



## ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА, НАЛАДКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

**А.В. Гурьев, И.А. Кошельков**, Россия, г. Чебоксары, ООО НПП «ЭКРА»

***Аннотация:** Статья посвящена проблемам, возникающим на этапе разработки проектной и рабочей документации для цифровой подстанции (ЦПС), требованиям к проектировщикам, персоналу наладочных организаций, а также к персоналу организаций ответственных за эксплуатацию оборудования ЦПС.*

***Ключевые слова:** цифровая подстанция (ЦПС), релейная защита и автоматика (РЗА), противоаварийная автоматика (ПА), IEC 61850, интеллектуальные электронные устройства, локально-вычислительные сети (ЛВС), проектно-изыскательские работы, система автоматизации подстанции (SAS - Substation Automation System), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП).*

### **Введение**

Развитие микропроцессорной техники, средств коммуникации, электронной техники выводит электроэнергетическую отрасль на новый уровень ее развития, необходимый для повышения эффективности отрасли. В ПАО «РОССЕТИ» в 2018 г принята концепция развития отрасли «ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ 2030» [1]. Одним из способов повышения эффективности является внедрение системы управления оборудованием энергообъектов, построенной с применением цифровых технологий. Указанные технологии уже сейчас внедряются на вновь вводимых и реконструируемых энергообъектах – цифровых подстанциях.

В настоящей статье рассматриваются вопросы связанные с особенностями проектирования, наладки и эксплуатации оборудования ЦПС, а также базовые требования, предъявляемые к:

- 1) персоналу проектных организаций при разработке проекта ЦПС;
- 2) специалистам наладочных организаций при наладке оборудования ЦПС;



3) персоналу, ответственному за эксплуатацию оборудования ЦПС.

Настоящая статья написана на основе опыта взаимодействия специалистов компаний ЭКРА с проектными и наладочными организациями, а также организациями, осуществляющими эксплуатацию оборудования РЗА.

Необходимо отметить, что в настоящее время количество реализованных при участии специалистов компаний ЭКРА проектов ЦПС насчитывает более 10 объектов, выполненных по различным архитектурам и техническим решениям.

### ***Требования к специалистам проектных организаций***

В настоящее время, с учетом опыта ранее введенных объектов ЦПС, продолжается эволюционное развитие технологии ЦПС. Указанные эволюционные изменения в первую очередь связаны с экономическими факторами, а также появлением нового оборудования с увеличенными функциональными возможностями и новых технологических решений систем управления.

К квалификации персонала проектных и наладочных организаций предъявляются достаточно высокие требования. Аналогичные требования предъявляются к специалистам, ответственным за эксплуатацию оборудования ЦПС.

Система автоматизации управления, контроля и измерения РЗА (ПА) и АСУ ТП основана на положениях, приведенных в основных главах стандарта IEC 61850 [2-10]. В разделе 7-1 [7] стандарта IEC 61850 приведена таблица №1 (Guide for the reader), в которой приводятся рекомендации относительно необходимости ознакомления с частями серии стандартов IEC 61850. В данной таблице отсутствуют рекомендации к специалистам проектных и наладочных организаций, при этом расписаны рекомендации к специалистам осуществляющим эксплуатацию оборудования ЦПС. Стоит отметить, изучение отдельных положений стандарта для неподготовленного специалиста представляет трудную задачу. Для изучения стандарта требуются познания основ объектно-ориентированного программирования, знания работы ЛВС, протоколов передачи данных релейной защиты и автоматики, автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).



Стандартом IEC 61850 в [4] описываются подходы к проектированию как к отдельному этапу жизненного цикла SAS (Substation Automation System - система автоматизации подстанции), не предъявляя требования к специалистам. Данный документ описывает процесс управления системами и проектами в части:

- технологического процесса и инструментов его поддержки;
- срока службы всей системы и ее IED-устройств;
- обеспечение качества, начиная с этапа разработки и заканчивая завершением эксплуатации и выводом из эксплуатации SAS-систем и их IED-устройств.

Кроме того, в этой главе приводится описание требований процесса управления системой и проектом, специальных инструментов поддержки разработки и проектирования, а также испытаний.

В соответствии с указанным документом инженер-проектировщик должен обладать соответствующей квалификацией для разработки проекта ЦПС, и необходимым инструментом: специализированным программным обеспечением системы автоматизированного проектирования (ПО САПР), требуемым для разработки SAS.

Проектирование цифровых подстанций в части вторичного оборудования существенно отличается от проектирования традиционных подстанций. Как правило, подход в проектировании традиционной подстанции заключается в раздельном проектировании различных ее вторичных подсистем – РЗА, ПА, АСУ ТП, НКУ и т.п. В части автоматизации прорабатываются вопросы получения списков сигналов от РЗА и ПА, внутренних баз данных регистраторов аварийных событий, осциллограмм и т.п. На сегодняшний день в проектной документации часто формируется таблица сигналов с указанием полей их параметров и адресацией. Для цифровой подстанции приоритетно описание сигналов РЗА, передаваемых в цифровой форме. Проектировщик, при разработке проекта, должен четко представлять назначения параметров сигналов и уметь описать их в проекте. Данная информация, в дальнейшем, будет актуальна для всех этапов жизненного цикла SAS, включая пусконаладочные работы



(ПНР) и эксплуатацию оборудования. Для максимальной автоматизации процессов разработки SAS и дальнейшего его сопровождения стандартом IEC 61850 предусматривается разработка проекта в формате SCL согласно требованиям [5]. Формат SCL описывает набор файлов, требуемый для:

- 1) разработчиков IED-устройств;
- 2) проектировщиков;
- 3) специалистов наладочных организаций;
- 4) оперативного и оперативно-ремонтного персонала, ответственного за эксплуатацию оборудования ЦПС.

SCL-файлы по п. 2-4 готовятся на этапе разработки проекта SAS. Для подготовки этих файлов требуется специализированное ПО, соответственно, проектировщик должен обладать данным ПО и иметь навыки работы с ним.

Необходимо отметить, рынок ПО САПР для разработки SCL-файлов, на сегодняшний день, развит незначительно. На рынке представлены как зарубежные, так и отечественные программы, которые имеют значительные отличия по функциональным возможностям, и по эргономике управления. Отечественный рынок ПО САПР SCL представлен, как правило, производителями IED-устройств. Такие программы, в значительной степени, адаптированы для работы с IED-устройствами собственного производства, поддержке IED-устройств стороннего производства уделяется меньше внимания, что также усложняет разработку SCL-проекта. Компанией ООО НПП «ЭКРА» разработано и успешно применяется ПО разработки SCL-проекта – «SCL Express». Для ряда введенных объектов SCL-проект был разработан в указанном ПО, причем с участием оборудования сторонних производителей.

Еще одной проблемой при согласовании технических решений ЦПС является анализ SCL проекта. Согласующее должностное лицо также должно иметь ПО для чтения SCL-проекта. Требования к ПО согласующего лица минимальны – возможность просмотра технических решений по РЗА, ПА, НКУ и АСУ ТП. Для облегчения процесса согласования проектных решений, указанное ПО должно в наглядной для согласующего лица форме отображать все технические решения по РЗА, ПА, НКУ, АСУ ТП и т.п.



С учетом опыта можно утверждать, что на текущий момент в отечественной практике проектирования ЦПС сложилась ситуация, когда основные технические решения отображаются на бумаге, как правило, в табличной форме с описанием сигналов и их параметров. Данные бумажные документы в дальнейшем участвуют в других этапах жизненного цикла SAS: от наладки до ввода в эксплуатацию и дальнейшей модернизации (реконструкции и расширения). При этом, разработка SCL-проекта часто носит формальный характер. SCL-проект востребован в основном, на объектах, где предусмотрены средства автоматизации контроля работы оборудования ЦПС. Но и в этом случае, как правило, SCL-проект претерпевает определенные изменения, связанные с необходимостью его адаптации под указанные средства автоматизации.

Учитывая все вышесказанное, к квалификации проектировщиков, ориентированных на разработку проектов ЦПС, предъявляются дополнительные требования. Помимо знаний в части РЗА (ПА), данные специалисты должны обладать знаниями в области архитектур построения ЛВС и протоколов передачи данных, уметь работать со специализированным ПО САПР для разработки SCL-проекта, знать его особенности, форматы выдаваемых файлов и т.п.

### ***Требования к специалистам наладочных организаций***

Следующий жизненный этап развития SAS – пусконаладочные работы IED-оборудования ЦПС. В соответствии с положениями стандарта IEC 61850 специалисты наладочной организации должны загрузить в IED-устройства специализированные файлы конфигурации, разработанные на этапе подготовки SCL-проекта. На текущий момент, исходя из опыта реализованных проектов, специалисты наладочной организации чаще всего осуществляют конфигурирование IED-устройств в ручном режиме, пользуясь табличными формами, разработанными проектировщиками. Если при разработке проекта не были задействованы средства САПР, то именно на этом этапе выявляются ошибки проектирования, что ведет к увеличению сроков наладки. Как и к проектировщикам, к наладчикам обо-





рудования ЦПС предъявляются специализированные требования:

1) базовые представления об информационной модели устройства, понятие о различных вариантах наборов данных (DataSet) и их назначении;

2) знания в области топологии ЛВС, особенностей работы сетевого оборудования и навыки его настройки;

3) знания в области сетевых протоколов передачи данных, как специализированных (GOOSE, SV), так и более общих (Ethernet, TCP/IP);

4) представление об особенностях и области применения различных протоколов (PTP, NTP, 1PPS) и устройств синхронизации времени.

Как и проектировщикам, наладчику для работы с оборудованием ПАК ЦПС необходимо иметь специализированное ПО. Один из вариантов требований - ПО для наладочных организаций должно обладать возможностями просмотра SCL-проекта, внесение корректировок в файлы конфигурации с последующей актуализацией SCL-проекта.

Для выполнения пусконаладочных и проверочных работ оборудования ЦПС, кроме вышеуказанного ПО, наладчику требуется специализированное проверочное оборудование. К данному оборудованию применяются требования по возможности работы с файлами SCL-проекта. Грамотно подобранное испытательное оборудование позволяет значительно облегчить работу наладчика и сократить сроки выполнения пусконаладочных работ ЦПС.

На сегодняшний день оборудование для выполнения пусконаладочных работ серийно выпускается как зарубежными, так и отечественными предприятиями. Часть производителей предлагают более универсальный вариант испытательных установок, другие, напротив, выпускают более узкопрофильные, но в то же время, более производительные установки. На реализованных при участии специалистов ЭКРА применялось как оборудование зарубежных изготовителей – компании «OMICRON» (Австрия), так и отечественного производства – компании ООО «ДИНАМИКА» (Чебоксары).



### ***Требования к специалистам ответственным за эксплуатацию оборудования ЦПС***

К специалистам, осуществляющим эксплуатацию оборудования, предъявляются не меньшие требования чем к специалистам проектных и наладочных организаций. Как правило, специалисты ответственные за эксплуатацию оборудования участвуют в работе на всех тапах разработки SAS: от написания технического задания на проектирование до приемки оборудования ЦПС в эксплуатацию. Такой подход определяет наличие определенных требований к компетенциям специалистов эксплуатации. На текущий момент, на уровне электросетевых компаний РФ ведется работа по формализации и стандартизации процессов системы управления, контроля и измерения оборудования ЦПС на базе протоколов IEC 61850. Разработаются правила эксплуатации оборудования ЦПС, меняются регламенты обслуживания указанного оборудования с учетом наработанного опыта эксплуатации.

Стоит отметить, что оборудование для ЦПС по сравнению с оборудованием для подстанций, без поддержки цифровых протоколов передачи релейной информации, отличается более широкими функциональными возможностями по самодиагностике и диагностике коммуникаций, позволяя оперативно выявлять поврежденные или неисправные участки. В итоге, значительно упрощаются и ускоряются ремонтно-восстановительные процессы. Грамотное размещение оборудования ЦПС РЗА, ПА позволяет снизить влияние электромагнитных помех, высоких уровней напряжения – это повышает долговечность, надёжность его работы, снижает требования по его обслуживанию (снижается количество операций при техобслуживании).

Кроме того, для облегчения работы с оборудованием ЦПС предлагается новый класс оборудования, способного выполнять верификацию SCL-проекта, в непрерывном режиме осуществлять мониторинг информационных потоков данных, выявлять «некорректные» данные, потерянные пакеты данных и т.п. Описанный функционал, кроме помощи эксплуатирующему персоналу, позволяет собирать статистику работы оборудования ЦПС, выявлять особенности его поведения в различных режимах, более точно определять элемент, ставший причиной «ненормального» режима работы.



Указанные факты, говорят о том, что ведется целенаправленная работа, направленная на облегчение эксплуатации оборудования ЦПС, повышению эффективности его работы, снижение затрат на эксплуатацию и т.д.

### ***Заключение***

Внедрение цифровых технологий в энергетику напрямую сопряжено с повышением требований к специалистам ответственным за разработку проектов, наладку цифрового оборудования и его дальнейшую эксплуатацию.

Для решения этих проблем, по мнению авторов, достаточны выполнение следующих мероприятий:

1. Профессиональная подготовка и переподготовка кадров для предприятий электроэнергетической отраслей.

В настоящее время ООО НПП «ЭКРА» сотрудничает с рядом учебных заведений и учебных центров, связанных с подготовкой как студентов энергетических специальностей, так и переподготовкой кадров предприятий электроэнергетической отраслей. Периодически проводятся семинары по опыту эксплуатации оборудования ЦПС.

2. Разработка и совершенствование ПО САПР для проектирования ЦПС.

3. Разработка и совершенствование ПО для автоматизированной проверки оборудования ЦПС.

4. Разработка и совершенствование алгоритмов непрерывного тестирования и диагностирования оборудования ЦПС в процессе эксплуатации.

5. Разработка нормативно-технической документации, регламентирующей работу оборудования ЦПС, требований к составу и содержанию проектной документации. Стоит отметить, что на уровне ПАО «РОССЕТИ» и ПАО «ФСК ЕЭС» ведется работа по разработке стандартов организаций, в которых регламентируются требования к оборудованию ЦПС, его применению, правилам наименования величин сигналов и т.п.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт ПАО «РОССЕТИ» [Электронный ресурс]: Концепция «ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ 2030». URL: <https://www.rosseti.ru/>





investment/Kontseptsiya\_Tsifrovaya\_transformatsiya\_2030.pdf (дата обращения 10.07.2020)

2. Communication networks and systems for power utility automation – Part 2: Glossary. International standard IEC 61850-2.

3. Communication networks and systems for power utility automation – Part 3: General requirements. International standard IEC 61850-3.

4. Communication networks and systems for power utility automation – Part 4: System and project management. International standard IEC 61850-4 Edition 2.0 2011.

5. Communication networks and systems for power utility automation – Part 5: Communication requirements for functions and device models. International standard IEC 61850-5 Edition 2.0 2013-05.

6. Communication networks and systems for power utility automation – Part 6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs. International standard IEC 61850-6 Edition 2.0 2009-12.

7. Communication networks and systems for power utility automation – Part 7.1: Basic communication structure - Principles and models. International standard IEC 61850-7-1 Edition 2.0 2011.

8. Communication networks and systems for power utility automation – Part 7.2: Basic communication structure - Abstract communication service interface (ACSI). International standard IEC 61850-7-2 Edition 2.0 2010.

9. Communication networks and systems for power utility automation – Part 7.3: Basic communication structure - Common Data Classes. International standard IEC 61850-7-3 Edition 2.0 2010.

10. Communication networks and systems for power utility automation – Part 7.4: Basic communication structure - Compatible logical node classes and data classes. International standard IEC 61850-7-4 Edition 2.0 2010.

**Авторы:**

**Гурьев А.В., Кошельков И.А., Россия, г. Чебоксары, ООО НПП «ЭКРА». E-mail: Guryev\_AV@ekra.ru.**