



Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.316

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

¹ Баязитов И.А., ²Хусаинова Е.А.

ФГБОУ ВО "КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ",
Казань, Россия (420066, Республика Татарстан, город Казань, Красносельская ул. д. 51), e-mail: ¹ slikeslikeslikebia@gmail.com, ² ekaterina0686@yahoo.com

Статья представляет обзор мировых тенденций развития цифровых подстанций (ЦПС), с акцентом на стандарте МЭК 61850. В работе рассмотрены современные технологические решения и преимущества ЦПС, проанализированы их основные принципы и функциональные возможности. Особое внимание уделено перспективам и значимости внедрения ЦПС для повышения эффективности и надежности энергосистем.

Ключевые слова: Цифровые подстанции, МЭК 61850, автоматизация, энергетические системы, стандарты, сети связи, передача данных, эффективность, надежность, инновации, современные требования, технологические решения.

WORLD TRENDS IN DIGITAL SUBSTATION DEVELOPMENT

¹ Bayazitov I.A., ²Hussainova E.A.

KAZAN STATE POWER ENGINEERING UNIVERSITY, Kazan, Russia (420066, Republic of Tatarstan, Kazan, Krasnoselskaya ul., 51), e-mail: ¹ slikeslikeslikebia@gmail.com, ² ekaterina0686@yahoo.com

The article provides an overview of global trends in the development of digital substations (DS), with a focus on the IEC 61850 standard. The paper examines modern technological solutions and advantages of DS, analyzes their basic principles and functional capabilities. Special attention is given to the prospects and significance of implementing DS to enhance the efficiency and reliability of power systems.

Keywords: Digital substations, IEC 61850, automation, power systems, standards, communication networks, data transmission, efficiency, reliability, innovations, modern requirements, technological solutions.

Существующие технологические решения в рамках единой энергетической сети (ЕЭС) устарели и не отвечают современным требованиям. Новые технологии, включая стандарт МЭК 61850, открывают новые перспективы для автоматизации энергетических систем, внося инновационные методы и стандарты. Цифровая подстанция основана на указанных стандартах, представляя собой современную технологию для управления и автоматизации энергетическими системами. Процесс автоматизации подстанции включает объединение существующих устройств в новую сетевую инфраструктуру, создавая автоматизированную сеть связи [1, с. 11].

Для перехода к мировым тенденциям развития цифровых подстанций важно понимать их составные части и организацию логических уровней в единую систему.

Цифровая подстанция, как комплексный технический объект, включает в себя ряд ключевых компонентов и функций. Среди них важно отметить передачу данных в цифровом формате между терминалами релейной защиты автоматики (РЗА) и контроллерами автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). Также необходимо использование электронных и электромагнитных измерительных трансформаторов с цифровым интерфейсом, что позволяет эффективно осуществлять мониторинг и управление процессами. Важным аспектом является телеуправление коммутационными аппаратами и системы мониторинга технического состояния оборудования подстанции, обеспечивающие надежность и безопасность работы [2, с. 77]. Кроме того, наличие системы контроля качества электроэнергии позволяет обеспечить соответствие энергетических параметров требованиям стандартов. Внедрение системы автоматизированного контроля и управления объектами электроэнергетики (АСКУЭ) играет важную роль в повышении эффективности и оперативности управления подстанцией. Особое значение имеет использование цифровой шины процесса и обмена данными по оптоволоконным соединениям в соответствии с МЭК 61850, что обеспечивает надежную и быструю передачу информации между первичным и вторичным оборудованием. Для обеспечения совместимости и эффективной работы всех устройств необходимо поддерживать обмен данными по стандартам МЭК-61850-8-1 (MMS, GOOSE), предназначенным для обмена данными как между устройствами верхнего уровня, так и между терминалами РЗА и контроллерами присоединений [3, с. 42]. Использование электронного проектирования согласно стандартам МЭК-61850 позволяет оптимизировать процесс проектирования и настройки подстанции, что сокращает время наладки и обеспечивает более эффективную работу оборудования.

В соответствии со стандартом МЭК 61850-3, подстанции подразделяются на три основных уровня: станции, присоединения и процесса (см. Рисунок 1).

На уровне станции осуществляются различные функции, включая протоколирование нарушений работы, защиту шин, а также контроль диспетчера и синхронизацию времени. Уровень присоединений отвечает за реализацию релейной защиты, мониторинг линий и сбор данных о нарушениях, а также функционирование локальной противоаварийной автоматики [4, с. 171]. Наконец, уровень процессов отвечает за сбор и протоколирование данных о работе оборудования, а также за выполнение команд управления. Такое разделение позволяет организовать работу подстанции наиболее эффективным образом, обеспечивая надежность и безопасность электроснабжения.

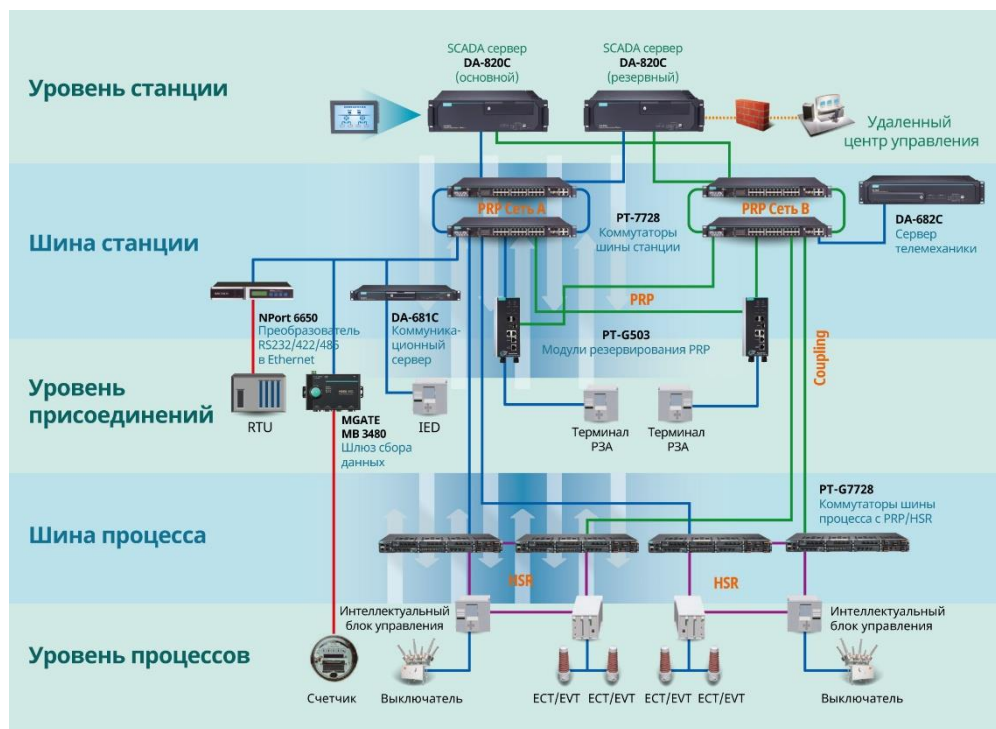


Рисунок 1 – Логические уровни ЦПС

Именно с составными частями ЦПС и логическими кровнями связаны основные мировые тенденции развития в области цифровизации энергетики. Так как при цифровизации ПС уменьшается количество оперативного оборудования, увеличивается объём задействования программного обеспечения (ПО) для регулирования, контроля и диагностики работы системы.

Итак, для начала рассмотрим протоколы передачи данных. Стандарт МЭК устанавливает основные протоколы обмена данными на подстанции, каждый из которых имеет свою уникальную функциональность [5, с. 20]. Протокол MMS (Manufacturing Message Specification) используется для непрерывного мониторинга состояния подстанции, обеспечивая обмен сообщениями между всеми устройствами в системе. Этот протокол предоставляет эффективный механизм обмена информацией и координации действий различных компонентов. Протокол GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events) предназначен для передачи критически важных данных о событиях на подстанции. Его использование обеспечивает быструю и надежную передачу информации о событиях, что является ключевым аспектом для обеспечения безопасности и эффективности работы подстанции. Протокол SMV (Sampled Measured Values) предоставляет возможность передавать данные от измерительных систем по локальной сети. Этот протокол обеспечивает точную и частую передачу измеренных значений, что является важным для мониторинга и управления процессами на подстанции [6, с. 179].

Для построения сетей связи на интеллектуальных подстанциях доступны Ethernet-коммутаторы серии PowerTrans (PT), которые выпускаются и сертифицируются в соответствии с международными стандартами IEC 61850 и IEEE1613. Это оборудование соответствует всем требованиям по производительности, надежности и электромагнитной

совместимости, предъявляемым к системам автоматизации объектов электроэнергетики. Ключевыми уязвимыми местами в коммутаторах являются блок питания и оптические порты. Именно поэтому разработчики уделяют особое внимание возможности мониторинга этих компонентов. Так, коммутаторы оборудованы функциями Dying Gasp и Fiber Check, которые позволяют оперативно обнаруживать и реагировать на проблемы с питанием и оптическими соединениями.

Коммутаторы обеспечивают резервные блоки питания и функцию Dying Gasp для оповещения о потере питания. Функция Fiber Check используется для диагностики оптических портов. Технологии DDM и Fiber Check обеспечивают мониторинг оптических параметров и оперативное реагирование на изменения в сети. GOOSE Check используется для мониторинга GOOSE сообщений. PRP и HSR гарантируют бесповторное резервирование сети, не допуская прерывания связи даже на миллисекунды. При использовании PRP формируются две независимые сети, а HSR дублирует и передает кадры в обоих направлениях кольца.

Технология QoS (Quality of Service) используется для установления приоритета обслуживания различных типов трафика. В стандарте IEC 61850 QoS обеспечивает приоритетную доставку критически важных пакетов, отделяя их от общего трафика. IEEE 1588 v2 обеспечивает синхронизацию времени на подстанциях для точности измерительных систем и систем управления. Этот стандарт использует протокол PTP (Precision Time Protocol) для гарантированной точности синхронизации. Стандарт МЭК 61850-90-4 описывает систему управления устройствами МЭК 61850 с использованием протокола MMS для обмена данными. Это позволяет централизованно управлять сетями передачи данных и подключенным оборудованием, в том числе взаимодействовать со SCADA-системами, повышая эффективность управления и сокращая затраты на обслуживание [7, с. 28].

В заключение, развитие цифровых подстанций с использованием стандарта МЭК 61850 представляет собой существенный прорыв в сфере энергетики. Эти передовые системы обеспечивают эффективное управление и автоматизацию энергосистем, основанные на инновационных технологиях сбора и анализа данных. Переход к цифровым подстанциям открывает новые перспективы для оптимизации работы энергетических систем и повышения их эффективности в соответствии с современными требованиями.

Список литературы

1. Казакова Е.А. Актуальность применения цифровых подстанций // Казакова Е.А., Зуев И.Н., Щекочихин А.В. / «Актуальные исследования» Международный научный журнал. 2021. № 22 (49). С. 10-13.
2. Ильинчик В. А. Цифровые подстанции // Ильинчик В. А., Баран А. Г., Будников В. В. / Актуальные проблемы энергетики. СНТК 70. 2019. С. 77-79.
3. Туровец Ю. «Зеленая» цифровая трансформация в электроэнергетике // Туровец Ю., Проскуракова Л., Стародубцева А., Бьянко В. / Форсайт. 2021. Т. 15. № 2. С. 39-46
4. Гаврилов Ф.В. Основные преимущества и недостатки цифровой электрической подстанции // Гаврилов Ф.В. / Теория и практика современной науки. 2018. №6 (36). С. 169-173.
5. Аношин А. О. Стандарт МЭК 61850. Структура документа / А. О. Аношин, А. В. Головин // Новости электротехники. 2017. №4. С. 18-20.

6. Adeyemi A. et al. Blockchain Technology Applications in Power Distribution Systems // The Electricity J. 2020. Vol. 33. No. 8.
7. Menzel T., Teubner T. Green Energy Platform Economics — Understanding Platformization and Sustainabilization in the Energy Sector // Intern. J. of Energy Sector Management. 2020. Dec. 23.

References

1. Kazakova E.A. The relevance of the use of digital substations // Kazakova E.A., Zuev I.N., Shchekochikhin A.V. / "Actual research" International Scientific Journal. 2021. No. 22 (49). pp. 10-13.
 2. Ilyinchik V. A. Digital substations // Ilyinchik V. A., Baran A. G., Budnikov V. V. / Actual problems of energy. SNTK 70. 2019. pp. 77-79.
 3. Turovets Yu. "Green" digital transformation in the electric power industry // Turovets Yu., Proskuryakova L., Starodubtseva A., Bianko V. / Foresight. 2021. Vol. 15. No. 2. pp. 39-46
 4. Gavrilov F.V. The main advantages and disadvantages of a digital electric substation // Gavrilov F.V. / Theory and practice of modern science. 2018. No.6 (36). pp. 169-173.
 5. Anoshin A. O. IEC 61850 standard. The structure of the document / A. O. Anoshin, A.V. Golovin // News of electrical engineering. 2017. No.4. pp. 18-20.
 6. Adeyemi A. et al. Blockchain Technology Applications in Power Distribution Systems // The Electricity J. 2020. Vol. 33. No. 8.
 7. Menzel T., Teubner T. Green Energy Platform Economics — Understanding Platformization and Sustainabilization in the Energy Sector // Intern. J. of Energy Sector Management. 2020. Dec. 23.
-