

Перспективы и проблемы внедрения технологии Smart grid в России

09, сентябрь 2015

Боева Е. Ю.^{1,*}, Куникеев Б. А.¹, Щеголев Н. Л.¹

УДК: 536.7

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

^{*}e3@bmstu.ru

Понятие Smart grid

Термин «умная (интеллектуальная) сеть» (Smart grid) стал известен с 2003 года, когда он появился в работе "Спрос надёжности будет управлять инвестициями" [1]. В ней были перечислены несколько функциональных и технологических определений интеллектуальной сети и ее преимущества над обычными сетями.

В России термин Smart grid трактуют как «интеллектуальную сеть энергетики», «умную сеть», «интеллектуальную электроэнергетическую систему», «активно-адаптивную сеть энергетики» [2].

Общим элементом для большинства определений является применение цифровой обработки данных и связи с электрической сетью, что делает поток данных и управление информацией ключевыми технологиями интеллектуальных сетей. На сегодняшний день нет единого для всех стран определения этой технологии. [3]

В настоящее время значительная часть энергосистемы в России изношены, морально и физически устарели, что является одной из причин аварий. 25 мая 2005 года части Москвы, Московской области, Тульской, Калужской и Рязанской областей оказались на несколько часов без электричества из-за выхода из строя подстанции Чагино. В США в 1990-е и 2000-е года происходили постоянные перебои в подаче энергии, так называемые «блэкауты», когда несколько мегаполисов оставались без электричества. Схема управления энергосетями, созданная в XX веке, уже не соответствует современным условиям эксплуатации [4].

Преимущества от внедрения системы Smart grid

Концепция Smart grid предполагает включение в общую энергосистему множества распределенных источников энергии – маломощных станций и установок, работающих в том числе на возобновляемых источниках энергии. Это позволит снизить потери при перетоках и транспортировке электрической энергии.

Актуальность решения этой задачи связана со все возрастающими масштабами строительства малых электростанций с установками, работающими на биогазе. Использование биогаза в качестве топлива имеет целый ряд подтверждённых мировой практикой преимуществ, в том числе:

- для производства биогаза используется возобновляемая биомасса, бытовые и промышленные отходы;
- широкая номенклатура сырья обеспечивает возможность строительства установок для производства биогаза фактически повсеместно в районах концентрации сельскохозяйственного производства и технологически связанных с ним отраслей промышленности;
- производство электроэнергии из биогаза стабильно в течение года, в отличие от ее выработки на солнечных и ветровых электростанциях;
- переработка биологического сырья, бытовых и промышленных отходов путём сбраживания в биогазовых реакторах либо за счет термической газификации биомассы, а также путем сбора биогаза на существующих полигонах ТБО позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Если применение биогазовых технологий в авиации в ближайшем будущем не перспективно [5], то в стационарной энергетике они - один из основных и наиболее рациональных путей обезвреживания органических отходов [6, 7]. При этом термическая газификация биомассы является направлением, альтернативным прямому сжиганию. Интегрированные газификационные циклы (Integrated Gasification Combined Cycle – далее IGCC) для биомассы были предложены и получили широкую поддержку за рубежом в конце 80-х гг. Обширные программы по реализации IGCC ведутся в США (JGT), Финляндии (Tampella, VTT), Швеции (TPS), Дании (Volund) и др.

Следует так же отметить, что строительство распределенной сети современных малых и средних электростанций позволит создать значительное количество рабочих мест в малых городах России, препятствуя тем самым оттоку населения в крупные города.

Важным преимуществом распределенной энергосистемы является повышенная безопасность – при аварии и отключении подстанции или обрыве линий имеется возможность перераспределить мощности соседних станций и направить их на требуемый участок.

Установка «умных» счетчиков, осуществляющих передачу информации в двух направлениях, позволяет реализовать автоматизированный оперативный учет потребления электрической энергии. Появляется возможность ввода дифференцированной по времени суток системы оплаты за потребленную энергию – по сниженным тарифам в ночное время, когда потребление энергии небольшое, и по обычным или повышенным тарифам в дневное время в периоды пиковых нагрузок и повышенного энергопотребления.

Поскольку включение резервных установок на ограниченный период времени для покрытия пиковых нагрузок приводит к удорожанию электроэнергии в силу невысокого эксплуатационного КПД таких установок и ограниченного ресурса по количеству пусков,

раздельный по времени суток автоматизированный учет потребления энергии с использованием «умных» счетчиков дает возможность потребителю снизить свои затраты, используя меньше энергии в часы с максимальным тарифом. Кроме того, с помощью специального приложения потребитель может дистанционно управлять потреблением энергии «умными» приборами, подключенными к сети Smart grid.

Энергосбытовая компания при этом получает возможность более точно рассчитывать плату потребителей и обнаруживать хищения. В дополнение к этому потребители, имеющие собственные установки для производства электроэнергии, смогут продавать ее в сеть, в том числе в часы пиковых нагрузок по повышенной цене.

Одной из наиболее важных особенностей системы является возможность диагностики и обслуживания сетей по техническому состоянию. Система собирает огромное количество данных о качестве энергии, напряжении, силе тока, провалах напряжения, времени этих провалов. Автоматический анализ позволяет узнать место возможной неисправности и заранее направить туда ремонтную бригаду, предупредив, таким образом, крупную поломку и полный выход из строя оборудования. В настоящее время ремонт осуществляется согласно требованиям нормативных документов (регламентов) с определенной периодичностью. «Умная» сеть постоянно контролирует состояние оборудования (в том числе температуру трансформаторов) и выявляет проблемы на начальной стадии их развития [8].

От введения программы выигрывают производители разнообразного оборудования: счетчиков, реле новых типов, трансформаторов. Провода с композиционными вставками смогут пропускать большую мощность без увеличения их числа. Данные проекты уже реализованы в Париже и Копенгагене, Бристоле и Глазго, в Майами, Мельбурне, Сан Пауло и Сингапуре (компания Silver Spring Networks) [9].

Опыт зарубежных коллег

На сегодняшний день многие страны заинтересованы во внедрении концепции Smart grid. Естественно, в разных районах требования к сети несколько отличаются. Изначально система разрабатывалась в Европе для включения в сеть большого числа источников возобновляемой энергии, так как традиционных топлив там недостаточно. Солнечные и ветровые установки дают нестабильную мощность, их работа сильно зависит от погодных условий, поэтому необходима интеллектуальная система распределения энергии от множества источников ко множеству потребителей. Использование современных накопителей энергии позволит компенсировать недостаток мощности в сети [3]. США позиционируют Smart grid как полностью автоматизированную систему, объединяющую энергетические мощности всей страны. Китай ставит на первое место вопрос безопасности и делает упор на применении силовой электроники.

Следует иметь в виду, что отдельные элементы контроля, учета и управления существуют давно и хорошо зарекомендовали себя по отдельности. Новые реле и «умные» счетчики успешно выполняют свои функции. Необходимо только объединить их в одну

систему. Рассмотрим реальные варианты внедрения этих технологий в разных странах мира.

В 2009 году муниципалитет города Майями предложил вложить 200 млн. долларов в установку новых «умных» счетчиков. Вероятно, результаты будут объявлены на конференции Smart Grid Comm 2015, проводимой в конце 2015 года [10].

В штате Гавайи (в западной части острова Оаху) есть две основные линии для передачи энергии. Планируется установить новые трансформаторы для связи северной и южной линий. Изначально планировалось установить дополнительные трансформаторы и организовать новые подземные линии в наиболее населенных районах. Однако вместо этого было принято решение применить систему Smart grid и автоматизировать высоконагруженные сети восточной части Оаху. Новая система в будущем станет самовосстанавливающейся и более энергоэффективной [11].

Город Боудер, штат Колорадо, США, стал местом реализации одного из первых пилотных проектов. На него пал выбор из-за подходящей инфраструктуры: население в 50 тысяч человек, удобное географическое положение, жители знакомы с возможностями веб-ресурсов. Для осуществления эксперимента были выбраны некоторые ключевые компоненты, в том числе высокоскоростная система двусторонней связи в режиме реального времени, автоматизированные подстанции, сенсоры, источники распределенной генерации и домашние приборы управления электроэнергией [12]. В процессе принятия решений были выдвинуты различные предложения по используемым материалам и оборудованию. Стоимость проекта доходила до 44,5 млн. долларов [13]. В целом проект удался, система заработала. Однако была проведена недостаточная работа с населением. Многие жители не знали о том, какие возможности предоставляет им новое оборудование, установленное в жилых домах, либо не пользовались им ни разу. В итоге ожидаемые позитивные изменения не были достигнуты.

В Европе на данный момент реализуется более 280 исследовательских проектов. Одним из наиболее успешных стал ввод системы на полуострове Ютландия в Дании. В данной местности было небольшое число некрупных потребителей энергии, 12 электроподстанций, 47 ветрогенераторов и 5 установок когенерации, объединенных в ходе эксперимента в виртуальную электростанцию. До внедрения системы полуостров не мог полностью обеспечить свои нужды за счет собственного производства, а после сам стал поставщиком энергии [4].

Японская электросеть является уникальной, потому что состоит из двух отдельных сетей, которые работают на разных частотах и связаны между собой тремя станциями с преобразователями тока. Восточная сеть работает на частоте 50 герц на немецком оборудовании, а западная – на частоте 60 герц на оборудовании из США. В Японии 10 зон, каждую из которых обслуживает одна компания и является монополистом на данной территории. Соседние зоны соединены между собой. Эта система признана очень надежной.

Для развития Smart grid в Японии имеется несколько причин: большое количество солнечной энергии, стимулирование экономии энергии крупными потребителями, модер-

низация системы напряжений. Япония – мировой лидер в сфере инвестиций в данный проект, в 2010 году ею было вложено 849 млн. долларов, в течение десятилетия – более миллиарда долларов.

В Йокогаме был проведен первый эксперимент, в ходе которого объединили энергосистемы крупных зданий. Небольшие генераторы и аккумуляторные батареи были установлены вблизи фабрик, чтобы комбинация электричества из общей сети и распределенных источников поддерживала оптимальный уровень потребления энергии предприятиями. Также некоторые дома были оборудованы по принципу энергосбережения и оптимальной энергоэффективности освещения, кондиционирования воздуха, отопления.

Кроме того, они были оснащены солнечными электрогенераторными системами, аккумуляторными батареями, служащими основой «умных» блоков питания. Эксперимент начался в апреле 2013 года [14].

Большая часть электроэнергии в Китае производится на тепловых электростанциях. В целях перехода на более низкий уровень выбросов углекислого газа осуществляется наращивание мощностей «чистой» энергии, включая гидро-, ядерные, ветровые и солнечные источники. Доля мощности, вырабатываемая без использования ископаемых видов топлив, в 2011 году увеличилась до 27,5%. Этот рост продолжается, поэтому назрела необходимость внедрения эффективной системы, позволяющей включить распределенные источники в общую энергосистему. Система передачи электричества развита слабо, мощные станции расположены вдали от густонаселенного восточного побережья. Правительство предложило спроектировать и построить три главные линии электропередачи, каждая из которых рассчитана на 20 гигаватт передаваемой мощности, к 2020 году.

По прогнозам общая стоимость проекта с 22,3 миллиардов долларов в 2011 году возрастет к 2015 году до 61,4 миллиарда долларов. Внедрение Smart grid технологий в Китае проходит с 1990-х годов. За последние три года было запущено 287 пилотных проектов, охватывающих 21 технологическую категорию. Произведена установка около 250 млн. «умных» счетчиков [14]. Упор делается на использование силовой электроники, развитие интеллектуальных подстанций (полностью цифровых). Главными целями являются надежность и безопасность.

Smart grid в России

В России крупнейший локальный проект внедрения концепции Smart grid реализуется в настоящее время в Белгороде. Во всей Белгородской области введена автоматизированная система управления освещением «Гелиос» [8, 15]. Это единственный опыт в нашей стране, когда сети наружного освещения города и области полностью автоматизированы и дистанционно управляемы. Данная система обеспечивает организацию управления объектами наружного освещения, постоянный контроль состояния объектов уличного освещения, эффективный учет энергопотребления.

Осуществляется «умный» учет энергии на основе автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии с интеллектуальными счетчиками «Нейрон». Данное оборудование позволяет предотвратить хищения, содержит до 8 временных тарифных зон, до 2 типов дней недели, до 2 сезонов [16]. Прибор выдерживает ток в 50 ампер, что превышает максимальную нагрузку для счетчиков старого образца. Срок службы составляет 40 лет. Проверку работоспособности нужно выполнять раз в 10 лет. Потребитель может узнать напряжение в сети в настоящий момент, посмотреть данные энергопотребления за день, неделю, месяц [8].

Электроснабжение области осуществляет филиал ПАО «МРСК Центра» - «Белгород-энерго». В период с 2009 по 2014 год компанией был внедрен целый комплекс современного оборудования и автоматизированных систем, позволяющих эффективно управлять сетевым комплексом и оперативно реагировать на все, что происходит в энергосистеме. В базу данных единой системы управления активами предприятия на базе программного обеспечения SAP внесены свыше миллиона единиц электрооборудования, состояние каждого из которых постоянно оценивается диагностикой. Отдельные подстанции 35-110 кВ оснащены системой мониторинга и диагностики трансформаторов, позволяющей удаленно контролировать и анализировать техническое состояние силового оборудования, на ранней стадии выявляя его неисправности. На всех высоковольтных подстанциях установлено охранно-технологическое видеонаблюдение [17].

Еще один проект по внедрению системы «умных» счетчиков стартовал в Перми. Необходимо было отработать процессы внедрения и функционирования новых технологий с последующей передачей опыта по всей стране [18]. На пилотной площадке было установлено около 50 тысяч приборов учета, осуществлена наладка информационно-вычислительного комплекса верхнего уровня комплексной системы учета электроэнергии. Была проведена полная интеграция программного обеспечения с приборами учета пяти разных компаний. Проект может окупиться за 4,5 года. Было выяснено, что лучшим вариантом установки счетчиков является установка сетевой организацией. Это обеспечит унификацию и гарантированную возможность объединить все приборы в сеть. На данный момент федеральным законом «Об энергосбережении» №261 определено, что обязанность устанавливать современные приборы учета – дело потребителя [19].

Проблемы при внедрении системы

К общим трудностям при внедрении системы можно отнести недостаточное понимание необходимости коренных перемен в сфере электроэнергетики, множество компаний, производящих оборудование, различие интересов разных компаний, сложность объединения оборудования разных производителей в общую систему. Данная программа требует колоссальных денежных ресурсов, которые окупаются в течение длительного периода времени. Необходимо разъяснять потребителям их возможности по экономии средств за счет использования электроэнергии по более низкой цене, например, в ночное время.

Заключение

Существуют успешно реализованные локальные проекты внедрения систем освещения, учета электроэнергии, включения в сеть распределенных источников энергии малой мощности. В то же время в масштабах региона требуются огромные затраты на замену оборудования. Нет достоверных результатов доказывающих, что крупная распределенная сеть со множеством поставщиков энергии будет работать эффективно. Установка «умных» счетчиков позволяет вести более точные расчеты с населением и предотвращает хищения электроэнергии. Однако без тщательной работы с потребителями больших выгод ожидать не приходится.

В настоящее время опыт Китая представляется наиболее ценным. Главными целями должны стать безопасность и бесперебойное снабжение энергией, автоматический контроль за показателями качества электроэнергии на всех участках цепи, быстрое реагирование на возникающие неполадки, что позволит предотвратить аварийное развитие событий.

Проанализировав представленную информацию, можно сделать вывод о том, что нет крайней необходимости связывать воедино абсолютно все энергоисточники в стране. Такое преобразование логичнее выполнить в меньших масштабах, соединив некоторые соседние станции. Это даст возможность распределения энергии. Создавать виртуальные электростанции нужно только в районах с большим количеством источников энергии, работающих на нетрадиционных видах топлива, а не повсеместно.

Крайне необходимо установить приборы контроля состояния сети и оборудования подстанций, чтобы предупреждать развитие аварийных ситуаций. Новые счетчики, позволяющие вести расчеты с потребителями более точно и предотвращающие хищение энергии, успешно выполняют свои функции во всем мире. Целесообразность их установки подтверждена множеством проектов. Наличие только в одной области России автоматизированной системы освещения при отсутствии таковой в остальных субъектах Российской Федерации вызывает сожаление. Ввод таких систем естественен на данном этапе развития технологий.

Главными условиями успешной реализации проекта Smart grid является поддержка и контроль государства инвестиций в данную сферу, создание нормативно-правовой базы, активное донесение до конечного потребителя его прав и возможностей.

Список литературы

- [1]. Burr M.T. Reliability demands drive automation investments. // Fortnightly. Technology Corridor. 2003. Nov. 1. Режим доступа: <http://www.fortnightly.com/fortnightly/2003/11/technology-corridor> (дата обращения 13.10.2015 г.)
- [2]. Егоров В., Кужеков С. Интеллектуальные технологии в распределительном электросетевом комплексе // ЭнергоРынок. 2010. № 6. С. 26-28. Режим доступа: <http://www.e-m.ru/er/2010-06/29619/> (дата обращения 13.10.2015 г.)

- [3]. Гуревич В.И. Интеллектуальные сети: новые перспективы или новые проблемы? Ч. 2. // Электротехнический рынок. 2011. №1-2 (37-38). С. 90-97.
- [4]. Семёнов В. Технология Smartgrid и будущее мировой электроэнергетики // Электрик. Международный электротехнический журнал. 2013. № 12. С. 16-20.
- [5]. Бурцев С.А., Самойлов М.Ю., Симаков М.В. Анализ экологических аспектов применения перспективных схем силовых установок ближне- и среднемагистральных самолетов // Безопасность в техносфере. М.: НИЦ ИНФРА-М. 2015. Т. 4. № 2. С. 67-72. DOI: 10.12737/11335
- [6]. Куфтов А.Ф., Кузьмина Ю.С. Перспективы применения твердых топлив из биомассы // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 8. 6 с. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/216747.html> (дата обращения 10.10.2015).
- [7]. Куфтов А.Ф., Павлихин Г.П., Цегельский В.Г., Крылов Ю.М. Получение энергоносителей из возобновляемых легноцеллюлозных источников сырья // Безопасность в техносфере. М.: ИНФРА-М. 2008. № 5. С. 41-48.
- [8]. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SmartGrid. М.: ИАЦ Энергия. 2010. 208 с.
- [9]. Silver Spring Networks Selected for Comprehensive Smart City Deployment in Paris. // Сайт Silverspring. Режим доступа: <http://www.silverspringnet.com/article/silver-spring-networks-selected-for-comprehensive-smart-city-deployment-in-paris/#.VjptrNLqiko> (дата обращения 10.10.2015).
- [10]. Stern S.M. Smart-Grid: Technology and the Psychology of Environmental Behavior Change. // Chicago-Kent Law Review. 2011. Vol. 86. Iss. 1. (Symposium on Energy Law). Article 7. P. 139 - 160
- [11]. Hawaiian Electric Company. Integrated automation helps improve grid reliability. // Сайт Siemens. Режим доступа: http://w3.usa.siemens.com/smartgrid/us/en/webinars/leadthecharge/Documents/Heco_CaseStudy.pdf (дата обращения 10.10.2015).
- [12]. April Nowicki. Boulder`s Smart Grid Leaves Citizens in the Dark. // Сайт GTM. Режим доступа: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/Boulders-Smart-Grid-Leaves-Citizens-in-the-Dark> (дата обращения 10.10.2015).
- [13]. Mark Jaffe. Xcel`s Smart Grid City plan fails to connect with Boulder. // The Denver Post BUSINESS. Режим доступа: http://www.denverpost.com/business/ci_21871552/xcel-smartgridcity-plan-fails-coonect-boulder (дата обращения 04.10.2015).
- [14]. Project acronym GRID+. D 1.5 - Map of Smart grids initiatives: international outreach. Project no.: 282794. // EEGI. 01 October 2011. 132 p. Режим доступа: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAAahUKEwjR1cXXoJfJAhXl_nIKHSRvBi0&url=http%3A%2F%2Fwww.gridplus.eu%2FDocuments%2FDeliverables%2FD%25201.5%2520-

[%2520Map%2520of%2520smart%2520grids%2520initiatives.pdf&usg=AFQjCNGYuDnhb1hmnjo5tj_RP1mmL_-drw&bvm=bv.107467506,bs.1,d.bGg&cad=rjt](#) (дата обращения 04.10.2015).

- [15]. Гелиос. Автоматизация. Эффективность. Экономия. // Официальный сайт [ООО «ИВТБелГУ»](#). Белгород. Режим доступа: <http://www.helios.su/> (дата обращения 04.10.2015).
- [16]. Счетчики электроэнергии Нейрон для систем АСКУЭ. // Сайт компании «Электромир». Белгород. Режим доступа: <http://www.electromirbel.ru/neuron> (дата обращения 04.10.2015).
- [17]. Белгородэнерго: о филиале. // Сайт компании ПАО «МРСК Центра». Режим доступа: <http://www.mrsk-1.ru/about/branches/belgorodenergo/about/> (дата обращения 04.10.2015)
- [18]. Ледин С.С. Концепция «электроэнергия – товар» как катализатор развития SmartGrid. // Автоматизация в промышленности. 2012. № 4. С. 23-26.
- [19]. Опыт реализации проекта SMARTMETERING в Перми. // Сайт Информационного центра СРО НП «Энергострой». Режим доступа: <http://www.infocenterpro.ru/publications/1622090/> (дата обращения 04.10.2015)