

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ, КОМПЛЕКСОВ, ТЕРРИТОРИЙ

УДК 338.45 : 621.31 : 004.9

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

О.В. Данилова

Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва

В статье рассматриваются актуальные вопросы развития цифровых технологий в российской энергетике. Ключевыми проблемами функционирования электросетевого комплекса остаются надежность, безопасность, качество и доступность электроэнергии, воздействие на окружающую среду. В статье представлены эмпирические данные развития и нормативного обеспечения регулирования электросетевого хозяйства страны. Исследование направлено на раскрытие результатов реформирования и выявление перспектив развития электроэнергетики. Внедрение интеллектуальных сетей позволит повысить качество и надежность электроснабжения, решить финансово-экономические проблемы сетевого комплекса без роста тарифов и дополнительной нагрузки на потребителей. Обосновано, что цифровизацию электросетевого комплекса следует осуществлять на основе полномасштабной модернизации электроэнергетических объектов, замены экономически неэффективного устаревшего оборудования на инновационное, поддерживающее принцип интеллектуальных энергосистем Smart Grid. Материалы статьи представляют практическую ценность для работников электрических сетей и специалистов электроэнергетической отрасли, органов регулирования электроэнергетической системы при обосновании инвестиционной и тарифной политики.

Ключевые слова: *электросетевой комплекс, интеллектуальные сети, цифровизация, распределительная генерация, Smart Grid.*

Реализация долгосрочной стратегии развития нашей страны на период до 2030 г. невозможна без создания инновационного, технически надежного электросетевого комплекса. В качестве приоритетных направлений развития энергетического сектора названы создание и внедрение в электросетевую инфраструктуру современных цифровых технологий и интеллектуальных систем управления, формирование гибких и надежных автоматизированных центров обработки данных и систем интеллектуального учета электрической энергии. Ожидается, что реализация национального проекта по формированию интеллектуальной энергосистемы в России приведет к сокращению инфраструктурных затрат и создаст условия для расширения инвестиций не только в энергетику, но и в другие отрасли промышленности.

В результате длительного процесса реформирования энергетического сектора ухудшились практически все отраслевые технико-экономические показатели: увеличились удельные расходы топлива на производство

электроэнергии, в генерации и электросетевом хозяйстве снизилась загрузка установленных мощностей, выросли потери электроэнергии на ее передачу, существенно увеличилась численность производственного персонала (соответственно и расходы на оплату труда), стоимость строительства энергетических объектов возросла не только с дореформенным периодом, но и в сравнении с аналогами строительства энергообъектов ведущими зарубежными строительными компаниями. Принято более полутора сотен законодательных актов по реструктуризации, приватизации и упорядочению правил работы энергетических компаний в рыночной среде, накоплен значительный опыт работы с потребителями энергоресурсов и услуг энергокомпаний. Однако нерешенность целевой задачи реформирования – либерализации рынка электроэнергии и усиление конкуренции, результатом которой должно было стать снижение тарифов на электроэнергию для потребителей, приводит отрасль к обратным эффектам.

В среднем по стране доля сетевой составляющей в цене на электроэнергию для потребителей достигает 50 %, что существенно выше мировой практики. В регионах ситуация еще хуже: стоимость электроэнергии для потребителей за счет сетевой составляющей в ценах оптового рынка вырастает от 1,5 до 3-х раз. Учитывая, что стоимость газа, на котором работают более 60 % тепловых электростанций в России, ниже мирового уровня, такая структура цены свидетельствует о крайне низкой эффективности всей электрической отрасли. Бесконтрольный рост числа территориальных сетевых компаний, получающих вне зависимости от объема оказанных услуг составляющую «котлового» тарифа на основе обеспечения необходимой валовой выручки, также способствовало росту тарифов на электроэнергию.

Указанные негативные изменения привели к росту расходов всех экономических агентов на оплату электроэнергии. По оценкам российских экспертов величина финансовых ресурсов, отвлеченная из финансового оборота предприятий реального сектора в результате роста тарифов на электроэнергию составила не менее 550 млрд рублей в год, в том числе только за счет перекрестного субсидирования населения и приравненных к ним группам потребителей почти на 300 млрд рублей. В настоящее время суммарная максимальная мощность потребителей с максимальной мощностью не менее 670 кВт, присоединенных к электрическим сетям распределительных дочерних обществ ПАО «Россети», составляет 87 ГВт, а используется потребителями примерно на уровне 44 %. Такое неэффективное использование мощностей происходит на фоне хронического недостатка инвестиций в электросетевой комплекс, значительного физического и технологического износа электрических сетей. Средний технический уровень установленного оборудования в распределительных электрических сетях по ряду параметров соответствует оборудованию, которое эксплуатировалось в развитых странах 25–30 лет назад. Фактически 50 % распределительных электрических сетей выработали свой нормативный срок, а 75 – два нормативных срока. Общий износ распределительных электрических сетей достиг 70 %, магистральных электрических сетей – около 50 %, что значительно выше аналогичных показателей в других странах с аналогичной территорией, где показатель износа составляет 27–44 %.

Оптимизировать управление энергетической системой и повысить качество энергоснабжения не позволяет отсутствие современных технологий. Проникновение цифровых технологий приводит к значительным положительным эффектам во всех секторах экономики, поскольку ключевой характеристикой интеллектуальной сети является ее способность автоматически предотвращать (сокращать) перерывы в электроснабжения, решать задачи управления качеством электроснабжения и контроля аварий, в том числе каскадного типа. Для того, чтобы «умная» сеть работала, необходимо сформировать так называемые энергокластеры – единое информационно – технологическое пространство отдельных территорий, в состав которых входят предприятия генерации и транспортировки энергии, компании, осуществляющие инжиниринг, услуги энергосервиса, предприятия энергетического машиностроения и приборостроения, образовательные организации. Мировая практика свидетельствует, что цифровая сеть, в первую очередь, позволяет снизить операционные затраты, оптимизировать бизнес – процессы и повысить удовлетворенность клиентов (рис. 1).

В разработанном Минэнерго и принятом Законе «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации» под «цифровизацией» понимается «ускорение процесса развития интеллектуального учета электрической энергии (мощности)», создание систем распределенной автоматизации учета и контроля оперативного состояния оборудования и качества энергоснабжения, создание цифровых моделей для оптимального управления энергосистемой [1].



Рис. 1. Международный опыт создания цифровых сетей

В настоящее время, при наличии большого потенциала выхода на аналоговый и цифровой уровень развития экономики, построение интеллектуальной системы учета сталкивается с рядом серьезных трудностей (табл. 1).

Таблица 1

Текущее состояние и ориентиры цифровизации электросетевого комплекса Российской Федерации и зарубежных стран

Показатели	Российская Федерация		Опыт развитых стран	
	Текущее состояние	Целевой ориентир	Текущее состояние	Целевой ориентир
Уровень потерь электроэнергии в распределительных сетях	153%	4%	6%	4%
Наличие интеллектуальных приборов учета	9%	100%	50%	100%
Наличие единой базы данных, стандартов и центра сбора данных	отсутствует	Сетевая организация	Сетевая организация	
Единый оператор учета	Свыше 70 млн собственников приборов учета	Сетевая организация	Сетевая организация	
Совместимость приборов учета	Отсутствует, более 300 модификаций	100% совместимость	100% совместимость	
Доступ субъектов рынка к данным учета	Ограничен	Надискриминационный доступ	Надискриминационный доступ	
Защищенность и безопасность данных	Отсутствует	Соответствует стратегии развития информационного общества (Указ Президента РФ от 0.05.2017 №203)	Соответствует европейским стандартам	

Переход к цифровой энергетике предполагает глубокое взаимодействие сбытовых организаций с потребителями и с новыми субъектами рынков (микрогенерация, просьюмеры – активные потребители, агрегаторами, накопителями и пр.), в том числе с учетом возможностей предоставления услуг по управлению нагрузкой (ценозависимое потребление на розничных рынках электроэнергии).

Цифровизация взаимодействия с потребителями может создать необходимую основу для перехода к формированию эластичного по цене спроса на электроэнергию, то есть создать необходимое конкурентное давление на цены, толчок к развитию смежных рынков на основе информации о характере энергопотребления, составе оборудования.

Внедрение интеллектуальных технологий управления энергосистемой (интеллектуальная энергосистема), в конечном счете, призвана решить следующие задачи:

– интеграцию централизованной и распределительной генерации, включая генерирующие объекты потребителей при достижении определенной

необходимой их доли в энергобалансе. Речь в данном случае идет о ВИЭ (возобновляемые источники энергии), наиболее распространенные виды которой (солнечная и ветрогенерация) отличаются низкой стабильностью выработки.

– выравнивание пикового спроса на мощность в энергосистеме (снижение пиков электропотребления и подъем/выравнивание провалов) для снижения общей потребности в генерирующей мощности и соответствующей ей сетевой инфраструктуре, а также сетевых потерь на пиковую нагрузку. Эффект в системе обеспечивается за счет обратной связи, в том числе через интерфейс систем учета как части интеллектуальной инфраструктуры. Потребителям дается сигнал снизить потребление или перевести нагрузку на собственные источники энергоснабжения, то есть на малую генерацию или на устройства хранения электроэнергии. Эффект имеет «отложенный характер», поскольку основывается на будущем существенном росте электропотребления в связи с отказом от потребления углеводородов и переходом на электротранспорт, электроотопление, электроплиты [8].

Активное развитие ВИЭ началось в первом десятилетии XXI в. Стратегия масштабного развития ВИЭ генерации характерна для энергодефицитных стран и районов. Наиболее активно «цифровизация» электросетевой инфраструктуры происходит в Европе, где доля ВИЭ в производстве электроэнергии составляет порядка 15 %, а по оценкам Европейской Комиссии к 2030 г. должна достичь 27 % (Digital technologies, 2019). Стремясь к уменьшению зависимости от энергоресурсов, правительства западных стран разработали и приняли и реализуют программы масштабного развития и поддержки возобновляемой энергетики. Результатом стало существенное сокращение (в разы) стоимости решений в области солнечных и ветряных установок при одновременном росте их технической эффективности [9].

Внедрение интеллектуальных систем учета эффективно, в первую очередь, для стран без централизованного теплоснабжения и с теплым климатом. Меньший эффект характерен для перехода на домовые солнечные панели в пиковые периоды. В Китае степень проникновения «умных» приборов учета на электросетевой рынок составляет 95 %. Китай – страна с активной государственной поддержкой интеллектуальных инфраструктурных проектов, развитие и поддержка интеллектуальных сетей является составной частью двух последних пятилетних планов социально – экономического развития страны.

За период с 2009 по 2017 гг. стоимость электроэнергии от ВИЭ сократилась на 70–80 %. По предварительным данным в 2018 г. в мире совокупный ввод объектов ВИЭ превысил ввод объектов централизованной генерации. Даже страны, имеющие значительные запасы углеводородов (Иран, Саудовская Аравия, ОАЭ), реализуют крупные инвестиционные проекты, направленные на развитие «зеленой генерации». Увеличить объемы малой распределительной генерации в общем электропотреблении позволят развитие технологий накопления энергии. В настоящее время уже реализованы проекты промышленных накопителей мощностью до 100МВт. Удешевление таких технологий усилит позиции возобновляемых источников энергии на мировых энергетических рынках.

Интеллектуальный учет, сам по себе, не является самодостаточной технологией. Вне функционирования «интеллектуальной энергосистемы» такой учет не обеспечивает дополнительных преимуществ по сравнению с обычной и удаленной передачей показателей приборов учета и «точечным» внедрением отдельных элементов управления. Если задача заключается в необходимости снижения так называемых коммерческих потерь, то при организации должной работы с потребителями и сотрудниками энергокомпаний существующие системы учета достаточно эффективны.

В России доля генерации на ВИЭ не превышает 0,3 % от общего объема генерирующих мощностей ЕЭС. Строительство объектов на основе использования ВИЭ в нашей стране осуществляется в соответствии с программой стимулирования использования ВИЭ, действующей до 2024 г. [2]. В соответствии с Энергетической стратегией России к 2035 г. в Российской Федерации должно появиться 8,5 ГВт генерирующих объектов ВИЭ, из которых 5,5 ГВт должны быть введены к 2024 г. Климатические условия в нашей стране (уровень инсоляции, большие территории) не могут обеспечить загрузку ВИЭ на уровне мировых аналогов [3]. Большинство специалистов считают, что создание ВИЭ не может решить задачу по долгосрочному обеспечению надежности энергоснабжения, так как объекты ВИЭ не диспетчеризируются и не могут выполнять команды Системного оператора в связи с отсутствием диапазона регулирования. Требуется поиск «гибридных решений» комбинации альтернативной и традиционной энергетики [4, 5].

Организация интеллектуального учета является высокотехнологичным и исключительно затратным проектом. Дорогие микропроцессорные измерительные приборы должны поддерживаться соответствующими технологиями передачи информации, необходимо создание так называемых дата – центров (центров обработки массивов информации), программного комплекса, обеспечение доступа участников рынков электроэнергии к создаваемой ИТ-системе, установка и содержание устройств ограничения нагрузки для всех потребителей – участников интеллектуальной системы учета. Одновременно возникают проблемы быстрого устаревания ИТ-технологий и необходимость обеспечения кибербезопасности энергосистемы [6].

Интеграция «интеллектуальной» и существующей систем учета электроэнергии требует тщательной проработки возможностей для строительства дополнительных (к централизованным) местных источников электроэнергии, установления необходимости в значительных дополнительных объемах малой распределительной генерации и наличия соответствующего оборудования у потребителей. Отсутствие перечисленных параметров не позволяет рассматривать масштабное распространение технологий интеллектуальной энергосистемы как экономически обоснованное. Отрыв (разнесение во времени) реализации проекта по внедрению интеллектуального учета от реализации системных мер по формированию распределенной энергосистемы приведет к нерациональным финансовым и организационным расходам.

Достаточно новым направлением модернизации энергетики является реализация проекта Национальной технологической инициативы (EnergyNet), направленного на внедрение в распределительных сетях технологии Smart

Grids с современными приборами контроля и управления. Smart Grids включают предназначенный для передачи электроэнергии от производителя к потребителю обширный комплекс технологических процессов, современных информационных и коммуникационных технологий, инновационного оборудования и приложений. Интеллектуальная сеть представляет совокупность подключенных к генерирующим источникам и электроустановкам потребителей программно-аппаратных средств и информационно – аналитических и управляющих систем, обеспечивающих надежную и качественную передачу электрической энергии от источника к приемнику в нужное время и в нужном количестве. Новые принципы, технологии передачи и управления процессом позволяют объединить на технологическом уровне потребителей и производителей электроэнергии в единую интеллектуальную автоматизированную систему,

Основными преимуществами внедрения такой системы (в сравнении с существующей системой) являются:

- обеспечение высокого качества и надежности энергоснабжения на основе внедрения дистанционного контроля исправности работы оборудования;
- способность энергосистемы к самовосстановлению в кратчайшие сроки после аварийных отключений;
- высокая сопротивляемость к физическим и информационным атакам;
- интеграция любых типов генерации и хранилищ энергии, использование коммуникационных и информационных технологий;
- активное вовлечение потребителей электроэнергии к управлению сетью.

Интеллектуальная обработка массива данных, поступающих от компонентов сети, осуществляется на основе технологической платформы Smart Grid, что позволяет оптимизировать использование электроэнергии, повысить надежность и эффективность энергетических систем, сократить потери электроэнергии, уменьшить ресурсные затраты, решить задачу объемов выброса вредных веществ в атмосферу, повысить качество жизни населения. По экспертным оценкам компании SAP, потенциал роста ВВП, связанный с развитием цифровой электроэнергетики, составит 200 млрд руб., из них 100 млрд рублей – в электросетях. В результате цифровой трансформации сетевого бизнеса прирост прибыли энергокомпаний составит 4,3 % от текущих показателей [7].

Несомненно, внедрение умных сетей позволит повысить пропускную способность воздушных линий электропередачи и надежность энергоснабжения примерно на 30 %; применение новых материалов и технологий позволит сократить площади, занимаемые электросетевыми объектами; использование сверхпроводящих, индуктивных технологий позволит сократить потери электроэнергии, увеличить сроки эксплуатации кабельных линий, повысить их пожарную и экологическую безопасность; наличие возможности мониторинга прогнозирования режимов позволит повысить эффективность противоаварийного управления электрическими системами. Перечисленные положительные эффекты возможны при формировании оптимальной для национальной экономики стратегии развития

интеллектуальной энергосистемы, определении конкретных территорий, где целесообразно внедрение таких технологий, тщательном анализе затрат и выгод от реализации проекта по созданию интеллектуальной энергосети.

Список литературы

1. Федеральный Закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации» от 27.12.2018 N 522-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314661/ю
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2013 г. №449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» (вместе с "Правилами определения цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии") [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146916/
3. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/ES-2035_09_2015.pdf
4. Велькин В.И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах. – Екатеринбург: УрФУ, 2015. 226 с.
5. Россети: Концепция Цифровая трансформация 2030. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_
6. Кудрявый В.В. Риски и угрозы российской электроэнергетики. Пути преодоления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ruscable.ru/article/>
7. Эксперт Урал. Пора оцифровать сети. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.acexpert.ru/archive/nomer-50-752/pora-ocifrovat-seti.html>
8. O. V. Danilova and I. Yu. Belayeva The Power Grid Complex of Russia: From Informatization to the Strategy of Digital Network Development. Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities //Svetlana Ashmarina. Anabela Mesquita. Marek Vochozka Editors. Springer. 2019. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11367-4>
9. Olga Danilova and Irina Belayeva Economic Efficiency of Using the Electric Grid Complex: Problems of Reserves of Network Power and Development of Intelligent Technologies. The Future of the Global Financial System: Downfall or Harmony // Elena G. Popkova Editor. Springer. 2019. URL:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-00102-5>

DIGITAL TECHNOLOGIES AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE POWER GRID COMPLEX IN RUSSIA

O.V. Danilova

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

The article considers topical issues of digital technologies development in the Russian power complex. Reliability, safety, quality and availability of the electric power, impact on the environment remain key problems of functioning of a power grid complex. The authors present empirical data of

development and standard ensuring regulation of power grid economy of the country. The aim of the research is to disclosure the results of reforming and prospects of development of power industry. Introduction of intellectual networks will allow to increase the quality and reliability of power supply, to solve financial and economic problems of a network complex without growth of tariffs and additional load of consumers. It is proved that digitalization of a power grid complex should be carried out on the basis of full-scale modernization of electrical power objects, replacement of economically inefficient outdated equipment by innovative, maintaining the principle of intellectual power supply systems of Smart Grid. Materials of article are of practical value for workers of electrical networks and specialists of the electrical power industry, bodies of regulation of an electrical power system at justification of investment and tariff policy.

Keywords: *power grid complex, intellectual networks, digitalization, distributive generation, Smart Grid.*

Об авторе:

ДАНИЛОВА Ольга Викторовна – доктор экономических наук, профессор кафедры Корпоративного управления Финансового университета, e-mail: danilovaov@yandex.ru

About the author:

DANILOVA Ol'ga Viktorovna – doctor of Economics, Professor Department of corporate governance Financial University under the Government of the Russian Federation Moscow, Russian Federation, e-mail: danilovaov@yandex.ru

References

1. Federal'nyj Zakon «O vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii v svjazi s razvitiem sistem ucheta jelektricheskoi jenerгии (moshhnosti) v Rossijskoj Federacii» ot 27.12.2018 N 522-FZ (poslednjaja redakcija) [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314661/ju
2. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 28 maja 2013 g. №449 «O mehanizme stimulirovanija ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии na optovom rynke jelektricheskoi jenerгии i moshhnosti» (vmeste s "Pravilami opredelenija ceny na moshhnost' generirujushhij ob#ektov, funkcionirujushhij na osnove vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии") [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146916/
3. Jenergetičeskaja strategija Rossii na period do 2035 goda. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/ES-2035_09_2015.pdf
4. Vel'kin V.I. Metodologija rasčeta kompleksnyh sistem VIJe dlja ispol'zovanija na avtonomnyh ob#ektah. Ekaterinburg: UrFU, 2015. 226 s.
5. Rosseti: Koncepcija Cifrovaja transformacija 2030. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_
6. Kudrjavij V.V. Riski i ugrozy rossijskoj jelektrojenergetiki. Puti preodolenija. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.ruscable.ru/article/>
7. Jekspert Ural. Pora ocifrovat' seti. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.acexpert.ru/archive/nomer-50-752/pora-ocifrovat-seti.html>

8. Danilova O.V., Belayeva I.Yu. The Power Grid Complex of Russia: From Informatization to the Strategy of Digital Network Development. Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities //Svetlana Ashmarina. Anabela Mesquita. Marek Vochozka Editors. Springer. 2019. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11367-4>
9. Olga Danilova and Irina Belayeva Economic Efficiency of Using the Electric Grid Complex: Problems of Reserves of Network Power and Development of Intelligent Technologies. The Future of the Global Financial System: Downfall or Harmony // Elena G. Popkova Editor. Springer. 2019. URL:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-00102-5>