

Первая в московском регионе

В мае 2018 года в Московских высоковольтных сетях — филиале ПАО «МОЭСК» введена в работу ПС 110 кВ «Медведевская», первая в московском регионе цифровая подстанция. В данной статье рассматривается, почему же она называется «цифровой подстанцией», и чем отличается от традиционных подстанций, даже тех, на которых широко используются микропроцессорные устройства автоматики и управления.

Мартихин А.Ю., начальник Службы релейной защиты и автоматики Московских высоковольтных сетей — филиала ПАО «МОЭСК»

Рыбин И.С., заместитель начальника Службы релейной защиты и автоматики Московских высоковольтных сетей — филиала ПАО «МОЭСК»

Гурьев А.В., главный инженер проекта ООО НПП «ЭКРА»

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

При разработке проекта подстанции были учтены следующие ключевые положения:

1. Сооружение подстанции выполнено во исполнение постановления п. 6 протокола совещания у Председателя Правительства РФ Д.А. Медведева от 28.04.2014 № ДМ-П8-36пр о строительстве третьего центра питания ИЦ «Сколково». 80% выдаваемой потребителям мощности ПС «Медведевская» предназначено для нужд ИЦ «Сколково».
2. В целях реализации принципа импортозамещения первичное оборудование и вторичные системы подстанции выполнены на отечественном оборудовании.
3. По типу оперативного обслуживания подстанция должна быть выполнена необслуживаемой и иметь возможность удаленного управления как первичным,

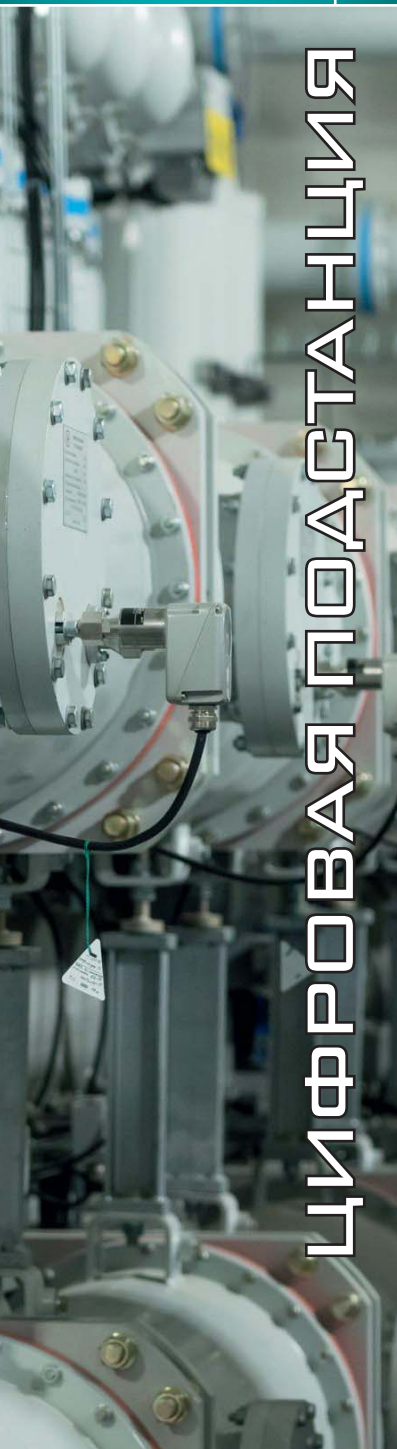
- так и вторичным оборудованием из диспетчерского центра Московских высоковольтных сетей — филиала ПАО «МОЭСК».
4. Обмен информацией о первичных величинах тока и напряжения, состоянии первичного и вторичного оборудования, обмен данными между указанным оборудованием на объекте выполнены в цифровом виде в соответствии с требованиями МЭК 61850.
5. Комплекс устройств РЗА, выполненный по технологии цифровой подстанции, на ПС 110 кВ «Медведевская» введен в промышленную эксплуатацию без дублирования устройствами релейной защиты, выполненными по традиционной технологии, что должно сделать подстанцию действительно первой цифровой подстанцией в московском регионе.

ОБЩИЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ В ЧАСТИ ПЕРВИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИИ И ЕГО СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

Распределительное устройство высшего напряжения (110 кВ) подстанции типа КРУЭ выполнено по схеме «две рабочие системы шин» и рассчитано на присоединение четырех линий, двух трансфор-

маторов и шиносоединительного выключателя, с возможностью расширения на две ячейки. Произведенное российской компанией АО ВО «Электроаппарат» КРУЭ 110 кВ оснащено развитой систе-

ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ





ПС 110 кВ «Медведевская» — первая в московском регионе цифровая подстанция

мой мониторинга, включающей в себя:

- систему мониторинга частичных разрядов (предназначена для контроля состояния изоляции КРУЭ 110 кВ, определения типа и места возникновения дефекта посредством встроенной экспертной системы);
- систему мониторинга состояния и ресурса выключателей (предназначена для расчета механического износа выключателя и коммутационного ресурса контактов);
- систему контроля тока присоединений и напряжения на шинах, контроля положения и состояния коммутационных аппаратов.

Два силовых трансформатора мощностью 80 МВА каждый производства ООО «Тольяттинский трансформатор» оснащены системой мониторинга, которая включает в себя:

- систему мониторинга критических утечек СМКУ (для контроля уровня трансформаторного масла);
- непрерывный контроль высоковольтных вводов НКВВ;
- контроль токов обмоток трансформатора и положения РПН;

– хроматический мониторинг состояния трансформаторного масла ТМЗ (для определения дефекта в изоляции трансформатора на ранней стадии и прогнозирования технического состояния).

Благодаря работе системы мониторинга КРУЭ 110 кВ и трансформаторов, в сумме контролирующей порядка 400 сигналов и измерений, реализуется автоматическая оценка технического состояния оборудования подстанции, выявление дефектов на ранней стадии развития и прогнозирование их появления, прогнозирование и моделирование нагрузочной способности и остаточного ресурса оборудования.

В итоге система обеспечивает снижение эксплуатационных затрат на техническое обслуживание и ремонт оборудования, а также повышение эффективности мониторинга оборудования.

Отдельно стоит отметить, что низкоомное заземление нейтралей обмоток силовых трансформаторов 20 кВ позволяет значительно повысить безопасность персонала и населения при однофазных коротких замыканиях в распределительной сети 20 кВ.

ОБЩИЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ В ЧАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ АСУ ТП И РЗА

Основной отличительной характеристикой цифровой подстанции по определению является принципиально иная, по сравнению с традиционными объектами, структура выполнения комплексов АСУ ТП, релейной защиты и автоматики подстанции. В полной мере этому критерию соответствуют комплексы АСУ ТП и РЗА на ПС 110 кВ «Медведевская».

Непосредственно функцию устройств релейной защиты и автоматики выполняют микропроцессорные терминалы серий БЭ2502 и БЭ2704 производства российского научно-производственного предприятия «ЭКРА».

Система сбора и передачи сигналов на подстанции выполнена в соответствии с требованиями международного стандарта МЭК 61850 и разделена на три подсистемы (по сути — локальных вычислительных сети, образованных маршрутизаторами и оптическими кабелями связи).

За передачу аналоговых сигналов от первичных измерительных преобразователей (в данном случае — традиционных трансформаторов тока и трансформато-

ров напряжения) отвечает «шина процесса» с передачей данных согласно стандарту МЭК 61850-9.2LE (рисунок 1).

Измеренные классически электромагнитными ТТ и ТН величины токов и напряжений оцифровываются устройствами сопряжения (УСО) и в виде потока SV (Sampled Values) сигналов передаются в «шину процесса». Эти данные измерений могут быть получены любым устройством РЗА, для функционирования которого они необходимы.

Дискретные сигналы между устройствами РЗА (рисунок 2), а также сигналы от устройств РЗА к коммутационным аппаратам в формате GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events) сообщений передаются по «шине данных», при этом указанные сигналы также могут быть получены и обработаны любым устройством, алгоритмом работы которого предусмотрено их получение.

И наконец, по отдельной информационной шине в формате MMS (Manufacturing Message Specification) передаются сигналы, предназначенные для функционирования системы АСУ ТП, а также для связи комплексов АСУ ТП и РЗА.

Для обеспечения согласованной работы шин данных на базе ЛВС используется сервер единого времени, синхронизация времени осуществляется по протоколу РТРv2. Для мониторинга и регистрации цифровых сигналов (SV,

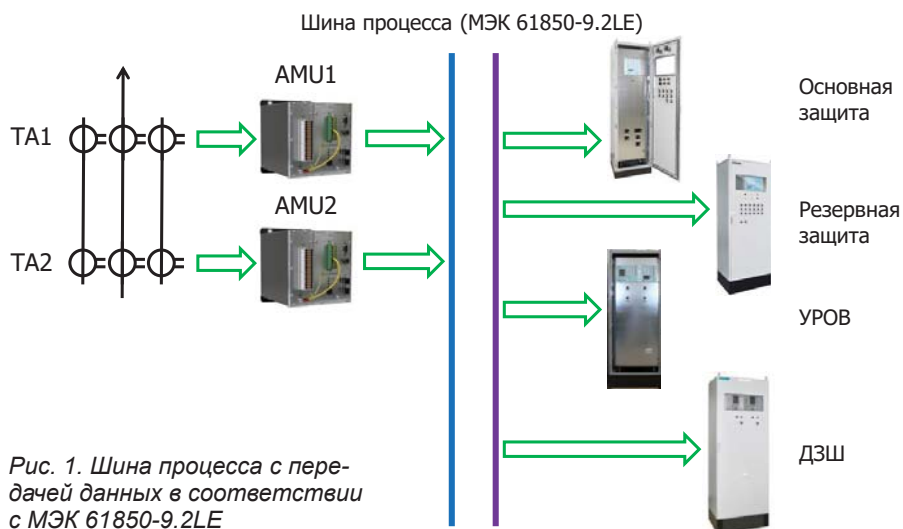


Рис. 1. Шина процесса с передачей данных в соответствии с МЭК 61850-9.2LE



Рис. 2. Шина подстанции с передачей данных в соответствии с МЭК 61850-8.1

GOOSE, MMS) используется отдельный комплекс регистрации аварийных процессов (КРАП).

Таким образом, на ПС 110 кВ «Медведевская» в полном объеме реализована концепция использования протоколов обмена технологической информацией

в соответствии со стандартом МЭК 61850 (рисунок 3).

Как мы видим, принципиальным структурным отличием такого построения сети является связь между устройствами через информационные шины, заменившая собой соединение

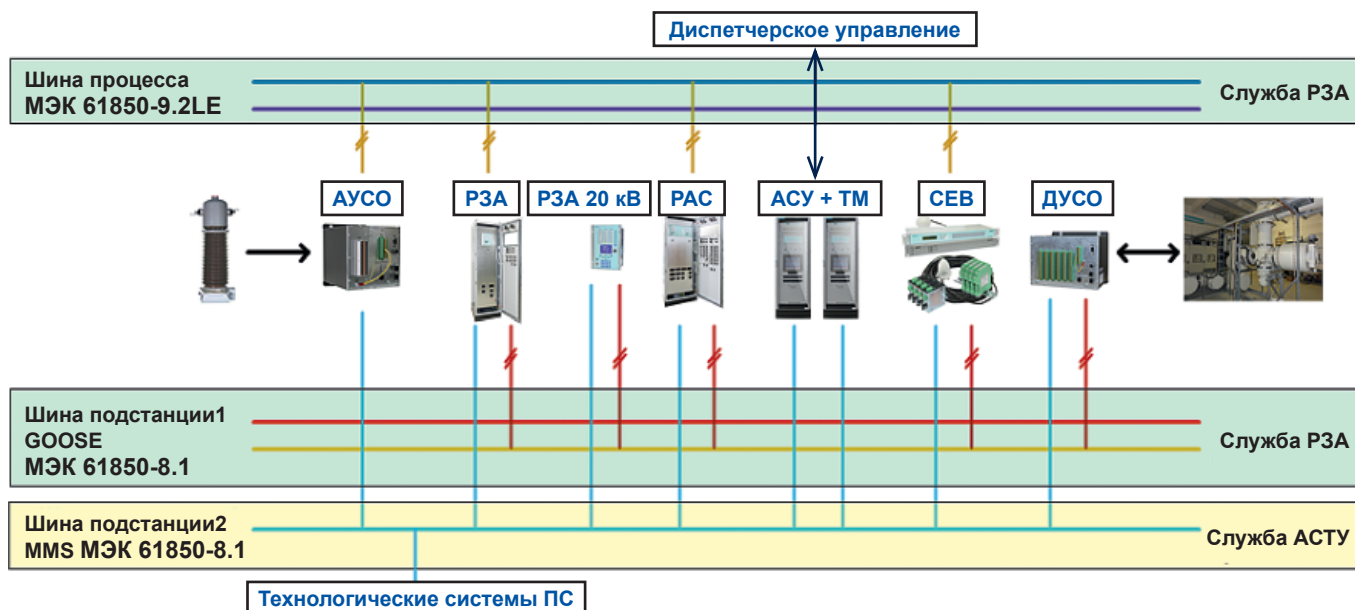


Рис. 3. Архитектура построения сети обмена данными цифровой ПС 110 кВ «Медведевская»

устройств по принципу «точка-точка».

Также стоит отметить, что в данной архитектуре произведено полное разделение сигналов РЗА и АСУ ТП. Данное решение принято с учетом действующей организационной структуры эксплуатирующей компании с четким разделением зон эксплуатационной ответственности служб РЗА и АСУ ТП. Кроме того, решение о полном разделении сигналов РЗА и АСУ ТП предоставляет неочевидное преимущество — технологические сети РЗА полностью изолированы от внешних информационных сетей. В связи с этим, в процессе проектирования и дальнейшего ввода подстанции не потребовалась специальная проработка вопросов по информационной безопасности, а также применение специальных аппаратно-технических средств защиты данных критически важных элементов подстанции.

Говоря о наборе используемых функций РЗА (рисунок 4),

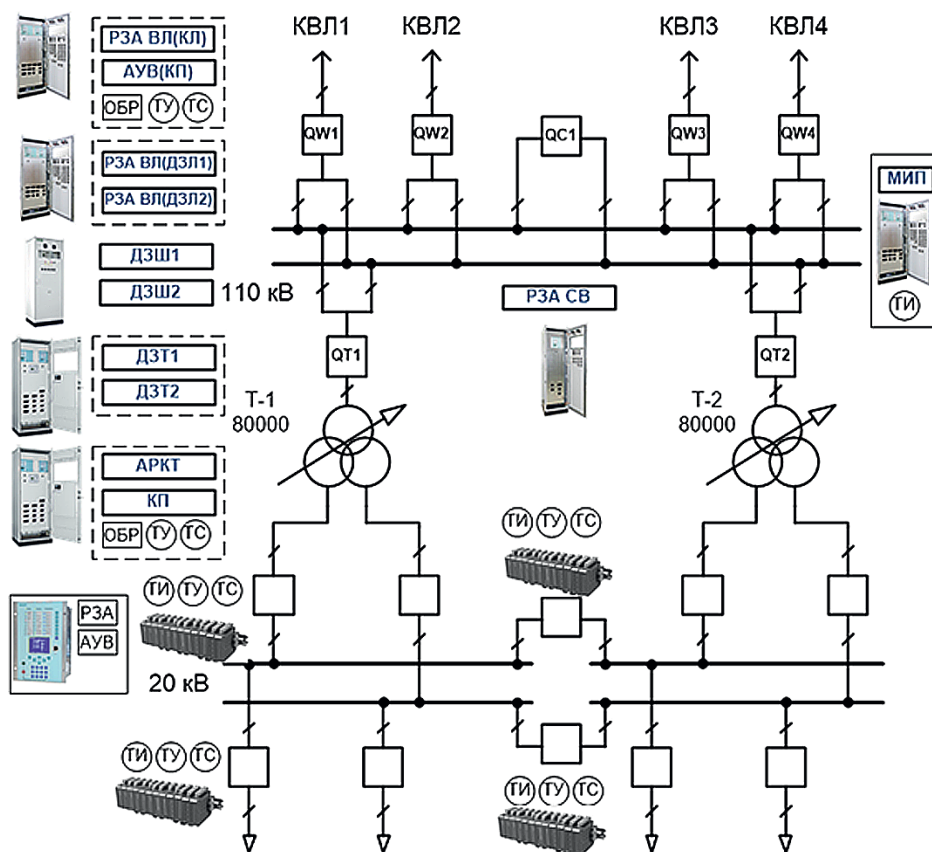


Рис. 4. Комплекс оборудования РЗА подстанции

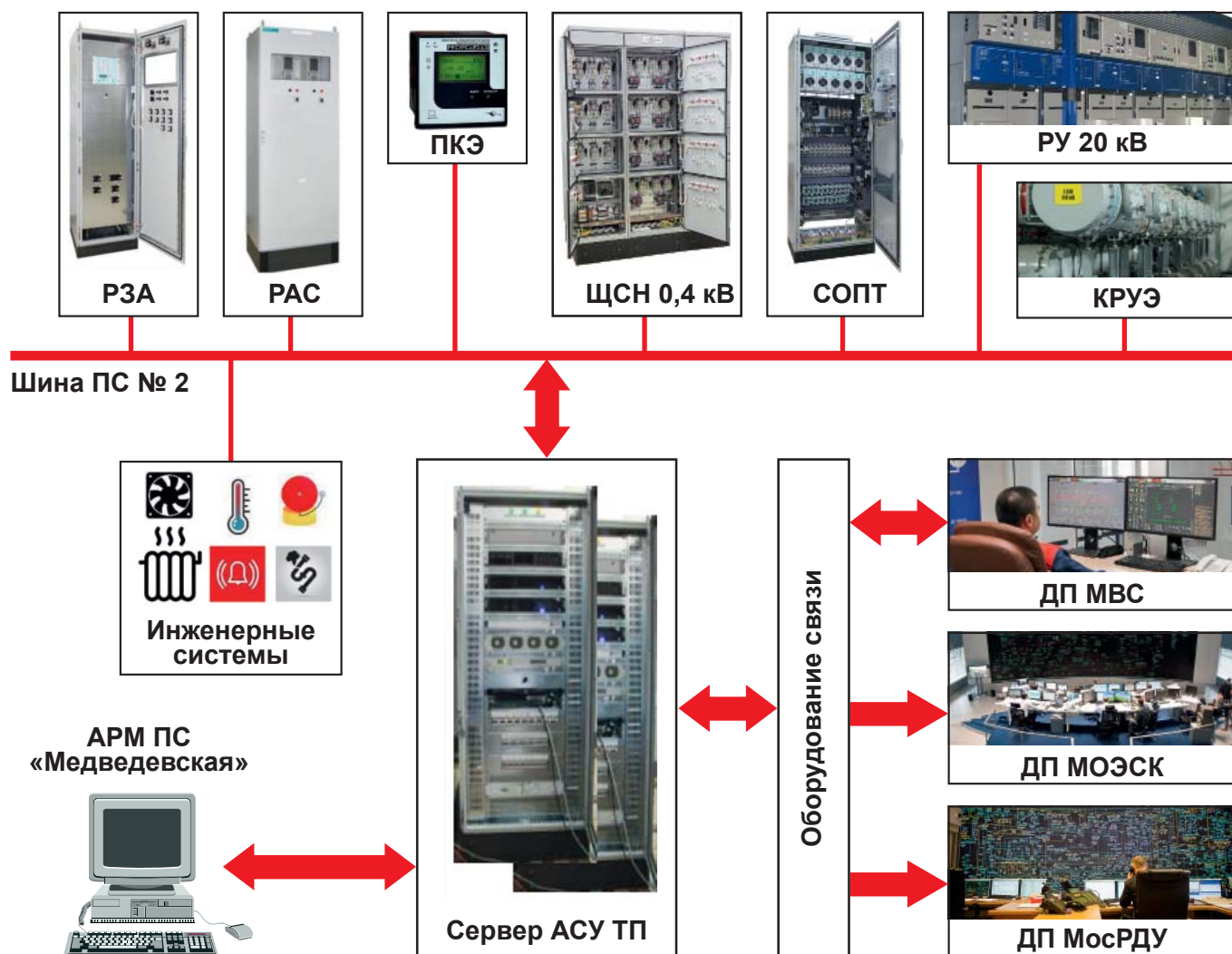


Рис. 5. Структурная схема технических средств АСУ ТП

можно отметить, что он в целом традиционен. Выбор защитных функций выполнен на основании требований используемого в ПАО «МОЭСК» в качестве нормативного документа для проектирования РЗА «Альбома типовых функциональных схем взаимодействия устройств релейной защиты и автоматики для вновь строящихся и реконструируемых объектов ОАО «МОЭСК».

В отличие от функционального состава комплекса релейной защиты его реализация на основе комплекса цифровых локально-вычислительных сетей очень слабо напоминает привычный комплекс РЗА подстанции, избилующий медными кабельными связями.

АСУ ТП подстанции (рисунок 5) выполнена на базе программно-технического комплекса EVICON производства НПП «ЭКРА». При этом удалось построить систему таким образом, что АСУ ТП и функции телемеханики оказались неразрывно связаны — в традиционных подстанциях эти подсистемы обычно разделены. Использование единой системы тестирования и самодиагностики всех компонентов ПТК EVICON, а также узлов и линий связи (коммутаторов и ВОЛС), обеспечивает требуемую степень надежности работы оборудования. Данное решение позволило в значительной степени снизить затраты на оборудование, используемое для сбора и обработки первичных аналоговых и дискретных сигналов. В то же время использование отдельных серверов АСУ ТП и ТМ, позволило исключить возможность (при выходе из строя) потери подстанцией наблюдаемости и управляемости.

Комплекс АСУ ТП и ТМ на ПС «Медведевская» призван выполнять следующие задачи:

- организация и ведение оперативной базы данных режимов работы и состояния оборудования ПС;
- визуализация и контроль параметров текущего режима (главной схемы, состояния электрооборудования ПС);
- осуществление функций предупредительной и аварийной сигнализации;

- дистанционное и местное управление первичным оборудованием (силовые трансформаторы, коммутационные аппараты и т.п.);
- передача данных в диспетчерские центры Московского РДУ, центр управления сетями МОЭСК и МВС по стандартным протоколам (МЭК 60870-5-104);
- архивирование и хранение информации;
- обеспечение информационной безопасности АСУ ТП;
- формирование отчетных документов.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Очевидно, что для строительства объекта, не имевшего аналогов в России, было необходимо решить целый ряд непростых задач:

- выбрать общую концепцию проекта;
- разработать набор технических решений, в равной степени обеспечивающих как инновационность объекта, так и его строгое соответствие действующей нормативной документации;
- разработать и согласовать на всех ступенях управления проект сооружения подстанции; обеспечить согласованную работу целого ряда организаций, по своему направлению реализующих уникальные технические решения.

При этом решен этот комплекс задач в чрезвычайно сжатые сроки — от начала строительных работ до ввода объекта в работу прошло около полутора лет.

Сокращению сроков ввода в работу ПС «Медведевская» при выполнении СМР и ПНР способствовала комплексная поставка вторичного оборудования от одного производителя — научно-производственного предприятия «ЭКРА» (г. Чебоксары). При этом все оборудование, поставленное на ПС «Медведевская», и все технические решения, принятые на этапе проектирования, были предварительно проверены в ходе проведения заводских приемосдаточных испытаний комплексов РЗА и АСУ ТП. Они были проведены с привлечением специ-

алистов служб РЗА, АСТУ и ТМ филиала ПАО «МОЭСК» — Московские высоковольтные сети, а также специалистов наладочной организации — ООО «ЭКРА-Центр». Организация заводских приемосдаточных испытаний комплекса РЗА и АСУ ТП позволила поставить на объект систему, прошедшую настройку и параметризованную в соответствии с утвержденным проектом.

Сооружение и ввод в работу столь инновационного объекта не могло не стать сложнейшей задачей для Московских высоковольтных сетей, для производителей оборудования, для строителей, для наладочных организаций.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОЕКТА ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Благодаря описанным выше принципам реализации комплекса РЗА на подстанции мы получаем следующий набор преимуществ:

1. Сокращение затрат на техническое обслуживание оборудования за счет развитой системы диагностики и мониторинга первичного оборудования, оборудования АСУ ТП, оборудования РЗА.
2. Возможность постоянного мониторинга исправности каналов связи между устройствами — целостность оптических каналов связи постоянно контролируется, в отличие от медных проводов.
3. В качестве первичных измерительных преобразователей используются традиционные трансформаторы тока и напряжения, имеющие на настоящий момент значительно меньшую стоимость, чем цифровые измерительные преобразователи (оптические ТТ, датчики Холла и т.п.)
4. Значительное снижение нагрузки на вторичные обмотки трансформаторов тока.
Аналоговые сигналы передаются в виде цифровых SV-поток по оптическим линиям связи, при этом устройства сопряжения (по сути это — аналогово-цифровые преобразователи) установлены в непосредственной близости от трансформаторов тока и напряжения.

Как мы знаем, значительная нагрузка на вторичные обмотки ТТ является причиной появления погрешностей измеряемого сигнала и, следовательно, ухудшения условий работы всех алгоритмов РЗА.

5. Обеспечение полноценного резервирования каналов связи между устройствами РЗА. Каждая из подсистем — информационных «шин» — выполнена в виде двух полностью идентичных сетей А и В, что в совокупности с применяемыми программными методами обеспечивает резервирование по технологии PRP (параллельное резервирование). При неисправности любого элемента сети функционирование продолжается по рабочей сети без потери работоспособности системы в целом и отдельных ее участков.
6. Гибкость системы РЗА. В отличие от традиционных подстанций, в которых для реализации новых функций РЗА требуется прокладка новых кабельных связей, в цифровой


подстанции для добавления или изменения связей между устройствами требуется только изменение программной конфигурации сети.

7. Возможность интеграции в систему разнотипного оборудования различных производителей без промежуточных преобразователей и шлюзов обеспечивает гарантированную доставку событий и высокое быстродействие системы.
8. Исключение необходимости трудоемкого ремонта кабельных линий связи, когда при повреждении медных кабелей традиционной подстанции требуется поиск и замена поврежденного кабеля в условиях действующей подстанции.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Вышеописанные преимущества цифровой подстанции в части РЗА актуальны уже для существующего уровня развития нормативной базы в части эксплуатации электросетевых объектов.

При постепенном изменении нормативной базы, а также последующей комплексной цифровизации энергетики цифровая подстанция обеспечит и другие преимущества:

- возможность дистанционного изменения уставок и конфигурации устройств в целях снижения затрат на эксплуатационное обслуживание подстанции;
- еще большую гибкость в части используемых функций и алгоритмов РЗА, возможность применения функций и алгоритмов, реализация которых невозможна на традиционных подстанциях;
- возможность перехода к техническому обслуживанию «по состоянию» (в целях снижения затрат на эксплуатационное обслуживание и повышения надежности функционирования комплекса РЗА);
- обеспечение более совершенных алгоритмов резервирования функций РЗА;
- максимальную типизацию проектных решений для вновь сооружаемых и реконструируемых подстанций. 



ТРАВЭК

Международная Ассоциация производителей
высоковольтного электротехнического оборудования

25 лет в электротехнике и электроэнергетике

XXVIII Международная научно-техническая и практическая конференция

«Перспективы развития электроэнергетики и высоковольтного электротехнического оборудования. Преобразовательная техника, коммутационные аппараты, микропроцессорные системы управления и защиты»

7 - 8 ноября 2018 г.

Гостиница
«Холидей Инн Сокольники»
Москва, ул. Русаковская, 24

Конференция проводится при поддержке Российской академии наук, Академии электротехнических наук РФ, Министерства энергетики РФ, Министерства промышленности и торговли РФ, ПАО «Российские сети», ПАО «ФСК ЕЭС».

Тематическая направленность конференции:

1. Перспективы развития электроэнергетики и высоковольтного электротехнического оборудования.
2. Вопросы энергосбережения и качества электрической энергии.
3. Преобразовательная техника.
4. Высоковольтное коммутационное оборудование на напряжения 10-1150 кВ.
5. Автоматизированные микропроцессорные системы управления и защиты электроэнергетическими системами подстанционного оборудования и электроснабжения потребителей.
6. Электромагнитная совместимость высоковольтного электротехнического оборудования.
7. Методы и средства испытаний. Испытательные центры.
8. Опыт эксплуатации электротехнического оборудования на объектах ПАО «Российские сети», ПАО «ФСК ЕЭС», ПАО «Газпром», ОАО «РЖД», промышленных предприятиях, ЖКХ и предприятиях нефтедобычи.
9. Вопросы рынка высоковольтного электротехнического оборудования.

Оргкомитет
конференции

Адрес: 107023, г. Москва, Электровзводская ул., 21
Тел./факс: +7 (495) 777-82-85, 777-82-00 (доб. 27-93, 26-61)

E-mail: travek@elektrozavod.ru,
www.travek.elektrozavod.ru