

УДК 620.9 (470+571)

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ФОРСАЙТА РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ НА БЛИЖАЙШИЕ 15 ЛЕТ

В.В. Бушуев^aОбъединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН), 125412, Ижорская,
д.13/2, г. Москва, Россия

E-mail: vital@guies.ru

Аннотация. В статье тезисно представлены основные положения форсайта развития электросетевого комплекса России для обсуждения «Концепции ресурсно-инновационного развития страны на ближайшие 15 лет».

Ключевые слова: энергетика, ресурсно-инновационное развитие, новые вызовы, концептуальные положения.

1 Электросетевой комплекс России

Электросетевой комплекс России (ЭКР) – не только физическое объединение ВЛ, подстанций, генерирующих и нагрузочных центров, но и интеллектуальная инфраструктурная система как основа энергетического жизнеобеспечения и эффективной экономической интеграции регионов РА и сопредельных государств Евразии [1].

ЭКР представляет собой сетевую структуру Единой энергетической системы нового типа (ЕЭС-2.0), состоящей из физических, информационных и рыночных коммуникаций с учетом цифровизации технологических и экономических технологий. С учетом уникальной по протяженности территории России, а также различий экономического развития отдельных районов Европейской и Азиатской части страны их инфраструктурная интеграция представляет собой кольцеобразную ячеистую сеть межсистемных связей. На верхнем уровне физической интеграции – это «система сборных шин» из ВЛ СВН 500 – 750 кВ и узловых подстанций, к которым непосредственно присоединяются крупные генерирующие источники и территориально – промышленные комплексы

^a ORCID: 0000-0001-9288-4699

(ТРК), а также обоснованно сбалансированные по мощности региональные энергетические системы. Эта ЕЭС-2.0 соответствует закреплённому в Конституции РФ понятию «Федеральная энергетическая система» и находится как базовая инфраструктура страны в государственной собственности и управляется уполномоченными государством соответствующими органами (Минэнерго РФ и Минэкономки РФ – в плане инвестиционного развития и формирования налоговой и тарифной политики; ПАО «Россети» - в плане текущего и перспективного функционирования с обеспечением живучести энергетического объединения и эффективного (надежного и экономически приемлемого) энергообеспечения потребителей соответствующего уровня оптового рынка, а также экономических интересов всех хозяйствующих субъектов энергетического бизнеса. Правила формирования оптового рынка, включая утверждение тарифов, а также общий контроль за их исполнением осуществляется государством (органами типа ФЭК). Этот же орган формирует предложения по инвестиционному обеспечению необходимого развития энергетики, в том числе и для обеспечения с помощью бюджетных финансовых источников, а также средств пайщиков – генерирующих компаний (крупных станций федерального значения) и финансовых владельцев ТПК.

2 Региональные энергетические системы

Региональные энергетические системы (РЭС) формируются по территориальному принципу с обеспечением самодостаточности энергоснабжения потребителей региона собственной генерацией и необходимыми резервами мощности и средствами цифровой автоматизации регулирования режимов и графика нагрузки, в том числе, с применением накопителей энергии различного вида (гидравлическими, электрохимическими, механическими и электромагнитными СПИН и др.). Инфраструктурное обеспечение функционирования и развития РЭС осуществляют МРСК как акционерные компании, капитал которых формируется за счет долевого участия государства, представляющего интересы населения и социальной сферы в части их энергообеспечения, а также предприятий – энергопоставщиков и энергопотребителей. Формирование тарифов на региональном уровне осуществляется на договорной основе МРСК (и принадлежащими им энергоснабжающими структурами) и Союзом потребителей рынка, а контроль и арбитраж осуществляют региональные органы власти.

Региональные системы включают и системы децентрализованного энергоснабжения, согласуя условия их подключения к общим сетям, распределение резерва мощности между генерирующими источниками и потребителем, а также (при необходимости) общие правила управления режимами[2].

В условиях хозяйственной самостоятельности предприятий, а также в связи с «очаговым» характером энергообеспечения потребителей в зонах с малой плотностью нагрузки и энергосамообеспечения отдельных предприятий, а также резервирования энергопитания особо важных объектов и высокотехнологичных производств (отдельных частей ВПК, аэропортов, метро, больничных ком-

плексов и социальных предприятий, зон рекреации, банковских, информационных и т.п. объектов) особую роль приобретают т.н. автономные энергосистемы, принадлежащие местным органам власти или местным хозяйствующим структурам. Их деятельность (с точки зрения надежности и необходимости резервирования регламентируется соответствующими нормативно-правовыми актами, а хозяйственно-финансовая самостоятельность обеспечивается самими владельцами). Вопросы ответственности за аварийные ситуации и меры по их ликвидации и предотвращению, а также необходимого режимного взаимодействия решаются на договорных условиях между МРСК и хозяйствующими субъектами.

3 Технологии блокчейна

Для обеспечения информационного и финансового взаимодействия поставщиков и потребителей энергии должны быть активно использованы технологии блокчейна, позволяющие реализовать открытый и недискриминационный доступ всех участников этих взаимоотношений к общей базе и общему рынку, предусматривающий автоматическую верификацию распределенных данных и информационную безопасность. С помощью открытого доступа всех участников рынка к общей информационной базе расчетов за энергетические услуги повысится ответственность сторон к обоснованности заявок на мощность и затрат на развитие и эксплуатацию энергетических систем. Важной формой удаленного взаимодействия контрагентов станет технология смарт – контрактов, а одной из возможных форм финансовых расчетов за потребленную электроэнергию может стать использование криптовалют как особой формы «энергетического рубля», обеспеченного реальным объемом предоставленных энергетических услуг и товаров. Целесообразно в будущем отказаться от платы за присоединенную мощность, включив соответствующие инвестиционные затраты в тариф на электроэнергию и поделив часть капитала, образованного за счет этих средств, между энергетическими компаниями и потребителями, профинансировавшими эти расходы. Тем самым будет повышена заинтересованность потребителя в развитии их внешнего энергоснабжения или создании собственных генерирующих источников и систем бесперебойного питания.

«Розеточная» психология потребителей будет уступать место их самоответственности за собственное энергообеспечение и развитию их права на создание интегральных систем «потребитель – генератор».

4 «Цифровизация» энергетики

Решению многих из этих энергоинформационных и энергоэкономических задач в рамках единой системы (федерального, регионального и автономного уровня) будет способствовать «цифровизация» энергетики как инфраструктурной системы с различными потоками сигналов (силовых и информационных).

Вместе с тем необходимо не ограничиваться насыщением различных объектов и структур цифровой техникой, а существенное изменение структуры как самой энергетики, так и объектов управления ее элементами в рамках общей системы [3].

В техническом плане все объекты электроэнергетики с помощью соответствующего «цифрового» обеспечения должны приобрести новые функции – активной диагностики состояния оборудования, адаптации и самонастройки режимов работы и их систем управления. В системном плане важно внедрение расчетной дооценки режима и его прогнозирование в темпе процесса и даже с упреждением для своевременного выявления узких мест при ожидаемых неблагоприятных ситуациях с точки зрения возможного каскадного развития аварий и их предотвращения. При этом важен не сценарный подход к будущим ситуациям, а выявление общей динамики электромеханических и электромагнитных процессов в системе с помощью ее обобщенных энергетических функций, выявления бифуркационных точек и принятия необходимых мер по обеспечения структурной устойчивости и живучести энергообъединения. И эта задача должна решаться не только за счет технических самонастраивающихся систем управления режимами (типа адаптивного Статкома, гибких управляемых линий, САОН и регуляторов частоты и напряжения). Она должна на уровне ФЭС и РЭС решаться с использованием мер деления и автоматической реконфигурации (переключения) частей системы, использованием системных накопителей и вставок постоянного тока , агрегированных ресурсов потребителей для обеспечения нормальной работы системы в асинхронных режимах. Особо значение эти меры структурного управления играют для интегрированных межгосударственных систем, где нет места общему централизованному диспетчерскому управлению, а требуется безопасное и скоординированное децентрализованное (распределенное) управление.

5 Инфраструктурный синтез единой энергоинформационной системы

Массовое насыщение энергосистем новыми устройствами противоаварийной автоматики без их должной системной координации может дать и отрицательный эффект, в т.ч. и за счет нарушения условий кибербезопасности. Поэтому одной из важнейших задач устойчивости сложных систем является правильное распределение функций между их физическими и информационными элементами, и в первую очередь инфраструктурный синтез единой энергоинформационной системы[4]. На первый план выдвигается при этом главная задача структурного синтеза – как из элементов с ограниченными характеристиками надежности сформировать сверхнадежную систему. Решение этой задачи невозможно только в традиционных рамках программного управления в электроэнергетике – необходимо привлечение (и разработка новых методов и устройств) всего арсенала средств анализа предаварийных ситуаций и синтеза динамических информационных систем контроля и управления. В техническом

плане речь идет о широком использовании программно-замкнутых систем управления (с использованием обратных связей, обеспечивающих самонастройку систем автоматики). В организационном плане речь идет не только о создании коммуникаций нового типа «энерго-интернета/IoE», а о формировании новой структуры - не иерархической системы диспетчерского управления, а о мультиагентном развитии новых форм совместного структурно-технологического управления эксплуатацией и развитием системы в виде диалоговых комплексов оценки и принятия решений. Эти новые формы должны быть сродни самым устойчивым среди эволюционирующих систем – гомеостатическим «живым» системам, с учетом специфики человеческого фактора в диспетчерском и ситуационном управлении электроэнергетическими объектами. По аналогии с внедрением бионических систем (когда в технические устройства закладывались принципы, по которым функционируют живые системы), сегодня в единых энергоинформационных системах должны быть активно использованы принципы когнитивного мышления и когнитивной (разумной) деятельности человека. Речь идет не о копировании отдельных функций по типу создания роботов), а осмысление творческой деятельности операторов, которые даже в нерасчетных и непредвиденных условиях умели находить нетривиальные решения и «спасать» систему от развала или скорейшим образом ее восстанавливать, запуская работу энергообъектов с нуля. Это тем более важно сейчас для реализации новой кадровой политики в энергетике, когда личный опыт специалистов – системщиков уступает место формальному запрограммированному действию киберспециалистов, зачастую не понимающих сути происходящих событий в энергетических установках и системах и уже только поэтому неспособных к принятию творческих решений.

Поэтому одной из актуальных задач является подготовка таких кадров, которые бы понимали суть энергоинформационных процессов в кибернетических энергосистемах и на основе когнитивной методологии мультиагентного управления были бы готовы к работе с такими системами. «Интеллектуальные» системы электроэнергетики и «интеллектуальные» сети – это не просто «цифровизация», а развитие энергетических (человеко-машинных энергоинформационных) систем, где определяющей становится роль человека – творца. Технологические и информационные методы управления при этом должны сочетаться с новыми формами организации сложных систем и создания «умных» зданий, предприятий и городов. Не выстраивание новых иерархий диспетчерского, информационного и экономического управления во взаимоотношениях «Системного оператора», региональных и федеральных электросетевых структур, органов рыночного и государственного управления, а развитие новых сетевых форм (с обратными связями) взаимодействия различных агентов управления в плане создания самоуправляемых и самоуправляющих структур ЕЭС-2.0, учитывающих интересы потребителей, государства и субъектов энергетического бизнеса.

6 Форсайт развития электросетевого комплекса

Целевое видение (форсайт) развития электросетевого комплекса как инфраструктурной основы электроэнергетики – это не разовая задача выбора приоритетных задач и направлений научного предвидения, системного проектирования, структурной реорганизации органов управления, а перманентное отслеживание и опережающее управление единым энерго-информационным и организационно-технологическим электросетевым комплексом и электроэнергетикой как основой жизнедеятельности общества и страны в целом на основе «коллективного разума» всех его участников[5].

В этой связи приоритет должен быть отдан не отдельным техническим или организационным новациям, а формированию стратегического видения и методологии решения новых задач, как уже проявленных в современных условиях, так и ожидаемых в будущем. Поэтому одной из приоритетных задач развития ЭКР должно стать принятие такого плана перспективных научно-технических и организационно-экономических работ, целью которого стала бы не авральное скоропалительное внедрение инновационных предложений различного вида, а своевременное формирование материальной, экономической и структурной базы, а также кадрового интеллектуального обеспечения для формирования и реализации приоритетов целевого стратегического видения развития электроэнергетики страны как инфраструктурной основы жизнедеятельности общества и ее адаптации к новому организационно - технологическому и социально – экономическому укладу.

Благодарность. Исследование выполнено в рамках Госзадания ОИВТ РАН АААА-А16-116051810068-1.

Литература

1. Бушуев В.В., Первухин В.В., Соловьев Д.А. Энергетические истоки евразийской цивилизации. Москва: ИД «Энергия», 2018. 198 р.
2. Зайченко В.М., Чернявский А.А. Сравнение характеристик распределенных и централизованных схем энергоснабжения // Промышленная энергетика. Закрытое акционерное общество " Научно-техническая фирма" Энергопрогресс", 2016. № 1. Р. 2–8.
3. Шакарян Ю.Г., Новиков Н.Л., Новиков А.Н. Интеллектуальная система управления многоуровневой интеграцией генерирующих станций и потребителей // Энергетическая политика. 2017. № 6. Р. 71–83.
4. Бушуев В.В. ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ (избранные статьи, доклады, презентации 2014-2018 гг.) Том. 4. На пути к новой энергетической цивилизации. Москва: ИЦ «Энергия», 2018. 740 р.
5. Батенин В.М., Бушуев В.В., Воропай Н.И. Инновационная электроэнергетика – 21. Москва: ИЦ «Энергия», 2017. 584 р.

Reference

1. Bushuev V.V., Pervukhin V.V., Solovyev D.A. Energy sources of Eurasian civilization. Moscow: PH «Energy», 2018. 198 p.
2. Zaichenko V.M., Chernyavsky A.A. Comparison of characteristics of distributed and centralized power supply schemes // Industrial Energy. Closed joint-stock company "Scientific and technical firm" Energoprogress ", 2016. № 1. P. 2–8.
3. Shakaryan Yu.G., Novikov N.L., Novikov A.N. Intellectual control system of multi-level integration of generating stations and consumers // Energy policy. 2017. No. 6. P. 71–83.
4. Bushuev V.V. ENERGETICS OF RUSSIA (selected articles, reports, presentations 2014-2018) Vol. 4. On the way to a new energy civilization. Moscow: IC "Energy", 2018. 740 p.
5. Batenin V.M., Bushuev V.V., Voropay N.I. Innovative electric power industry - 21. Moscow: IC "Energy", 2017. 584 p.

THE BASIC PROVISIONS OF FORSIGHT DEVELOPMENT OF THE ELECTRIC GRID COMPLEX OF RUSSIA FOR THE NEXT 15 YEARS

V.V. Bushuev

Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS),
125412, Izhorskaya, 13/2, Moscow, Russia

E-mail: vital@guies.ru

Abstract. The article presents the main provisions of the foresight of the development of the electric grid complex of Russia to discuss the "Concept of resource-innovative development of the country for the next 15 years".

Keywords: energy, resource-innovative development, new challenges, conceptual provisions.

Acknowledgement. The study was performed in the framework of the State Mission of the Institute of High Temperatures RAS AAAA-A16-116051810068-1.