АВР восстановить питание неповрежденных секций РУ.

При возникновении КЗ на одном из контролируемых присоединений устройства ЭНЛЗ фиксируют сигналы срабатывания ИТКЗ. События с присвоенной меткой времени передаются от ЭНЛЗ в устройство сбора данных ЭНКМ-3 и далее по протоколу МЭК 60870-5-104 – на сервер сбора данных SCADA (ОИК), установленный в диспетчерском пункте распределительных сетей.

Программный комплекс «ES-Граф» производит анализ состояния всех ИТКЗ на момент возникновения аварийной сигнализации в контролируемой сети методом перебора всех связанных пар датчиков начала и конца линии. Линия, на которой только

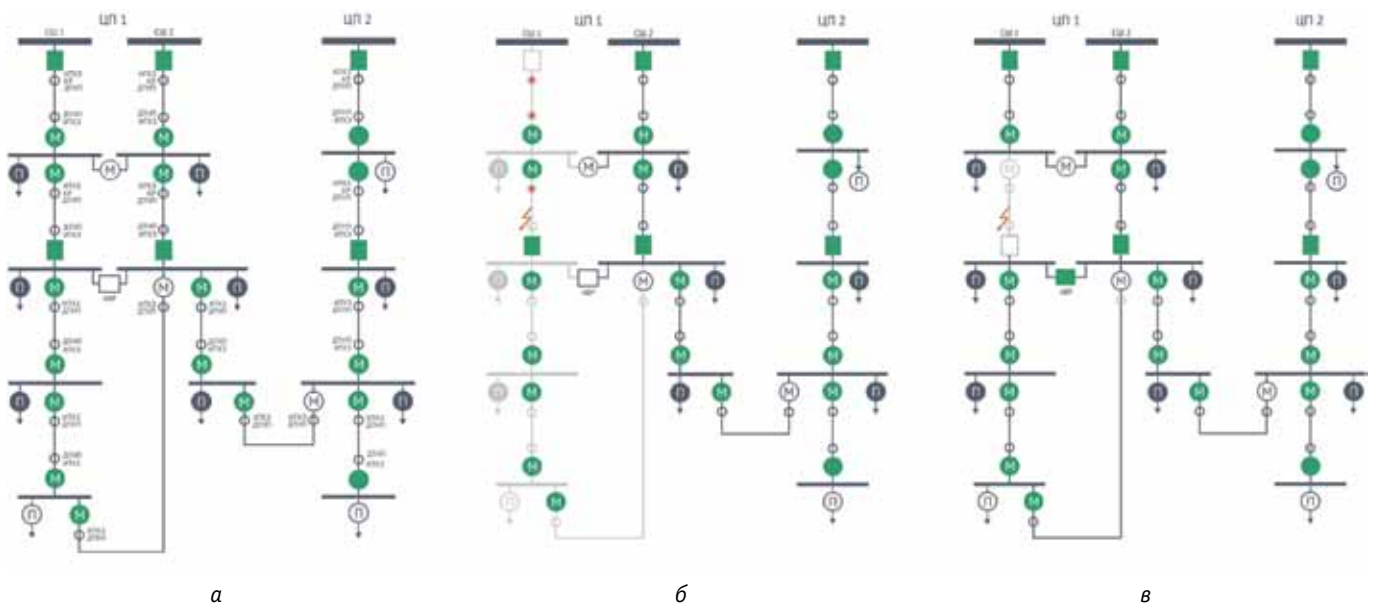
в начале зафиксировано срабатывание ИТКЗ, выявляется как поврежденная с указанием поврежденных фаз (А, В, С). Аналогично путем анализа состояний ИТКЗ, установленных на всех отходящих от шин линиях, выявляются междуфазные КЗ на шинах РП и ТП.

Все работающие в системе устройства ЭНЛЗ непрерывно производят измерения токов нулевой последовательности ($3I_0$) в векторном виде (амплитуда и фазовый угол). Измерение производится посредством ДТНП. Измерение фазовых углов векторов токов $3I_0$ производится с точностью 100 мкс относительно «базового» вектора, который имеет постоянную частоту 50 Гц и нулевой сдвиг фазы относительно начала астрономической секунды. Полученные таким образом измерения передаются двумя значениями (амплитуда и фазовый угол) в виде телеизмерений (ТИ) с присвоенной меткой времени на УСД ЭНКМ-3. Далее УСД ЭНКМ-3 передает полученные данные на сервер сбора данных SCADA (ОИК) по протоколу МЭК 60870-5-104.

Для функционирования системы определения аварийного участка сети при ОЗЗ дополнительно необходимо производить измерение напряжения $3U_0$ в векторном виде аналогично токам $3I_0$. Количество измерений напряжения $3U_0$ равняется количеству секций шин всех центров питания распределительной сети. Измерение $3U_0$ можно производить как на ПС, так и на РП, оборудованных измерительными трансформаторами напряжения (ИТН) с обмоткой $3U_0$ (разомкнутый треугольник).

Вся собираемая на объектах информация передается на сервер сбора данных диспетчерского пункта центра управления сетями (ЦУС), включая данные по учету электроэнергии (АИИС КУЭ) и параметры качества электроэнергии. Собранная с объектов информация подлежит хранению и представляется для текущего просмотра и ретроспективного анализа.

АРМ диспетчера ЦУС позволяет отображать на электрической схеме объектов текущие измерения и состояние сети (рис. 3). При возникновении однофазного замыкания на землю и (или) КЗ в электрической сети АРМ выдает диспетчеру соответствующую сигнализацию с ука-



Обозначения:

- выключатель нагрузки с моторизованным приводом включен/выключен
- выключатель нагрузки без управления
- выключатель нагрузки выключен действием СABC
- срабатывание ИТКЗ
- выключатель включен/выключен действием РЗА
- выключатель включен действием АВР/выключен
- ответственный потребитель запитан/отключен
- место КЗ
- неответственный потребитель запитан/отключен

Рис. 2. Однолинейная схема электрических соединений сети: а – в нормальном режиме; б – в режиме КЗ; в – после работы СABC

занием конкретного поврежденного участка сети.

ПК «ES-Граф» выполняет функции локализации замыкания и определения его типа в электрической сети. «ES-Граф» принимает исходные данные, выполняет анализ и сообщает о выявленных авариях. Результаты анализа фиксируются в собственном журнале событий и отображаются в веб-интерфейсе, а также могут быть переданы по стандартным протоколам обмена данными. Такой подход позволяет использовать «ES-Граф» и как самостоятельное приложение, и как программный модуль к SCADA-системам.

Данные в анализирующую часть «ES-Граф» в общем случае поступают спорадически. При этом существует необходимость получения информации о состоянии анализируемой системы в определенный момент времени. Эту задачу решает модуль агрегации данных, который организывает входные данные в памяти компьютера, устанавливая соответствие между меткой времени, источником данных, физической величиной и ее значением. На выходе агрегатора для каждой уникальной метки времени

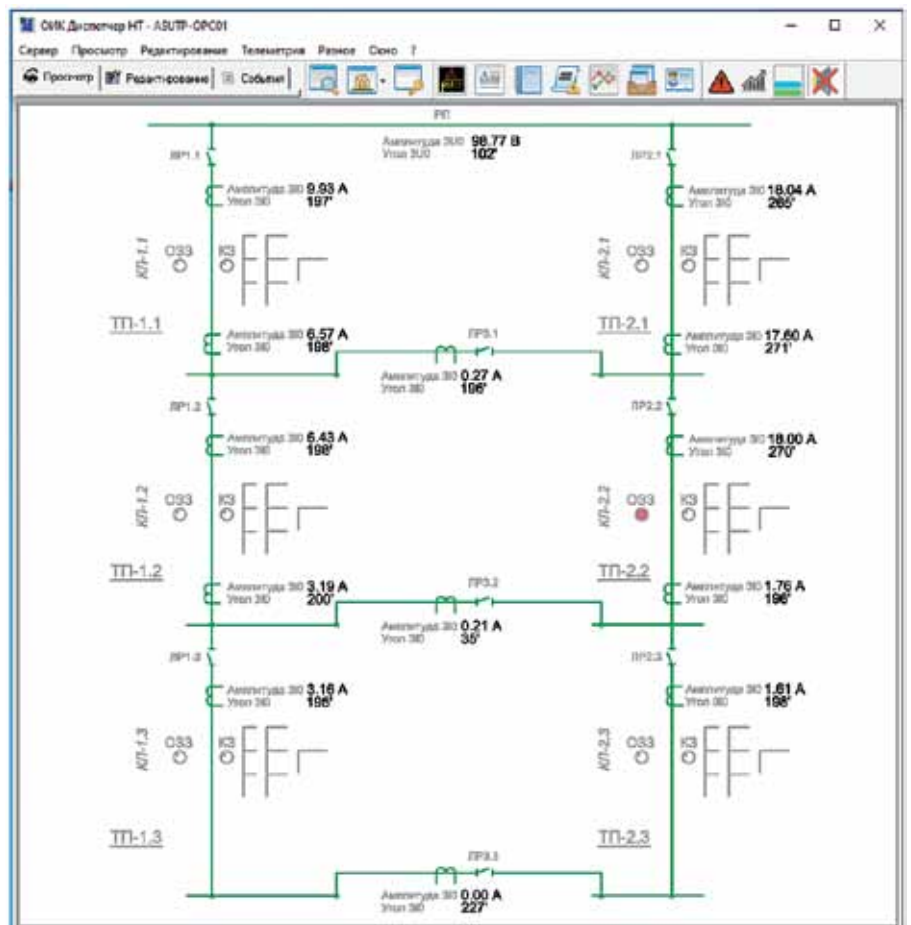


Рис. 3. Интеграция со SCADA

формируется так называемый фрейм данных. Основными настройками агрегации являются время ожидания данных и время устаревания значений. Для каждой новой метки времени данные обновляются в течение времени ожидания, после чего фиксируется фрейм. Если в течение времени устаревания значение некоторой величины не обновилось новыми данными, то имеющееся значение становится «невалидным».

Выявленные события фиксируются в журнале событий, который представлен реляционной базой данных SQLite. К основным атрибутам событий относятся тип анализируемой проблемы (ОЗЗ, ток ОЗЗ, КЗ, ток КЗ), тип события (наступление или прекращение режима), время наступления события (из входящих меток времени), время принятия решения о событии (из часов компьютера, на котором запущен сервис). Текущее состояние системы и сообщения о выявленных авариях могут быть переданы по протоколу МЭК 60870-5-104.

Результирующим действием ПК «ES-Граф» является выдача команд управления по протоколу МЭК 60870-5-104 в ПО SCADA для автоматического восстановления сети. По правилам, заданным в конфигурации,

выполняется последовательность переключений, которая реализует сценарий изоляции аварийных участков и восстановления электроснабжения на неповрежденных участках сети.

ПК «ES-Граф» поддерживает работу в режиме резервирования, образуя систему из двух независимых экземпляров приложения, которые могут исполняться в том числе на физически разных машинах. Между приложениями должно быть организовано сетевое взаимодействие. Каждому процессу в конфигурации назначаются функциональные роли: «основной» или «резервный». Оба экземпляра приложения параллельно выполняют сбор и анализ данных, образуя схему «горячего» резервирования. Такой подход позволяет организовать поддержку работы двухмашинных SCADA-систем, которые, по сути, являются двумя независимыми источниками данных. При этом резервный процесс «ES-Граф» не выполняет выдачу управляющих воздействий, пока доступен основной. Для установления статуса работы и доступности процессы обмениваются служебными сообщениями.

«ES-Граф» не имеет программных ограничений в объеме принимаемой и анализируемой информации — они зависят от аппаратных возможностей

платформы, на которой выполняется программа. ПК «ES-Граф» разработан с расчетом на эффективное использование многоядерных систем и обладает хорошей масштабируемостью.

Гибкость, позволяющая адаптировать САВС к сети любой топологии, простота расширения системы за счет отсутствия необходимости перенастройки контроллеров телемеханики на действующих объектах при добавлении новых узлов и интеграция с ПО уровня SCADA любого производителя выгодно отличают решение Инженерного центра «Энергосервис».

Литература

1. Петров К. В., Попов А. И., Горячевский И. А., Пискунов С. А., Ульянов Д. Н., Юдин И. Н. Автоматизация распределительной сети с целью повышения надёжности электроснабжения потребителей // 92-е заседание семинара «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики». Казань. Сент. 2020.

2. Мокеев А. В., Пискунов С. А., Ульянов Д. Н., Хромицов Е. И. Повышение эффективности и надежности систем управления, релейной защиты и автоматики цифровых понизительных подстанций и цифровых РЭС // 92-е заседание семинара «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики». Казань. Сент. 2020.

Д. Н. Ульянов, заместитель генерального директора,
К. В. Петров, инженер электротехнического отдела,
А. В. Мокеев, заместитель генерального директора,
С. А. Пискунов, инженер группы комплексного проектирования,
А. В. Родионов, начальник отдела аналитики и обработки данных,
ООО «Инженерный центр «Энергосервис»,
г. Архангельск,
тел.: +7 (8182) 64-6000,
e-mail: ed@ens.ru,
сайт: www.enip2.ru



vk.com/journal_isup
ВКонтакте



facebook.com/isup.ru
Фейсбук



zen.yandex.ru/isup
Яндекс.Дзен

Все статьи в свободном доступе