

УДК 620.91

DOI 10.51691/2541-8327_2021_4_11

**УПРАВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ**

Наумов И.И.

к.т.н., доцент,

*Институт Сферы Обслуживания и Предпринимательства (филиал) Донской
государственный технический университет в г. Шахты*

Россия, Шахты

Тарасюк М. А.

Студент

*Институт Сферы Обслуживания и Предпринимательства (филиал) Донской
государственный технический университет в г. Шахты*

Россия, Шахты

Моторин Д. Е.

Студент

*Институт Сферы Обслуживания и Предпринимательства (филиал) Донской
государственный технический университет в г. Шахты*

Россия, Шахты

Аннотация. Статья посвящена развитию цифровых технологий в электроэнергетике России. В работе доказано, что в последние годы решаются вопросы перехода отрасли на качественно новый путь развития, который, по мнению авторов исследования, должен базироваться на внедрении цифровых технологий и интеллектуальных сетей в электроэнергетике., стали актуальными. В исследовании представлены основные преимущества системы Smart Grid: саморегулирование электроэнергетики и сохранение стабильности и надежности в долгосрочной перспективе. При этом было выявлено, что переход

к цифровым технологиям требует от отрасли формирования новой системы управления активами и производственными единицами, связанной как с надстройкой, так и с созданием новых элементов управления энергетическим комплексом. В то же время ожидается, что внедрение Smart Grid увеличит экономический, экологический, социальный и технологический эффект как для отрасли, так и для национальной экономики в целом. В конце исследования делаются выводы по результатам проделанной работы.

Ключевые слова: энергия; цифровые технологии; электроэнергетика России; национальная экономика, развитие цифровых технологий

***MANAGEMENT AND DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES
IN THE POWER INDUSTRY OF RUSSIA***

Naumov I.I.

Ph.D., associate professor,

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) Don State Technical University in
Shakhty*

Russia, Shakhty

Tarasyuk M.A.

Student

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) Don State Technical University in
Shakhty*

Russia, Shakhty

Motorin D.E.

Student

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) Don State Technical University in
Shakhty*

Russia, Shakhty

Abstract

The article is devoted to the development of digital technologies in the electric power industry of Russia. It is proved in the work that in recent years the issues of the industry's transition to a qualitatively new development path, which, according to the authors of the study, should be based on the introduction of digital technologies and smart grids in the electric power industry, have become relevant. The study presented the main advantages of the Smart Grid system, which are self-regulation of the electric power industry and maintaining stability and reliability in the long term. At the same time, it was revealed that the transition to digital technologies requires the industry to form a new asset and production unit management system related both to the superstructure and the creation of new energy complex management elements. At the same time, it is expected that the introduction of Smart Grid will increase the economic, environmental, social and technological effect both for the industry and for the national economy as a whole. At the end of the study, conclusions are drawn from the results of the work done.

Keywords: energy; digital technologies; electric power industry of Russia; national economy, development of digital technologies

Введение

В Российской Федерации в последние годы наблюдается рост объемов потребления электроэнергии, при этом потребители ставят перед отраслью новые задачи, связанные с обеспечением эффективной работы оборудования, надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей, а также качественного энергоснабжения. поставка электроэнергии. Все это вызвано переходом промышленных предприятий на инновационные и цифровые технологии, остановка которых может привести не только к экономическим последствиям, но и разрушить выстроенную национальную экономическую и военную систему государства. Безусловно, эти требования требуют поиска

новых механизмов их удовлетворения и перехода к новым условиям функционирования электроэнергетики.

В электроэнергетике не только формируются новые задачи, но и увеличивается количество системных проблем, связанных с повышенным износом оборудования, высокой долей потерь электроэнергии, авариями и отказами оборудования и т.д. По последним экспертным оценкам, более половины оборудования используется вне ресурса парка, а общий износ производственных мощностей достигает 50%, при этом предпосылок для повышения эффективности отрасли и перехода на новые технологии нет [1-4].

На наш взгляд, одним из направлений, позволяющих улучшить систему управления электроэнергетикой и, как следствие, повысить ее эффективность, является технология перехода отрасли на Smart Grid.

Материалы и методы.

Целью данного исследования является анализ условий управления и развития цифровых технологий в электроэнергетике Российской Федерации. Для достижения этой цели решаются следующие задачи:

- провести сравнительное описание энергосистем;
- определить положительный эффект от использования цифровых технологий в электроэнергетике.

В исследовании использованы методы факторного, исторического, статистического, логического, сравнительного, экономико-математического, системного анализа и метод экспертных оценок, что позволило авторам решить поставленные задачи.

Результаты

Одним из перспективных направлений внедрения цифровых технологий является Smart Grid - автоматизированная система, передающая

электрическую энергию от производителя к потребителю и способная самостоятельно контролировать и распределять потоки электроэнергии с целью достижения максимальной энергоэффективности. Таким образом, Smart Grid позволяет поддерживать баланс между спросом и предложением на электроэнергию в режиме реального времени [6].

По сравнению с существующими электросетями Smart Grid обладает совершенно новыми функциями и возможностями, которые могут решить ряд проблем, с которыми сталкиваются энергетические компании в России.

В рамках концепции Smart Grid для достижения максимального эффекта от их применения выделяются следующие уникальные функциональные свойства:

- самовосстановление в экстренных ситуациях. Для обеспечения надежного и качественного энергоснабжения необходимо поддерживать состояние всех элементов энергосистемы на определенном уровне, переключившись на управление превентивным аварийным восстановлением [5].

В рамках самовосстанавливающейся энергосистемы предполагается, что максимально возможные отказы сводятся к минимуму за счет сбора данных и интеллектуальных устройств, реализующих специальные методы и алгоритмы принятия решений [5].

Полученные с устройств показатели позволят не только провести полную диагностику состояния оборудования, но и оценить вероятность отказа или аварии, спрогнозировать возможные сбои в работе, а также сформулировать алгоритм необходимых действий для персонала [5].

Таким образом, Smart Grid обеспечивает интеграцию различных устройств электроэнергетики для достижения стабильности всей отрасли и поддержания надежности всего энергетического оборудования;

- моделирование процессов активного потребительского

поведения. В энергосистеме на основе Smart Grid появляется возможность создавать условия, при которых конечный пользователь может регулировать объем покупки электроэнергии в зависимости от стоимости электроэнергии и объемов поставки в определенный период времени. Это свойство энергосистемы в основном направлено на сглаживание пиков энергопотребления, что приведет к минимизации затрат энергокомпаний на эксплуатационные расходы, в частности, использование неэффективных энергоблоков с высоким удельным расходом топлива [5].

Пиковое потребление можно регулировать с помощью онлайн-приложений, предоставляемых коммунальными предприятиями или поставщиками энергии, с помощью которых потребители могут контролировать свое потребление энергии. Кроме того, потребители с собственными источниками генерации смогут действовать как продавцы, продавая свои излишки конечным потребителям [5];

- устойчивость к негативным воздействиям. Это свойство предполагает наличие специальных методов обеспечения стабильности и гибкости всех элементов энергосистемы, заблаговременного предотвращения аварий и восстановления системы в соответствии с требованиями энергетической безопасности. Для обеспечения устойчивости будут использоваться такие устройства, как автоматические выключатели, интеллектуальные системы мониторинга и мониторинга состояния оборудования, которые будут адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды и отражать внешние угрозы. Таким образом, система энергоснабжения на основе Smart Grid поможет сдерживать, предотвращать и обнаруживать вредные воздействия на сеть и другие элементы [5];

- расширение рынка электроэнергии и мощности для конечного потребителя. Свободный доступ к рынкам электроэнергии и мощности отдельных потребителей, имеющих собственный источник генерации за счет

увеличения мощности сетей, а также развитие распределенной энергетики будут способствовать развитию конкурентной среды на рынках. и оптимизация работы электроэнергетических компаний [5];

- оптимизация управления активами. Использование информации, полученной с оборудования и датчиков, а также баз данных компании позволит оптимизировать режимы работы энергосистемы; улучшить работу оборудования, что существенно повлияет на снижение системных затрат, а также затрат, связанных с обслуживанием и ремонтом [5; 7].

Таким образом, на основании вышеизложенного можно провести сравнительный анализ существующей энергосистемы и системы, основанной на концепции Smart Grid (таблица) [5-6; 8-10].

Таблица 1. Сравнительные характеристики энергосистем.

Существующая энергетическая система	Энергетическая система на основе интеллектуальной сети (Smart Grid)
Односторонняя связь между элементами или ее отсутствие	Двусторонняя связь
Централизованная генерация; комплексная интегрируемая распределенная генерация	Распределенная генерация
Реакция на аварию	Реагирование на предотвращение несчастных случаев
Восприимчивость к сбоям системы	Системная профилактика несчастных случаев
Проверка оборудования на месте	Удаленный мониторинг оборудования
Ограниченное управление потоком мощности	Управление потоком мощности

Недоступная информация тарифах потребителей	или запоздалая об окончательных для промышленных потребителей	Ставка формируется в реальном времени
---	---	---------------------------------------

Из таблицы видно, что энергосистема, использующая концепцию Smart Grid, более управляема и маневренна, а конечный пользователь имеет не только возможность потреблять электроэнергию, но и управлять своими потребностями.

Обсуждение

Однако применение этой концепции невозможно реализовать без использования специальных технологий:

- системы управления информацией. Система автоматизированной обработки данных - ADMS, которая объединяет подсистемы, отвечающие за управление распределительными сетями (DMS), диспетчерский контроль и сбор данных (SCADA), управление аварийным отключением (OMS), а также географическая информационная система (GIS) может выступать в качестве системы управления информацией) Данная система позволит хранить, быстро анализировать большие объемы информации и незамедлительно реагировать на возможные аварии и отключения электроэнергии, данные о которых будут отправляться на сервер электросетевых компаний с цифровых подстанций и систем автоматического ликвидации аварий на ЛЭП. Таким образом, использование системы ADMS позволит эффективно решать эксплуатационные проблемы на объектах энергетики, анализировать работу энергосистемы, оптимизировать и контролировать работу электрических сетей [6; 11-12];

– цифровые подстанции. Цифровые подстанции - это подстанции с высоким уровнем автоматизации, которые осуществляют свою работу и обмен

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

информацией между соединительными элементами подстанции в цифровом формате [13];

– системы автоматизации процессов ликвидации аварий воздушных (кабельных) сетей. Эти системы включают автоматическое секционирование, распределительное устройство и датчики короткого замыкания. Системы аварийного реагирования самостоятельно идентифицируют и локализуют место аварии, значительно сокращая время, необходимое ремонтной бригаде для выезда и проведения ремонтных работ, а также сокращают перебои в подаче электроэнергии;

– интеллектуальные системы учета и мониторинга энергии. Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) предназначена для сбора и передачи сигналов телематической механики и автоматизированного коммерческого учета электроэнергии [14].

В то же время развитие цифровых технологий в энергетике имеет следующие положительные эффекты:

– Снижение операционных и эксплуатационных расходов электроэнергетических компаний, которое достигается благодаря технологическим особенностям и функциям интеллектуальных сетей:

– в случае возникновения аварийной ситуации система мониторинга состояния энергосистемы автоматически отключает подачу электроэнергии на поврежденный участок сети, а также локализует место аварии, значительно сокращая время ремонта команда по поиску и устранению неисправности;

– система мониторинга позволит в режиме реального времени отслеживать состояние оборудования, входящего в энергосистему, тем самым снижая риск его перегрузки и создавая все условия для перехода от планового ТО к ремонту по состоянию;

– внедрение новых интеллектуальных распределительных сетей снизит потери при передаче электроэнергии за счет оптимизации производства и достижения баланса в энергосистеме [13; 15].

– Экологические эффекты. Государства по всему миру пытаются решить проблемы загрязнения окружающей среды за счет ужесточения законодательства и стандартизации объемов выбросов углерода и других вредных веществ в атмосферу. Использование Smart Grid позволит снизить объем выбросов загрязняющих веществ за счет функций управления спросом на электроэнергию с целью снижения энергопотребления во время пиковой нагрузки, которое покрывается за счет энергозатратной мощности [16].

– Повышение эффективности и надежности электроснабжения за счет обеспечения абсолютной наблюдаемости и управляемости электрической сети, а также автоматического обнаружения аварийных отключений и их удаленного реагирования, что позволит сократить объем и продолжительность аварийных ситуаций.

– Увеличение доли возобновляемой энергии и распределенной генерации. Внедрение технологии Smart Grid упростит доступ промышленных и бытовых потребителей к источникам распределенной генерации за счет повышения адаптируемости энергосистемы [5].

На сегодняшний день в основном электроэнергия поставляется из централизованных источников генерации с заданной нагрузкой, что значительно затрудняет подачу электроэнергии из распределенных источников [5]. В этом случае интеграция функций мониторинга и управления на основе Smart Grid обеспечивает стабильную работу сети, а также облегчает контроль двусторонних потоков электроэнергии и функционирование возобновляемых источников энергии [5].

Кроме того, использование распределенной генерации на основе возобновляемых источников не только экономит расходы потребителей за счет

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

покупки дешевой энергии, но и дает возможность продавать излишки электроэнергии.

– Экономические эффекты. Таким образом, все вышеперечисленные возможные эффекты от внедрения Smart Grid в конечном итоге сводятся к повышению экономической эффективности, достигаемой за счет:

- экономия средств на строительстве новых генерирующих мощностей для покрытия увеличения нагрузки;
- снижение затрат на топливо на тепловых электростанциях и, соответственно, платы за выбросы парниковых газов и углерода;
- снижение прогнозируемой максимальной нагрузки для потребителей при управлении спросом, что позволит регулировать и снижать пиковые нагрузки;
- снижение уровня резервирования мощности за счет повышения надежности и бесперебойного электроснабжения;
- снижение доли потерь электроэнергии в условиях использования цифровых и инновационных технологий [17].

Безусловно, переход электроэнергетики на цифровые технологии требует перестройки всей системы функционирования отрасли, создания дополнительных подсистем и изменения условий работы отдельных отраслевых организаций, однако такой переход позволит электроэнергетика выйти на качественно новый путь развития и дает дополнительные положительные эффекты, как для отрасли, так и для экономики в целом.

Заключение

Таким образом, в рамках исследования был проведен анализ эффектов использования Smart Grid в электроэнергетике, который включает возможность самосохранения, самоконтроля и самовосстановления энергосистемы в случае внешнего воздействия и внутренние беспорядки. Вместе с тем, для перехода к Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

новым условиям функционирования отрасли необходимо формирование новых подсистем, обеспечивающих внедрение цифровых и интеллектуальных сетей в электроэнергетическом комплексе, что в перспективе должно обеспечивать экономичность, экологический, социальный и технологический эффект для национальной экономики.

Библиографический список:

1. Камчатова Е.Ю., Васильева А.В., Лясников Н.В., Дудин М.Н., Высоцкая Н.В. Управление энергосбережением в городской экономике и промышленности // Международный журнал гражданского строительства и технологий. 2018. 96 . 1423-9[Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: https://www.researchgate.net/publication/326403529_Energy_saving_management_in_Urban_economy_and_industryInternational_Journal_of_Civil_Engineering_and_Technology_2018961423-1429#read (Дата обращения 20.03.2021)

2. Гибадуллин А.А. и др., Конференция IOP, 2019 г. Ser.: Mater. Sci. Eng. 537 042031 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/40/e3sconf_esr2019_042031.pdf (Дата обращения 20.03.2021)

3. Гибадуллин А.А. и др., Конференция IOP, 2019 г. Ser.: Mater. Sci. Eng. 537 042065 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/40/e3sconf_esr2019_042065.pdf (Дата обращения 20.03.2021)

4. Захаров В.Н., Линник В.Ю., Линник Ю.Н., Жабин А.Б. Классификация угольных пластов по особенностям геологического строения и характеристикам вскрытия // Горно-информационный и аналитический бюллетень. 2019. 5. С. 5-12 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

https://www.researchgate.net/publication/335592261_Classification_of_coal_seams_by_features_of_geological_structure_and_characteristics_of_breaking (Дата обращения 20.03.2021)

5. Кобец Б. Б., Волкова И. О. 2010 Инновационное развитие электроэнергетики на основе концепции Smart Grid (М: IAC Energy) [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: https://www.researchgate.net/publication/305760989_INNOVATIVE_ENERGY_DEVELOPMENT_BASED_ON_THE_INTELLIGENT_NETWORKS_OF_SMART_GRID_CO#read (Дата обращения 22.03.2021)

6. Гомонов К.Г. Перспективы и экономическая эффективность внедрения интеллектуальных энергетических сетей в России и в мире // Вестник РУДН. Серия Economics. 2015. 2. С. 25-35 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <http://journals.rudn.ru/economics/article/view/12933/12363> (Дата обращения 22.03.2021)

7. Гибадуллин А.А., Пуляева В.Н., Ерыгин Ю.В. Необходимость цифровой подстанции в условиях цифровизации энергетики // Международная молодежная научно-техническая конференция «Релейная защита и автоматика», 2018. РПА с. 8537223 [Электронный ресурс]. — URL: https://www.researchgate.net/publication/329067435_The_Need_for_a_Digital_Substation_During_The_Digitalization_of_Energy (Дата обращения 22.03.2021)

8. Боева Е.Ю., Куникеев Б.А., Щеголев Н.Л. Перспективы и проблемы внедрения Smart Grid в России // Инженерный вестник: электронный научно-технический журнал. 2015. 09. 543-51 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: http://ainjournal.ru/file/824286.html?__s=1 (Дата обращения 22.03.2021)

9. Пуляева В Н и др., Развитие логистической системы электроэнергетического комплекса Конференция IOP 2019. Ser.: Mater. Sci. Eng. 537 042033 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL:

https://www.researchgate.net/publication/333854212_The_development_of_the_logistics_system_of_the_electric_power_complex#read (Дата обращения 21.03.2021)

10. Сазанова С.Л., Шарипов Ф.Ф., Дьяконова М.А. Пространственная экономика, геополитика и марксизм. Маркс и современность: политический и экономический анализ управления социальными системами // Коллективная монография. Под ред. М.Л. Альпидовской, Е.Г. Попковой. Сборник достижений в исследованиях российского бизнеса. Information Age Publishing Inc 651 стр. 279–88.

11. Лоскутов А.А. Разработка и исследование топологии интеллектуальных городских распределительных сетей среднего напряжения (Самара: Самарский государственный технический университет) [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: https://www.researchgate.net/publication/337764918_Management_and_development_of_digital_technologies_in_the_electric_power_industry_of_Russia#read (Дата обращения 21.03.2021)

12. Гибадуллин А.А., Борталевич С.И., Ерыгин Ю.В. Динамическая инвариантность электроэнергетической системы // Успехи в области экономики, бизнеса и управления. 2019. 47. С. 299-302 [Электронный ресурс]. —URL:

https://www.researchgate.net/publication/330918714_Dynamic_Invariance_of_the_Electric_Power_System (Дата обращения 21.03.2021)

13. Умная сеть электроснабжения. Умные сети. URL интеллектуальных сетей электроснабжения: [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Article:Smart_Grid_\(Smart_Nets\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Article:Smart_Grid_(Smart_Nets)) (Дата обращения 21.03.2021)

14. Гаврилович Е.В., Данилов Д.И., Шевченко Д.Ю. «Умные сети» Умные сети - перспективное будущее российской энергетики // Молодой ученый. 2-16. 28 (132). 55-9 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL:

https://www.researchgate.net/publication/321085227_INTRODUCTION_OF_SMART_GRID_IN_RUSSIA_FEASIBILITY_STUDY#read (Дата обращения 21.03.2021)

15. Морковкин Д.Е. и др., Конференция IOP 2019. Ser.: Mater. Sci. Eng. 537 042064 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: https://www.researchgate.net/publication/333832254_Formation_of_a_national_environmental_strategy_for_the_fuel_and_energy_complex/fulltext/5d083bdd299bf1f539cb8e71/Formation-of-a-national-environmental-strategy-for-the-fuel-and-energy-complex.pdf (Дата обращения 21.03.2021)

16. Киселева С.П., Маколова Л.В. Экологическое управление агропредприятиями и подготовка кадров для вторичной ресурсной сферы бизнеса в условиях цифровой экономики //Электронное управление. 2019. 2. 2 7-15 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL:https://www.researchgate.net/publication/335081032_Environmental-oriented_management_of_agricultural_enterprises_and_training_for_personnel_for_the_secondary_resource_business_sphere_in_the_conditions_of_digital_economy/fulltext/5d4db0e04585153e5949e21e/Environmental-oriented-management-of-agricultural-enterprises-and-training-for-personnel-for-the-secondary-resource-business-sphere-in-the-conditions-of-digital-economy.pdf (Дата обращения 21.03.2021)

17. Созонтов А., Иванова М., Гибадуллин А. Внедрение искусственного интеллекта в электроэнергетике E3S Интернет конференций. 2019. 114 01009 [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/40/e3sconf_esr2019_01009.pdf (Дата обращения 21.03.2021)

Оригинальность 77%