

Роль smart grids в формировании и реализации электроэнергетической стратегии, развитии энергетической инфраструктуры и повышении энергоэффективности в Беларуси

Role of smart grids in forming and implementing electric power strategy, development of energy infrastructure and energy efficiency increase in Belarus

Кузнецов Александр Сергеевич, аспирант экономического факультета БГУ, старший менеджер по продажам и логистике LUKOIL Polska Sp.z o.o.

Kuznetsou Aliaksandr, PhD student of the Department of economics of BSU, senior sales and logistics manager of LUKOIL Polska Sp.z o.o.

Аннотация

В контексте задач модернизации энергетической стратегии Беларуси рассмотрены проблемы создания и факторы эффективности интеллектуальных электрических сетей (smart grids). Показано, что с их помощью возможен переход от отдельных технических улучшений в системах управления электроэнергетикой к системным, связанным с повышением качества менеджмента, производством и использованием электроэнергии как на уровне государства, так и на уровне субъектов хозяйствования и домашних хозяйств. Рассмотрены особенности, подходы и этапы применения идеологии smart grids в энергетике Беларуси в настоящее время и в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: электроэнергетическая стратегия, интеллектуальная электрическая сеть, smart grids, умная сеть.

Abstract

The problems of forming of smart grids and factors of their efficiency are considered in the context of the tasks on Belarusian energy strategy modernization. It is shown that they can enable the transition from separate technological improvements in the systems of electrical power engineering management to the systemic ones which are related to quality improvement of the production management and the use of electric power both on state level and on the level of economic entities and households. The author considers the main peculiarities, approaches and stages of the use of smart grids ideology in power engineering in Belarus nowadays and in long-term outlook.

Keywords: electric power strategy, intelligent electric network, smart grids.

Поступила в редакцию / Received: 14.09.2016

Web: <http://elibrary.miu.by/journals!/item.eiup/issue.47/article.12.html>

Введение

Повышение энергоэффективности является одним из наиболее актуальных направлений устойчивого развития экономики Беларуси. Это отражено в Национальной стратегии устойчивого развития (НСУР-2030) [1], в законодательстве и в отраслевых нормативных документах. Приоритетными стратегиями достижения устойчивого развития энергетики республики до 2030 г. являются: внедрение энергоэффективных технологий; использование атомной энергии, возобновляемых источников энергии (ВИЭ); формирование оптового электроэнергетического рынка; снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, а также применение инновационных методов и инструментов управления электроэнергетическими комплексами и сетями [1].

В то же время для энергетики Беларуси проблема снижения энергопотребления может вступить в противоречие с необходимостью увеличить местное потребление и экспорт электроэнергии в связи с вводом в эксплуатацию в 2020 г. Белорусской АЭС, что создаст переизбыток электроэнергии. Для разрешения этого противоречия предполагается создание вблизи АЭС новых энергоэффективных производств, а также внедрение в управление электроэнергетической отраслью

принципов концепции smart grids с тем, чтобы обеспечивать эффективное распределение электроэнергии. Естественно, что эти обстоятельства, а также мировые тенденции роста мощности и эффективности ВИЭ, требуют соответствующей корректировки энергетической стратегии Беларуси.

Представляется, что цель такой корректировки состоит в переходе от преимущественно мер энергосбережения для повышения энергоэффективности к инновационной фазе развития отечественной электроэнергетики путем замены отдельных технических улучшений системными, связанными в первую очередь с повышением качества управления энергоресурсами как на уровне государства и отрасли, так и на уровне предприятий и домашних хозяйств.

Одной из основ для дальнейшего инновационного развития энергетики Беларуси в современных условиях является реализуемая в ряде индустриально развитых стран концепция smart grids.

Предпосылки актуальности и краткая характеристика концепции smart grids

Традиционно электрическая сеть создается как система, состоящая из одной или нескольких мощных генерирующих станций, проектируемая для удовлетворения пикового спроса и осуществляющая, как правило, одностороннюю передачу энергии потребителям. Однако рост количества, мощности и эффективности ВИЭ, рост потребления электроэнергии и появление интеллектуальных устройств (для учета и программирования расхода электроэнергии) обусловили возможность и актуальность повышения степени интеллектуальности управления электрической сетью с тем, чтобы в реальном режиме времени можно было оценивать спрос, адаптировать к нему мощности источников энергии, принимать обоснованные решения по экономии электроэнергии на уровне предприятий и бытового потребления.

Так как электрическую энергию трудно накапливать и хранить (потому мощности электростанций и рассчитаны на пиковую нагрузку), требуется обеспечение постоянного обмена информацией и энергией между большими и малыми электростанциями и потребителями, а также поддержание оптимального баланса производства энергии и ее использования. В этой связи необходимо постоянное совершенствование управления генерацией и распределением электроэнергии, что в условиях множества генераций требует интеллектуализации управления. Отсюда следуют объективные предпосылки появления и все большей актуальности концепции «умных сетей». Как следствие, во многих странах мира ведутся работы по внедрению в управление электроэнергетикой принципов smart grids, что, по мнению многих экспертов, является важной предпосылкой предстоящей смены технологических приоритетов в электроэнергетике. Подобные сети все чаще начинают рассматривать не только как драйвер модернизации различных сетевых инфраструктур, но и как часть экономики знаний.

В настоящее время существует несколько названий этого перспективного направления развития энергетики: умная сеть, сильная сеть, интеллектуальная сеть, активно-адаптивная сеть. В целом интеллектуальная сеть (smart grids, «умная», или активно-адаптивная сеть) представляет собой распределительную сеть, сочетающую инструменты контроля и мониторинга выработки и потребления электроэнергии, информационные технологии и средства коммуникации для мониторинга и управления сетью, аналитические системы для оценки и принятия управленческих решений в автоматическом (путем применения искусственного интеллекта) и автоматизированном режимах с целью повышения эффективности производства и качества предоставляемой электроэнергии, надежности и энергетической безопасности систем генерации и сетевого распределения электроэнергии [2].

Актуальность «умных сетей» применительно к генерации электроэнергии возрастает в связи с увеличением ее выработки из множества возобновляемых и практически чистых и неограниченных источников (ветра,

солнца, воды, геотермальных источников), что, соответственно, приводит к росту комбинаторики для управления генерирующими мощностями. По данным Международного Энергетического Агентства (МЭА), в течение 2005–2010 гг. темп роста ветровых установок составлял 25 %, среднегодовые темпы роста фотоэлектрических преобразователей – более 70 %, процент роста ежегодных инвестиций в проекты с ВИЭ в 2009–2011 гг. составлял в среднем около 17 % ежегодно [2]. Как следствие, уже в 2010 г. суммарная мощность всех введенных мощностей ВИЭ превысила суммарную мощность вновь вводимых источников традиционной топливной генерации [2]. В 2012 г. доля ВИЭ в мировой энергетике составляла около 13,2 % от общего объема поставок первичной энергии, в 2013 г. доля ВИЭ составила почти 22 % (рост на 5 % за один год). В 2014 году уже около 19 % мирового энергопотребления было удовлетворено из возобновляемых источников энергии [2]. Однако значительная часть энергии ВИЭ приходится на долю гидроэлектростанций, дальнейшее развитие которых требует значительно больших капитальных затрат, чем использование энергии ветра и солнца, а мест на планете, где можно соорудить плотину, осталось немного, поэтому сфера распространения гидроэнергетики сужается.

С точки зрения управления при рассмотрении концепции smart grids речь идет о вертикальной и горизонтальной интеграции существующих систем управления генерированием, сбытом и потреблением электричества путем повышения степени автоматизации и интеллектуализации управления.

Энергосистема, построенная на принципах smart grids, как новая технологическая платформа в области энергетики характеризуется следующими четырьмя ключевыми признаками [3]:

1. Гибкость – сеть может адаптироваться под нужды потребителей электроэнергии.
2. Удобство подключения как для новых потребителей, так и для новых поставщиков электроэнергии.
3. Надежность – сеть должна гарантировать защищенность и качество поставки электроэнергии в соответствии с требованиями цифрового века.
4. Экономичность, достигаемая путем использования инновационных технологий в управлении и регулировании функционирования энергосети.

Для соответствия этим характеристикам эффективное управление энергетическими потоками и их распределение подразумевает применение принципов, на которых построены современные информационные системы, в частности, применение методологии провайдинга сервисов с помощью специальных маршрутизаторов, что позволит оперативно перераспределять потоки электроэнергии в любом требуемом направлении.

Посредством применения современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) интеллектуальные системы управления могут применяться как в масштабах зданий, предприятий, так и для обычных домашних электрических устройств, например холодильника или стиральной машины. Соответственно, все устройства, входящие в состав smart grids, должны быть оснащены техническими

средствами, осуществляющими информационное взаимодействие.

Факторы эффективности smart grids

Методики оценки ожидаемых эффектов от внедрения элементов smart grids ввиду специфики отрасли, новизны и многообразия применения принципов еще не получили должного развития. С точки зрения общей экономики smart grids способствует появлению новых рынков (измерительных устройств), новых игроков (энергосбытовых и других компаний) и нового типа услуг (аналитика по использованию ресурсов).

Эффективность smart grids можно рассматривать как в целом (интегральное взаимодействие на экономическую), так и по отдельным направлениям: производители, дистрибьюторы, потребители.

При этом в качестве основных факторов эффективности smart grids рассматриваются следующие [4]:

- повышение степени сбалансированности объемов выработки и сбыта электроэнергии за счет децентрализации функций генерации и управления потоками электроэнергии и информации в энергетической системе (интеллектуальные счетчики отслеживают потребление энергии и поддерживают определенные правила потребления в часы пиковой нагрузки и в другое время суток);
- снижение затрат на генерацию, распределение и передачу электроэнергии за счет повышения уровня синхронной работы источников генерации и узлов накопления и хранения электроэнергии (например, зарядка аккумуляторов электромобилей, настроенная таким образом, чтобы аккумулятор начал заряжаться ночью, когда стоимость электроэнергии минимальна);
- обеспечение требуемого качества передаваемой электроэнергии и оперативное устранение последствий неисправностей (способность к самовосстановлению после сбоев в подаче электроэнергии);
- возможность передачи электроэнергии и информации в двух направлениях, что является важным условием для более интенсивного развития распределенной и возобновляемой энергетики;
- активная роль потребителя энергии за счет получаемой им возможности управлять энергопотреблением и влиять на принятие решений по развитию и функционированию энергосистемы (отсюда новое понятие «prosumer», от англ. producer + consumer).

Можно предположить, что переход к инновационному варианту развития на базе интеллектуальной энергетики будет сопровождаться существенным снижением темпов ввода как новых электростанций, так и связанной с ними сетевой инфраструктуры для выдачи мощности. Вследствие чего снижение капиталовложений является наиболее значимым системным экономическим эффектом.

Вторым наиболее крупным эффектом является снижение топливных затрат электростанций. Так, в США использование технологии smart grids позволит стране к 2020 г. сэкономить около 1,8 трлн долл. за счет снижения потребления энергии и повышения надежности,

при этом предполагается, что посредством «интеллектуальной энергоэффективности» текущий объем энергопотребления в США можно снизить на 22 % [5].

В странах ЕС наиболее активное внедрение интеллектуальных сетей предполагается в жилищно-коммунальном секторе экономики, так как более 40 % энергетического потребления в Европе приходится на отопление, охлаждение и освещение зданий.

В России эффективность от применения smart grids рассматривается как фактор повышения надежности при одновременном обеспечении экономической эффективности работы всей энергосистемы [6].

Состояние работ по smart grids в Беларуси

В Беларуси системы Smart Grid рассматриваются как закономерный этап развития национальной электроэнергетики с учетом мировых технических достижений. В направлении smart grids в стране осуществляются теоретические исследования и имеется успешный практический опыт (умные счетчики устанавливаются в Беларуси с 2009 г., реализуется масштабный проект интеллектуального управления уличным освещением). В более чем 1,2 тыс. многоквартирных домов в Минске установлены смарт-счетчики, которые с помощью SIM-карт передают в расчетный центр данные о потреблении электроэнергии в каждой квартире.

Важным шагом освоения этой технологии является международный проект «Открытые сервисы по энергообеспечению для интеллектуальных сетей» (Energy Demand-Aware Open Services for Smart Grid Intelligent Automation – SmartHG), целью которого является разработка экономически эффективного математического обеспечения интеллектуальной системы (автоматизации сбора и обработки данных об использовании энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве в режиме реального времени с помощью ИКТ). Получение и обработка данных преследует две основные цели: минимизация затрат по энергопотреблению в каждом здании и оптимизация работы оператора распределительной сети (DNO – Distribution Network Operator) [3].

Эти примеры показывают, что применение интеллектуальных сетей в Беларуси перспективно и востребовано и будет развиваться на имеющейся базе и с учетом мировых тенденций и опыта.

Современная структура генерирующих объектов в стране характеризуется высокой степенью концентрации мощностей, доминированием тепловой энергетики, а также относительно небольшой степенью развития объектов распределенной генерации (таблица 1)

В структуре электропотребления Республики Беларусь на промышленные организации приходится около 60 %, население – 20 % (в том числе городское – порядка 70 %), на непромышленных потребителей – 11 %, на сельскохозяйственные нужды – около 7 %, городской и железнодорожный транспорт – около 2 % .

Применение концепции smart grids целесообразно в первую очередь по следующим причинам:

- высокий уровень технических и коммерческих потерь;

Таблица 1 – Структура электрогенерирующих мощностей Республики Беларусь в 2015 г.

Категория энергообъекта	Количество, шт.	Установленная электрическая мощность, МВт
Тепловые электростанции высокого давления	12	8347,600
Малые тепловые электростанции	30	604,000
Гидроэлектростанции (ГЭС)	23	26,304
Ветроэлектростанции (ВЭС)	1	1,500
Итого энергоисточники «Белэнерго»	66	8979,360
Блок-станции	232	761,130

Источник: [6].

- отсутствие инструментальных данных (показаний приборов учета), позволяющих выявить очаги повышенных коммерческих потерь вследствие недостаточного оснащения приборами учета сети 10/0,4 кВ;
- уязвимость сетей 0,4/0,22 кВ в районах индивидуальной жилой застройки, ведущей к безучетному потреблению электрической энергии;
- низкий уровень автоматизации в целом с охватом автоматизированными системами комплексного учета электрической энергии в частности.
- ввод в действие энергосберегающего оборудования, приборов и материалов, парогазовых, газотурбинных и газопоршневых установок для производства электрической и тепловой энергии, отвечающих передовым требованиям науки и техники в данной области; развитие электромобилей и гибридных автомобилей; разработка в рамках ЕАЭС банка перспективных энергетических технологий;
- внедрение современных стандартов производства и потребления электроэнергии;
- совершенствование систем учета и контроля энергоресурсов и энергопотребления, в том числе охват потребителей электрической энергии «умными» счетчиками, поквартирная установка теплосчетчиков на объектах нового строительства;
- снижение удельных топливных затрат на производство электрической и тепловой энергии за счет модернизации неэкономичных, морально и физически устаревших основных производственных средств ТЭК [6].

Наибольшая доля приходилась на обрабатывающую промышленность – от 44,09 % в 2009 г. до 47,85 % – в 2011 г. Также высокий удельный вес в совокупном потреблении занимает производство и распределение электрической энергии, газа и воды: от 22,27 % в 2014 г. до 24,78 % в 2009 г. Из видов экономической деятельности, входящих в обрабатывающую промышленность, наиболее электроемкими являются химическое и металлургическое производство, выпуск готовых металлических изделий, кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов, пищевых продуктов, включая напитки, и табака, изготовление прочих неметаллических минеральных продуктов.

О подходах к формированию энергетической стратегии

Энергетическая стратегия представляет собой документ, в котором на основе мировых тенденций и национальных приоритетов определяются стратегиче-

ские направления развития топливно-энергетического комплекса, призванные обеспечить возрастающие потребности экономики страны в энергетических ресурсах, оптимизировать структуру производства и потребления топливно-энергетических ресурсов, повысить энергоэффективность экономики и энергетики, содействовать укреплению международной, национальной и региональной энергетической безопасности.

В энергетической стратегии Беларуси, учитывая, что страна не обладает достаточными собственными энергетическими ресурсами, оптимизация развития и функционирования энергетического сектора рассматривается как приоритет при осуществлении реформ в сферах законодательства, управления и организации. В качестве основных направлений развития в энергетической стратегии Беларуси в числе ключевых определены следующие направления: снижение энергоемкости экономики, энергосбережение, диверсификация импорта энергии, максимальное развитие энергоисточников на местных видах топлива (прежде всего древесина и торф) и ВИЭ, развитие атомной энергетики. В современных условиях эти направления все более связаны с внедрением положений концепции smart grids.

В развитии энергетической отрасли в Беларуси можно выделить два важных этапа:

1. Этап развития существующей инфраструктуры и энергосбережения. На этом этапе (1990 гг. – настоящее время) в ходе реализации государственных программ в области энергосбережения потребление всех видов энергии снизилось более чем в три раза. Если в конце 1990-х гг. на 1 тыс. долл. ВВП приходилось 690 кг нефтяного эквивалента, то в настоящее время этот показатель составляет 240 кг (для сравнения: в Украине – 560 кг, в России – 580 кг, в США – 158 кг, во Франции – 130 кг, в Германии и Японии – 111 кг, в Великобритании – 91 кг) [7].
2. В настоящее время наступает второй этап развития электроэнергетического комплекса Беларуси, который во многом связан с предстоящим в 2020 г. вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС мощностью 2400 Мв, что резко увеличит переизбыток предлагаемой к использованию электроэнергии, особенно в ночной период. Для обеспечения баланса по электрической мощности необходимо увеличение потребления, в том числе путем перераспределения электроэнергии на внешний и внутренний рынки, а также применения накопителей в виде аккумуляторов. Накопление и распределение электроэнергии является сложной проблемой, так как электрическая энергия является товаром быстрого потребления, а

технологии ее получения и передачи трудоемкие и энергетически затратные.

Барьеры и проблемы

Развитие интеллектуальной распределительной электрической сети в Республике Беларусь имеет свои отличия от развития аналогичной сети за рубежом. В то время как за рубежом Smart Grid – это двухсторонний обмен цифровыми данными между всеми участниками электрической сети, в Республике Беларусь развитие Smart Grid предусматривает прежде всего комплексную модернизацию существующей сети.

Основные проблемы, которые препятствуют реализации проектов по smart grids, состоят в следующем:

1. Организационно-управленческая. Различные ведомственные интересы и стратегии развития. Для решения этой проблемы целесообразно формирование структуры для координации умных проектов в различных сферах и цифровизации энергетики как единого целого.
2. Техническая, которая обусловлена необходимостью обслуживать инфраструктуру с сотнями тысяч датчиков, систематизацией и интеграцией различных данных между собой, организацией каналов передачи информации.
3. Обеспечение безопасности и максимальной защиты электроэнергетических сетей.

Для преодоления этих барьеров требуется разработка соответствующих сценариев в рамках общей стратегии. Учитывая, что в концепции Smart Grid выделяются три стадии обновления электроэнергетической отрасли (установка умных счетчиков, автоматическая коррекция напряжения, сверхпроводниковая архитектура), могут рассматриваться следующие сценарии: мониторинга и точечного внедрения отдельных технологий Smart Grid; развития существующих и создания новых компетенций в сфере Smart Grid; разработки и реализации комплексной национальной программы инновационного развития электроэнергетики на базе концепции Smart Grid.

При этом важно учитывать различие подходов в модернизации большой и малой энергетики. Так, крупные объекты, такие как ГРЭС или АЭС, ГЭС или ТЭС, менее подвержены радикальным технологическим изменениям, и здесь инновации будут реализовываться медленными темпами (по экспертным данным, в ближайшие 50 лет сохранится более 70 % существующей энергетической структуры базы). То есть будущая энергетика как минимум до конца столетия будет многоукладной, состоящей из всех видов энергоисточников и состава потребляемых энергоносителей. Исходя из этого, современная энергетическая стратегия Беларуси формируется с ориентацией на симбиоз больших социотехнических систем и индивидуальных электрических «умных» установок посредством сочетания новых энергетических технологий и ИКТ.

Заключение

Для решения энергетической проблемы в Беларуси приоритетным является эффективное использование всех видов энергетических ресурсов, как не возобновляемых, так и возобновляемых, что обуславливает актуальность работ по созданию интеллектуальных электроэнергетических систем, объединяемых общим термином «smart grid». Задача повышения энергоэффективности на современном этапе, когда существует большой резерв малозатратных мероприятий, также совпадает с большинством стратегических целей хозяйствующих субъектов. Для решения данной проблемы необходимо активно внедрять и продвигать новейшие технические и энергосберегающие проекты на основе концепции smart grid.

Реализация перехода к сети Smart Grid требует значительных инвестиций, поэтому на первоначальном этапе необходимо провести технико-экономическое обоснование внедрения технологии.

Главным эффектом smart grid является не только возможность оперативно включать резервные мощности электростанций (преимущественно энергоблоки газовых ТЭС) для компенсации повышенного потребления электроэнергии, но и возможность прогнозировать потребление электроэнергии, то есть уравнивать потребление и генерацию электроэнергии в автоматическом режиме.

Актуальной является проблема создания информационно-аналитической системы, включающей базу данных высоких энергетических технологий, позволяющей осуществлять комплекс мер по правильной технологической ориентации, проведению технологических тендеров на разработки, поставки и обслуживание оборудования в целях модернизации энергетики.

Стратегическая направленность отрасли электроэнергетики обуславливает необходимость ее государственного регулирования, в том числе в области продвижения инноваций и формирования новой модели энергосистемы на основе рационального соотношения энергетического и управленческого базисов, в целях устойчивого развития электроэнергетики в Беларуси.

Список литературы

- [1] Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Министерство экономики Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.economy.gov.by/ru/macroeconomy/nacionalnaya-strategiya>. – Дата доступа: 11.03.2016.

Natsional'naya strategiya ustoychivogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Belarus' na period do 2030 goda [Electronic resource] // Ministerstvo ekonomiki Respubliki Belarus'. – Mode of access: <http://www.economy.gov.by/ru/macroeconomy/nacionalnaya-strategiya>. – Date of access: 11.03.2016.

- [2] Возобновляемая энергия [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Возобновляемая_энергия. – Дата доступа: 02.10.2016.

Vozobnovlyayemaya energiya [Electronic resource] // Vikipediya. – Mode of access: https://ru.wikipedia.org/wiki/Возобновляемая_энергия. – Date of access: 02.10.2016.

- [3] Левченко, С.А. Интеллектуальные энергетические сети (Smart Grids) в Беларуси: проблемы в построении «умных» сетей и варианты их решения [Электронный ресурс] / С.А. Левченко // Институт тепло-и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси. – Режим доступа: www.scienceportal.org.by/upload/Levchenko27.06.2012.pdf. – Дата доступа: 10.09.2016.

Levchenko, S.A. Intellektual'nyye energeticheskiye seti (Smart Grids) v Belarusi: problemy v postroyenii «umnykh» setey i varianty ikh resheniya [Electronic resource] / S.A. Levchenko // Institut teplo-i massoobmena im. A.V. Lykova NAN Belarusi. – Mode of access: www.scienceportal.org.by/upload/Levchenko27.06.2012.pdf. – Date of access: 10.09.2016.

- [4] Анализ мирового и российского опыта использования технологий Smart Grid. Разработка рекомендаций по применению технологий Smart Grid в российской электроэнергетике. Научно-технический отчет // Б.Б. Кобец [и др.]. – М.: НП «ИНВЭЛ», 2010. – 110 с.

Analiz mirovogo i rossiyskogo opyta ispol'zovaniya tekhnologiy Smart Grid. Razrabotka rekomendatsiy po primeneniyu tekhnologiy Smart Grid v rossiyskoy elektroenergetike. Nauchno-tehnicheskii otchet // B.B. Kobets [i dr.]. – M.: NP «INVEL», 2010. – 110 s.

- [5] Зорина, Т. Организационно-экономические условия развития электроэнергетики в Беларуси / Т. Зорина // Наука и инновации. – 2016. – № 6. – С. 41–46.

Zorina, T. Organizatsionno-ekonomicheskiye usloviya razvitiya elektroenergetiki v Belarusi / T. Zorina // Nauka i innovatsii. – 2016. – No. 6. – P. 41–46.

- [6] Smart Grid, или умные сети электроснабжения [Электронный ресурс] // Инженерно-консалтинговая компания ЭНЭКА. – Режим доступа: www.eneca.by/ru_smartgrid0/. – Дата доступа: 10.09.2016.

Smart Grid, ili umnyye seti elektrosnabzheniya [Electronic resource] // Inzhenerno-konsaltingovaya kompaniya ENEKA. – Mode of access: www.eneca.by/ru_smartgrid0/. – Date of access: 10.09.2016.

- [7] Заборовский, А.М. Энергетика 2030: глобальные тренды и национальная энергетическая политика : моногр. / А.М. Заборовский, М.М. Ковалев, А.С. Кузнецов. – Минск : Изд. Центр БГУ, 2013. – 150 с.

Zaborovskiy, A.M. Energetika 2030: global'nyye trendy i natsional'naya energeticheskaya politika: monogr. / A.M. Zaborovskiy, M.M. Kovalev, A.S. Kuznetsov. – Minsk: Izd. Tsentr BGU, 2013. – 150 p.