

ОПЫТНЫЙ ПОЛИГОН ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» – «ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ»

АВТОРЫ:

МОРЖИН Ю.И.,
Д.Т.Н.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ПОПОВ С.Г.,
К.Т.Н.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

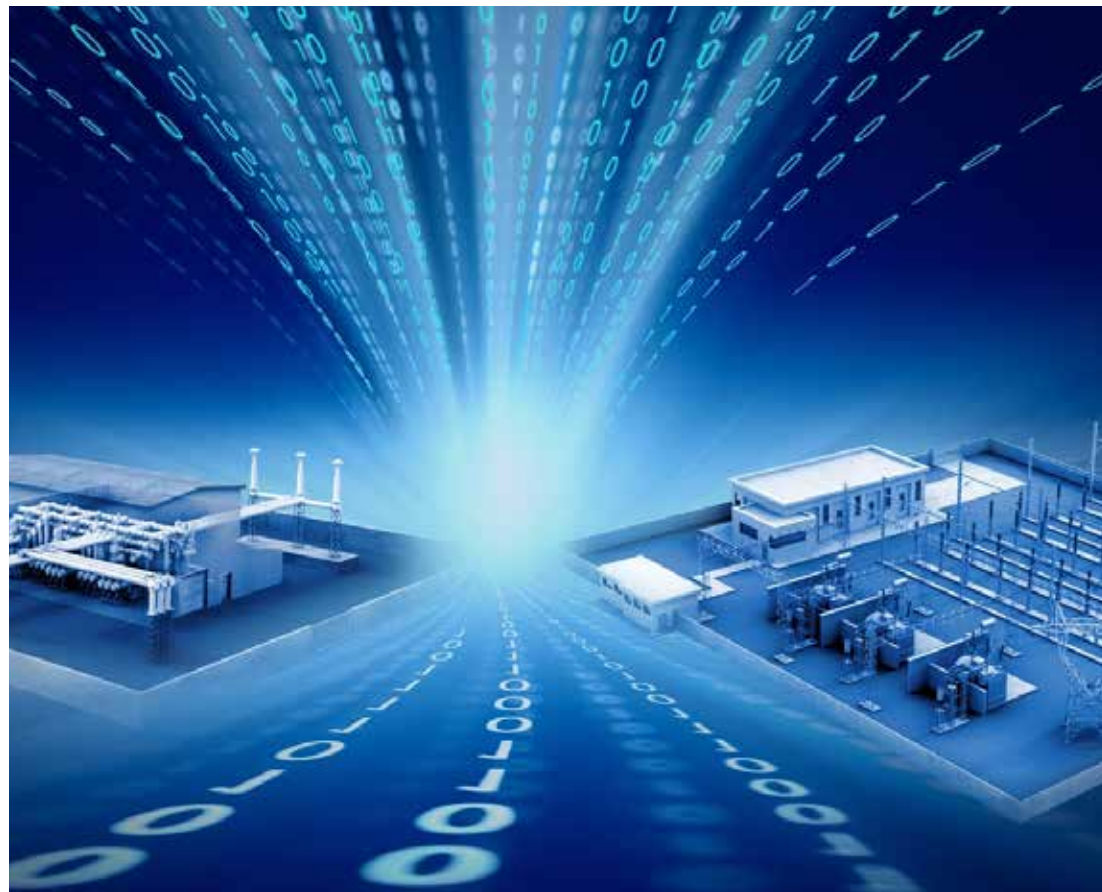
РУМЯНЦЕВ А.А.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ИЛЬИН М.Д.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

В настоящее время в российской электроэнергетике существует множество точек зрения на то, что понимать под термином «цифровая подстанция». Для успешной автоматизации

процессов передачи, преобразования и распределения электроэнергии в масштабах всей ЕНЭС в настоящий момент разрабатывается общая концепция программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции.

Ключевые слова: электрическая подстанция, стандарт IEC 61850, IED-терминал, технология «Цифровая подстанция», опытный полигон, RTDS, испытания, коммуникации на подстанции.



Цифровые подстанции — передний край технологического развития в электросетях

ВВЕДЕНИЕ

В статье рассматриваются составные части разработки технологии, которая в России получила название «Цифровая подстанция». Основу этой технологии составляет стандарт IEC 61850. Базовыми составляющими технологии для применения ее в эксплуатационной практике являются построение надежной коммуникационной сети для IED-терминалов (в терминах стандарта «шина процесса» и «шина станции»), а также полигонные испытания оборудования различных производителей для определения возможности совместной работы (проверка требования стандарта – интероперабельности). Для решения данных задач в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» был создан опытный полигон «Цифровая подстанция» на базе действующей экспериментальной подстанции переменного тока 110/10 кВ, которая питается от электрической сети 110 кВ региональной сетевой компании ОАО «МОЭСК». Опытный полигон состоит из 2 частей, подстанционной и лабораторной, связанных единой коммуникационной средой. В состав подстанционной части входят: центр управления подстанции с IED-терминалами защиты и измерения, коммуникационной сетью, оборудованием синхронизации времени; измерительные оптические трансформаторы тока и напряжения; полевые преобразователи аналоговых и дискретных сигналов (SAMU) наружного исполнения, размещенные на открытом распределительном устройстве подстанции 110 кВ (ОРУ-110). Основу лабораторной части опытного полигона составляет программно-аппаратный комплекс RTDS и другие программно-аппаратные испытательные комплексы (OMICRON CMC 256 plus, RETOM-61850).

Основная задача опытного полигона – проведение исследований по построению оптимальных архитектур

коммуникационной среды для подстанций разного класса напряжений на базе современного коммуникационного оборудования. Работы, проводимые на опытном полигоне, нацелены на решение задач, связанных с созданием технологии «Цифровая подстанция», в числе которых – разработка технических требований к первичному и вторичному оборудованию, создаваемому по новой технологии.

Опытный полигон предназначен также для ознакомления и обучения персонала отраслевых организаций основам новой технологии.

На опытном полигоне проводится опытная эксплуатация оборудования, разработанного различными производителями в соответствии с рекомендациями стандарта IEC 61850. Персоналом полигона (совместно с другими организациями) разрабатываются методические материалы, нормативно-техническая документация по проведению пусконаладочных работ, рекомендации по эксплуатации нового оборудования и проектированию.

ОАО «ФСК ЕЭС», по заданию которого создавался опытный полигон «Цифровая подстанция» в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», возлагает на данное подразделение определенную координирующую роль при разработке и внедрении технологии «Цифровая подстанция» в эксплуатационную практику электрических сетей России.

Подстанция 110 кВ ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» обеспечивает энергоснабжение экспериментальных испытательных комплексов для оборудования высокотемпературной сверхпроводящей кабельной линии (ВТСП), устройств и систем компенсации реактивной мощности (СКРМ), вставок постоянного тока и силовой электроники. В 2010-11 годах в открытом распределительном устройстве (ОРУ) 110 кВ

МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ЦПС

Целесообразность развития ЦПС именно на базе МЭК 61850 вызывает определенные сомнения. МЭК 61850 в качестве коммуникационной среды предлагает использовать сеть Ethernet. Эта сеть совершенно не предназначена для доставки сообщений с заданными задержками. Параметры сетей Ethernet существенно зависят от их топологии и настроек. Из-за возможности неоднозначной трактовки даже второй редакции стандартов существует проблема совместности оборудования разных производителей.

Следует подчеркнуть, что в сложившейся ситуации именно опытные полигоны позволяют испытывать коммуникационные среды с разными топологиями и сетевым оборудованием и проверять совместимость оборудования. Анализ результатов испытаний на опытных полигонах позволит определить перспективы развития и внедрения ЦПС в российской электроэнергетике.

Харламов В.А., к.т.н.,
ЗАО «Юнител
Инжиниринг»

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ОПЫТНОГО ПОЛИГОНА «ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ» ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

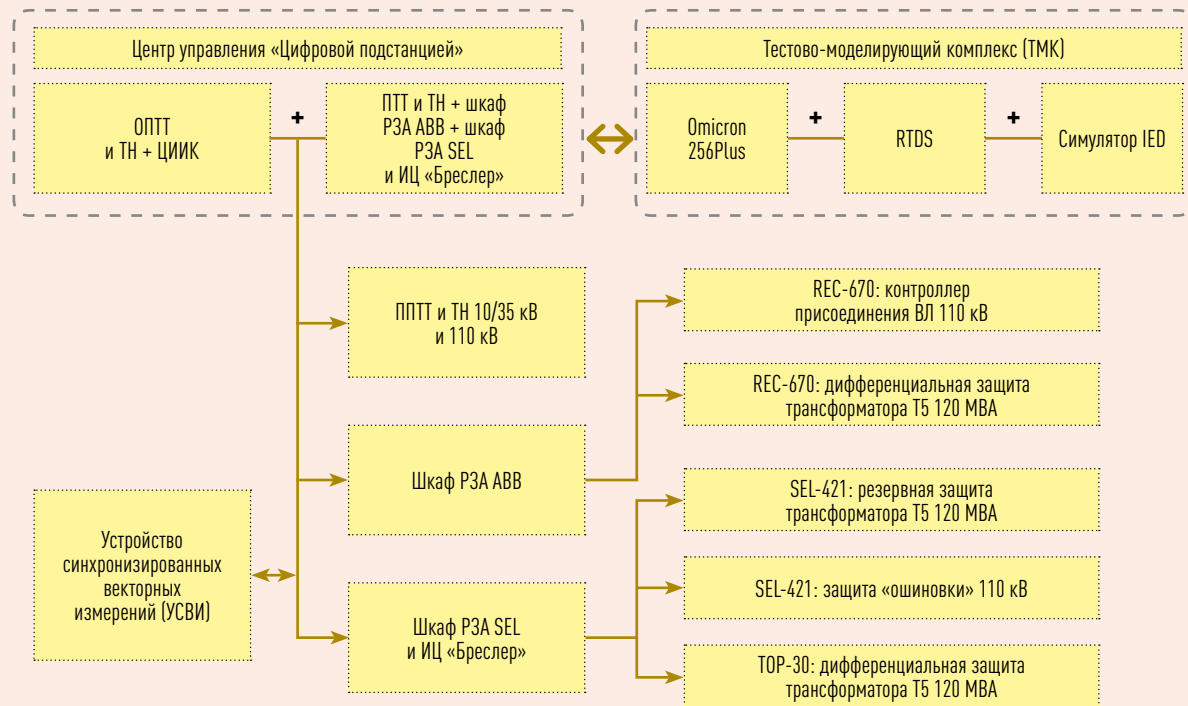


Рис. 1

были установлены измерительные оптические трансформаторы тока и напряжения типа NxVCT (Canada) и полевые преобразователи тока и напряжения (Merging Unit – MU, Россия) на стороне 110 кВ и 10 кВ. Для вторичного оборудования была создана коммуникационная среда: «шины процесса» (IEC 61850-9-2LE) и «шины станции» (IEC 61850-8-1), реализованные на базе цифровых коммутаторов RSG 2100 и RSG 2288 (RuggedCom Inc, Canada). Разделение коммуникационной среды на «измерительный» (256 отсчетов на период промышленной частоты) и «релейный» (80 отсчетов на период промышленной частоты) контуры осуществляется настройкой соответствующей виртуальной локальной компьютерной сети (VLAN) в цифровых коммутаторах.

В «измерительный контур» включены универсальные многофункциональные интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ – IED англ.) DPM-121 (Modern Measurement Systems Inc., USA), обеспечивающие измерение действующих значений тока и напряжения, активной и реактивной мощности и энергии, параметров качества электроэнергии. «Релейный» контур состоит из дифференциальной защиты силового трансформатора RET-670 (ABB), контроллера присоединения REC-670 (ABB), выполняющего дополнительно функцию дискретного МУ для управления элегазовым высоковольтным выключателем 110 кВ, защиты «ошиновки» прототип SEL-421-SV (Schweitzer Engineering Laboratories, USA)

и резервного контроллера присоединений прототип SEL-421-SV, отключающего высоковольтного выключателя с помощью цифровых потоков в виде GOOSE-сообщений (через дискретный МУ). В качестве системы управления подстанцией применяется SCADA-система КОТМИ-2010 (ДЕЦИМА, Россия), которая связана по «шине станции» с вышеупомянутыми IED. Особенностью данной SCADA-системы является использование драйвера протокола IEC 61850-8-1 (без применения OPC-технологии). Источником точного времени является спутниковая синхронизация GPS/ГЛОНАСС; по протоколу PTP IEEE 1588 посылки времени поступают на сервер точного времени, и по сети Ethernet пакеты с метками времени передаются IED-терминалам. Кроме

этого на подстанции применяется инструментальная синхронизация для синхронизации пакетов Sampled Value (SV), передающихся по «шине процесса», в соответствии с IEC 61850 (-9.2LE).

Коммуникационная среда подстанции объединена с тестово-моделирующим комплексом (ТМК), реализованном на базе программно-аппаратного комплекса Real Time Digital Simulator (RTDS, Inc, Canada). Всё вышперечисленное оборудование образует опытный полигон «Цифровая подстанция» (ОП ЦПС). Применение ТМК дает возможность моделировать возмущения (короткие замыкания, отключения ВЛ) в виртуальной внешней электрической сети, формировать потоки SV, GOOSE- и MMS-сообщения для оценки нагрузочной способности цифрового коммуникационного оборудования. На рис. 1 представлена структурная схема опытного полигона «Цифровая подстанция» ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».

Основными задачами при создании ОП ЦПС являлись [1]:

1. Исследование положений стандарта IEC 61850 в целях его практического применения; формирование концепции построения программно-аппаратного комплекса (ПАК) «Цифровая подстанция»; исследование архитектуры коммуникационной среды для «шины процесса» и «шины станции», поиск оптимальных решений в части сегментирования и резервирования шин для подстанций различного класса напряжений; разработка практических рекомендаций по проектированию коммуникационной архитектуры ЦПС.

ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ ЦПС

Базовой экономической целью создания ЦПС является снижение затрат на выполнение основной технологической функции подстанции ОАО «ФСК ЕЭС» – передачи, преобразования и распределения электрической энергии

повышение качества и надежности функционирования и эксплуатации подстанций

снижение затрат на эксплуатационное обслуживание подстанций

обеспечение экономической безопасности подстанций

Рис. 2

2. Разработка технических требований ко всем видам оборудования (первичному, вторичному, коммуникационному), базирующихся на положениях стандарта IEC 61850, для применения на ЦПС.
3. Проведение тестовых испытаний на совместимость оборудования различных производителей, предназначенного для применения на ЦПС, технических решений, предлагаемых интеграторами [3].
4. Разработка методических материалов по наладке и эксплуатации оборудования ЦПС.
5. Обучение персонала электросетевого комплекса (эксплуатационных, наладочных и проектных организаций) технологиям, применяемым на ЦПС.
6. Разработка перспективных программ внедрения и развития технологии «Цифровая подстанция» в электрических сетях России.

О ТЕХНОЛОГИИ «ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ». ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ

Любая технология – это набор компонент, связанных в единый бизнес-процесс.

Новая технология должна содержать концептуальное представление о том, для чего она создается, на чём она базируется и какие цели

СТРУКТУРА КОНЦЕПЦИИ ЦПС

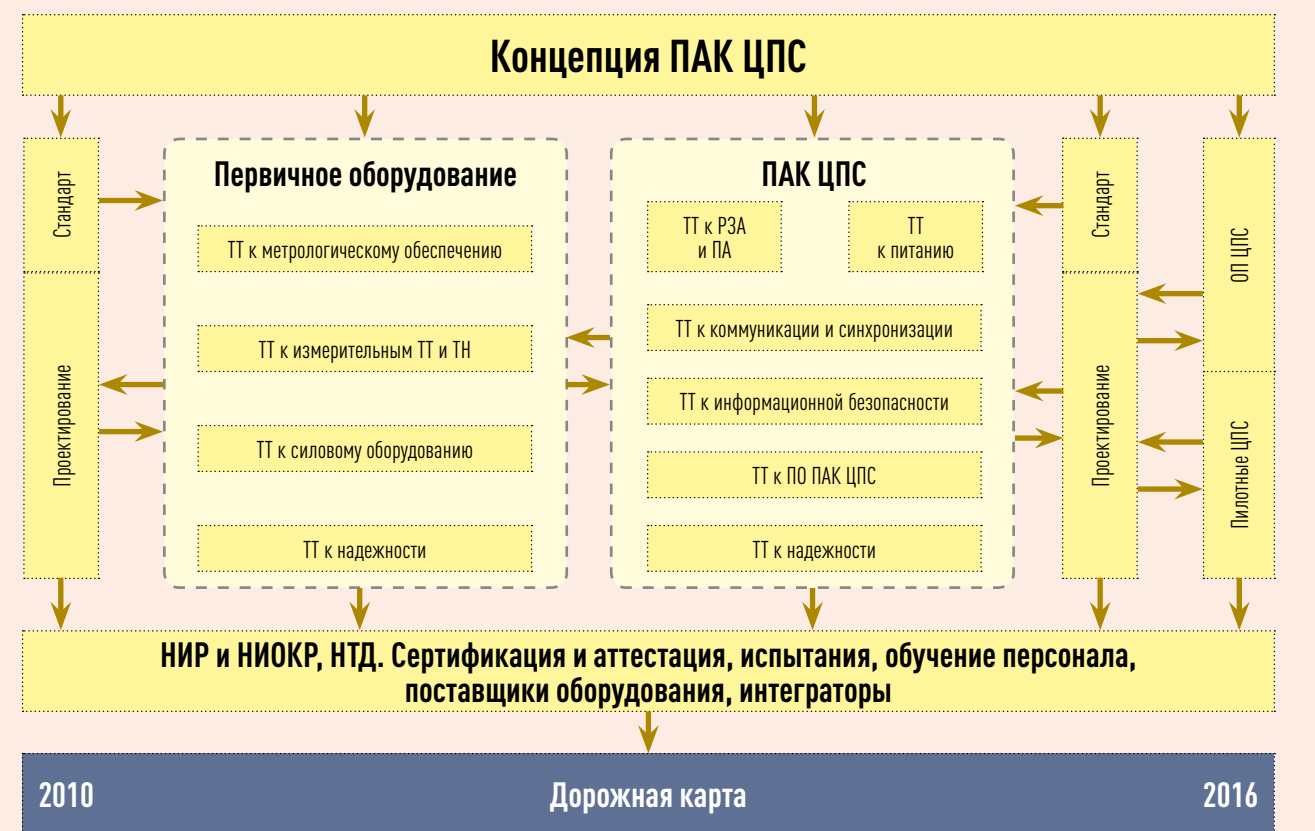


Рис. 3

она преследует. На рис. 2 концептуально представлены основные цели создания ЦПС.

Средствами достижения указанных целей являются:

- упрощение и унификация всех вторичных цепей подстанции, что должно привести к удешевлению эксплуатации и ускорению ввода в эксплуатацию объектов; при этом подразумевается внедрение на подстанциях более совершенного электротехнического оборудования; переход к «необслуживаемым» подстанциям (т.е. к обслуживанию

подстанций без постоянного дежурства на них оперативного персонала), телеуправляемым из удаленных центров управления; независимость от поставщика оборудования.

Для обеспечения целей, поставленных при создании «Цифровой подстанции», необходимо понимать, что на всех этапах предстоит решить достаточно большое количество разноплановых задач в области экономики, технической политики, проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, разработки технических решений, норматив-

но-технического и методического обеспечения, подготовки персонала, а также освоения промышленностью новых видов оборудования. Разработка и внедрение новых технологий требует концентрации финансовых вложений со стороны государства и частных компаний на многолетнюю перспективу. Причем обоснование данных вложений должно базироваться на концептуальном документе, охватывающем основные положения технологии и этапы ее создания, и, по сути, дорожную карту.

По нашему мнению, создание технологии «Цифровая подстанция» должно состоять из следующих этапов:

1-Й ЭТАП. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ [1,2]

На рис. 3 представлена структура Концепции ЦПС.

Задачи настоящей Концепции:

1. Определить основные пути развития систем автоматизации современных подстанций ЕНЭС до уровня «цифровых», этапы и приоритеты работ по направлениям:

- НИР и НИОКР; методология применения стандарта МЭК 61850;
- разработка НТД;
- разработка методологии проектирования и создание САПР;
- сертификация и аттестация;
- испытания ПАК и его компонент (опытный полигон «Цифровая подстанция»);
- обучение персонала;
- пилотные проекты (разработка требований к задачам «пилота»).

2. Сформулировать основные положения технических требований к ПАК ЦПС в целом и его отдельным компонентам.

3. Сформулировать проблемные вопросы, возникающие при внедрении технологии «Цифровая подстанция».

2-Й ЭТАП

Разработка технических требований к первичному и вторичному оборудованию ЦПС, обеспечивающему их взаимодействие посредством цифровых информационных потоков.

Разработка требований к метрологическому обеспечению оборудования ЦПС.

Разработка технических требований к коммуникационной среде ЦПС

с учетом взаимодействия с системой единого времени (СОЕВ) ПС.

Разработка технических требований к архитектуре ПАК ЦПС (уровень технологического процесса, уровень присоединений, верхний уровень ПС и взаимодействие с верхними уровнями управления сетями – ЦУС, ДЦ СО).

Разработка технических требований к информационно-технологическим системам ЦПС.

Разработка технических требований к АСУ ТП ЦПС (SCADA, технологические АРМ(ы) подсистем АСУ ТП).

3-Й ЭТАП

Создание опытного полигона «Цифровая подстанция» (включая действующее электрооборудование ЦПС, тестово-моделирующие и испытательные программно-технические комплексы). На данном полигоне проводится тестирование оборудования вторичной коммутации на совместную работу по стандарту IEC 61850 (-8-1 и 9-2LE).

4-Й ЭТАП

Выполнение НИОКР по изготовлению опытных образцов оборудования, НИР по разработке технических решений (ТР) для применения на ЦПС.

5-Й ЭТАП

Проведение полигонных испытаний оборудования и ТР по разработанному методикам, базирующимся на положениях главы 10 стандарта IEC 61850.

6-Й ЭТАП

Разработка НТД, базирующихся на методологии применения стандарта МЭК 61850, необходимых для создания и эксплуатации ЦПС.

Отсутствие завершенной и четко сформулированной нормативной базы создает барьеры для внедрения инновационных технологий

в электроэнергетике. Анализ существующей нормативно-технической базы позволяет определить перечень наиболее важных документов, необходимых для проектирования, реализации и эксплуатации ЦПС (дополняющих документы по реализации подстанций, используемые в настоящее время).

7-Й ЭТАП

Сертификация и аттестация первичного оборудования и ПАК ЦПС [3].

В настоящее время процесс аттестации оборудования, применяемого в электрических сетях ЕНЭС, – достаточно длительная процедура, поэтому для «пилотных» объектов ЦПС целесообразно применять порядок – «декларативную аттестацию», которая проводится после испытаний предъявленного оборудования на совместную работу по стандарту IEC 61850.

8-Й ЭТАП

Обучение эксплуатационного персонала для работы на ЦПС.

9-Й ЭТАП

Разработка требований к задачам пилотных проектов.

В настоящее время только начинается практическое внедрение технологии «Цифровая подстанция» на пилотных объектах – подстанциях ЕНЭС, поэтому очень важно четко осознать, каков будет ожидаемый результат. Одна из задач этого этапа – проработка вопросов создания оптимальной архитектуры «шин станции» и «шин процесса» с учетом резервирования для подстанций различного класса напряжения и назначения. По результатам пилотного внедрения должны быть определены типовые решения по архитектуре коммуникационной среды для подстанций различных видов и классов напряжения.

10-Й ЭТАП

Разработка пилотных проектов.

ДОРОЖНАЯ КАРТА РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ЦПС

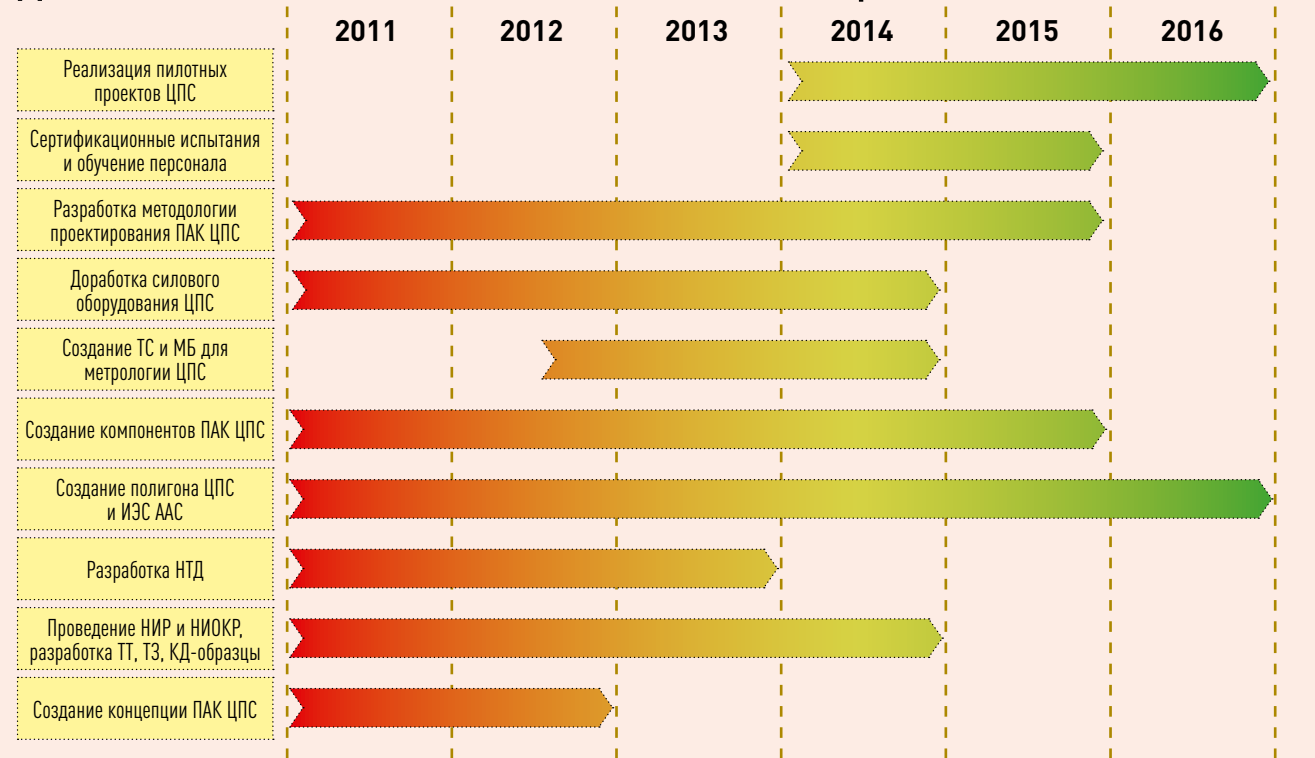


Рис. 4

11-Й ЭТАП

Внедрение пилотных проектов на подстанциях ЕНЭС.

12-Й ЭТАП

Анализ и обобщение результатов пилотного внедрения. Коррекция ТР, НТД, методик тестирования и испытаний первичного оборудования и ПАК ЦПС, проектных решений.

13-Й ЭТАП

Разработка методологии проектирования ЦПС. Создание САПР, обеспечивающей интеграцию с языком описания конфигурации терминалов (SCL- IEC 61850 -6).

На рис. 4 представлена «Дорожная карта» разработки и внедрения технологии «Цифровая подстанция», которая позволяет представить объем и сложность выполняемых и предстоящих работ.

ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» вместе с партнерами (ОАО «Институт Энергосеть-проект, ЗАО ИТЦ «Континуум», ООО «Компания ДЭП»), начиная с 2010 года, целенаправленно ведет работы по созданию технологии «Цифровая подстанция». За этот период выполнены следующие работы:

- сформирована Концепция;
- выполнены НИОКР по созданию опытных образцов полевых преобразователей наружной установки:
 - аналоговых сигналов в цифровые потоки в формате IEC 61850-9-2LE (SAMU),
 - дискретных сигналов (полевой преобразователь высоковольтного выключателя по коммуникационной сети получает GOOSE-сооб-

щения, а на катушки отключения/включения привода выключателя выдаются 220 В оперативного тока, от привода выключателя через преобразователь в коммуникационную сеть передаются положения блок-контактов и диагностические сигналы).
- разработаны приборы для контроля цифровых информационных потоков в формате IEC 61850-9-2LE (80 и 256 отсчетов за период промышленной частоты);
- проведен анализ трафика коммуникационного взаимодействия и измерения динамических характеристик коммуникационной сети.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИСПЫТАНИЙ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ВТОРИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО СТАНДАРТУ IEC 61850-9-2LE

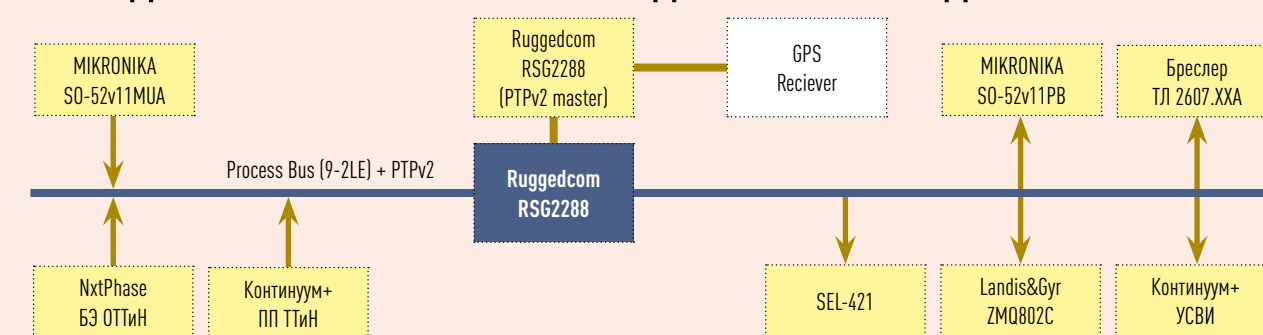


Рис. 5

Проведены исследования по определению оптимального построения «шины процесса» и «шины станции» (результаты которых будут рассмотрены ниже). В целом завершено формирование опытного полигона «Цифровая подстанция»: общей коммуникационной среды для IED-терминалов (устройства вторичной коммутации на подстанции) и тестово-моделирующего комплекса лабораторной части. Это далеко не полный перечень работ, выполненных за рассматриваемый период. Эти работы невозможно было бы выполнить без финансовой поддержки Заказчика – ОАО «ФСК ЕЭС», что лишнее раз доказывает необходимость государственной поддержки целенаправленных НИОКР при создании новых наукоемких технологий для автоматизации электрических подстанций.

ИСПЫТАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОПЫТНОМ ПОЛИГОНЕ «ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ»

Первые результаты исследований на ОП ЦПС технических решений

для пилотных подстанций кластера «Эльгауголь» (Магистральные электрические сети Востока – МЭС Востока) показали возможность совместной работы оборудования различных производителей, созданного на основе стандарта IEC 61850: РЗА – компаний SEL, ABB, ИЦ «Бреслер», МУ (аналоговые и дискретные) компаний «Микроника, ЗАО ИТЦ «Континуум», счетчик электроэнергии Landis&Gyr. На рис. 5 представлена структурная схема подключения испытываемого оборудования.

Для оценки характеристик коммуникационной среды ЦПС были проведены следующие исследования:

1. Проверка пропускной способности сети на основе неуправляемых коммутаторов с портами 100 Мбит/с.
2. Проверка пропускной способности сети на основе управляемых коммутаторов со связями 1 Гбит/с.
3. Проверка пропускной способности PRP-адаптеров (RedBox) с портами 100 Мбит/с при построении двух сетей на коммутаторах Ruggedcom в сети PRP А и коммутаторах MACH 1040, MACH 1030 (компания Hirschmann Electronic, Германия) в сети PRP В (рис. 6).

Данные результаты исследований были использованы при разработке рекомендаций по построению архитектуры «шин процесса» на примере ПС 750 кВ «Ленинградская» для IED-терминалов, обслуживающих ОРУ 110 кВ, т.к. оно является наиболее тяжелым фрагментом коммуникационной сети по загрузке информационными потоками, что связано со следующими факторами:

- на ОРУ-110 кВ расположены наиболее «информационно нагруженные» ТН с количеством подключаемых IED до 22 шт.;
- на ОРУ-110 кВ расположен наиболее «информационно нагруженный» IED – МП-терминал ДЗШ 7SS522 (Siemens, Германия), к которому подключаются 11 ТТ.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

- в ходе испытаний выявлено, что величина времени задержек передачи пакетов характеризует степень загрузки коммуникационного оборудования. В связи с этим при выполнении наладочных работ коммуникационной

ИНФОРМАЦИЯ

ЦИФРОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ В США

Министерство энергетики США в октябре 2009 года учредило специальный инвестиционный фонд размером 3,4 млрд долларов на развитие технологии «интеллектуальные сети», в частности для разработки и внедрения современных цифровых подстанций. Размер грантов, выделяемых разработчиками из этого фонда, составляет от 500 тыс. до 20 млн долларов.

Условием предоставления грантов является не только достижение определенных экономических и экологических эффектов, но и предоставление Министерству энергетики США информации, необходимой для мониторинга состояния электрических сетей на постоянной основе.

Первым крупным пилотным проектом в этом направлении стала подстанция TVA Bradley 500 кВ (Теннесси, США), введенная в эксплуатацию в 2008 г. На ней впервые была опробована технология внедрения стандарта МЭК 61850. Цель проекта заключалась в проверке совместимости реализации стандарта МЭК 61850 в устройствах различных производителей.

сети подстанции измерение задержек является обязательной процедурой. Измерения величин времени задержек должны производиться в течение достаточно большого интервала времени (не менее 30 минут). Также необходимо проверять отсутствие потерь пакетов в коммуникационной среде, которые могут наблюдаться при кратковременных сбоях в оборудовании, не приводящих к увеличению задержек; шина процесса должна строиться на основе технологии резервирования PRP. «Шины» А и В PRP могут строиться на коммутаторах одного или нескольких производителей оборудования, при этом обязательно использование технологий резервирования сети RSTP или STP для восстановления связи (изменение топологии сети) при обрыве канала связи между коммутаторами или выходе из строя коммутатора. Терминалы РЗ и ПА, ПП, ТТ и ТН должны поддерживать технологию PRP. В случае отсутствия этой поддержки возможно использование специальных адаптеров RedBox для сети PRP; в настоящее время на рынке коммуникационного оборудования отсутствуют устройства RedBox, поддерживающие пропускную способность информационных потоков 1 Гбит/с. В связи с этим на терминалах, требующих более 12

потоков 80 точек/период и не поддерживающих технологию PRP, необходимо предусмотреть возможность разделения приема потоков по двум или более (зависит от количества потоков) портам 100 Мбит/с; построение шины процесса без использования VLAN приводит к избыточной нагрузке на порты всех устройств (т.е. все терминалы принимают все потоки), что не рекомендуется. GOOSE-сообщения и потоки SV не должны находиться в одном VLAN и иметь один и тот же адрес получателя; при построении коммуникационной сети на подстанции с большим количеством присоединений для реализации дифференциальной защиты шин рекомендуется строить шину процесса на коммутаторах с портами 1 Гбит/с, при этом возможно использование различных топологий сети (звезда, кольцо и др.) в зависимости от требований надежности (восстановление сети А или В обеспечивается протоколом RSTP). Использование шины 1 Гбит/с позволяет производить диагностику всех потоков одного класса напряжения в любой точке сети. Для контроля состояния коммуникационной сети должен использоваться протокол SNMP; в данный момент не до конца выявлено влияние технологии PRP на протокол РТР (т.к. в сетях А и В возможно разное время

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИСПЫТАНИЙ КОММУНИКАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ УПРАВЛЯЕМЫХ КОММУТАТОРОВ 100 МБИТ/С RUGGEDCOM 2100 И HIRSCHMANN 1030 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PRP ЧЕРЕЗ REDBOX HIRSCHMANN ES25

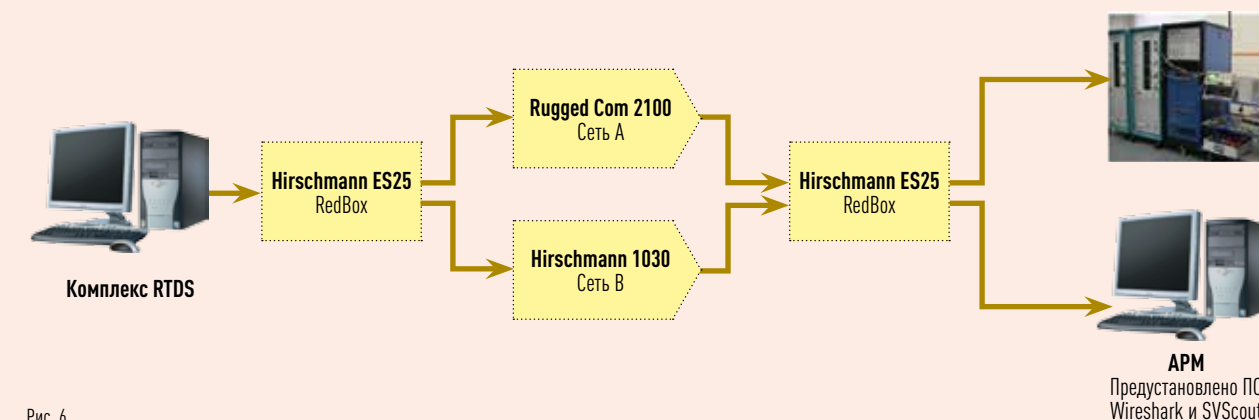


Рис. 6

прохождение пакетов, что мешает точности синхронизации времени). Это требует дополнительных исследований (с возможностью варьирования задержек в сетях А и В); при одновременной передаче по одному и тому же физическому каналу GOOSE-сообщений и SV-потоков рекомендуется выставлять у SV-потоков заведомо более высокий приоритет, чем у GOOSE-сообщений, для устранения негативного влияния на SV-потоки. Рекомендуется использовать оборудование с поддержкой VLAN priority (иначе невозможно добиться приемлемых задержек при передаче потоков SV и большого количества GOOSE-сообщений).

ВЫВОДЫ

1. При разработке и внедрении технологии «Цифровая подстанция» должны быть определены первооче-

редные задачи (НИР, НИОКР), установлены приоритеты разработки НТД и других документов в различных временных горизонтах. Этапность внедрения технологии «Цифровая подстанция» на объектах ЕНЭС и распределительного электросетевого комплекса может быть представлена в виде «Дорожной карты».

2. При внедрении новой технологии порядок выполнения этапов может корректироваться, но механизм коррекции обязан быть заранее установлен и должен учитывать не только рыночные принципы, но и включать компоненты административно-организационных рычагов.

3. Целостность технологии и создание предпосылок для освоения промышленностью нового оборудования может быть обеспечено за счет государственного и частного партнерства, но на начальном этапе государственные вложения должны превалировать.

4. Внедрение технологии «Цифровая подстанция» на пилотных объектах ЕНЭС и электросетевого распреде-

лительного комплекса должно быть увязано с результатами работ по этапам 2, 4, 5-10.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моржин Ю.И., Попов С.Г. и др. Цифровая подстанция ЕНЭС. – Энергоэксперт, № 4, 2011г., www.energysexpert.ru
2. Моржин Ю.И., Попов С.Г., Коржецкий Ю.В., Ильин М.Д. Этапы внедрения технологии «Цифровая подстанция» на объектах ЕНЭС. – 4-я Международная научно-техническая конференция «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем», Екатеринбург 3–7 июня 2013 г., секция 3.1 (доклад С.3.1-6.).
3. INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-10 Communication networks and systems in substations – Part 10: Conformance testing (First edition 2005-05).
4. First "Digital Substation" 110 kV using the IEC 61850 (-8-1 and-9-2LE) for measurement, protection and control switching devices in Russia. (CIGRE 2014) MORZHIN Y.I., POPOV S.G., KORZHETSKIY Y.V., ILIN M.D. JSC "R & D FGC UES".