

УДК 621.316

**ОСНОВНЫЕ ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**Шубкина Т.С.¹, студент гр. ЭПб-221, III курс,Михно В.Р.¹, студент гр. ЭПб-221, III курсНаучный руководитель: Беляевский Р.В.¹, к.т.н., заместитель проректора
по научной работе и международному сотрудничеству - начальник НИУ¹Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Электроэнергетика – важная отрасль, которая играет ключевую роль в экономике и технологической инфраструктуре России. Переход к использованию цифровых технологий – это тренд, который активно внедряется во все аспекты экономической деятельности, в том числе в электроэнергетическую отрасль, для повышения эффективности, надежности и безопасности технологического комплекса.[1]

Большая часть современного электросетевого хозяйства России была построена еще в советское время и на сегодняшний день, очевидно, нуждается в модернизации. Применение цифровых технологий может стать одним из таких направлений его развития. Внедрение цифровых технологий в электроэнергетике России набирает обороты, особенно в условиях высокого износа электросетевых и генерирующих активов.[2]

Преимущества применения цифровых технологий в электроэнергетике:

- оперативное реагирование на изменения в нагрузке и снижение издержек;
- уменьшение количества аварий на объектах электроэнергетики, связанных с техническим состоянием;
- повышение доступности данных и использование собранной информации для принятия взвешенных решений;
- сокращение количества персонала.

Примеры применения цифровых технологий в электроэнергетике:

- переход от обычных подстанций к высокоавтоматизированным (или цифровым);
- использование программируемых логических контроллеров для управления технологическим процессом на электростанциях;
- использование цифровых двойников энергообъектов для моделирования их работы;
- использование беспилотных воздушных судов для обследования линий электропередачи и выявления повреждений.

Рассмотрим основные цифровые технологии, применяемые в настоящее время в российском электроэнергетическом комплексе.

Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) представляет собой комплексную структуру, нуждающуюся в регулярном контроле и технической поддержке. Однако в упрощенном виде ее архитектура включает три основных блока: получение данных, их пересылку и обработку.

Основные задачи, решаемые АСКУЭ с применением цифровых приборов учета, заключаются в следующем:

- автоматизированный сбор данных об объемах потребленной электроэнергии;
- сохранение полученной информации в архиве;
- преобразование данных для совместимости с другими системами;
- экспорт полученных данных в информационные системы для последующего анализа и обработки;
- формирование наглядных отчетов в виде схем, графиков и диаграмм, обеспечивающих оперативный доступ к необходимой информации и упрощающих ее анализ.

Система управления энергопотреблением (EMS) представляет собой комплексное решение, предназначенное для действенного мониторинга, регулирования и оптимизации использования энергии на различных энергетических объектах.

Ключевая задача EMS заключается в оперативном сборе и обработке данных об энергопотреблении. Система агрегирует информацию из разнообразных источников, включая приборы учета энергии, датчики климатических параметров, системы регулирования микроклимата и другие устройства. Полученные данные подвергаются анализу для определения наиболее эффективных режимов функционирования системы энергоснабжения и выявления участков с повышенным потреблением электроэнергии или неисправностями.[8]

Высокоавтоматизированные или цифровые подстанции (ЦПС) – это современные энергетические объекты, которые используют цифровые технологии для управления, контроля и мониторинга процессов.

Преимуществами цифровых подстанций являются:

- повышенная надежность за счет отсутствия ошибок, связанных с человеческим фактором и возможностью быстрого выявления и устранения неисправностей;
- повышение энергоэффективности, которое достигается благодаря улучшенному распределению нагрузки, что способствует уменьшению потерь;
- гибкость в интеграции с другими цифровыми системами;
- удаленное управление и мониторинг системой, что минимизирует время нахождения персонала на объекте без отрицательных последствий;
- снижение затрат на обслуживание и ремонт, за счёт меньшего количества механических компонентов, требующих регулярного контроля, обслуживания и ремонта;
- быстрое отключение в случае аварийной ситуации;

– и меньшего количества аппаратуры и кабелей благодаря цифровой передаче данных, минимизация выбросов в почву и атмосферу, что способствует повышению экологичности подстанций.

SCADA-система – это инструментальная программа, обеспечивающая создание программного обеспечения для автоматизации контроля и управления технологическим процессом в режиме реального времени. Основная цель создаваемой с помощью SCADA программы – дать оператору, управляющему технологическим процессом, полную информацию об этом процессе и необходимые средства для воздействия на него.

Основные задачи SCADA-системы:

- сбор данных от датчиков и представление их оператору в удобном для него виде, включая графики изменения параметров во времени;
- дистанционное управление исполнительными механизмами;
- ввод заданий алгоритмам автоматического управления;
- реализация алгоритмов автоматического контроля и управления (чаще эти задачи возлагаются на контроллеры, но SCADA-системы тоже способны их решать);
- распознавание аварийных ситуаций и информирование оператора о состоянии процесса;
- формирование отчетности о ходе процесса и выработке продукции [11].

Smart Grid («интеллектуальные электрические сети») – это модернизированные электрические сети, которые используют информационные и коммуникационные технологии для сбора информации об производстве электроэнергии и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надежность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии.

Преимущества Smart Grid:

- мониторинг и предоставление отчетности обо всех субъектах электрической сети;
- повышение энергоэффективности сети за счет уменьшения потерь в электросетевых элементах путем выбора более оптимальных маршрутов доставки электроэнергии для потребителей большой мощности.

Вместе с тем, сегодня основная номенклатура изделий для инвестиционных проектов, технологического присоединения, ремонтов на рынке есть, и производят их российские заводы – в Москве, Самаре, Тольятти, Санкт-Петербурге, Великих Луках, на Урале [6].

Цифровизация в электроэнергетике может привести к значительным изменениям в отрасли. Ожидается повышение эффективности и снижение себестоимости производства энергии, улучшение качества электроснабжения потребителей, создание новых интеллектуальных экосистем, максимально приближенных к абонентам. Развиваются концепции «цифровых

электростанций», по прогнозам, это может привести к увеличению доходов энергетических предприятий на 3-4% в краткосрочной перспективе [4].

В конце 2020 года ПАО «Россети» запустила цифровые энергообъекты сразу в четырех регионах России – в Ханты-Мансийском автономном округе, Краснодарском крае, Вологодской и Ленинградской областях. К 2030 году в зоне ответственности компании будет действовать порядка 1200 цифровых подстанций [5].

В таблице 1 представлен обзор цифровых технологий в электроэнергетическом комплексе России, построенный на основе открытых источников информации.

Таблица 1

Обзор цифровых технологий в электроэнергетическом комплексе
Российской Федерации

| Наименование технологии | Наименование энергообъекта | Регион | Год внедрения |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Цифровая подстанция | Подстанция 110/35 кВ «Заря» [3] | Ростовская область | 2021 |
| Цифровая подстанция | Подстанция 220 кВ «Анна» [9] | Свердловская область | 2020 |
| Цифровая подстанция | Подстанция 110 кВ «Ангарская» [10] | Краснодарский край | 2020 |
| Цифровая подстанция | Подстанция «Азино 110 кВ» | Республика Татарстан | 2023 |
| АСКУЭ | КАО «Азот» | Кемеровская область - Кузбасс | 2014 |
| Smart Grid | ПАО «МОЭСК» | Московская область | 2018 |
| EMS | ПАО «Татэнерго» | Республика Татарстан | 2021 |
| EMS | ПАО «Россети» | По всей России | Постепенно с 2012 |

Для более активного развития цифровых технологий в электроэнергетике России необходимо устранить ряд барьеров и создать благоприятные условия. Ключевыми факторами, которые могут ускорить интеграцию цифровых технологий в электроэнергетику России являются:

- государственная поддержка и финансирование (увеличение инвестиций через такие программы, как «Цифровая энергетика», которая утверждена распоряжением от 28.07.2017 №1632-р);
- совершенствование нормативно-правовой базы (разработка и внедрение современных стандартов и регламентов для цифровых технологий);
- развитие инфраструктуры (модернизация существующей электроэнергетической инфраструктуры для поддержки цифровых технологий);

Факторами, сдерживающими развитие цифровых технологий, являются:

- высокая стоимость внедрения и обучения персонала работе с новыми технологиями;
- сложность проектирования и настройки цифровых систем, а также возможная несовместимость с уже установленным оборудованием подстанции при процессе цифровизации.
- необходимость постоянного обновления программного обеспечения оборудования и систем защиты, чтобы исключить возможность кибератак [7];
- риски масштабных сбоев при выходе цифровых систем из строя из-за невозможности резервирования важных цифровых компонентов,
- уход из России многих зарубежных производителей электротехнического оборудования и санкционные ограничения, что несомненно сказалось на электросетевом комплексе России.

Переход электроэнергетического комплекса на цифровые технологии – это комплексная и разносторонняя трансформация, содержащая в себе как существенные выгоды, так и потенциальные опасности. Основопологающим элементом успеха является способность компаний и их персонала адаптироваться к новым инструментам и извлекать преимущества от цифровизации. Важно соблюдать равновесие между инновациями и защищенностью, между желанием технологического развития и поддержанием устойчивости энергосистемы.

Вклад государства в эту трансформацию огромен, поскольку оно устанавливает правила и создает мотивацию для развития национальных технологий. В конечном счете, результативная цифровизация электроэнергетики способна стать определяющим фактором в укреплении конкурентоспособности российской экономики в целом.

Список литературы:

1. Интеграция цифровых технологий в энергоснабжение образовательно-развлекательных комплексов / Energy-Systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energy-systems.ru/main-articles/proektirovanie-elektriki/integratsiya-tsifrovyyh-tehnologiy-v-energосnabzhenie-obrazovatelno-razvlekatelnyh-kompleksov> (дата обращения 20.02.2025).
2. Цифровизация в электроэнергетике: на пути к новой реальности / Рынок Электротехники. Отраслевой портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://marketelectro.ru/content/cifrovizaciya-v-elektroenergetike-na-puti-k-novoy-realnosti> (дата обращения 21.02.2025).
3. ПС 110/35 кВ «Заря» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smrte.ru/proekty/ps-110-35-kv-zarya/> (дата обращения 25.02.2025).
4. Преимущества и риски цифровизации в электроэнергетике / Элек.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/publications/tsifrovye-tekhnologii-svjaz-izmerenija/8424/> (дата обращения 25.02.2025).

5. Шаг в будущее: зачем «Россети» строят цифровые подстанции – Новые Известия – новости России и мира сегодня. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://newizv.ru/news/2020-12-29/shag-v-budushee-zachem-rosseti-stroyat-tsifrovye-podstantsii-323517?ysclid=m7xpwums4875100703%20> (07.03.2025).

6. Скажутся ли последствия санкций на российской энергетике - Российская газета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2023/03/29/reg-urfo/otrasl-pod-napriazheniem.html> (07.03.2025).

7. Российскую энергетику ждет цифровой рывок // Энергетика и промышленность России. – № 03-04 (479-480). – 2024. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/epr/479-480/8375195.htm> (дата обращения 25.02.2025).

8. Цифровые технологии в энергетике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2023/RM23/pages/Articles/021416.pdf> (дата обращения 25.02.2025).

9. Уральская подстанция «Анна» переведена на дистанционное управление / ComNews [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comnews.ru/digital-economy/content/208653/2020-08-18/2020-w34/uralskaya-podstanciya-anna-perevedena-distancionnoe-upravlenie> (дата обращения 25.02.2025).

10. «Россети» ввели цифровые подстанции в четырех регионах / ТАСС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/10343971> (дата обращения 25.02.2025).

11. Всё о SCADA. Статья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en-res.ru/stati/scada.html> (дата обращения 14.03.2025).

Информация об авторах:

Шубкина Татьяна Сергеевна, студент гр. ЭПб-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, tusyonok@yandex.ru

Михно Вадим Русланович, студент гр. ЭПб-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, 222085@kuzstu.ru

Беляевский Роман Владимирович, к.т.н., заместитель проректора по научной работе и международному сотрудничеству - начальник НИУ, доцент кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, brv.egpp@kuzstu.ru