

Smart Grid



Концептуальные положения

Борис Кобец

научный руководитель
Центра энергоэффективности ЕЭС, к. т. н.

Ирина Волкова

зам. директора Института проблем ценообразования
и регулирования естественных монополий
Государственного университета — Высшей школы
экономики, д. э. н.

В России наблюдается растущий интерес к бурно развивающемуся в последнее десятилетие во всем мире направлению преобразования электроэнергетики на базе новой концепции, получившей название *Smart Grid*.

Однозначной и общепринятой интерпретации этого термина пока не существует. В различных публикациях *Smart Grid* трактуется несколько по-разному, отражая в первую очередь взгляды и позиции участвующих в разработке данного направления сторон в соответствии с их интересами. Государственные структуры в большинстве стран рассматривают *Smart Grid* как идеологию национальных программ развития электроэнергетики, компании-производители оборудования и технологий — как перспективную основу оптимизации бизнеса, энергетические компании — как базу для обеспечения

устойчивой инновационной модернизации своей деятельности.

Так, в соответствии с Европейской технологической платформой *Smart Grid* — это «электрические сети, удовлетворяющие требованиям энергоэффективного и экономичного функционирования энергосистемы за счет скоординированного управления и при помощи современных двусторонних коммуникаций между элементами электрических сетей, электрическими станциями, аккумулирующими источниками и потребителями» [1]; общую функционально-технологическую идеологию этой концепции, по-

видимому, наиболее полно отражает сформулированное *IEEE*¹ определение *Smart Grid* как концепции полностью интегрированной, саморегулирующейся и самовосстанавливающейся электроэнергетической системы, имеющей сетевую топологию и включающей в себя все генерирующие источники, магистральные и распределительные сети и все виды потребителей электрической энергии, управляемые единой сетью автоматизированных устройств в режиме реального времени [4]; министерство энергетики США позиционирует *Smart Grid* как «полностью автоматизированную систему, обеспечивающую двусторонний поток электрической энергии и информации между энергообъектами повсеместно. *Smart Grid* за счет применения новейших технологий, инструментов и методов наполняет электроэнергетику знаниями, позволяющими резко повысить эффективность

¹ *IEEE* (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) — Институт инженеров электротехники и электроники.

работы отрасли...» [5]. NETL² определяет *Smart Grid* как совокупность организационных изменений, новой модели процессов, решений в области информационных технологий, а также инноваций в сфере АСУ ТП и диспетчерского управления в электроэнергетике [2] и т. д.

Проведенный нами анализ многочисленных материалов по этому вопросу, опубликованных за рубежом, показывает, что прежде всего *Smart Grid* трактуется сегодня во всем мире как концепция инновационного преобразования электроэнергетики, поскольку именно пересмотр ряда существующих базовых принципов модернизации отрасли и вытекающие из этого масшта-

Если принять во внимание темпы и масштабы распространения рассматриваемого направления за рубежом и объемы задействованных ресурсов, то становится вполне очевидно: Россия не может не быть вовлечена в этот процесс — хотя бы потому, что, как показано далее, через вполне обозримый промежуток времени мы столкнемся с появлением на рынке принципиально новых технологий и оборудования, которые заменят внедряемые в настоящее время, со всеми вытекающими из данного обстоятельства проблемами. О чем свидетельствует и нарастающая активизация в стране деятельности крупных компаний-производителей по созданию и освоению такого рынка.

Государственные структуры в большинстве стран рассматривают *Smart Grid* как идеологию национальных программ развития электроэнергетики, компании-производители оборудования и технологий — как перспективную основу оптимизации бизнеса, энергетические компании — как базу для обеспечения устойчивой инновационной модернизации своей деятельности.

бы и характер задач обуславливают такое внимание к этому направлению.

В основу концепции положена комплексная и всесторонне согласованная система взглядов на роль и место электроэнергетики в современном и будущем обществе, совокупное видение целей ее развития и подходов к их достижению, а также определение необходимого технологического базиса для реализации. Наиболее отчетливо это сформулировано в основополагающих материалах, представленных государственными структурами Европейского союза и США [1—6].

Исходя из этого представляется достаточно важным выявление и понимание основных положений развиваемой за рубежом концепции, начиная от причин ее возникновения и идентификации проблем (почему?), принятых подходов к их решению (что делать?) до выработанных принципов, методов и механизмов реализации (как?).

Нами сделана попытка сформулировать эти ключевые положения на базе проведенного анализа многочисленных публикаций по данному вопросу. Учитывая сказанное выше (в части определения понятий и терминов), в последующем мы будем

придерживаться трактовок, содержащихся в материалах министерства энергетики США, так как они, по нашему мнению, наиболее целостно и последовательно отражают суть рассматриваемой доктрины [2, 5].

Необходимость выработки новой концепции развития электроэнергетики была продиктована экономическим ростом, неразрывно связанным с увеличением объема энергопотребления и повышением требований к качеству и уровню надежности энергоснабжения, наряду с чем возникли существенные ограничения технологического, экономического и экологического планов. В результате проведенного в США и ЕС глубокого анализа было показано, что успешное решение новых задач в рамках прежней концепции экстенсивного развития электроэнергетики преимущественно путем только наращивания мощностей и расширения количественного состава энергетического и электротехнического оборудования, даже обладающего улучшенными характеристиками, оказывается недостаточным. В этой связи за рубежом была инициирована разработка новой концепции инновационного преобразования электроэнергетики — *Smart Grid*, основанной на следующих исходных положениях:

1. Системная модернизация отрасли затрагивает все ее составляющие: генерацию электроэнергии, передачу и распределение (в том числе в коммунальной сфере), сбыт и диспетчеризацию.
2. Энергетическая система развивается как «интернет-подобная» инфраструктура для поддержки энергетических, информационных, экономических и финансовых взаимоотношений между всеми субъектами энергетического рынка и другими заинтересованными сторонами.
3. Электрическая сеть (все ее сегменты) рассматривается как основной объект формирования нового технологического бази-

² NETL (The National Energy Technology Laboratory USA) — Национальная лаборатория энергетических технологий министерства энергетики США.

са, дающего возможность существенного улучшения прежних и создания новых функциональных свойств энергосистемы, обеспечивающих в наибольшей степени достижение ключевых целей, определенных в результате совместного выбора всеми заинтересованными сторонами.

4. Процесс формирования концепции охватывает весь комплекс работ — от предварительных исследований до широкого внедрения инноваций — и ведется на научном, нормативно-правовом, технологическом, техническом, организационном, управленческом и информационном уровнях.
5. Реализация концепции носит инновационный характер и дает толчок к переходу на новый технологический уклад в электроэнергетике и в экономике в целом.

Методология разработки концепции *Smart Grid* использует принципы стратегического управления, фундаментом которого является стратегическое видение, иначе говоря, система взглядов на состояние объекта развития в будущем. Формирование стратегического видения должно отражать интересы широкого круга участников и создавать согласованный перечень конкретных задач с последующим определением направлений их решения.

В рамках развиваемой концепции *Smart Grid* разнообразие требований всех заинтересованных сторон (государства, потребителей, регуляторов, генерирующих, сетевых и энергосбытовых компаний, коммунальных организаций, собственников, производителей оборудования и др.) сведено к группе так называемых *ключевых ценностей новой электроэнергетики*, сформулированных как:

- *доступность* — обеспечение потребителей энергией в соответствии с необходимыми им параметрами времени, места и качества;
- *наджность* — возможность противостояния энергосистемы физическим и информационным не-



гативным воздействиям без тотальных отключений или высоких затрат на восстановительные работы, а также ее максимально быстрое восстановление (самовосстановление);

- *экономичность* — оптимизация тарифов на поставку и снижение общесистемных затрат на производство и распределение электрической энергии;
- *эффективность* — максимизация эффективности использования всех видов ресурсов и технологий при производстве, передаче, распределении и потреблении электроэнергии;
- *органичность с окружающей средой* — снижение негативного воздействия на окружающую среду;
- *безопасность* — недопущение ситуаций в электроэнергетике, потенциально опасных для людей и окружающей среды.

Принципиально новым является то, что все ключевые требования (ценности) предлагается рассматривать как равноправные, их расположение и порядок выполнения нормативно не зафиксированы и могут определяться индивидуально для каждого субъекта отношений (энергокомпании, региона, города, домохозяйства и т. п.).

В основу достижения вышеназванных целей в концепции *Smart Grid* заложены следующие базовые подходы:

1. *Учет интересов всех сторон и клиентоориентированность.* Принятие решений по развитию и функционированию электроэнергетики происходит с помощью сбалансирования массива требований сторон в контексте ожидаемых ими выгод и затрат, где потребителю отведена роль активного участника процесса в части самостоятельного формулирования своих условий относительно объема получаемой энергии, характера ее потребительских свойств и качества энергетических услуг.
2. *Возрастание роли управления* как ведущего фактора развития и способа реализации формируемых требований. Улучшение управляемости отдельных элементов и энергосистемы в целом.
3. *Превращение информационных связей* в основополагающий элемент, обеспечивающий переход от энергетической системы к качественно новой — *энергоинформационной*. Причем информация выступает главным средством оптимизации управления.



Реализация ключевых требований (ценностей) на базе рассмотренных подходов, по мнению идеологов концепции *Smart Grid*, может осуществляться как путем совершенствования традиционных, так и создания новых принципиальных характеристик энергосистемы. В рамках концепции *Smart Grid* развиваются следующие функциональные свойства электроэнергетики:

1. *Самовосстановление при аварийных возмущениях.* Энергосистема и ее элементы постоянно поддерживают свое техническое состояние на требуемом уровне посредством идентификации рисков, их анализа и перехода от управления по факту возмущения к предупреждению аварийного повреждения элементов сети.
2. *Мотивация активного поведения конечного потребителя.* Получатели энергии приобретают возможность самостоятельно менять ее объем и потребительские характеристики (уровень надежности, качества и т. п.) на основании баланса своих запросов и возможностей энергосистемы с использованием информации о параметрах цен, объемах генерации, надежности энергоснабжения и др.
3. *Сопротивление негативным влияниям.* Применение специальных методов, снижающих физическую и информационную уязвимость всех составляющих энергосистемы и способствующих как предотвращению, так и быстрому восстановлению ее после аварий в соответствии с требованиями энергетической безопасности.
4. *Обеспечение надежности энергоснабжения и качества электроэнергии* в различных ценовых сегментах. Трансформация системноориентированного подхода (*System based approach*) в клиентоориентированный (*Customer based*).
5. *Многообразие типов электростанций и устройств аккумулирования электроэнергии (распределенная генерация).* Оптимальная интеграция генерирующих и аккумулирующих мощностей в энергосистеме, подключение с помощью стандартизованных процедур технического присоединения и внедрение «микрэнергосистем» (*Microgrid*) на уровне пользователей.
6. *Расширение рынков мощности и энергии вплоть до включения в их деятельность конечного потребителя.* Открытый доступ на рынки электроэнергии так называемого «активного потребителя» и распределенной генерации с целью повышения результативности и эффективности розничного сегмента.
7. *Оптимизация управления активами.* Переход к удаленному мониторингу функционирования производственных фондов в режиме реального времени; интеграция такого мониторинга в корпоративные системы управления для повышения эффективности работы, совершенствования процессов эксплуатации, ремонта, замены оборудования и, как следствие, снижения общих затрат.

Реализация ключевых ценностей и совершенствование функциональных свойств (принципиальных характеристик) рассматриваются в концепции *Smart Grid* также с позиции идентификации технологических областей, требующих соответствующего инновационного развития. Концепция исходит из необходимости пересмотра существующего и создания нового, инновационного технологического базиса энергетики. В этой связи сформированы пять групп основных технологических областей, обеспечивающих прорывной характер изменений:

- измерительные приборы и устройства — в первую очередь *smart*-счетчики и *smart*-датчики;
- усовершенствованные системы управления, содержащие распределенные интеллектуальные устройства и аналитические инструменты для поддержки коммуникаций на уровне объектов энергосистемы, работающие в режиме реального времени; операционные приложения нового поколения (*SCADA/EMS/NMS*-системы), позволяющие использовать новые алгоритмы и методики управления сетью, в том числе ее активными элементами — прежде всего *FACTS*;
- усовершенствованные технологии и компоненты электрической сети, в частности гибкие системы передачи переменного тока *FACTS*, сверхпроводящие кабели, элементы полупроводниковой и силовой электроники и пр.;
- интегрированные интерфейсы и системы поддержки принятия решений, такие как система *SCADA*, система управления спросом, распределенная система мониторинга и контроля (*DMCS*), распределенная система текущего контроля процессов генерации (*DGMS*), автоматическая система измерения протекающих процессов (*AMOS*) и т. д.; новые ИТ-решения по проектированию и планированию работы элементов энергосистемы;
- интегрированные коммуникации, обеспечивающие взаимосвязь первых четырех технологических групп и гарантирующие инновационный уровень функционирования сети; в этом ряду: автоматизированные подстанции на базе современных интегрированных программно-аппаратных комплексов АСУ ТП с использованием МЭК 61850 (стандарта интеграции подстанционных систем); интегрированные системы измерений и учета потребления электроэнергии; телекоммуникационные системы на базе разно-

образных линий связи — спутниковых, ВОЛС, ВЧ-связи по линиям электропередачи (*BPL*); системы мониторинга переходных режимов *WAMS* (*Wide Area Measurement System*); распределенные системы защиты и противоаварийной автоматики *WAPS* (*Wide Area Protection System*).

Разработка и внедрение нового технологического базиса в рамках концепции *Smart Grid* повлечет следующие принципиальные изменения по сравнению с существующим состоянием энергосистемы:

- переход от централизованных методов генерации и передачи электроэнергии к распределенным с возможностью управления объемами энергопроизводства и топологией сети в любой точке, в том числе на уровне потребителя;

вычислительной инфраструктуры как ядра энергетической системы;

- формирование предпосылок для широкого внедрения новых устройств, повышающих маневренность и управляемость оборудования, — гибких связей, вставок постоянного тока, накопителей энергии и т. п.
- развитие распределенных интеллектуальных систем управления и аналитических инструментов для поддержки выработки и реализации решений в режиме реального времени;
- создание операционных приложений следующего поколения (*SCADA/EMS/NMS*), позволяющих использовать инновационные алгоритмы и методы управления энергосистемой, в том чис-

В качестве одного из приоритетных направлений технологического развития в русле концепции *Smart Grid* можно назвать разработку *smart*-систем измерений. Этот элемент технологического базиса во всех странах является основополагающим и первоочередным шагом реализации *Smart Grid*.

- замена централизованного прогнозирования спроса методологией активного влияния потребителя, который становится элементом и субъектом системы управления;
- отказ от жесткого диспетчерского регулирования в пользу координации работы всех составляющих сети;
- перевод на *smart*-технологии процессов контроля, учета и диагностики активов, что обеспечит перспективные возможности самовосстановления энергосистемы, а также эффективный режим эксплуатации основных фондов;
- построение высокопроизводительной информационно-

ле и ее новыми активными элементами.

Представляется, что с учетом вышеизложенного возможные сценарии развития рассматриваемого направления в России в значительной степени зависят от четкого выбора позиции и принятия соответствующих решений как минимум на отраслевом уровне в контексте организационно-экономического и технологического состояния и ресурсного (в широком смысле) потенциала электроэнергетики.

Проведенный нами анализ показал, что для внедрения концепции *Smart Grid* в нашей стране имеются достаточные предпосылки [7]. В первую очередь необходимо упомянуть

исследования отечественных ученых в области теории управления большими энергетическими системами и кибернетики энергосистем, ряд положений и результатов которых, на наш взгляд, достаточно отчетливо прослеживается в зарубежной идеологии преобразования электроэнергетики. Основываясь на приведенных в публикациях ведущих российских ученых выводах, следует полагать, что и уровень отечественных разработок в сфере нового технологического базиса также достаточен [8—10].

Вместе с тем для реализации в России концепции *Smart Grid* существуют объективные сдерживающие факторы: степень развития информационных технологий, силовой электроники, альтернативных источников электроэнергии и т. д. Определяющее влияние на внедрение концепции *Smart Grid* в нашей стране будет оказывать и технологический разрыв между состоянием отечественной и зарубежной энергосистем.

По-видимому, на сегодняшний день можно говорить лишь о точечной реализации в российской электроэнергетике отдельных компонентов концепции *Smart Grid*. Дальнейшие шаги в этом направлении следует, по нашему мнению, рассматривать в двух аспектах:

- в *долгосрочной перспективе* — проведение комплекса работ, формирующего идеологию развития электроэнергетики России с учетом подходов и принципов концепции *Smart Grid*. Результат — появление стратегического видения перспектив отрасли, «дорожной карты» построения инновационного технологического базиса, механизмов сти-

мулирования новых разработок и внедрения передовых технологий, скоординированных программ модернизации и ресурсного обеспечения инноваций;

- в *краткосрочной перспективе* — создание системы технологического мониторинга как информационной базы для анализа данных и генерации соответствующих решений; применение результатов отечественных и зарубежных исследований на практике; точечное внедрение отдельных элементов концепции *Smart Grid* с целью организации ее будущей технологической основы в нашей стране; привлечение имеющегося потенциала в тех сферах, где компетенции России оказываются уникальными и конкурентоспособными.

В качестве одного из приоритетных направлений технологического развития в русле концепции *Smart Grid* можно назвать разработку *smart-систем измерений*. Этот элемент технологического базиса во всех странах является основополагающим и первоочередным шагом реализации *Smart Grid*. В наших условиях — с учетом положений нового Закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» — данный ИТ-сегмент приобретает еще большую значимость. В связи с чем принятая в России идеология АСКУЭ, возможности этой системы и технические средства требуют соответствующей *перезагрузки на управление спросом*. Необходимо также создание новых методов и технологий прогнозирования (*Advanced Forecasting*), включая формирование функционала «активного потребителя» (*Demand Response*).

Другое направление связано с разработкой систем управления активами. Процесс в таких системах основан на данных диагностики и мониторинга оборудования, что предполагает переход на технологии ремонта и обслуживания *по состоянию*. Подобные проекты развернуты в настоящее время в ряде отечественных энергокомпаний.

В целом здесь может быть рекомендовано осуществление конкретных пилотных проектов с последующим обобщением и тиражированием результатов. Это направление способно развиваться параллельно с внедрением элементов концепции *Smart Grid* при условии адаптируемости вышеупомянутых систем к работе в новой сети.

Анализ концептуальных положений *Smart Grid* показывает, что круг решаемых вопросов охватывает различные уровни модернизации не только отрасли, но и общества в целом. Создание инновационных технологий, необходимых для воплощения новой концепции, подразумевает организацию и проведение серьезных научных исследований в энергетике, в сферах ИТ, усовершенствованных материалов и компонентов, подготовки кадров соответствующей квалификации, а также развития отечественной производственной базы в смежных секторах экономики — в первую очередь электротехники, микроэлектроники, программного обеспечения. Таким образом, концепция *Smart Grid* вполне может рассматриваться в качестве проблемно-ориентируемой технологической платформы (как это сделано, например, в ЕС) для реализации инновационной стратегии в нашей стране.



Список источников:

1. *Smart Grids — European Technology Platform for Electricity Networks of the Future, 2005.*
2. *The National Energy Technology Laboratory: A vision for the Modern Grid, March 2007.*
3. *World Energy Outlook 2009. — International Energy Agency (IEA), Paris, 2009.*
4. *Smart Power Grids — Talking about a Revolution // IEEE Emerging Technology Portal, 2009.*
5. *Grids 2030. A National Vision for Electricity's Second 100 years. — Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003.*
6. *Electric power research institute//www.epri.com.*
7. Кобец Б. Б., Волкова И. О. *Smart Grid* в электроэнергетике // Энергетическая политика. 2009. № 6.
8. Дорфеев В. В., Макаров А. А. Активно-адаптивная сеть — новое качество ЕЭС России // Энергоэксперт. 2009. № 4.
9. Воронай Н. И. Задачи повышения эффективного оперативного и противоаварийного управления электроэнергетическими системами // Энергоэксперт. 2009. № 4.
10. Шакарян Ю. Г., Новиков Н. Л. Технологическая платформа *Smart Grid* (основные средства) // Энергоэксперт. 2009. № 4.