

УДК 621.311

**ЦИФРОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ
DIGITAL SUBSTATIONS**

А.А. Могильницкая

Научный руководитель – В.В. Макаревич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Mogilnitskaya

Supervisor – V. Makarevich, senior lecturer
Belarusian National Technical University, Minsk

Аннотация: в данной статье затрагивается тема развития энергетики, а именно внедрение цифровых подстанций. В статье изложены достоинства и недостатки цифровых подстанций и пример их реализации в Республике Беларусь.

Abstract: this article touches on the topic of energy development, namely the introduction of digital substations. The article outlines the advantages and disadvantages of digital substations and an example of their implementation in the Republic of Belarus.

Ключевые слова: цифровые подстанции, современные технологии, дистанционный мониторинг, электроэнергия, автоматизация.

Keywords: digital substations, modern technologies, remote monitoring, electric power, automation.

Введение

В энергетической программе любой страны стоит важная задача: развитие энергетической промышленности и повышение эффективности производства при минимальных затратах на базе развития научно-технического прогресса. За два последних десятилетия появились цифровые подстанции. Благодаря внедрению микропроцессора в автоматизацию, произошел скачок от «обычной сети» до «умной». Цифровой мир позволил значительно расширить рамки управления, контроля и сбора данных.

Основная часть

Цифровая подстанция (ЦПС) – автоматизированная подстанция, оснащенная взаимодействующими в режиме единого времени цифровыми информационными и управляющими системами и функционирующая без присутствия постоянного дежурного персонала.

Работа и управление такими подстанциями базируется на программно-техническом комплексе цифровой подстанции (ПТК ЦПС), разделенном на структурные уровни (процесса, присоединения и подстанции), которые объединяются между собой посредством сегментов локально-вычислительной сети Ethernet. Сегменты локально-вычислительной сети (ЛВС) образуют шину процесса, объединяющую уровни процесса и присоединения, и шину подстанции, объединяющую уровни присоединения и подстанции.

Эти инновации помогут решить такие проблемы в обслуживании и эксплуатации энергетических комплексов:

- сложность контроля энергокомплексов. Большинство энергетических объектов расположено в труднодоступных местах. Добраться до них, чтобы провести технический мониторинг достаточно сложно;
- значительное снижение количества кабельных связей в составе комплекса и их полная диагностируемость, что ускоряет поиск неисправности и сокращает время восстановительного ремонта;
- убытки из-за нерационального расхода топлива и электроэнергии. Из-за того, что энергосетевые комплексы сложно контролировать силами сотрудников, расходуется больше ресурсов, чем необходимо. Электростанции вырабатывают энергию с избытком, и при этом теряют деньги;
- снижение объемов и частоты периодических проверок за счет организации более оптимального планирования профилактических и необходимых восстановительных работ;
- нештатные ситуации в связи с поломками. Самостоятельно следить за износом и состоянием оборудования – сложная задача. Установки внезапно ломаются, приводят к авариям. Компании остаются без электроэнергии и несут убытки.

Разберемся, как именно современные технологии на цифровых подстанциях решат эти проблемы энергетической отрасли. Проще контролировать энергокомплексы с помощью беспилотников. Некоторые подстанции уже сейчас контролируют оборудование с помощью дронов, оснащенных камерами и датчиками. Аппараты снимают линии электропередачи, выявляют нарушения и попытки несанкционированного доступа на объекты и передают актуальные данные в диспетчерские пункты. Дистанционный мониторинг помогает лучше контролировать энергокомплексы и снизить убытки. Внедряя системы на базе интернета вещей (IoT), производители электроэнергии эффективнее используют ресурсы, уменьшают потери электроэнергии и оптимизируют строительство новых мощностей. Также искусственный интеллект и машинное обучение просчитывают износ и предсказывают аварии. В электроэнергетике уже сейчас используют оборудование на основе искусственного интеллекта. С его помощью оптимизируют управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования. В основе таких инструментов лежит предиктивная аналитика средствами машинного обучения. Система собирает большие массивы данных, собранных датчиками и прогнозирует события. Цифровое обеспечение может отразить полный цикл работы подстанции и показать сроки износа оборудования в зависимости от условий эксплуатации. Благодаря этому заранее предотвращают сбои и аварии на объекте.

Недостатки:

- необходимость квалифицированного обслуживающего персонала;
- требует установку нового дорогостоящего оборудования, которое пока имеет небольшой период опытной эксплуатации;
- совместимость разнородного оборудования;
- вопрос кибербезопасности.

Реализация в Республике Беларусь

Концепция цифровой подстанции реализована на ПС-110 «Приречная» с применением системы Hard Fiber Process Bus – системы выносных модулей ввода/вывода с передачей данных по оптоволоконным кабелям. Система включает в себя МПРЗА, оптические кабели и выносные модули ввода/вывода (УСО), которые получили название Bricks (“Кирпичи”). Первым пилотным проектом по внедрению данной технологии стала подстанция АЕР Corridor 345/138 кВ, г. Колумбус, штат Огайо. На базе системы HardFiber была построена дистанционная защита линий Conesville и Hyatt 345 кВ, а также УРОВ на выключателе, соединяющем эти линии в схеме 3/2. 12 модулей Bricks понадобилось для создания дублированной системы: по два модуля на каждый из трех выключателей, два на трансформаторы тока и напряжения каждой из линий, еще два на отдельно стоящий трансформатор тока. Модули крепились к металлическим конструкциям распределительного устройств. Система была сдана в эксплуатацию в 2009г. За время работы было зафиксировано около десяти внешних коротких замыканий, при этом устройства РЗА работали в штатном режиме. При построении системы РЗА на ПС-110 «Приречная» руководствовались двумя основными, взаимно противоречивыми, принципами:

- надёжность – применено полное аппаратное дублирование всех устройств;
- экономичность – максимальное использование всех возможностей каждого устройства для уменьшения числа используемых модулей и соединительных кабелей.

В качестве устройств релейной защиты присоединений 110 кВ были применены микропроцессорные РЗА GE серии UR, в которых платы прямого аналогового ввода были заменены на платы ввода МЭК 61850 (оптический Ethernet). На каждом присоединении 110 кВ установлено по два модуля ввода/вывода (Brick), подключенных к разным кернам ТТ. Также на них заведены вторичные цепи ТН 1С.Ш. 110 кВ и ТН 2С.Ш. 110 кВ. Переключение с одного ТН на другой производится вручную испытательными блоками в зависимости от фиксации каждого присоединения. Операции отключения и включения выключателя выполняются контактами Brick по командам устройств РЗА серии GE UR.

Первая в Белорусской энергосистеме цифровая подстанция «Могилев-330»

На ПС «Могилев-330» устройства релейной защиты управления и противоаварийной автоматики и автоматизированная система управления технологическими процессами MicroSCADA работают в соответствии с международным стандартом IEC 61850 с использованием передовых способов сбора и передачи информации. Связи между всеми элементами цифровой подстанции, т.е. первичным оборудованием, устройствами РЗА и другими устройствами, выполнены посредством оптоволоконных кабелей. Вся необходимая информация по данным кабелям передается в цифровом виде и включает в себя:

- данные о значениях токов и напряжений на оборудовании подстанции и линиях электропередачи (протокол передачи мгновенных значений тока и напряжения МЭК 61850-9-2 (Sampled Values), такой обмен

данных называют «шиной процесса»;

- информацию обмена данными между устройствами РЗА и первичным оборудованием посредством формирования и приема-передачи дискретных сигналов в цифровом виде (протокол GOOSE – Generic Object-Oriented Substation Event, МЭК 61850-8-1), такой обмен данных называют «шиной станции»;

передачу управляющих сигналов MMS (Manufacturing Message Specification – протокол передачи данных по технологии «клиент – сервер»). Реализация концепции «шина станции» и «шина процесса» позволяет добиться высокой степени надежности в части передачи информации, ее резервировании, а значит, и надежности работы подстанции в целом.

Управление всеми коммутационными аппаратами, т.е. ввод и вывод из работы первичного оборудования, устройств РЗА, оперативный персонал может осуществлять дистанционно. При необходимости можно управлять ПС из ЦДС Могилева и даже из ОДУ Минска, т.к. заложенные технологии это позволяют. Причем диспетчер посредством системы видеонаблюдения визуально может контролировать процессы коммутации разъединителей и ножей заземления при их включении или отключении. Применение оптоволоконных кабелей связи на ПС «Могилев-330» позволило отказаться от 75% традиционных медных кабелей. На данной подстанции они используются только в цепях питания оперативным током, обогрева и освещения. Оптоволоконные кабели в отличие от медных имеют ряд существенных преимуществ – высокая помехозащищенность, невозможность возникновения так называемой «земли» – пробоя изоляции кабеля во внешнюю среду, высокая степень диагностики состояния кабеля.

Заключение

В настоящее время в мире началось массовое внедрение цифровых подстанций. Их использование должно позволить в будущем существенно сократить расходы на проектирование, обслуживание, эксплуатацию и т.д. Цифровые технологии дают возможность полного дистанционного контроля, что повысит уровень бесперебойной работы подстанций и более высокую безопасность для самого человека и экологии в целом благодаря уменьшению расходуемого материала и площади, необходимой для строительства подстанции.

Литература

1. Цифровая подстанция [Электронный ресурс]/ цифровая подстанция. – Режим доступа: <https://goo.su/8175>. – Дата доступа: 03.10.2021.
2. Энергетика Беларуси [Электронный ресурс]/ реконструкция и развитие. – Режим доступа: <https://goo.su/817Q>. – Дата доступа: 02.10.2021.
3. Elensis.ru [Электронный ресурс]/ цифровые подстанции. – Режим доступа: <https://clck.ru/Xx9Jg>. – Дата доступа: 03.10.2021.