

## **ЦИФРОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ: АРХИТЕКТУРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВИДЫ ПРОТОКОЛОВ**

**И.С. Щепёткин, И.С. Сухушин, А.М. Аугервальд**

*Томский политехнический университет, ИШЭ, ОЭЭ, группа 5А43*

Научный руководитель: А.Б. Аскаров, к.т.н., старший преподаватель ОЭЭ ИШЭ ТПУ

В современном мире цифровизация проникает во все сферы деятельности человека, включая энергетику. Цифровая подстанция – это автоматизированная подстанция, оснащенная взаимодействующими цифровыми информационными и управляющими системами, функционирующая без постоянного присутствия дежурного персонала. Характеризуется высокой степенью автоматизации и большой надежностью.

Говоря об архитектуре цифровых подстанций, хочется отметить, что все процессы обмена информацией и управления работой отдельных элементов подстанции осуществляются в цифровом виде на основе универсального стандарта МЭК 61850 [1].

Архитектуры цифровых подстанций делятся на два типа: централизованную, где функции защиты, управления и измерений находятся на одном сервере, и децентрализованную, где каждое устройство отвечает за свою функцию.

Архитектура цифровой подстанции включает в себя несколько ключевых компонентов, таких как: первичное и вторичное оборудование, системы связи и программное обеспечение.

В первичное оборудование цифровой подстанции входят: вычислительные устройства, локальные вычислительные сети, передача и обработка информации, автоматическое управление подстанцией.

Основные особенности такого оборудования связаны с использованием цифровых измерительных приборов, оптических и электронных, и встроенных систем диагностики оборудования.

Вторичное оборудование включает в себя: релейную защиту, управление электроэнергией, систему мониторинга и диагностики оборудования, средства связи и передачи данных.

Это оборудование работает на основе протоколов МЭК 61850 и использует преобразователи аналоговых сигналов и выносные устройства связи для подключения коммутационных аппаратов.

Коммуникационные сети на цифровых подстанциях включают: волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) для передачи сигналов между устройствами, проводные линии связи для подключения оборудования к локальным вычислительным сетям. Беспроводные технологии, такие как Wi-Fi и Bluetooth, SCADA-системы для сбора и обработки информации о состоянии оборудования и протекании процессов.

Эти сети обеспечивают быстрый и надежный обмен информацией между устройствами, что повышает эффективность работы подстанции и безопасность ее эксплуатации.

Программное обеспечение для цифровых подстанций включает: конфигураторы IED-устройств (Cheaz IED Configuration Tool), САПР для цифровых подстанций (Cheaz Substation Configuration Tool), программно-технический комплекс «КВАНТ-ЧЭАЗ».

Эти инструменты позволяют проектировать, конфигурировать, настраивать и отслеживать оборудование цифровых подстанций, обеспечивая эффективное и успешное внедрение цифровых технологий в энергетике.

Рассматривая применяемые в цифровых подстанциях технологии, можно сказать, что их не так много, но каждая из них включает в себя большое количество других технологий. Приводя анализ списка технологий, можно выделить основные из них: сети Ethernet (исполь-

зуются для скоростной передачи данных между устройствами), протоколы связи МЭК 61850, DNP3, MODBUS (позволяют стандартизировать общение между системами), системы управления SCADA (собирают и обрабатывают данные, обеспечивая дистанционное управление подстанцией), системы автоматизации PLC (Programmable Logic Controllers) – программируемые логические контроллеры, используются для управления технологическими процессами [2].

Также хочется отметить системы безопасности, такие как защита от несанкционированного доступа к управлению подстанцией и системы видеоконтроля.

Как уже было сказано, на цифровых подстанциях используются протоколы, описанные международным стандартом МЭК 61850 [1]. Безусловно, могут использоваться и другие протоколы, разработанные под конкретный объект (MODBUS, DNP3), но МЭК 61850 позволяет объединить все входящие и исходящие данные в одну систему, что является неоспоримым плюсом в удобстве использования.

В стандарте описаны два основных протокола: MMS и GOOSE. Рассмотрим их подробнее.

Протокол MMS (Manufacturing Message Specification) – определяет наборы стандартных объектов (устройства и приборы на подстанции), стандартных сообщений (в каком виде передаются сообщения) и правил кодирования (как кодировать и декодировать сообщение во время передачи).

Несмотря на название, коммуникационным протоколом MMS не является, он лишь определяет откуда и в каком виде информация передается. MMS использует коммуникационный протокол TCP/IP, который, в свою очередь, также описывает семейство протоколов передачи информации, включая в себя такие протоколы как: HTTP, IP, TCP, DNS, WLAN, Ethernet и другие.

Протокол GOOSE (Generic Object-Oriented Substation Event) – предназначен для связи между устройствами релейной защиты. Сообщения этого протокола имеют повышенный приоритет и передаются в обход стандартных протоколов.

Важно понимать, что сетевые протоколы зачастую являются абстракциями, для определения задач протокола нужен лишь верхний их уровень.

Поднимая тему преимуществ цифровых подстанций перед обычными, хочется отметить некоторые из них: высокая надежность, обеспечиваемая за счет исключения из работы человеческого фактора, удешевление эксплуатации, так как цифровые подстанции почти не требуют задействования персонала и занимают намного меньше места, чем стандартные, повышение эффективности использования ресурсов, возможное за счет более точной информации о состоянии сети и оборудования, а также высокая экологичность, ведь автоматика позволяет снизить потери электроэнергии [3, 4].

В заключение отметим, что цифровые подстанции являются будущим всей сферы распределения электроэнергии. Они обладают рядом существенных преимуществ, позволяющих повысить безопасность, снизить затраты на эксплуатацию и повысить экологичность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МЭК 61850-5:2003 «Сети и системы связи на подстанциях. Часть 5. Требования к связи для функций и моделей устройств».
2. Лобур И.А., Назаров К.А. К вопросу об автоматизации цифровой подстанции // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. – 2022. – № 3. – С. 16–22.
3. Жукова Е. Цифровая подстанция – важный элемент интеллектуальной энергосистемы [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.ruscable.ru/news/2017/09/26/TSifrovaya\\_podstantsiya\\_vazhnyj\\_element\\_intellekt/](https://www.ruscable.ru/news/2017/09/26/TSifrovaya_podstantsiya_vazhnyj_element_intellekt/) (дата обращения: 15.11.2024).
4. Полковниченко Д.В., Яковенко Д.В. Анализ построения цифровых подстанций // Материалы 10-й Международной научно-практической конференции «Инновационные перспективы Донбасса». – Т. 2. Перспективы развития электротехнических, электромеханических и энергосберегающих систем. – 2024. – С. 183–190.