

УДК 621.316

К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Лобур И.А., к.т.н, доцент кафедры ЭПА
Назаров К.А., студент гр. АЭБ-171
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Человеческие потребности в электроэнергии с каждым годом все больше и больше растут. За последние десять лет нагрузка возросла в несколько раз, а существующие мощности не способны справиться с растущим спросом на электрическую энергию, так как многие подстанции были построены в пятидесятых годах и на данный момент требуют серьезной модернизации. Именно поэтому в электроэнергетике все более активно обсуждаются вопросы о создании цифровых подстанций.

Хотя тенденция перехода на цифровые технологии появилась достаточно давно, идеи применения и их развития на подстанциях возникли относительно недавно. В 2017 году на Петербургском международном экономическом форуме президент РФ призвал сформировать новую нормативную базу для внедрения цифровых технологий во все сферы жизни. Это коснулось и энергетики. На сегодня сформирована концепция "Цифровая трансформация 2030" и появилось понятие "Цифровая подстанция".

Многие ведущие компании в отрасли энергетики работают в этом направлении. Благодаря этому расширяется объем практических и теоретических исследований, появляются новые международные стандарты и создаются опытные образцы оборудования [4].

Оборудование подстанции

Основой любой электрической подстанции являются линии электропередач, трансформаторы, выключатели и распределительные устройства. Их задачей является принять, преобразовать и распределить электроэнергию для нужд различных потребителей. Для управления подстанцией служит вторичное оборудование. Большое число вторичного оборудования на подстанции ведет к ее увеличению, а следовательно и к большим затратам на строительство и модернизацию подстанции. Поэтому, для уменьшения финансовых затрат необходимо уменьшить количество вторичного оборудования, но при этом сохранить все его функции.

По своему назначению оборудование электрических установок разделяют на две группы:

- оборудование первичных электрических цепей, оно генерация, преобразование и передача электрической энергии (в состав может входить следующее оборудование - генераторы, трансформаторы, электрические двигатели);

- оборудование вторичных электрических цепей, оно служит для управления первичным оборудованием, автоматизации его работы и контроля в процессе работы (сюда относят контрольно-измерительные приборы, аппаратура защиты, автоматики, управления и сигнализации, контрольные кабели, релейный отсек шкафа КРУ-10 кВ).

Цифровая подстанция (ЦПС)

Цифровая подстанция (ЦПС) – подстанция, оборудованная комплексом цифровых устройств и терминалов для решения задач релейной защиты и автоматики (РЗА), регистрации аварийных событий, учёта и контроля качества электроэнергии и телемеханики. При этом, и центральные сервера объекта, и все остальное оборудование объединены последовательными каналами связи на единых протоколах. Она позволяет получить единый цифровой поток данных, характеризующий состояние управляемого объекта.

Другими словами – это автоматизированная подстанция, в которой практически все процессы информационного обмена между элементами и управления работой подстанции осуществляются в цифровом виде на основе стандартов МЭК 61850. Внедрение этого стандарта дает возможность связать всё технологическое оборудование ПС единой информационной сетью, по которой передаются данные от измерительных устройств к терминалам РЗА, но и сигналы управления. В основном он используется на подстанциях с классом питающего напряжения 110кВ и выше, но также может применяться в классах 35 кВ, 10 кВ и 6 кВ [6].

Одной из главных целей для создания и развития ЦПС является уменьшение капитальных затрат:

- затрат на кабельную продукцию и кабельные сооружения;
- уменьшение стоимости терминалов и шкафов;
- уменьшение затрат на проектирование и монтаж.

Так же, еще одним фактором для развития является уменьшение эксплуатационных затрат:

- сокращение количества рисков, связанных с внезапным отказом основного электрооборудования;
- уменьшение количества сбоев и повышение стабильности в работе РЗА;
- упрощение обслуживания и эксплуатации метрологических характеристик.

ЦПС поставляются с установленными системами собственных нужд, которые управляются при помощи промышленного контроллера с возможностью свободного программирования. Прежде всего, это направлено на увеличение энергоэффективности систем собственных нужд.

Автоматизация ЦПС

Автоматизация подстанции началась с электромеханических реле, которые использовались для контроля и управления первичным оборудованием. Эти реле были связаны между собой километрами медного кабеля, что в свою очередь тоже несет огромные финансовые затраты. Следующим шагом стала

замена электромеханических реле на автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) на основе микропроцессорных программно-технических комплексов (ПТК), а затем отдельные устройства стали объединять при помощи цифровой связи на основе единого стандарта передачи связи, но проблема большого количества шкафов и километров медного кабеля не была решена.

С появлением технологии передачи сигнала от первичного оборудования к системе управления по цифровым каналам связи позволило избавиться от паутины медных проводов. Но количество шкафов не уменьшилось, а наоборот стало необходимо установить в них дополнительные устройства, которые преобразуют данные измерений в цифровой вид. Лишь благодаря развитию цифровизации в электроэнергетике стало возможным визуализировать все устройства и системы подстанции, которые представляют собой совокупность отдельных шкафов: АСУ ТП, РЗА, ПА (противоаварийная автоматика электроустановок) и т.д., в память компьютера.

Это позволило модернизировать подстанцию и оставить на ней вместо большого количества шкафов всего лишь несколько шкафов с серверами. При этом, каждый сервер обеспечивает резервирование информации. Все линии связи выполнены на основе оптического кабеля, при этом все функции защиты и автоматизации полностью сохраняются.

В рамках АСУ ТП управление оборудованием ведется оперативным персоналом с автоматизированных рабочих мест (АРМ), представляющих собой обычные компьютеры. На экраны АРМ выводятся мнемосхемы, отражающие состояние основного оборудования. Так же важнейшей частью АСУ ТП является микропроцессорное устройство или интеллектуальное электронное устройство (ИЭУ). В их состав входят:

- модули устройств сопряжения с объектом, для получения информации от объекта управления;
- цифровые интерфейсы, для обмена информацией с АРМ-ами и другими интеллектуальными электронными устройствами;
- контроллер, для реализации алгоритмов.

Для того, чтобы все устройства понимали друг друга, обмен данными необходимо осуществляться по специальным протоколам: широко используемый Modbus, МЭК 104 используемый в телемеханике и МЭК 61850 - наиболее мощный и современный протокол.

Разработка прикладного программного обеспечения АСУ ТП можно разделить на три части:

- программирование пользовательского интерфейса;
- программирование ИЭУ;
- конфигурирование цифровых обменов и формирование базы данных.

Программное обеспечение АРМ-ов базируется на основе SCADA - систем (Supervisory control and data acquisition): систем управления и сборов данных. Обычно она обеспечивает работу в двух режимах:

- режим исполнения, производит отображение информации на мнемосхемах операторских станций, прием управляющих команд от операторов для воздействия на исполнительные органы, предупредительной и аварийной сигнализации;

- режим проектирования, в этом режиме осуществляется разработка мнемосхем и других элементов систем контроля и управления [1].

Программирование контроллеров МЭК 61131 осуществляется с помощью специальных языков программирования:

- LD (Ladder Diagram), графический язык, программа представляет аналог релейно-контактной схемы;

- ST (Structured Text), текстовый язык высокого уровня;

- SFC (Sequential Function Chart), графический язык, в котором программа описывается в виде последовательности шагов, объединенных переходами. Он удобен для описания последовательности различных операций, разнесенных по времени, с проверкой возникновения условий для их выполнения [2].

Суть этих разработок состоит в создании программного обеспечения с модульной архитектурой, каждый модуль это единичная функция управления подстанцией. Все функции компонуются в различные виртуальные реле из которых составляются виртуальные терминалы. Весь цикл создания подстанции: проектировка, оборудование, монтаж, наладка, эксплуатация требует достаточно высоких финансовых средств. А используя данный комплекс программного обеспечения позволит намного уменьшить затраты и соответственно снизить количество оборудования, что приведет к упрощению его внедрения в эксплуатацию.

Структурная схема ЦПС

В общем случае структурная схема ЦПС состоит из следующих частей (см. рис.1):

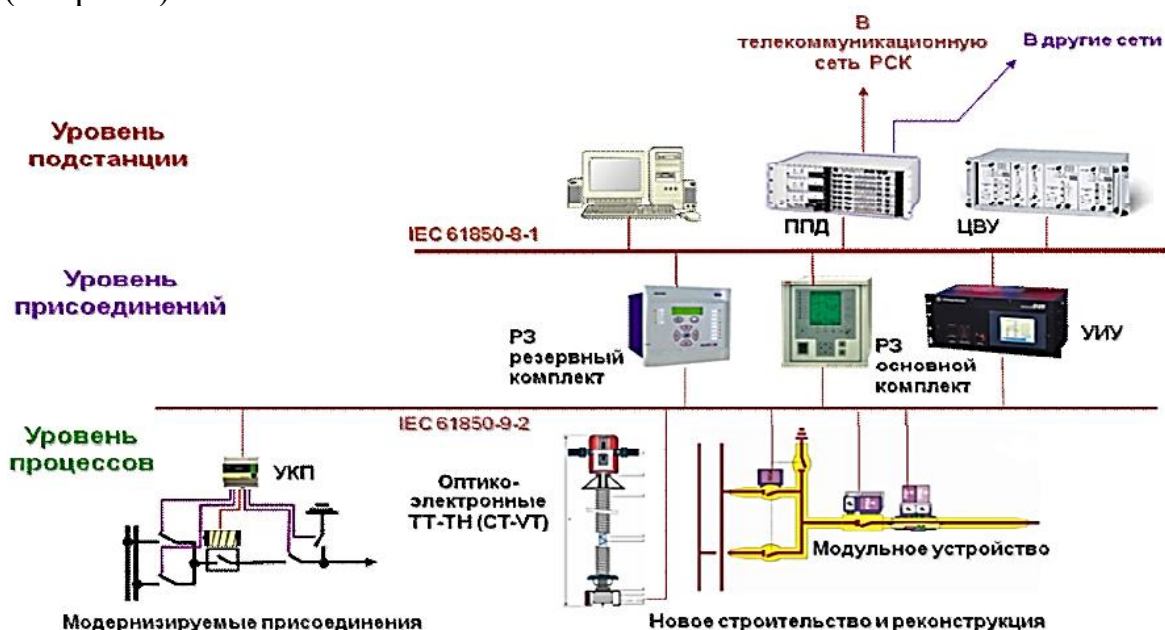


Рисунок 1 – Структурная схема ЦПС

ППД – процессор передачи данных;
ЦВУ – центральное вычислительное устройство;
РЗ – устройство релейной защиты;
УИУ – устройство измерения и управления;
УКП – устройство контроля присоединения.

Для подстанций высокого класса напряжения рекомендуется использовать оптические трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН), а также комплектных и компактных распределительных устройств с встроенными контроллерами присоединений. Преобразования значений дискретных и аналоговых сигналов в цифровой поток происходит в соответствии со стандартом IEC 61850.

Архитектура цифровой подстанции строится следующим образом:

- Применение коммутационных стандартов. В качестве стандарта выбран IEC 61850, так как он включает в себя требования к коммутационным сетям, информационным моделям и протоколам обмена. На подстанции выделяются три уровня: уровень процесса, присоединения и подстанции. Благодаря выбранному стандарту происходит взаимодействие компонентов на каждом уровне;

- Оборудование подстанционного уровня: серверы удаленной коммуникации и мониторинга должны поддерживать информационные протоколы взаимодействия IEC 61850;

- Вторичное оборудование уровня присоединения должно поддерживать обмен с оборудованием подстанционного уровня по сетям Ethernet;

- Оборудование уровня присоединения 110 кВ должно поддерживать обмен по коммутируемым сетям для взаимодействия между собой и взаимодействием с оборудованием уровня процесса. Обмен информацией должен происходить в цифровом виде;

- Оборудование уровня присоединения 35 - 6(10) кВ размещается в закрытых распределительных ячейках вместе с первичным оборудованием. При столь близком расположении присоединений применяются схемы дискретного ввода – вывода информации;

- Первичное оборудование уровня процесса оснащается встроенными контроллерами, которые обеспечивают определение технического состояния оборудования, положение коммутационных аппаратов и управление ими;

- Подстанционная шина и шина присоединений обеспечивают информационный обмен между оборудованием подстанционного уровня и уровня присоединений;

- Информационная шина уровня процесса обеспечивает обмен данными между оборудованием уровня процесса и уровня присоединений. Благодаря этому отпадает необходимость в использовании контрольных кабелей;

- Единая информационная платформа ЦПС основана на единой информационной модели и коммуникационных протоколах, которые используют в единую собранные источники информации, что существенно сокращает количество единиц оборудования подстанции и соответственно финансовые затраты;

- Синхронизация временных выборок требуется для корректного выполнения множества функций в первичных преобразователях: на уровне присоединения для выполнения функций защиты трансформаторов, систем шин, регистрации аварийных происшествий; измерения; управления присоединением; учета электроэнергии [5].

Функциональная схема ЦПС

В составе цифровой подстанции выделяют функциональные подсистемы, ориентированные на конкретные службы и персонал (см. рис.2).

Пользовательский интерфейс всех подсистем реализован на мониторах, на которые выводится информация и происходит оперативное взаимодействие.

У каждой службы АСУ ТП цифровой подстанции имеется свое направление, поэтому выделяется несколько функциональных подсистем:

- Оперативное и диспетчерское управление, которое осуществляет контроль и управление всеми процессами производства, передачи и распределения электрической энергии;

- Управление режимами и мониторинг параметров качества электроэнергии (ПКЭ). С помощью этой системы возможно выявить причины отклонения ПТЭ от установленных норм, произвести оценку надежности системы электроснабжения и работы технологического оборудования потребителей;

- Регистрация параметров переходных процессов в аномальных режимах. При включении-отключении и переключении цепи (при любой коммутации) возникают переходные процессы. Переходный процесс может сопровождаться перенапряжениями или сверхтоками на участках цепи. Задача данной подсистемы заключается в регистрации и контроле получаемых при переключениях параметров для отслеживания корректной работы отдельных участков цепи;

- Информационная поддержка и контроль систем РЗА, ПА и других специализированных систем автоматического управления и регулирования;

- Мониторинг, диагностика состояния и эксплуатации основного технологического оборудования;

- Автоматизация вспомогательных технологических процессов позволяет повысить качество и эффективность работы;

- Информационное взаимодействие и обслуживание;

- Коммерческий и технологический учет электроэнергии. Начальник смены контролирует расходы электроэнергии в час пик, формирует автоматическую отправку отчетов и статистику потребления, а также контролирует качество электроэнергии с помощью программ, собирающих информацию со счетчиков;

- Информационная и общая безопасность. Выполнением этой задачи занимается служба безопасности.

У подстанций 6-35 кВ ряд функциональных подсистем отсутствует [5].

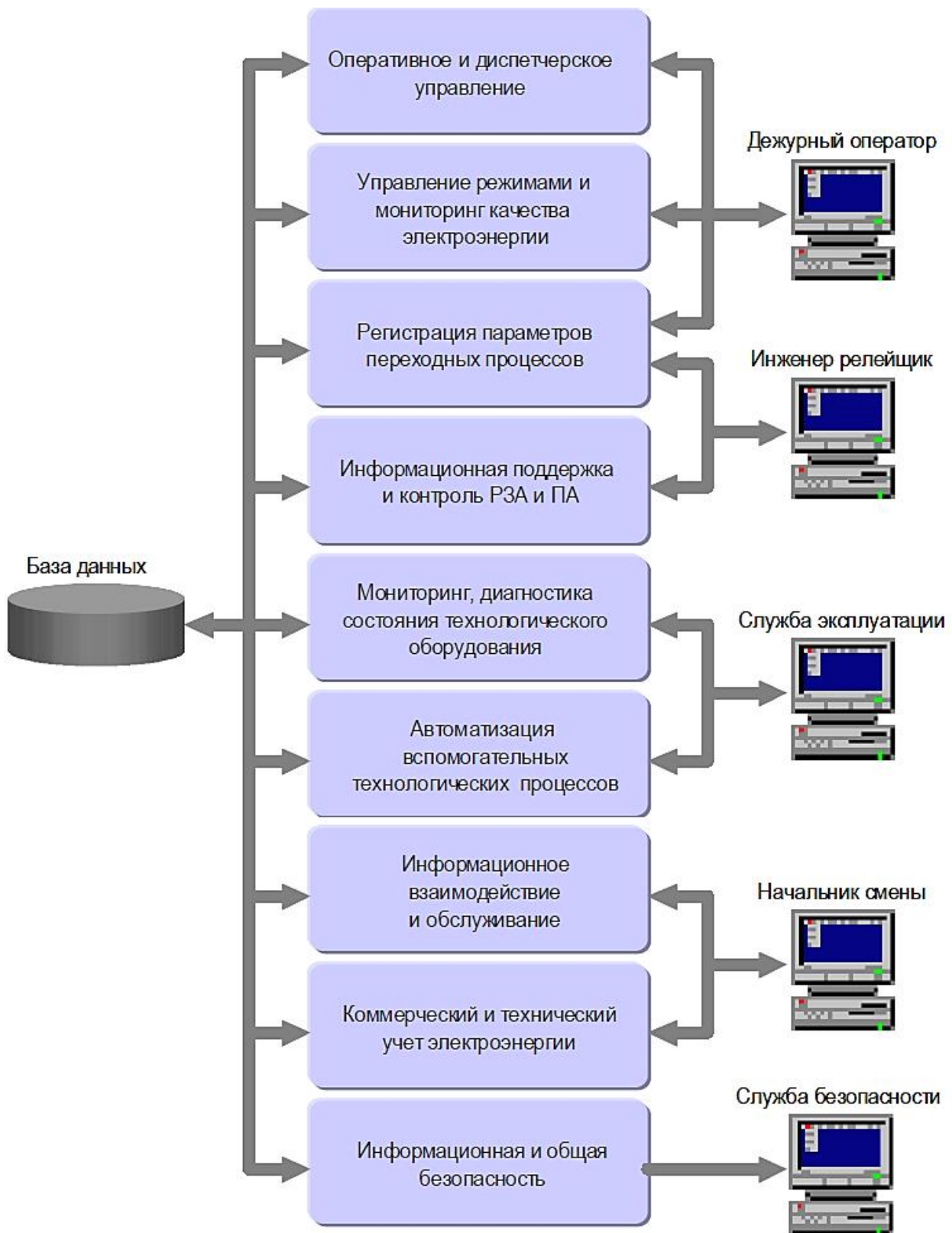


Рисунок 2 – Функциональная схема ЦПС

Заключение

Благодаря развитию и внедрению цифровых подстанций имеется возможность перейти к передаче сигналов в цифровом виде на всех уровнях управления ПС. За счет этого уменьшаются затраты на кабельные вторичные

цепи и каналы их прокладки из-за приближения источника цифровых сигналов к первичному оборудованию. С переходом на оптоволоконные линии связи повышается электромагнитная совместимость вторичного оборудования: микропроцессорных устройств и вторичных цепей.

Так же, вводя в эксплуатацию ЦПС, можно решить проблему, связанную с большими объемами выделяемой земли на постройку подстанции, в виду сокращения количества вторичного оборудования.

Список литературы:

1. Давыдов В. Г. SCADA-СИСТЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ. Введение (SCADA-система GeniDAQ) / Учебное пособие: Санкт-Петербург, 2010.
2. Языки программирования промышленных контроллеров (ПРК): сайт. – URL: <http://armo-training.ru/assets/files/presentation/jci/sfc.pdf> (дата обращения: 05.07.2020). – Текст: электронный.
3. Цифровая подстанция. Взгляд компании SIEMENS: сайт. – URL: <http://digitalsubstation.com/blog/2016/05/30/siprotec-5-novoe-ustrojstvo-kompanii-siemens/> (дата обращения: 05.07.2020). – Текст: электронный.
4. Цифровая подстанция - важнейший элемент цифровой системы: сайт. – URL: https://www.ruscable.ru/article/Tsifrovaya_podstantsiya__vazhnyj_element_intellektualnoj_energostiste/ (дата обращения: 06.07.2020). – Текст: электронный.
5. Концепция цифровой подстанции РСК и этапы ее реализации: сайт. – URL: http://oldcpd.mrsksevzap.ru/517.pdf-t=Konceptija_CPS_RSK.pdf (дата обращения: 10.07.2020). – Текст: электронный.
6. Цифровые подстанции. Российские и зарубежные: НТД, опыт, примеры: сайт. – URL: <https://elensis.ru/2019/04/20/> (дата обращения: 10.07.2020). – Текст: электронный.