

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

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЯ 6-35 кВ

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

***Аннотация.** В докладе описаны технические решения для реализации шины процесса на цифровой подстанции 6-35 кВ (среднего напряжения), рассмотрены наиболее перспективные варианты.*

***Ключевые слова:** цифровизация, цифровая подстанция, современная релейная защита.*

Введение

Цифровая трансформация энергетики является одним из краеугольных камней национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» [1]. Положения национального проекта предполагают глубокое проникновение цифровых технологий в энергосистемы различного уровня, включая и распределительные сети 6 кВ.

Путь к цифровизации сетей высокого напряжения (110 кВ и выше) в настоящее время проторен, для нее уже обозначены в той или иной мере обоснованные решения на основе стандарта МЭК 61850 [2]. Расчеты экономической эффективности цифровых подстанций показывают, что применение стандарта является рентабельным решением для цифровизации энергосистемы данного класса напряжения. Объяснение этому факту несложно сыскать, если вспомнить, что стоимость решений на основе стандарта МЭК 61850 для сетей высокого напряжения существенно ниже, чем первичное оборудование.

Однако же прямое перенесение решений и технологий, вполне успешных в электрических системах высокого напряжения, приводит к неоправданному увеличению конечной стоимости цифровых подстанций (ЦПС) среднего и низкого напряжений.

В докладе представлены альтернативные технологии для цифровизации ПС среднего напряжения, не использующие решения на основе стандарта МЭК 61850. Предлагаются иные технические решения при реализации шины процесса и наиболее перспективные варианты ее выполнения.

Анализ объема рынка электрических распределительных сетей

В эксплуатации распределительного электросетевого комплекса находится около 490 тысяч ПС и ТП, из которых напряжением 110-220 кВ – около 7 тысяч единиц, напряжением 35 кВ – около 7 тысяч, напряжением 6-20 кВ – около 475 тысяч единиц. Число подстанций среднего напряжения, как видно, весьма значительно. И при этом только около пятой части [3] из них используют микропроцессорные устройства, причем большая их часть устарела и физически, и морально. Очевидно, что такое положение с цифровыми технологиями в распределительном электросетевом комплексе не способствует переходу к цифровой энергетике с малыми капитальными вложениями.

Поэтому очень важно определение трендовых технических решений для реализации цифровой подстанции среднего класса напряжения, поскольку это окажет решающее влияние на развитие энергетики Российской Федерации.

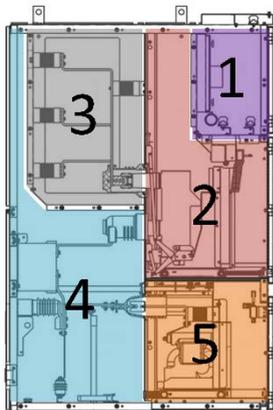


Рис. 1. Конструкция ячейки КРУ:

- 1 – релейный отсек;
- 2 – отсек выключателя;
- 3 – отсек шин; 4 – отсек ввода/вывода;
- 5 – ТН до ввода

Особенности ПС 35/10(6) кВ

Своеобразие ПС среднего напряжения заключается в ее относительно малых размерах. Поэтому организация ее информационной системы не требует длинных линий связи между интеллектуальными электронными устройствами и измерительными приборами. Учет этой особенности позволяет выбирать экономически выгодные технологии реализации шины процесса ЦПС.

ЦПС среднего напряжения представляют собой комплектное распределительное устройство (КРУ). В ячейке КРУ на относительно малых размерах уместаются, как силовое оборудование, так и устройства РЗА и измерительные приборы (рис. 1).

Большинство функций РЗА на таких ПС выполняется автономно и используют информацию, полученную только от измерительных приборов своей ячейки, и не требует связи с остальными терминалами. Это позволяет использовать простые цифровые технологии передачи данных на максимально возможных скоростях.

В то же время ПС 35/10(6) кВ не требует реализации функций РЗА, требующих передачи аналоговых сигналов между терминалами. Для полноценного обмена информацией между защитами такого объекта достаточно реализовать связи, передающие только дискретные сигналы.

Реализация шины процесса

В настоящее время используется реализация шины процесса на основе протокола CAN (Controller Area Network) – протокола последовательной пакетной передачи данных [4]. Протокол разработан для использования в транспортных приложениях и получил широкое применение в сетях промышленной автоматизации благодаря высокой надежности передачи данных. Однако эта технология имеет недостаточно высокую скорость передачи данных (1 Мбит/с.), и по условию обеспечения максимальной скорости передачи длина проводов не может быть более 40 метров.

Предполагается, что на замену протокола CAN придет новый протокол FlexRay, представляющий собой ее усовершенствованную версию. Интерес к этой технологии при реализации шины процесса в высоковольтной ячейке 6-35 кВ вызван его устойчивостью к сбоям в сети с напряженным трафиком, высокой скоростью передачи (до 10 Мбит/с) и эффективностью механизмов синхронизации времени и резервирования сети [5]. Протокол FlexRay предоставляет возможность построения сети по топологии общей шины, звезды, а также реализацию комбинированной сети.

В связи с удешевлением технологий передачи данных с помощью оптической связи в энергетике активно применяется стандарт GPON (Gigabit Passive Optical Network). Важной особенностью технологии, делающей ее перспективной для внедрения на объектах электроэнергетики среднего напряжения, является компактность трансиверов, независимость от формата

передаваемых кадров, реализация маршрутизации в приемопередающих устройствах, высокая скорость.

Преимуществом GPON является использование единственного устройства для приема и передачи информации [6]. В отличие от традиционных сетей нет необходимости в установке активных устройств в узлах сети. Вместо них от основного кабеля делаются ответвления с помощью оптических сплиттеров, разворачивая сеть в топологии «дерево с пассивными узлами».

Выводы

Применение решений, проверенных на ЦПС высокого напряжения для цифровизации управления ПС среднего и низкого напряжения, громоздко и не рентабельно из-за высокой относительной их стоимости.

Для ПС среднего и низкого напряжения оптимальны компактные технологии. В цифровизации управления малых КРУ используют протокол CAN. Если при организации цифровизации управления КРУ ресурсов CAN недостаточно, то можно использовать более современную технологию FlexRay. Для КРУ с перспективой расширения наиболее подходящей технологией является GPON, которая хорошо сочетает высокую скорость разветвки и пропускную способность.

Успешное внедрение современных технологий в ячейки КРУ приведет к эффективному осуществлению национального проекта по цифровизации электроэнергетики, повышению надежности, диагностики и автономности цифровых подстанций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» // Правительство Российской Федерации [сайт] [2018] URL: <http://government.ru/info/35568/> (дата обращения 27.09.2019).
2. 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.
3. Положение «О единой технической политике в электросетевом комплексе» // ПАО «Россети» [сайт]. [2017]. URL: <https://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/tehpolitika.pdf> (дата обращения 27.09.2019).

4. Ромадина И. Современные приемопередатчики сети CAN компании ON Semiconductor / Ромадина И. // Компоненты и технологии. – 2009. – № 9. – С.44–48.

5. Li Q. Application of FlexRay in protective relay unit of electric power system / Li Q. и др. // Power System Protection and Control. – 2010. – С. 38.

6. Björn Skubic A Coparison of Dynamic Bandwidth Allocation for EPON, GPON, and Next-Generation TDM PON/ Björn Skubic, Ericsson Research // – 2009.

Авторы:

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

Наумов Владимир Александрович, заместитель генерального директора - технический директор ООО НПП «ЭКРА». 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». E-mail: naumov_va@ekra.ru.

Антонов Владислав Иванович, профессор кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». 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. E-mail: antonov_yi@ekra.ru.

Солдатов Александр Вячеславович, заместитель директора департамента автоматизации энергосистем по научному сопровождению продукции ООО НПП «ЭКРА». Окончил в 2006 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. E-mail: soldatov_av@ekra.ru.

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