

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
«Академия электротехнических наук Чувашской Республики»

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЭНЕРГЕТИКИ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Материалы
III Международной научно-технической
конференции**

Чебоксары
2019

УДК 621.3(06)
ББК 31я43
П78

Редакционная коллегия:

В.Г. Ковалев, канд. техн. наук, профессор (гл. редактор);
Г.С. Нудельман, канд. техн. наук, профессор;
В.А. Щедрин, канд. техн. наук, профессор (зам. гл. редактора);
В.В. Афанасьев, д-р техн. наук, профессор;
Ю.М. Миронов, д-р техн. наук, профессор;
Г.П. Свинцов, д-р техн. наук, профессор;
А.А. Ильин, канд. техн. наук, доцент;
О.А. Онисова, канд. техн. наук, доцент

*Печатается по решению Научно-технического совета
Чувашского государственного университета*

П78 Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: материалы III Междунар. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – 618 с.

ISBN 978-5-7677-2998-2

Представлены статьи и доклады третьей Международной научно-технической конференции, проведенной совместно с «Академией электротехнических наук Чувашской Республики», в которых приводятся и обсуждаются результаты актуальных научных исследований в области энергетики, электротехники и энергоэффективности, а также рассматриваются вопросы подготовки инженерных кадров.

Для преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов старших курсов энергетических специальностей вузов, инженерно-технического персонала предприятий и энергосистем.

ISBN 978-5-7677-2998-2

УДК 621.3(06)
ББК 31я43

© Издательство
Чувашского университета, 2019

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ: ЗАДАЧИ И ИХ РЕШЕНИЯ

Воробьев Е.С., Наумов В.А., Антонов В.И., Солдатов А.В., Митин Д.А., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

***Аннотация.** Цифровые подстанции являются ключевым элементом развития цифровой энергетики страны. Рассмотрены типы цифровой подстанции; задачи, которые должны быть решены при реализации цифровой подстанции.*

***Ключевые слова:** релейная защита, цифровая подстанция, МЭК 61850, интеллектуальные электрические сети.*

Введение

Концепция ПАО «Россети» «Цифровая трансформация 2030» [1] определяет ориентиры развития передовой электросетевой инфраструктуры России в направлении широкого внедрения цифровых и интеллектуальных технологий, четкой структурированности функционирования всех участников производственного процесса. Цифровизация электроэнергетики должна привести не только к изменению технических средств систем защиты управления объектами энергосистемы, но и к развитию принципов построения электросетевого комплекса, создавая интеллектуальную энергосистему с активно-адаптивной сетью.

Важнейшей частью интеллектуальной электрической сети является цифровая подстанция. Технологический облик будущих подстанций представляется с минимальным числом контрольных кабелей и развитой информационной системой, обеспечивающей обмен информацией между устройствами по цифровой сети.

Целью доклада является изложение основных положений концепции построения цифровых подстанций в ракурсе приобретенного отечественной энергетикой опыта.

В докладе излагаются особенности реализации цифровой подстанции. Описываются преимущества цифровых подстанций перед традиционными и эффект от их внедрения. Реализация основных идей и принципов цифровой подстанции иллюстрируется на примерах решений, внедренных на подстанции 110 кВ «Медведевская».

Цифровизация энергообъектов

По сравнению с традиционной подстанцией цифровая имеет компактную структуру, высокую степень интеграции системы, общий обмен информацией, наибольшую надежность и безопасность. Интегрированная информационная платформа дает возможность экономичной эксплуатации, интеллектуального принятия решений, оптимального управления. Применение цифровой подстанции может прибавить производительность, поднять уровень управляемости электрической сети и свести к минимуму эксплуатационные расходы.

Цифровая подстанция решает задачи *повышения надежности работы* электрической сети благодаря непрерывному контролю и диагностике первичного оборудования; *снижения затрат на обслуживание подстанции* в результате перехода на не обслуживаемый тип ПС с возможностью дистанционного управления компонентами ЦПС в режиме реального времени, исключение проверок связей между терминалами, шкафами, перехода от периодического обслуживания большей части оборудования на обслуживание «по техническому состоянию» и увеличение интервала профилактических проверок; *снижение затрат на наладку оборудования* благодаря высокой степени готовности систем ЦПС к использованию современных решений «plug & play».

Основная идея цифровой подстанции заключена в организации всех информационных потоков взаимодействия систем мониторинга, анализа и управления в цифровой форме.

Инструментами объединения различного оборудования подстанции в ее информационную систему являются протоколы: MMS (МЭК 61850-8-1) – для интеграции оборудование в систему АСУ ТП; GOOSE (МЭК61850-8-1) – для передачи дискретной информации между терминалами РЗА и первичным оборудованием; SV (МЭК 61850-9-2) – для передачи оцифрованных аналоговых измерений.

В зависимости от глубины использования протоколов различают цифровые подстанции трех архитектур [2].

Первая архитектура ЦПС подразумевает обмен информацией между устройствами в форме дискретных и аналоговых электрических сигналов. Информационный обмен с верхним уровнем (SCADA) осуществляется по цифровому протоколу MMS.

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

Третья архитектура подразумевает глубокую интеграцию процессов на всех уровнях цифровой подстанции. Взаимодействие между ИЭУ РЗА выполняется GOOSE-сообщениями; информация от измерительных устройств передается в цифровом виде с использованием протокола передачи мгновенных значений (SV-потоков); информационный обмен с верхним уровнем осуществляется по протоколу MMS.

Преимущества передачи дискретных сигналов в цифровом виде проявляются в сокращении числа линий связи между устройствами, повышении электромагнитной совместимости устройств благодаря применению оптических линий связи, постоянном контроле доставки сигналов управления и состояния данных до устройства-подписчика.

Использование доставки до ИЭУ оцифрованных аналоговых значений снижает нагрузку на измерительные ТТ, повышает надежность работы РЗА путем автоматического изменения направления цифровых потоков при обрыве цепей или выходе из строя коммуникационного оборудования. Наряду с этим, достигается постоянный контроль доставки измерений устройствам РЗА, повышение электромагнитной совместимости устройств, уменьшение размеров терминалов РЗА и более плотная их компоновка в шкафах защит.

Цифровая подстанция 3 архитектуры «Медведевская»

Подстанция 110 кВ «Медведевская» реализует технологию «Цифровая подстанция», на основе интеграции подстанции в информационную систему по стандарту МЭК 61850.

Рассматривались различные архитектуры локальной вычислительной сети. В ходе обсуждения задач цифровой подстанции с заказчиком и в результате анализа исходных вариантов была выбрана и построена цифровая подстанция 3 архитектуры, которая учитывает организационные технические требования (табл. 1) [3].

Таблица 1

Особенности построения сети

	Выполненные работы	Полученный результат
Предпочтения заказчика	Разделение шины подстанции (MMS) и шины процесса (GOOSE, SV)	Предотвращение непреднамеренного воздействия на работу релейной защиты
Возможности устройств уровня присоединения	Построение сети исходя из коммуникационных возможностей терминала, как основного устройства, поддерживающего протоколы стандарта МЭК 61850	Устройства РЗА для ЦПС производства ЭКРА имеют необходимые порты для обмена данными по МЭК 61850-9-2LE, для горизонтального обмена данными, для передачи данных в SCADA-систему. Все порты поддерживают протоколы резервирования PRP, HSR
Удобство диагностики	Объединение шины подстанции и шины процесса в выделенный VLAN	Диагностика оборудования шины процесса
Комплексная подготовка устройств на заводе-производителе и обучение персонала	Обучение специалистов на заводе-производителе и совместные заводские испытания по проверке соответствия требованиям ЦПС всего комплекса РЗА, РАС, СОПТ, АСУ ТП	Использование оборудования одного производителя исключает несовместимость устройств, связанную с особенностями реализации протокола МЭК 61850 разными производителями. Тестирование работы защит в «штормовом» режиме
Требования кибербезопасности	Проектирование ЛВС с физическим разделением сетей по сегментам	Достигается максимально возможная киберзащита самого главного сегмента – РЗА
Учет возможностей сетевого оборудования	Проведение всех необходимых испытаний коммутаторов еще до проработки архитектуры сети	Проверка коммутаторов на поддержку протоколов резервирования и синхронизации времени и работы с ними

Требования руко-водящих докумен-тов	Учет требований к разработке технологии сети и к программно-техническим средст-вам и комплексам	Соответствие требовани-ям ИЕС 61850-90-4, СТО 56947007-25.040.226-2016
План расположе-ния	Проектирование всех межшкафных связей с использованием опти-ческого кабеля. Пла-нирование размеще-ния оборудования	Размещение оборудования с учетом максимального уменьшения протяженно-сти оптического кабеля

Выводы

Реализация цифровых подстанций по сравнению с функционирующими, традиционными должна обеспечить более надежное и помехоустойчивое электроснабжение потребителей, сопоставимую стоимость подстанции, поэтапную модернизацию действующих подстанций в направлении их цифровизации.

Поскольку некоторые главы стандарта МЭК 61850 излагаются обще и могут трактоваться производителями по-разному, возникает проблема совместимости устройств разных производителей. В связи с этим реализация всем преимуществ ЦПС возможна только при использовании оборудования одного производителя.

При реализации цифровой подстанции должны быть решены задачи ограничения непреднамеренного воздействия на работу РЗА, диагностики оборудования шины процесса, сокращения протяженности оптического кабеля путем рационального размещения оборудования на подстанции, защиты РЗА от кибератак.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция «Цифровая трансформация 2030» // ПАО «Россети»: [сайт]. [2019]. URL: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения 10.09.2019).
2. Шеметов А.С. Разработка и внедрение ЦПС на вновь строящихся и реконструируемых объектах энергетики [электронный ресурс] // Цифровая подстанция: [сайт]. [2018]. URL: <http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2018/04/4.-FSK.pdf> (дата обращения 10.09.2019).

3. 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.

Авторы:

Воробьев Евгений Сергеевич, окончил в 2019 г. Электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получил степень магистра по направлению «Автоматика энергосистем». Инженер 3 категории департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». E-mail: vorobev_es@ekra.ru.

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». E-mail: naumov_va@ekra.ru.

Антонов 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 автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». E-mail: antonov_vi@ekra.ru.

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». E-mail: soldatov_av@ekra.ru.

Митин Дмитрий Александрович, окончил в 2019 г. Электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получил степень магистра по направлению Электроэнергетические системы, сети, электропередачи их режимы, устойчивость и надежность». Инженер 3 категории департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». E-mail: mitin_da@ekra.ru.