

Интеллектуальная энергетика в России: оценка существующего потенциала развития

И.О. ВОЛКОВА, доктор экономических наук, НИУ «Высшая школа экономики», Институт проблем ценообразования и регулирования естественных монополий, Москва. E-mail: iovolkova@hse.ru

В статье рассмотрены основные положения «Концепции развития интеллектуальной энергетика в России»: тренды, целевое видение и функциональные свойства новой системы. Приведены результаты анализа заделов в сфере развития технологий и оборудования, а также в интеллектуальной энергетике в России. Предложены механизмы реализации перехода к интеллектуальной энергетике в стране.

Ключевые слова: интеллектуальная энергетика, инновационное развитие, национальный проект

Интеллектуальная энергетика

В последние годы ведется достаточно активная работа по трансформации условий, механизмов и технологических принципов функционирования электроэнергетики путем повышения ее интеллектуальности на базе масштабного внедрения инноваций. Под интеллектуальностью здесь понимается способность системы функционировать в изменяющейся среде, подстраиваясь под эти изменения с помощью адаптивных или эвристических алгоритмов [1].

За рубежом интеллектуализация получила достаточно широкое толкование в рамках термина Smart Grid, трактующего электрическую сеть как инфраструктурный элемент энергосистемы, обеспечивающий эффективное взаимодействие остальных ее технологических сегментов и элементов. В нашей стране это направление рассматривается в более широком понимании – как создание интеллектуальной электроэнергетической системы России (далее – ИЭСР). Это совокупность электро- и энергоустановок производителей и потребителей электрической энергии различных видов и объемов, объединенных электрической сетью с высокоавтоматизированной системой

управления, обеспечивающей единство электрических (энергетических) режимов работы электро-/энергоустановок с заданной надежностью и требуемым качеством энергетических ресурсов. Создание ИЭСР рассматривается как один из ключевых механизмов реализации приоритетов государственной энергетической политики в соответствии с проектом «Энергетической стратегии до 2035 года» [2]. В 2015–2016 гг. была разработана «Концепция интеллектуальной энергетической системы России» (далее – Концепция), ставшая первым стратегическим документом государственного уровня, согласующим требования всех заинтересованных сторон.

В соответствии с Концепцией интеллектуальная энергетическая система России к 2035 г. станет инфраструктурой нового типа, создающей условия для максимально эффективного удовлетворения энергетических запросов общества путем организации гибкого технологического взаимодействия всех ее элементов, структур и субъектов с целью получения, преобразования и использования энергии. Интеллектуальная энергосистема должна обеспечить согласование интересов множества включенных в нее субъектов на основе оценки и управления рисками при максимальном использовании экономических (рыночных) принципов взаимодействия и организации управления технологическими системами, гибко реагирующими на запросы пользователей в условиях непрерывных изменений внешней среды.

Ключевые требования (ценности) ИЭСР

Перечислим главные из них, основанные на консолидации интересов заинтересованных сторон.

- **Эффективность** – максимизация эффективности использования всех видов ресурсов и технологий в рамках всей производственной цепочки.

- **Надежность** – обеспечение бесперебойности энергоснабжения потребителей, возможности противостояния возмущениям, вызванным отказами элементов энергосистемы, и максимально быстрого восстановления (самовосстановления) функций после их нарушения.

- **Безопасность** – недопущение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды, достижение устойчивости к физическому и кибернетическому вмешательству.

• **Гибкость** – адаптивность функционирования и развития в условиях высокой волатильности режимов, технологической и пространственной структуры производства и потребления электроэнергии, под влиянием рыночных технологических и экономических факторов.

• **Доступность** – обеспечение потребителей электроэнергией в зависимости от того, когда и где она им необходима, а также от оплачиваемого уровня качества.

• **Экологичность** – снижение негативных воздействий на окружающую среду.

Для достижения данных требований необходим сценарий интенсивного развития электроэнергетики, основанный на расширении традиционного подхода и принципиальном изменении существующих или появлении **новых функциональных свойств** отдельных частей или энергосистемы в целом. Наиболее существенные из них следующие.

1. Возможность интеграции в систему любых видов источников электроэнергии (традиционных и нетрадиционных) при максимальной эффективности преобразования различных видов первичных энергоресурсов в электрическую энергию, с повышением экологических характеристик при этих преобразованиях.

2. Высокая (вплоть до реального времени) **оперативность и гибкость реагирования** на любые ситуации, включая прогнозируемые, путем изменения загрузки генерации, структуры (топологии) сети и управления электропотреблением на основе рыночных факторов.

3. Клиентоориентированность, т. е. приоритетность индивидуальных требований потребителей по эффективности, надежности и качеству энергоснабжения, их участие в формировании эластичного рыночного спроса на электроэнергию и сопутствующие услуги, при развитии механизмов конкурентного ценообразования и стоимостной оценки услуг сетевой инфраструктуры.

4. Синтез электроэнергетической и информационной систем, придающий системе энергообеспечения потребителей следующие свойства:

– минимальное ограничение интеграции через общую электрическую сеть и общий электрический режим любых типов объектов производства, накопления и потребления электроэнергии;

– максимальная гибкость функционирования и развития в условиях высокой волатильности режимов, технологической и пространственной структуры производства и потребления электроэнергии, которая может быть вызвана технологическими и экономическими (рыночными) факторами.

Основные отличия интеллектуальной энергосистемы от существующей (автоматизированной) – это **ее высокая гибкость и скорость реакции на внешние факторы**, достигаемые за счет включения в энергосистему активных элементов¹ и позволяющие добиться оптимальной загрузки генерирующих источников и нагрузки потребителей, учитывающие результаты торговых операций на рынке, изменение топологии сети, предоставляющее наиболее выгодные маршруты поставки электроэнергии с учетом индивидуальных требований к эффективности, надежности и качеству.

Переход на новый технологический базис в энергетике дает шанс нового витка развития не только отраслевых, но и широкого спектра компаний в других секторах экономики. С учетом сложной политической и экономической ситуации последних лет важнейшим фактором, определяющим возможность перехода к ИЭСР, является потенциал отечественных компетенций в этой сфере, который слабо изучен.

Российские разработки

В рамках разработки Концепции² был проведен всесторонний анализ уровня существующих отечественных компетенций в области интеллектуальной энергетики. Исследование охватывало более 200 компаний и организаций (производители оборудования и технологий, инжиниринговые, научно-исследовательские, образовательные учреждения, институты РАН, энергетические, сервисные и др.). Использовались следующие источники: публичная отчетность; программы инновационного развития компаний с государственным участием; результаты и проекты

¹ Активный элемент – элемент, способный изменять состояние (основные характеристики) оборудования под воздействием адаптивной системы управления, выполняющей оценку и прогнозирование состояния оборудования и внешней среды, вырабатывая на этой основе управляющие воздействия на активные элементы.

² Автор статьи является соавтором «Концепции интеллектуальной энергетической системы России».

национальных и федеральных программ в области энергоэффективности и инновационного развития отрасли; анкетирование компаний, проведенное в рамках разработки Концепции при поддержке Министерства энергетики РФ.

Проведенный анализ показывает, что в России существуют достаточные предпосылки для перехода к ИЭСР. В качестве наиболее общих научно-технических оснований следует, в первую очередь, рассматривать наличие сохранившихся ключевых компетенций, относящихся к отдельным элементам технологического базиса: линии сверхвысокого напряжения переменного и постоянного тока, противоаварийная автоматика; элементы интеллектуальных технологий в магистральных сетях (СТАТКОМ – статический компенсатор реактивной мощности), сверхпроводники и т. д.; автоматизированное управление режимами работы энергообъединений; релейная защита и WAMS-системы (системы мониторинга переходных режимов). В ряде отечественных работ по теории развития и управлению большими системами энергетики, кибернетике энергосистем и др. также прослеживается ряд идей и результатов в рамках развиваемой за рубежом идеологии Smart Grid.

С учетом выводов ведущих российских ученых [3–7] и исследований в рамках разработки Концепции можно признать достаточным уровень отечественных исследований в части новых активных элементов сети для организации работ в сфере интеллектуальных технологий в данном направлении. В настоящее время они ведутся как в компаниях-производителях энергетического и электротехнического оборудования, научных и исследовательских организациях, так и в энергетических компаниях, являющихся потребителями разрабатываемых технологий (рисунок).

Среди энергетических компаний безусловным лидером по развитию и внедрению интеллектуальных технологий является ПАО «Россети», ведущее разработки, исследования и реализацию пилотных проектов в данной сфере на протяжении последних 10 лет. Серьезный задел по развитию методов и механизмов системного управления создан как ПАО «Системный оператор», так и ведущими научными центрами страны. Наиболее широкий спектр разработок и проектов реализован в рамках развития ключевых технологий ИЭСР в сфере передачи и распределения

электроэнергии – в рамках всех групп интенсивность исследований была достаточно высока.



Анализ развития компетенций российских компаний в области интеллектуальной энергетики

При этом в ходе исследования был выявлен крайне низкий уровень развития потребительских сервисов и технологий, которые являются ключевыми в ИЭСР, так как обеспечивают интеграцию потребителя в активное взаимодействие со всеми участниками ИЭСР.

Анализируя тематику работ, результаты проектов и исследований, можно сделать следующие выводы:

- спектр компаний, вовлеченных в исследования и проекты по тематике ИЭСР, охватывает практически все энергетические компании, ведущие университеты и институты РАН, лидеров рынка электротехнического оборудования, ключевые инженеринговые компании – в том или ином формате все они занимаются различными аспектами создания и развития интеллектуальных технологий;

- тематика исследований и разработок в данной сфере достаточно широкая, при этом примерно половина работ инициируется энергетическими компаниями; степень вовлеченности других заинтересованных сторон намного ниже;

- энергетические компании в своих проектах делают основной упор на внедрение уже имеющихся на рынке технологий в привязке к конкретным условиям их реализации – т. е. в основном работы ведутся в области, относящейся к их производственной деятельности. В результате многие направления (в том числе связанные с включением в энергосистему активных потребителей) не рассматриваются. Значительная часть этих технологических решений – зарубежные, что повышает риски развития ИЭСР, учитывая сложную политико-экономическую ситуацию, в которой находится Россия в настоящее время;

- отсутствуют работы по таким направлениям, как модернизация и изменение модели регулирования, информационная поддержка внедрения ИЭСР, развитие ИЭСР на стороне потребителей, энергосбережение, управление спросом, сфера розничных продаж, взаимодействия с конечным потребителем, атомная генерация, развитие рыночных механизмов, макроэкономический и бюджетный анализ.

Проведенный анализ позволил выявить следующие барьеры на пути организации консолидированной работы компаний по формированию новых знаний, компетенций и технологий в рамках перехода к ИЭСР.

- Комплексной подготовки к внедрению технологий интеллектуальной энергетической системы в энергокомпаниях нет, ведутся лишь разрозненные работы, совокупность которых в лучшем случае покрывает лишь небольшой фрагмент поля необходимых исследований и разработок. Крайне мало работ базового и концептуального характера, в основном они касаются узких

областей, имеющих второстепенный характер на первой стадии внедрения ИЭСР.

- При отсутствии четкой позиции государства по развитию интеллектуальной энергетики тематика работ формируется с учетом краткосрочных интересов компаний; практически нет долгосрочных направлений исследований и разработок.

- В ходе исследования не были выявлены проекты и разработки, которые рассматривали бы вопросы управления переходом к ИЭСР с учетом всех ключевых вовлеченных заинтересованных сторон (к ним относятся все экономические агенты в стране как минимум).

- Отсутствует устойчивое взаимодействие между компаниями, вовлеченными в сферу развития ИЭСР – такие связи в основном налажены с научными институтами и другими организациями, которые обычно выполняют сразу несколько работ.

- В странах, которые активно развивают интеллектуальную энергетику, ведется широчайшая информационная поддержка, включающая значительный спектр мер образовательного, просветительского, рекламного, стимулирующего характера. Тема развития энергетики занимает в них одно из основных мест в выступлениях политиков, которые говорят о краткосрочных эффектах и долгосрочных планах по развитию отрасли и ожидаемых последствиях для страны.

- В ИЭСР возникают новые цепочки добавленной стоимости, причем они связаны не только с производством электроэнергии, но и сопутствующими услугами (консалтинг, анализ данных о погоде, энергосервис и т. д.). В США, например, компания Microsoft активно включилась в разработки интеллектуальной энергетики, понимая, что ее инфраструктура будет базироваться на одном принципиальном решении, разработчик которого получит широчайший рынок. Для потребителей уже сейчас разрабатываются решения по принципу plug and play («включай и работай»³). Компании активно борются за будущие рынки. В представленных данных о разработках ИЭСР в российской компании другая логика, более напоминающая неторопливую модернизацию в условиях монополии.

³ Решения по подключению потребителей со встроенными цифровыми контроллерами присоединений и новыми типами измерителей.

Таким образом, следует констатировать наличие разрозненных заделов по основным технологическим группам ИЭСР, уровень, глубина и интенсивность которых в настоящий момент недостаточны для перехода к новой энергетике.

Пути реализации

Переход к интеллектуальной энергетике представляет собой длительный процесс, охватывающий множество сфер и отраслей экономики, и должен рассматриваться в России как целый комплекс взаимосвязанных задач: научно-технологических, бизнес-задач (определяющих стратегии развития компаний и регионов), экономических (обеспечивающих повышение экономической эффективности как энергетического комплекса, так и других отраслей), социальных (связанных с созданием новых рабочих мест) и др.

Один из ключевых принципов – это преемственность и технологическая совместимость: модернизированное оборудование энергетических компаний должно быть совместимо с новыми технологиями и интегрироваться в новую энергетическую систему – ИЭСР.

Анализ зарубежного опыта показывает целесообразность организации перехода к ИЭСР в рамках программы национального уровня, так как проблема развития отечественной электроэнергетики выходит за рамки отраслевой и должна рассматриваться во взаимодействии с другими национальными проектами и программами [9–12].

Систематизация зарубежного опыта на основе анализа имеющихся результатов, рисков и ограничений реализации стратегий развития интеллектуальной энергетики позволяет выделить следующие важные риски и ограничения перехода к интеллектуальной энергетике.

- Проблема вовлечения потребителя в процесс развития интеллектуальной энергетики. Практически во всех странах в концептуальных документах в качестве ключевой компоненты рассматривается потребитель как активный агент преобразований; большие надежды возлагаются на его заинтересованность и готовность инвестировать в собственное энергетическое развитие. Однако, как показывает опыт, колоссальные ресурсы государства и энергетических компаний, потраченные в России

на решение этой важнейшей задачи, не принесли пока должного результата. Существующих выгод еще недостаточно для заинтересованности потребителя в инвестировании в развитие собственных источников малой генерации и полноценное участие в программах управления спросом. Это привело к смещению фокуса в приоритетах развития интеллектуальной энергетики в зарубежных странах с потребителя на развитие инфраструктуры.

- Развитие электроэнергетики за рубежом характеризуется изначальным доминированием принципов и механизмов децентрализованного управления электроэнергетическими объектами. Осознание преимуществ интеграции локальных энергетических систем на государственном и межгосударственном уровнях на основе единых управленческих и информационных технологий привело зарубежные страны к необходимости проведения существенных изменений. В вопросах интеграции энергосистем и координированного управления наша страна имеет определенный набор ключевых компетенций, особенно в научной и технологических сферах, которые могут быть развиты в рамках реализации новой концепции Smart Grid в России.

- Анализ последних отчетов ведущих стран мира о результатах развертывания программ интеллектуальной энергетики показывает, что в краткосрочной перспективе в качестве основного направления выбирается развитие инфраструктуры интеллектуальной сети – системы интеллектуальных измерений, мониторинга, учета и т. д. и формирование нормативно-правовых и организационно-экономических условий для будущей интеллектуальной энергосистемы с активным потребителем.

- Существуют проблемы интеграции различных новых информационных систем: информационная и коммуникационная инфраструктура, необходимая для устройств Smart Grid, создает возможности, издержки и вызовы для интеграции, которые являются новыми для энергокомпаний, и их стоимость трудно оценить, а ресурсы и время, требуемые для интеграции новых сетей и систем, трудно предсказать. Неопределенность жизненного цикла цифровых устройств и систем, возможность реализации полного набора новых функций и операционных возможностей в течение продолжительного периода создают существенные проблемы для энергокомпаний: они не знают, на какую глубину должна быть модернизирована информационная и коммуникаци-

онная инфраструктура, и на каком уровне она должна поддерживаться, поскольку технологии развиваются.

Реализация «Концепции интеллектуальной энергетики России» затрагивает интересы и создает условия для развития других отраслей, существенно изменяет подходы к взаимодействию энергетики с потребителями энергоресурсов. Фактически речь идет о выполнении масштабных преобразований одной из важнейших инфраструктурных отраслей российской экономики, рамки которых значительно шире реализуемых национальных инновационных проектов в ТЭК, а также проектов и программ инновационного развития энергетических компаний.

Литература

1. 10 Year Network Development Plan // European Network of Transmission System Operators for Electricity, ENTSO-E. – 2014. – 493 p.
2. Энергетическая стратегия России до 2035 года (проект).
3. *Воропай Н. И.* SMARTGRID: Мифы, реальность, перспективы // Энергетическая политика. – 2010. – № 2.
4. Электроэнергетика России 2030: целевое видение / Под общ. ред. Б.Ф. Вайнзихера. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 360 с.
5. *Шакарян Ю. Г., Новиков Н. Л.* Технологическая платформа Smart Grid (основные средства) // Энергоэксперт. – 2009. – № 4.
6. *Дорофеев В. В., Макаров А. А.* Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России // Энергоэксперт. – 2009. – № 4. – С. 28–34.
7. *Кобец Б. Б., Волкова И. О.* Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. – М.: ИАЦ Энергия, 2010.
8. *Веселов Ф. В., Макаров А. А., Макарова А. С.* Методы и результаты оценки эффективности ускоренной модернизации электроэнергетики России // Теплоэнергетика. – 2013. – № 1. – С. 6–17.
9. EPRI (2011) Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid. A Preliminary Estimate of the Investment Requirements and the Resultant Benefits of a Fully Functioning Smart Grid.
10. Technology Roadmap «Smart Grids» –The International Energy Agency (IEA). – 2015.
11. Joint Research Centre of the European Commission, Smart Grid Projects Outlook. – 2014.
12. Smart Grid Drivers and Technologies by Country, Economies and Continent // ISGAN Framework of Assessment Report. – 2014. – 29 Sept.