

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Тематика круглого стола:

- обзор актуальных вопросов применения технологии ЦПС на объектах электроэнергетики, обмен опытом в части разработки, проектирования, эксплуатации, сертификации элементов системы;
- констатация и обсуждение проблем, проявивших себя при разработке и реализации пилотных проектов ЦПС;
- обсуждение практических вопросов, связанных с применением оборудования нового поколения для ЦПС, его наладки и обслуживания;
- проблемы САПР;
- вопросы сертификации оборудования ЦПС, стандартизации и разработки НТД для ЦПС;
- подготовка персонала.

Модераторами этого круглого стола выступили **Нудельман Года Семенович**, председатель совета директоров ОАО «ВНИИР», **Николаев Иван Николаевич**, заведующий отделом ООО «ИЦ Бреслер», **Попов Сергей Григорьевич**, руководитель центра реализации технологии «Цифровая подстанция» АО «НТЦ ФСК ЕЭС».

Дискуссия по докладам была совмещена с дискуссией, проводимой по результатам проведения технического семинара «Особенности реализации АСУ ПС на базе ПК ISAS компании ЛИСИС».

Доклады в рамках деловой программы круглого стола были посвящены отдельным аспектам разработки и внедрения в ЕЭС России технологии «Цифровая подстанция».

Для ответа на поставленные на круглом столе вопросы, прежде всего, необходимо дать оценку современного состояния дел по разработке и внедрению технологии «Цифровая подстанция».

Представители крупных электротехнических компаний (АББ, Сименс) в середине 90-х годов прошлого века стали производить микропроцессорные терминалы РЗА с возможностью их информационного обмена с верхним уровнем системы управления подстанции (micro-SCADA) по протоколам собственной разработки (например, АББ: SPANbus, LON), используя в основном радиальные сети с интерфейсом RS-485 (на базе медных или оптических кабелей).

Поиск инженерного сообщества увенчался успехом к 2003 году: ТК-57 МЭК опубликовал первые редакции стандарта IEC 61850 (10 глав), который охватывал информационные модели описания подстанции, связь вторичного и первичного оборудования, язык описания, протоколы информационного обмена терминалов с верхним уровнем системы управления подстанции, получение информации терминалами от первичного измерительного оборудования и требования к процедурам тестирования терминалов (проверка на соответствие стандарту).

Фактически 2003 год стал стартом начала работ по созданию МП терминалов (IED – в терминах стандарта) на базе IEC 61850 крупными электротехническими компаниями (АББ, Сименс).

Разработка технологии «Цифровая подстанция» в РФ началась также в 2003 году по инициативе ПАО «ФСК ЕЭС». Были предприняты попытки аутентичного перевода стандарта IEC 61850 и перевода его в статус ГОСТ Р МЭК, но по разным причинам эта работа не была завершена. Вторая попытка по активизации этих работ АО «ФСК ЕЭС» предприняла в 2010 году. ПАО «ФСК ЕЭС» поручил АО «НТЦ ФСК ЕЭС» разработать Концепцию программно-аппаратного комплекса (ПАК) «Цифровой подстанции» для объектов ЕНЭС». Одновременно с этим, было также поручено создание опытного полигона «Цифровая подстанция» на базе действующей подстанции 110/10 кВ, входящей в комплекс экспериментальных установок АО «НТЦ «ФСК ЕЭС». Эти задачи были успешно решены. Концепция завершена в 2012 году и утверждена на совместном НТС ФСК ЕЭС и РАН РФ. Опытный полигон «Цифровая подстанция» (ОП ЦПС) введен в эксплуатацию в проектной конфигурации в 2014 году (РУ 110 кВ ОП ТТ и ТН, полевые преобразователи, Центр управления ЦПС с вторичным оборудованием, Центр моделирования на базе RTDS, специализированный класс для подготовки персонала – все оборудование подключено в единую локальную сеть). В рамках работ по созданию ОПЦПС разработаны опытные образцы: полевые преобразователи аналоговых и дискретных сигналов, специализированное оборудование для анализа трафика коммуникационной сети на подстанции, оценки динамических

характеристик коммуникационной среды (данное оборудование незаменимо для исследования типовых архитектур коммуникаций подстанции и при пуско-наладочных работах).

Термин «Цифровая подстанция» в России стал широко использоваться электроэнергетическим инженерным сообществом после появления Концепции ПАК ЦПС для ЕНЭС.

По заказу ПАО «ФСК ЕЭС ООО «Энергопроматоматизация» разработало уникальный симулятор, имитирующий работу 60-и IED. Данное устройство может быть использовано для создания стенда для «штормовых» испытаний коммуникаций подстанции и ПТК АСУ ТП.

ПАО «ФСК ЕЭС» в 2003-2015 годах поручил ФГУП ВНИИМС выполнить НИОКР по созданию методологической базы для метрологии ЦПС. Большой объем работ в части НТД был выполнен и на ряд документов (части стандарта IEC 61850, аутентичные переводы) поданы заявки на регистрацию в Росстандарт в качестве ГОСТ Р МЭК, а также и другие материалы, относящиеся к технологии ЦПС. К сожалению, вторая часть НИОКР по созданию поверочного оборудования не завершена и договор находится в стадии расторжения.

Итак, можно констатировать, что теоретические основы разработки технологии «Цифровая подстанция» созданы. Забегая вперед, необходимо отметить, что все крупные субъекты электроэнергетики создают опытные полигоны «Цифровая подстанция» в том числе и на действующих подстанциях и станциях. Один из значимых полигонов создан ПАО «РусГидро» в 2015 году на Нижегородской ГЭС.

Теперь о компонентах «Цифровая подстанция». К ним относятся: МП терминалы РЗА, контроллеры присоединений, полевые преобразователи (аналоговые и дискретные), оптические трансформаторы тока и напряжения (110 кВ), СОЕВ, цифровые коммутаторы, SCADA, САПР, УСВИ(PMU), измерительные вторичные приборы, счетчики электроэнергии и приборы качества.

Отечественной промышленностью (более двух десятков предприятий) начат выпуск компонентов для ЦПС. Наиболее полно на рынке представлены терминалы РЗА (более десяти организаций, ежегодно количество производителей этого типа оборудования увеличивается на

3–5 предприятий). Хуже обстоит дело с наукоемким продуктом – САПР, на рынке только одно коммерческое предложение от ООО «ЭнергопромАвтоматизация».

Оптические трансформаторы тока и напряжения 110 кВ представлены одной компанией – ООО «Профотек».

Инструментальные средства для пусконаладочных работ выпускает одна отечественная компания ООО «Динамика» – RETOM 61850.

В ПАО «ФСК ЕЭС» реализован ряд проектов АСУ ТП ПС с частичным применением стандарта IEC 61850.8-1 (MMS, GOOSE).

Сильное отставание в номенклатуре компонентов ЦПС представляют счетчики электроэнергии для ЦПС (только одно предложение на рынке).

На сегодняшний день выполнены ряд проектов (технороботы – одностадийные) для ПС 35–110 кВ, использующие технологию «Цифровая подстанция» в полном объеме (предусмотрены «шина станции» и «шина процесса» с IEC 61850.9-2LE). Однако вопрос об их реализации пока не решен.

Бурные обсуждения среди специалистов в области РЗА вызвало решение Минэнерго об утверждении в качестве «Национального проекта» инновационной технологии iSAS ООО «ЛИСИС». С точки зрения специалистов решение спорное, т.к. в основе технологии лежит централизованный принцип реализации системы РЗА объекта электроэнергетики, включая и АСУ ТП, объединенные в одном устройстве. Удовлетворительного обоснования показателей надежности данного технического решения до сих пор не представлено. Экономические показатели данного решения базируются на «простом» подходе: большое количество специализированных терминалов РЗА заменяется обычным офисным сервером (иностранный производства), решение тоже вызывает сомнение в его жизнеспособности. Данное техническое предложение можно адаптировать для реального применения, но с ограниченной функциональностью, например, делать централизованную резервную защиту присоединения или секции на базе промышленного контроллера.

Вокруг чего сегодня идут основные споры специалистов:

- какую выбрать архитектуру коммуникаций при проектировании по технологии



«Цифровая подстанция» подстанций различного класса напряжений;

- какой вид резервирования «шины станции» и «шины процесса» наиболее эффективен;

- как внедрять технические решения: идти путем создания параллельных контуров – аналоговый (основные защиты), «цифровой» (резервные)? Или делать сразу два цифровых контура? Как сегментировать «шины станции и процесса»? Ответы на эти вопросы – ключ к продвижению технологии и реальному внедрению на энергообъектах.

Опытные полигоны, о которых речь шла выше – площадки для отработки данных решений. Комплексные испытания оборудования, разработанные по технологии «Цифровая подстанция», применительно к конкретному объекту дадут гарантию отсутствия проблем уже на объекте при пуско-наладке и эксплуатации. Под комплексными испытаниями понимаются два вида: на совместимость с другим оборудованием, удовлетворяющим требованиям стандарта, и проверка функциональности.

Обязательное условие легитимности применения оборудования на объектах электроэнергетики – его аттестация. ПАО «Россети» и ПАО «ФСК ЕЭС» при аттестации требуют наличия сертификата на соответствие стандарту IEC 61850 (глава 10 стандарта). В настоящее время ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» совместно с КЕМА проводит данную сертификацию оборудования – уже 8 российских компаний (терминалы РЗА, контроллеры присоединений) получили

сертификат соответствия UCAiug «уровень А».

В дискуссии по тематике круглого стола и технического семинара по iSAS выступили: **Г.С. Нудельман** (ОАО ВНИИР»), **А.В. Жуков** (ОАО «СО ЕЭС»), **А.С. Шеметов** (ПАО «ФСК ЕЭС»), **М.А. Янин** (АО «Профотек»), **Т.Г. Горелик** (ООО «ЭнергопромАвтоматизация»), **П.А. Горожанкин** (АО ЭСП), **С.Г. Попов** (АО «НТЦ ФСК ЕЭС»), **А.А. Волошин** (ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ»), **А.В. Мокеев** (ООО «Инженерный центр «Энергосервис»), **Д.В. Кишиневский**, **А.В. Чаркин** (ООО «ЛИСИС») и ряд других участников круглого стола.

По результатам дискуссии были приняты следующие итоговые тезисы:

1. Разработка и внедрение технологии ЦПС в России поддерживается и иницируется ПАО «Россети», ПАО «ФСК ЕЭС», ПАО «РусГидро», АО «СО ЕЭС».

2. В настоящее время уровень разработки технологии «Цифровая подстанция» характеризуется следующими аспектами:

- на базе научных институтов и промышленных предприятий созданы полигоны и лаборатории для отработки технологий ЦПС;

- отечественные предприятия начали выпуск компонентов ЦПС;

- разработаны и внедряются пилотные проекты с элементами технологии ЦПС.

3. Современное состояние разработки технологии ЦПС свидетельствует о необходимости координации усилий науч-

но-исследовательских и проектных институтов, производителей оборудования и эксплуатирующих организаций по доведению технологии ЦПС до стадии промышленного внедрения, в том числе при:

- создании нормативно-технической базы технологии ЦПС;
- создании новых систем автоматизированного проектирования (САПР) с поддержкой протокола МЭК 61850;
- доведении существующих разработок по созданию блочно-модульных подстанций 6–110 кВ высокой заводской готовности на базе технологии ЦПС до стадии внедрения;
- разработки компонентов технологии ЦПС для объектов электроэнергетики всех классов напряжения.

4. Внедрение технологии ЦПС требует изменения подхода к вопросам:

- качества подготовки персонала РЗА (отмечалась тенденция к развитию послевузовской подготовки кадров), организации обслуживания и эксплуатации ЦПС;
- испытаний и сертификации оборудования ЦПС.

5. Один из основных вопросов массового внедрения технологии ЦПС — обеспечение требуемого уровня надежности технических решений при построении различных архитектур ЦПС.

6. Реализация ЦПС различного класса напряжений имеет свои особенности. При разработке архитектуры ЦПС должны рассматриваться как децентрализованные, так и централизованные принципы ее построения.

7. Инновационная автоматизированная система защиты и управления ПС на базе ПТК iSAS компании ООО «ЛИСИС», утвержденная Минэнерго в качестве национального проекта, в настоящее время проходит стадию обсуждения предлагаемых технических решений среди специалистов в области РЗА, разработчиков оборудования и проектировщиков ЦПС. Предложенные ООО «ЛИСИС» технические решения предполагают объединение (централизацию) РЗА и АСУТП объекта электроэнергетики в едином ПТК на базе промышленных серверов, что, учитывая требования к надежности функционирования РЗА, не принимается техническим сообществом специалистов в области РЗА.

8. Проведенные испытания элементов технологии ЦПС на полигоне ПАО «РусГидро» Нижегородская ГЭС выявил

ряд проблем их применения, в том числе необходимость разработки методики выбора оптических и электронных измерительных трансформаторов тока и напряжения.

9. По результатам анализа множества файлов описания устройств по МЭК 61850 сделан вывод о частом использовании при проектировании логических узлов GGIO в конфигурациях устройств, что не является оптимальным решением, поскольку снижает эффективность применения стандарта МЭК 61850.

10. Рассмотрены сетевые технологии, позволяющие обеспечить необходимую надежность ЦПС. Применение PRP для шины подстанции экономически не целесообразно. Для шины процесса применение HSR не обеспечивает требованиям резервирования. Предложена к рассмотрению технология построения сети типа «решетка».

11. Специалистами высказывается мнение о необходимости создания «национального профиля МЭК 61850» и единой площадки для обсуждения вопросов, связанных с технологией ЦПС. Рабочая группа подкомитета В5 РНК СИГРЭ по ЦПС может являться одним из вариантов такой площадки.

12. Учитывая указанные выше проблемы разработки технологии ЦПС в России, подкомитетом В5 РНК СИГРЭ принято решение о создании рабочей группы «Технология «Цифровая подстанция», с целью координации разработки технологии ЦПС в России и ее доведения до стадии промышленного внедрения в ЕЭС.

Итоги обсуждения на круглом столе должны быть учтены в работе создаваемой В5 РНК СИГРЭ рабочей группы «Технология «Цифровая подстанция».

Материалы круглого стола размещены на официальном информационном портале подкомитета В5 РНК СИГРЭ и доступны по ссылке: http://cigre.ru/research_commitets/ik_rus/b5_rus/novosti/cps/.

ЗАДАЧИ И ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЗА

Тематика круглого стола:

- моделирование переходных процессов в энергосистемах;
- состав задач, для которых необходимо моделирование переходных процессов в ЭЭС;

■ определение и подтверждение требований к размерности и достоверности моделей для решения различных задач в ЭЭС;

■ требования к новым функциям от моделирующих комплексов;

■ вопросы моделирования алгоритмов устройств и систем РЗА;

■ методы и средства моделирования РЗА; методы/стандарты описания моделей РЗА; необходимая детализация моделирования РЗА;

■ верификация результатов моделирования РЗА; российский и международный опыт моделирования РЗА.

Модератор круглого стола — **Волошин Александр Александрович**, и.о. заведующего кафедрой РЗиАЭС Национального исследовательского университета «МЭИ».

Волошин Александр Александрович выступил с двумя докладами. Первый был посвящен современным требованиям к новым функциям моделирующих комплексов, среди которых выделены использование универсального формата обмена данными по моделям, средства валидации параметров, повышенные требования по скорости вычислений, предоставление API к расчетным процедурам, автоматизированные средства эквивалентирования моделей больших энергообъединений. Второй доклад Волошина А.А. — на тему «Использование результатов моделирования РЗА» для трех стадий: проектирования, наладки и эксплуатации. Отмечено, что для проектирования важны семантический анализ алгоритмов РЗА, моделирование эталонного поведения и формирование массовых тестовых сценариев работы РЗА, которые в дальнейшем специализируются и детализируются на этапах наладки. На стадии эксплуатации результаты моделирования РЗА могут использоваться для автоматической проверки эксплуатационной готовности и правильности работы при технологических нарушениях.

Выступление **Янеза Законшека** было посвящено вопросам моделирования переходных процессов в энергосистемах, в котором отмечалась необходимость учета особенностей современных энергосистем и появления новых компонентов, а также различные подходы к моделированию в зависимости от целей и решаемых задач. Определены цели моделирования систем РЗА, сформули-