

УДК 62-523.8

*С. А. ЛЕВЧЕНКО, С. В. ПЛЮТА*

## **КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСЕТЕЙ (SMART GRIDS) В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

*Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси*

*(Поступила в редакцию 15.06.2014)*

В большинстве индустриально развитых стран в качестве основополагающего решения энергетических проблем принят переход на путь инновационного развития электроэнергетики, заключающийся в радикальном изменении системы взглядов на ее роль и место в современном обществе и в будущем на базе концепции smart grid.

Появление новой концепции и широкомасштабные работы по ее реализации в индустриально развитых странах, принявших ее за основу своей национальной политики энергетического и инновационного роста, должны, учитываться при развитии отечественной энергетики. Кроме того, необходимость масштабных преобразований в отрасли обуславливает влияние таких факторов, как технологический прогресс, повышение требований со стороны потребителей, надежность электроснабжения, изменения рынка, повышение требований в сфере энергоэффективности и экологической безопасности [1, 2].

Технологии smart grid обеспечивают баланс электрогенерации и электропотребления за счет оптимизации управления энергосистемой, в том числе и в случаях экстренных отключений. Этот инновационный подход в странах ЕС и Северной Америки, несмотря на высокую стоимость решений, является в настоящее время более предпочтительным по сравнению с экстенсивным наращиванием генерирующих мощностей. Концепция наращивания мощностей была широко распространена в СССР и сегодня проявляется в создании дублирующих и избыточных каналов электроснабжения, а, следовательно, и резервной генерации. Как следствие, современная белорусская экономика характеризуется значительным уровнем энергоемкости валового внутреннего продукта.

Ситуация в белорусской энергетике, безусловно, имеет свою специфику, которую необходимо учитывать при оценке перспектив внедрения «умных» энергосетей и систем интеллектуального учета энергии в отечественных энергокомпаниях. На наш взгляд, следует принимать во внимание такие факторы:

- избыточность генерирующих мощностей, заложенная при создании единой энергосистемы бывшего СССР в силу исторических и политических причин;
- наличие значительных резервов повышения энергоэффективности;
- значительный износ энергетических активов;
- высокая социальная чувствительность граждан, а также промышленных и сельскохозяйственных потребителей к изменению тарифов на любые виды электроснабжения.

Однако следует отметить ряд позитивных трендов и важных событий, особенно в сфере информационных технологий для топливно-энергетического комплекса, которые можно рассматривать как предпосылки для создания и внедрения умных энергосетей и систем интеллектуального учета энергопотребления в нашей стране. К ним относятся:

- законодательные и правительственные инициативы в области энергосбережения и энергоэффективности;
- принятие Государственных программ Беларуси по энергоэффективности и развитию энергетики;

принятие Государственной программы развития белорусской энергетической системы на период до 2016 года;

разработка Программы развития промышленного комплекса Республики Беларусь на период до 2010 года.

Однако в Беларуси применение технологии smart grid находится пока еще на начальном уровне, на уровне проведения презентаций, обсуждения ее преимуществ и недостатков, а также перспектив внедрения [3].

В качестве первой попытки освоения этой технологии можно отметить международный проект, представленный на конкурс Седьмой рамочной программы Европейского союза и получивший одобрение. Он подготовлен консорциумом, состоящим из одиннадцати организаций-участников из шести европейских стран. Для выполнения теоретических исследований, связанных с компьютерным моделированием энергетических систем, использующих технологию умных сетей, приглашен исследовательский коллектив Института тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси, а для реализации пилотного проекта – РУП «Минск-энерго».

Проект «Открытые сервисы по энергообеспечению для интеллектуальных сетей» (energy demand-aware open services for smart grid intelligent automation (SmartHG)) создан с целью разработки экономически эффективного математического обеспечения интеллектуальной системы автоматизации сбора и обработки данных в режиме реального времени об использовании энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве с помощью информационно-коммуникационных технологий. Получение и обработка данных преследуют две основные цели: минимизация затрат по энергопотреблению в каждом здании и оптимизация работы оператора распределительной сети (DNO – distribution network operator).

Для белорусских энергосетей нами также разрабатывается свой проект управления умными сетями распределения и генерации энергии. Он базируется на двух основных концепциях: веб-сервисов и компьютерных облаков. Первые используются как разделяемые вычислительные ресурсы, применяемые всеми устройствами управления умных сетей, а вторые – как платформа для размещения самих веб-сервисов. По сути, обе эти концепции представляют собой интернет-технологии, базируемые на HTTP-протоколе.

Инфраструктура системы управления одной ячейкой умных электросетей показана на рис. 1. Набор устройств управления типичным умным домом обычно состоит из одного или нескольких

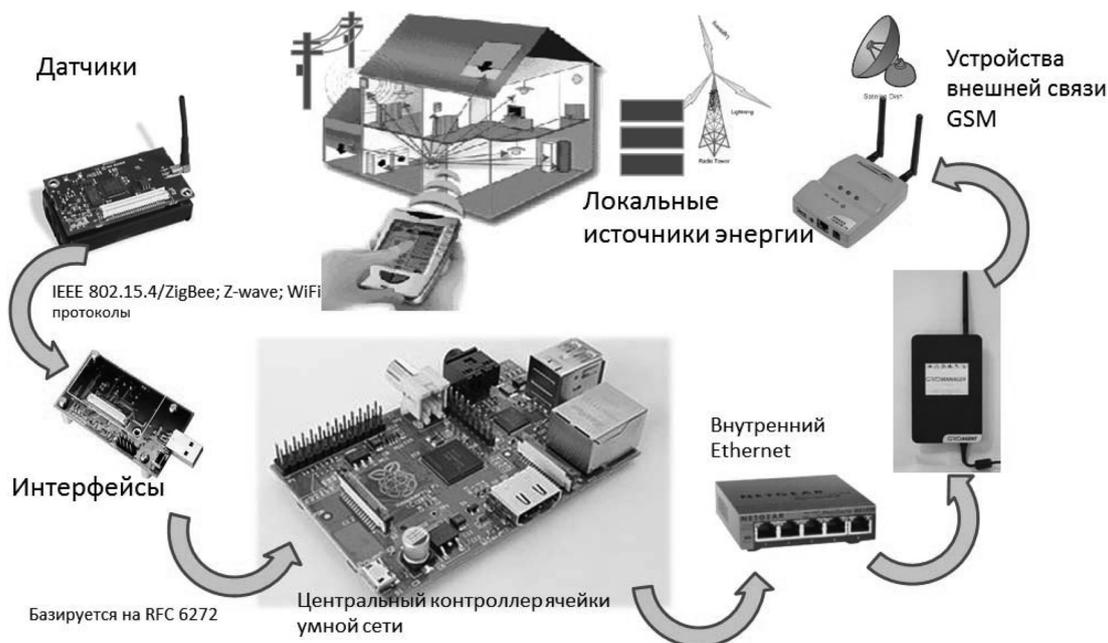


Рис. 1. Инфраструктура разрабатываемой системы управления умными электросетями

умных контроллеров и устройств, обслуживающих жильцов дома. Все устройства объединяются в единую сеть через различные компьютерные каналы на основе открытых протоколов взаимодействия. В систему могут входить и локальные генерирующие электроэнергию устройства, такие как ветрогенераторы, солнечные батареи, тепловые насосы, различные «зеленые» источники, использующие возобновляемые ресурсы (биогаз и т. д.), дизель-генераторы и др. Поскольку в подобных системах широко используются широкоэвещательные сетевые устройства доступа, к примеру, базируемые на группе протоколов IEEE 802.\*, то для управления сетью можно легко использовать мобильные сетевые устройства, такие как телефон и др.

Чтобы обеспечить целостность управления всеми устройствами, на каком бы уровне они ни лежали, необходимо выполнить условия синхронизации их работы. Это означает, что центральные контроллеры умных домов должны знать условия не только в локальных ячейках сети, т. е. не только состояния всех внутренних устройств умного дома, но и глобальные условия на уровне квартала или многоквартирного дома, района или даже города. Если еще учесть такие независимые условия, как погода, зональные ценовые тарифы, границы мощностей поставщиков электроэнергии как внешних, так и внутренних, то объемы необходимых данных, а также требуемые для нормальной работы вычислительные мощности возрастают многократно. Необходимо также учесть потребность в оптимизации работы всей сети в целом для достижения минимума энергопотребления и платы за используемую энергию. Ясно, что все это приводило бы к многократному увеличению стоимости локальных систем управления и связывающих их сетевых каналов, если бы не возможности централизованных компьютерных облаков.

Если создавать систему базируемой в компьютерных облаках, то она получается очень простой и «легкой», т. е. не требовательной к мощностям управляющих компьютеров и к пропускной способности сетей обслуживания, поскольку вычислительные мощности обеспечиваются ресурсами компьютерных облаков, а требования к трафику многократно уменьшаются за счет необходимости обмена всего лишь короткими запросами и получения коротких сообщений с результатами. Однако для этого необходимо создать сервисы управления, к которым сможет обращаться любой умный контроллер умной ячейки, а при необходимости и любое устройство, если оно поддерживает концепцию запросов в компьютерные облака.

Технология веб-сервисов базируется на SOA (service oriented architecture) – сервис-ориентированной архитектуре веб-приложений [4]. В ней, согласно распространенной схеме использования веб-сервисов [5], процедура запросов к ним строится по следующей схеме.

В общем случае, центральным звеном взаимодействия является брокер сервисов. Через него сервисы и веб-аппликации могут, используя универсальный интерфейс распознавания, описания и интеграции UDDI (universal discovery, description and integration), обратиться к каталогу сервисов и организаций, предоставляющих свои услуги в виде веб-сервисов. Получив от брокера адрес в виде URI (universal resource identifier) и описание сервиса в виде WSDL (web service description language) или языка описания внешних интерфейсов веб-службы на базе XML, агент запросов может обращаться к сервису для выполнения общих информационных и специальных запросов. Для обмена информацией с веб-сервисами используются всевозможные механизмы и форматы данных. Основными и самыми распространенными являются следующие форматы:

SOAP (simple object access protocol) – протокол обмена сообщениями на базе XML;

JSON (JavaScript object notation) – текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript;

REST (representational state transfer) – передача состояния представления или передача репрезентативного состояния;

XML-RPC (XML-remote procedure call) – базируемый на XML протокол вызова удаленных процедур и др.

Для проекта разработана инфраструктура (рис. 2) в следующем составе:

сервис моделей потребления энергии EMS (energy modeling service);

сервис прогнозирования потребления энергии EFS (energy forecast service);

сервис оптимизации стоимости энергоисточников ECO (energy cost optimization);

сервис оптимизации режимов потребления энергии ERO (energy regimes optimization);

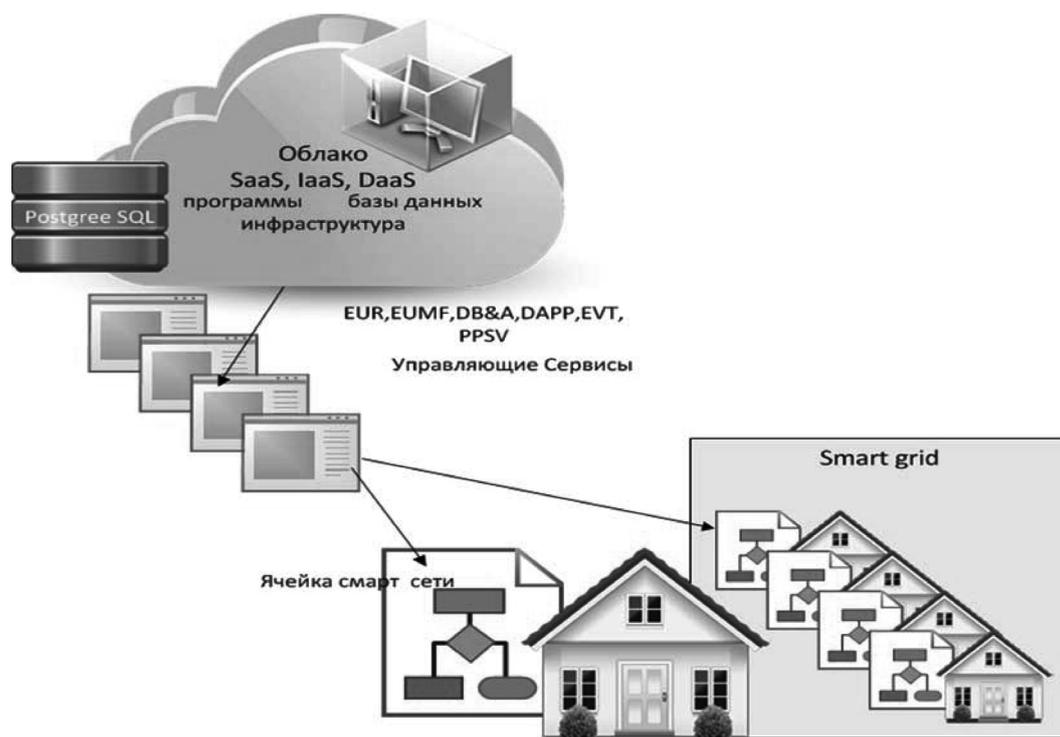


Рис. 2. Структура управляющих сервисов

сервис для реализации оптимизированной политики расчета цены энергии в зависимости от актуальных потребностей потребителей энергии EPO (energy politics optimization);

сервис виртуальной топологии сети в реальном масштабе времени EVT (energy virtual topology);

сервис контроля политики ценообразования EPC (energy politics control);

сервис информационного хранилища DBS (data base storage);

сервис анализа эффективности энергосети в реальном масштабе времени EAS (energy analyses service).

При описании компьютерных веб-сервисов используется много специальных понятий и параметров, уточняющих их характеристики. К ним относятся такие параметры, как назначение веб-сервиса, тип веб-сервиса, список методов, форматы запросов и ответов, WSDL-описание, URL вызова сервиса и др.

Для сервисов, разрабатываемых в рамках проекта, вводятся специальные понятия, которые вытекают из необходимости обслуживания запросов интеллектуальных сетей производства и потребления электроэнергии, что в свою очередь требует от сервисов выполнения специальных функций в различных нетрадиционных режимах.

В проекте для описания сервисов вводятся следующие дополнительные понятия: уровень обслуживания и модель обслуживания.

Одним из основных понятий, введенных для описания сервисов проекта, является понятие уровня обслуживания сервиса – набора опций конкретного сервиса, различающегося от уровня к уровню. Сами уровни определяются архитектурой обслуживаемых электросетей (рис. 3).

Выделяются следующие уровни и соответствующие подуровни обслуживания:

уровень ОЭС (объединенной энергетической системы);

уровень магистральных электролиний 750 кВ;

уровни распределения энергии по классам ЛЭП: подуровни класса ЛЭП 330 кВ, ЛЭП 220 кВ и ЛЭП 110 кВ;

уровни местных потребителей энергии: подуровни локальных генерирующих мощностей (малая энергетика), трансформаторных подстанций и элементарной ячейки сети (дом, квартира, коттедж и т. д.);



Рис. 3. Уровни обслуживания электросети

Все сервисы проекта в независимости от целевой задачи каждого могут работать на различных уровнях обслуживания интеллектуальной электросети. На каждом уровне управления или информационного обслуживания перед сервисами ставятся различные целевые задачи. Например, уровень обслуживания объединенной энергетической системы требует выполнения запросов, которые существенно отличаются от уровня, к примеру, элементарной ячейки сети. Однако, при этом характер запросов к определенному сервису будет всегда похожий, т. е. одного типа. Если взять для примера запрос к сервису прогнозирования потребления энергии EFS (energy forecast service), то на каждом уровне данные будут разные, но тип запроса, список его параметров и другие опции – семантика запроса – будут одинаковыми.

На каждом уровне используются свои модели обслуживания и свои наборы исходных данных. Под моделями обслуживания понимаются конкретные параметры модели сети данного уровня. Понятно, что и топология, и мощности, и требования, и цели для модели каждого уровня должны быть разными. Поскольку сервисы активны только в момент вызова методов и ничего не хранят в памяти между вызовами, так как просто уничтожаются после каждого запроса, то получение данных на каждом уровне обслуживания является непростой задачей. Для ее решения используется известная методика (database driven application calls) – вызовы приложения, управляемые данными.

Все модели загружаются в веб-сервисы динамически в момент получения запроса от агента соответствующего уровня (рис. 4). Так как речь идет о связанных веб-сервисах, которые решают задачи не в одном вызове, а в нескольких последовательных вызовах или в цепочке вызовов, то можно говорить о длительном процессе обработки каждого вызова. При этом всегда существует главный или инициирующий запрос, который запускает всю цепочку перекрестных вызовов обслуживания запроса.

Модели системы загружаются динамически из базы данных, но при этом каждый раз динамически создаются не только модели, но и иерархические структуры (рис. 5), которые отображают иерархию, существующую в электросети или в предметной области решаемых задач. Как видно из рисунка, на каждом уровне постоянно происходит динамическое образование кластеров обслуживания. В данном случае под кластером обслуживания понимается элементарная

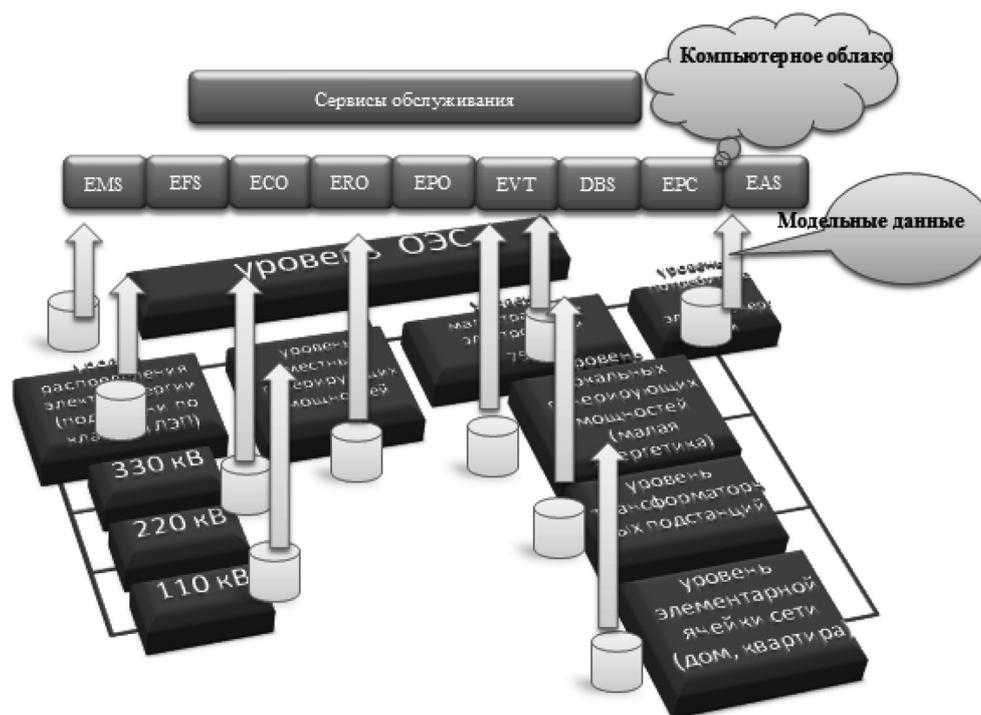


Рис. 4. Поток модельных данных в технологии database driven modelling

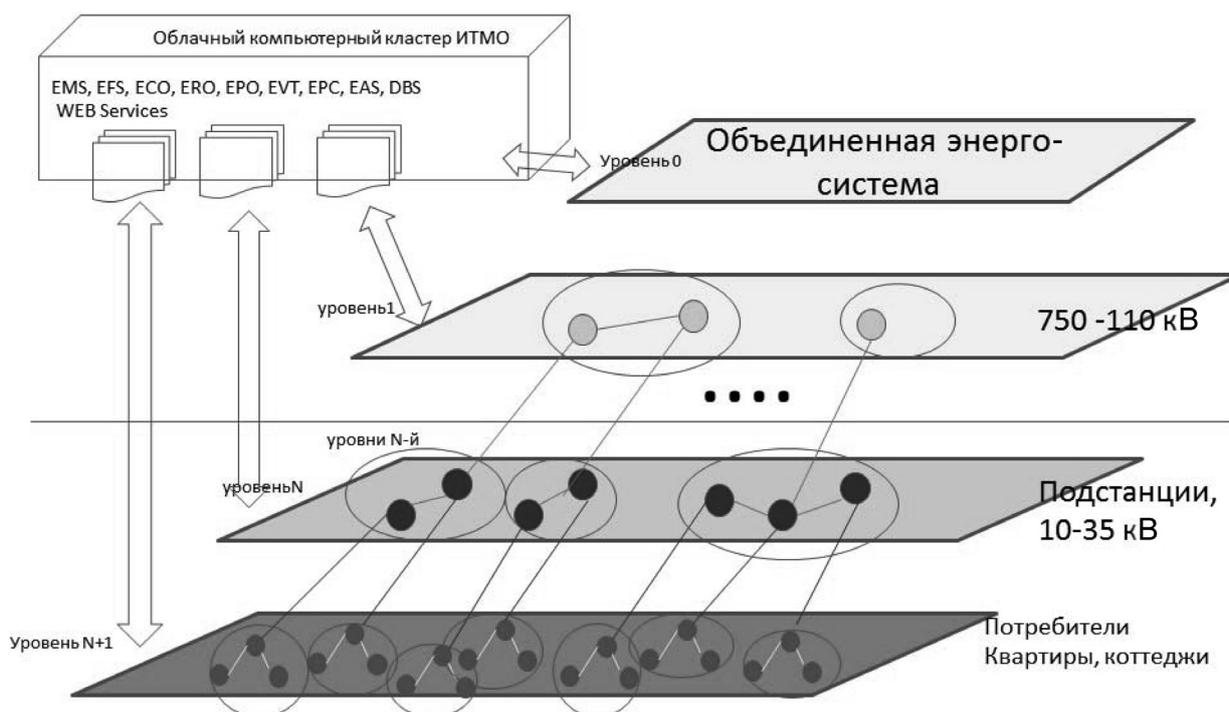


Рис. 5. Диаграмма многоуровневого взаимодействия сервисов управления

ячейка интеллектуальной электрической сети. Каждая такая ячейка может создаваться как динамически, так и статически. Например, если запрос к сервисам требует обработки состояний или получения данных от оборудования одной квартиры или коттеджа, то ячейками будут квартиры или коттеджи. Если в запросе необходимо обработать данные квартала или целого дома или района, то кластер ячейки будет объединять множество ячеек нижнего уровня.

Таким образом формируется сложная система обработки запросов к облаку обслуживающих сервисов интеллектуальной сети.

## Литература

1. Кобец Б. Б., Волкова И. О. // Энергоэксперт. 2010. № 2. С. 24–30.
2. Левченко С. А. // Энергетическая стратегия. 2012. № 2. С. 46 – 49.
3. Короткевич А. М. , Колик В. Р. , Кулаковская Е. В. // Энергетическая стратегия. 2011. № 5. С. 27–29.
4. Машинин Т. С. Веб-сервисы java. СПб., 2012.
5. Разработка Web-сервисов XML и серверных компонент на Microsoft Visual Basic dot NET и Microsoft Visual C# dot NET. Учебный курс MCAD/MCSD / Пер. с англ. М., 2004. С. 356–372.

*S. A. LEVCHENKO, S. V. PLUYTA*

### SMART GRIDS CONCEPT FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF BELARUS ENERGY SYSTEM

#### Summary

The smart grid technologies provide balance between electricity generation and consumption through optimal control of whole electricity system including emergency cases. Such innovation approach in Europe and North America disregarding of high cost of its solutions is much preferred then extensive development of generating powers.

However the use of smart grid technology in Belarus is still at the primary level, at the level of presentations, discussions of its advantages and disadvantages and prospects for the introduction.

Experience of realization in Belarus the international and domestic projects in this area as a first attempt to conduct exploratory research is described in this article.