

Авторы:

Воробьев Е.С.^{1,2},
д.т.н. Антонов В.И.^{1,2},
к.т.н. Наумов В.А.^{1,2},
к.т.н. Дони Н.А.²,
Солдатов А.В.^{1,2},
¹ЧГУ им. И.Н. Ульянова
²ООО НПП «ЭКРА»

Vorobyev E.S.^{1,2},
D.Sc. Antonov V.I.^{1,2},
Ph.D. Naumov V.A.^{1,2},
Ph.D. Doni N.A.²,
Soldatov A.V.^{1,2},
¹Chuvash State University,
²EKRA Research and
 Production Enterprise LTD,
 Cheboksary, Russia.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ УСТРОЙСТВ РЗА МУЛЬТИВЕНДОРНЫХ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

INTEROPERABILITY OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATION DEVICES ACROSS MULTI-VENDOR DIGITAL SUBSTATIONS

Аннотация: совместимость устройств РЗА разных производителей на цифровой подстанции теоретически должно обеспечивать соответствие их технических характеристик требованиям стандарта МЭК 61850. Однако на практике положения стандарта часто трактуются вендорами по-разному, что служит причиной несовместимости устройств в информационной среде цифровой подстанции. Понимая важность обеспечения функциональной совместимости устройств, производители РЗА, входящие в Инновационный территориальный электротехнический кластер Чувашской Республики, создали испытательный стенд и успешно продемонстрировали его работу на выставке «РЕЛАВЭКСПО-2019» в г. Чебоксары. В статье излагаются принципы построения испытательного полигона, анализируется совместная работа устройств РЗА разных производителей. Отмечается, что демонстрация стенда показала относительную совместимость устройств разных производителей.

Ключевые слова: цифровая подстанция, совместимость устройств, МЭК 61850, MMS, GOOSE-сообщения, SV-поток.

Abstract: the compatibility of RPA devices from different manufacturers at a digital substation should theoretically ensure that their technical characteristics meet the requirements of IEC 61850. However, in practice, the provisions of the standard are often interpreted by vendors differently, which causes incompatibility of devices in the information environment of a digital substation. Realizing the importance of ensuring the functional compatibility of devices, RPA manufacturers, members of the Innovative territorial electrical cluster of the Chuvash Republic, created a test stand and successfully demonstrated its work at the exhibition «Relavexpo-2019» in Cheboksary. The article describes the principles of construction of the test site, analyzes the joint work of RPA devices from different manufacturers. It is noted that the demonstration of the stand showed the relative compatibility of devices from different manufacturers.

Введение

Основополагающая идея цифровых подстанций (ЦПС) заключается в организации обмена информацией между различными интеллектуальными электронными устройствами (ИЭУ) и системами автоматизации различных уровней управления посредством протоколов передачи данных. Наиболее полно принципы обмена информации на ЦПС формируются группой стандартов МЭК 61850. Однако некоторые разделы стандарта излагаются настолько обще, что производители устройств часто трактуют их положения по-разному. В связи с этим существует настоятельная потребность проведения испытаний на функциональную совместимость устройств различных вендоров.

Для проведения таких испытаний, а также для демонстрации возможности совместной работы устройств РЗА на мультивендорных ЦПС, производителями устройств РЗА в составе Инновационного территориального электротехнического кластера Чувашской Республики (ИнТЭК) – ООО НПП «ЭКРА», ООО «Релематика», ООО «НПП Бреслер», АО «ЧЭАЗ» – был разработан стенд ЦПС и представлен на выставке «РЕЛАВЭКСПО» (Чебоксары, 23-26 апреля 2019).

Целью статьи является изложение принципов построения полигона для испытания

устройств различных производителей на функциональную совместимость по стандарту МЭК 61850 на примере упомянутого демонстрационного стенда.

Структура ЦПС

В первой главе стандарта МЭК 61850 определяется трехуровневая структура системы, которая включает в себя уровни процесса, присоединения и станции [1]. Структуры информационного обмена внутри и между уровнями и назначение интерфейсов даны на рис. 1 и в табл. 1 соответственно.

Таблица 1. Назначение интерфейсов на ЦПС

	Вид интерфейса	Назначение интерфейса
1	Обмен сигналами функций защиты и управления между уровнями присоединения и станции	Обмен информацией между устройствами
2	Обмен данными в рамках уровня присоединения	
3	Обмен сигналами функций управления оборудованием уровня процесса и уровня присоединения	
4	Передача мгновенных значений тока и напряжения от уровня процесса к уровню присоединения	Передача измерений в цифровой форме
5	Обмен сигналами между уровнем станции и удаленным диспетчерским центром	Передача информации на верхний уровень



Keywords: digital substation, device compatibility, IEC 61850, MMS, GOOSE, SV.



Воробьев Евгений Сергеевич

Окончил в 2019 г. Электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Получил степень бакалавра в 2017 г., защитил магистерскую диссертацию в 2019 г. по направлению «Автоматика энергосистем». Инженер 3 категории департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА».



Ангонов Владислав Иванович

Получил диплом инженера-электрика в 1978 г. на факультете электрификации и автоматизации промышленности ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2018 г. защитил докторскую диссертацию «Теория и приложения адаптивного структурного анализа сигналов в интеллектуальной электроэнергетике» в ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Профессор кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматизации ЧГУ им. И.Н. Ульянова, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА».

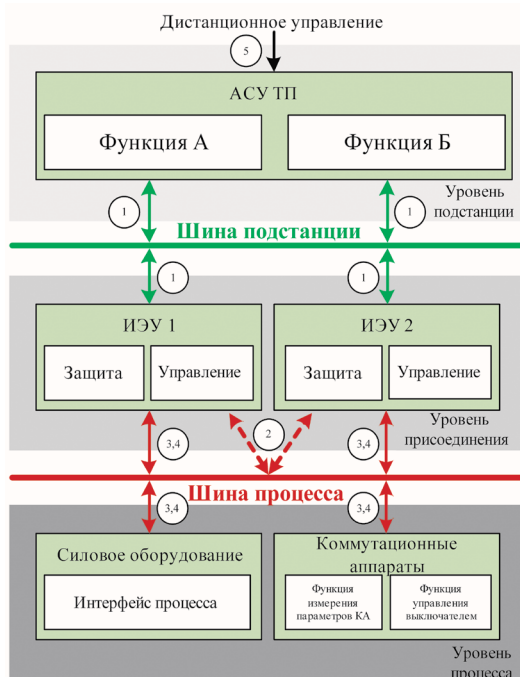


Рис. 1. Структура информационного обмена

Шина ПС реализует интерфейс 1; шина процесса – интерфейсы 3, 4. Интерфейс 2 может быть реализован на любой из шин [2].

Архитектуры ЦПС

Стандарт МЭК 61850 определяет три основных протокола передачи данных:

1. Протокол МЭК 61850-8-1 MMS (Manufacturing Message Specification – стандарт ISO/IEC 9506) – протокол передачи данных реального времени и команд диспетчерского управления по технологии «клиент–сервер». Служит для передачи данных телесигнализации и телеизмерений, команд телеуправления.
2. Протокол МЭК 61850-8-1 GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) – протокол передачи данных о событиях на ПС. Протокол служит для замены дискретных сигналов на цифровые.
3. Протокол МЭК 61850-9-2 SV (Sampled Values) определяет правила передачи оцифрованных значений (отсчетов) токов и напряжений от измерительных трансформаторов. Протокол дает возможность исключить цепи переменного тока, соединяющие устройства РЗА с ТТ и ТН и получать измерения по цифровому каналу связи.



Рис. 2. Интеграция цифровых протоколов на ПС

Исходя из необходимости обеспечения информационной безопасности, MMS-сообщения предпочтительнее передавать по шине ПС, а GOOSE-сообщения и SV-потоки – по шине процесса.

Глубина внедрения цифровых протоколов определяет три архитектуры ЦПС [3] (рис. 2).

Первая архитектура подразумевает обмен информацией между устройствами в форме дискретных и аналоговых электрических сигналов. Информационный обмен с верхним уровнем осуществляется по протоколу МЭК 61850-8-1 MMS.

Вторая архитектура обладает более расширенным применением цифровых протоколов. Взаимодействие между устройствами выполняется объектно-ориентированными GOOSE-сообщениями; информационный обмен с верхним уровнем осуществляется по протоколу МЭК 61850-8-1 MMS; измерения тока и напряжения передаются в виде аналоговых сигналов по обычным электрическим цепям.

Третья архитектура подразумевает глубокую интеграцию информационных процессов на всех уровнях ЦПС. Взаимодействие между ИЭУ РЗА выполняется посредством GOOSE-сообщений; информация от измерительных устройств передается в цифровом виде с применением протокола передачи мгновенных значений (SV-потоков); информационный обмен с верхним уровнем осуществляется по протоколу МЭК 61850-8-1 MMS.

Стенд мультивендорной ЦПС

Стенд ЦПС (рис. 3) реализует третью архитектуру и включает шину процесса, шину станции, оборудование РЗА, а также систему информационной безопасности и сервер времени.



Наумов

Владимир Александрович

Окончил в 2001 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2002 г. защитил магистерскую диссертацию. В 2005 г. защитил во ВНИИЭ кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор». Заместитель генерального директора - технический директор ООО НПП «ЭКРА».



Дони

Николай Анатольевич

Окончил НПИ в 1969 году. В 1981 году во ВНИИЭ защитил кандидатскую диссертацию «Исследование и разработка высокочастотной защиты линии сверхвысокого напряжения». Имеет более 120 научных публикаций в области релейной защиты, микропроцессорной техники и цифровой обработки сигналов электроэнергетических систем. Директор по науке – заведующий отделом перспективных разработок ООО НПП «ЭКРА».

Первичное оборудование ЦПС моделируется с помощью программно-технического комплекса RTDS, который формирует comtrade-файлы осциллограмм токов и напряжений. С помощью испытательного прибора РЕТОМ-61850, имитирующего работу цифровых ТТ и ТН, в шину процесса подаются SV-потoki. Шина процесса выполнена с резервированием по протоколу PRP [4], устройство РЕТОМ-61850 подключено к сети через специальное устройство Redundancy Box (RedBox). Для синхронизации измерений и правильного действия защит сервер точного времени обеспечивает точность синхронизации (до 1 мкс) по протоколу РТР [5].

Комплекты ступенчатых защит (КСЗ) линии Л1 и дифференциальные защиты трансформатора Т1 (ДЗТ) различных производителей (компаний ООО НПП «ЭКРА», ООО «Релематика», НПП «Бреслер», АО «ЧЭАЗ») получают оцифрованные значения токов и напряжений по шине процесса, передают по шине ПС телеизмерения в SCADA-систе-

му ПТК EVICON и GOOSE-сообщения между КСЗ и ДЗТ.

Для обеспечения бесперебойности технологических процессов организована киберзащита устройств на основе сервера информационной безопасности. Сервер анализирует трафик сети, обнаруживает и опознает неизвестные узлы сети, неразрешенные системные команды, адресованные ИЭУ, и устраняет попытки установки недопустимых значений параметров технологического процесса.

Программа и результаты испытаний совместной работы устройств разных производителей

В ходе работы стенда осуществлялась:

1. Проверка устройств РЗА в нормальном и аварийных режимах (при коротком замыкании К1 на отходящей линии Л1 и К2 в трансформаторе Т1).

С помощью испытательной установки РЕТОМ-61850 подаются номинальные токи и напряжения в нормальном режиме

и воспроизводится comtrade-файл аварийного режима в режиме короткого замыкания (К1 или К2), при котором происходит срабатывание устройств РЗА (КСЗ или ДЗТ). ПТК EVICON контролирует полностью и целостность принимаемых MMS-сообщений, терминалы – получение GOOSE-сообщений.

2. Проверка резервирования устройств. Имитируется обрыв одной из двух сетей параллельного резервирования. При этом контролируется надежное функционирование устройств.

За время испытаний не было выявлено критических ошибок в работе устройств. Поскольку испытания проходили в рамках выставки «РЕЛАВЭКСПО-2019», демонстрировались наиболее зрелищные для посетителей опыты. Поэтому не был проведен ряд важных с точки зрения функциональной совместности испытаний – конфигу-

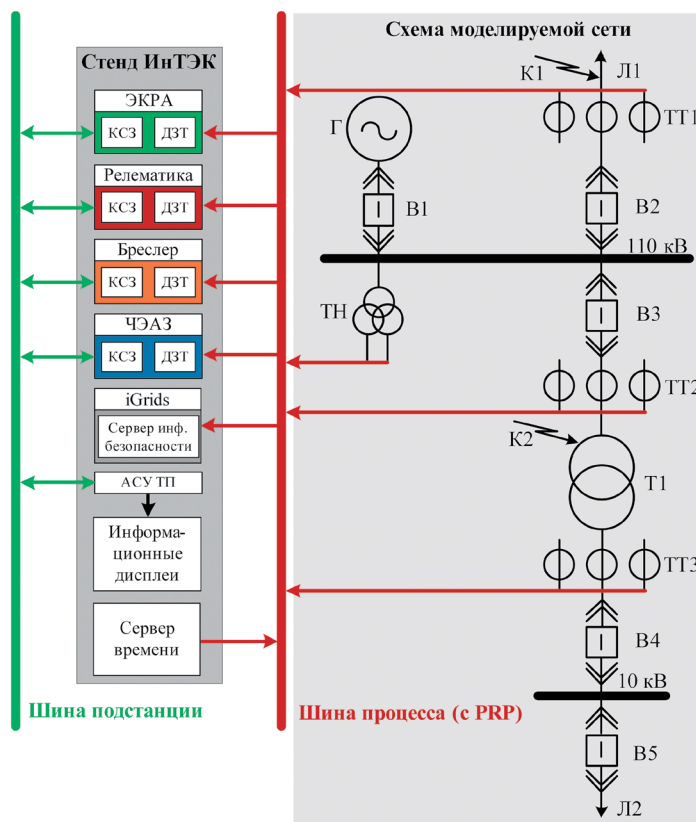


Рис. 3. Схема информационного обмена стенда ЦПС



Солдатов

Александр Вячеславович

Окончил в 2006 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Заместитель директора департамента автоматизации энергосистем по научному сопровождению продукции ООО НПП «ЭКРА».

рирование устройств РЗА с использованием цифровой проектной документации на языке SCL (устройства РЗА разных производителей для описания конфигурации подстанции на языке SCL используют проприетарное ПО) и обмен GOOSE-сообщениями между устройствами разных производителей (обмен GOOSE-сообщениями был организован только между своими устройствами вендоров).

Выводы

Результаты испытаний свидетельствуют о высокой степени готовности чебоксарских компаний-разработчиков РЗА к реализации ЦПС любой архитектуры.

Очевидна необходимость укрепления взаимодействия производителей устройств РЗА в части поддержки группы стандартов МЭК 61850 с целью унификации трактований положений стандарта в рамках передачи/приема GOOSE-сообщений, способов и точности синхронизации, методов резервирования.

Имеется настоятельная потребность в создании испытательного полигона в рам-

ках ИнТЭК для испытаний и сертификации на функциональную совместимость разных устройств РЗА по стандарту МЭК 61850. На полигоне должна быть развернута развитая схема сети для проверки работы всех составляющих ЦПС, включая передачу MMS в АСУ ТП всех производителей, участвующих в испытаниях; прием и передачу GOOSE-сообщений устройствами разных вендоров, прием SV-поток, синхронизацию времени и резервирование.

Литература

1. Прокопьев, В.В. Проектирование сети ЦПС на примере ПС 110 кВ «Медведевская» / В.В. Прокопьев, Р.И. Федоров // Релейная защита и автоматизация. – 2018. – № 2. – С. 50-53.
2. IEC 61850-1 TR Ed.2 Communication networks and systems for power utility automation – Part 1: Introduction and overview. – Germany. –2012. –31 с.
3. Воробьев Е.С. Цифровизация энергообъектов: задачи и их решения / Е.С. Воробьев и др. // Сборник материалов III Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности» / Чуваш. ун-т. – Чебоксары. – 2019.
4. Смирнов И.О. Подробности реализации протокола резервирования PRP / И.О. Смирнов // Релейная защита и автоматизация. – 2019. – № 1. – С. 84-87.
5. Егоров Е.П. Методы и средства наладки оборудования для цифровой подстанции / Егоров Е.П. и др. // Сборник научных трудов НПП «ЭКРА». – 2018. – С. 42-50.

Устройство сбора данных для цифровых подстанций



2 × RS-485, 1 × RS-232, 1 × Ethernet 100Base-TX

Программируемая логика

Поддержка 3G/2G, ГЛОНАСС/GPS

Вниз: МЭК 61850-8-1 (MMS, GOOSE), МЭК 60870-5-101,

МЭК 60870-5-103, МЭК 60870-5-104, Modbus RTU, Modbus TCP

Вверх: МЭК 61850-8-1 (MMS, GOOSE), МЭК 60870-5-101,

МЭК 60870-5-104, Modbus RTU, Modbus TCP, SNMP

Проброс данных (TCP - RS-485/232)

Рабочий диапазон –40 до +70 °С

Цена от 39 900 руб. без НДС

Гарантия 5 лет



На правах рекламы