

В последнее время в различных странах всё больше говорят о необходимости перехода к «интеллектуальным» электрическим сетям. Для чего они нужны и реально ли их быстрое внедрение?

Технология Smart grid и будущее мировой электроэнергетики

Виктор Семёнов, г. Воронеж

Популярный нынче термин Smart grid («Интеллектуальная» сеть) имеет несколько определений. Однако все они сходятся на том, что такая сеть должна обеспечивать:

- получение информации от поставщиков электроэнергии о её генерации;
- получение информации от потребителей о расходе электроэнергии;
- управление как производством, так и потреблением электроэнергии.

Причём все это должно производиться в режиме реального времени и иметь конечной целью достижение максимальной эффективности работы каждого элемента энергосистемы. Как видим, перед Smart grid ставятся достаточно сложные задачи, поэтому создание такой системы, и, прежде всего, установка огромного количества (много десятков млн. шт.) сетевых измерительных устройств и модернизация существующих электросетей, требует огромных затрат как времени, так и ресурсов. Тем не менее, США и страны ЕС уже начали постепенную модернизацию своих энергосетей, внедряя если и не всю систему Smart grid, то её отдельные элементы.

Причины разработки концепции Smart grid

Элементы «интеллектуализации» начали внедряться в энергосистемах западных стран ещё в 1970-е годы. Этому способствовал ряд факторов:

1. Стремление как можно полнее учитывать объёмы реального потребления электроэнергии крупными объектами, чтобы исключить перегрузку сети и аварии в энергосистеме. Для этого были разработаны многотарифные счетчики, которые не просто учитывали весь объём потребленной электроэнергии, но и дифференцировали его по времени суток. Это дало возможность ввести различные тарифы на электроэнергию в зависимости от времени суток и стимулировать крупных клиентов уменьшать потребление электроэнергии в часы пиковых нагрузок на электросеть. А снижение пиковой нагрузки делает работу электросети более надежной.

2. Происходящие процессы расширения и усложнения энергосистемы требуют повышения качества управления ею. Иначе крупных аварий («блэкаутов») не избежать. Надо отметить, что работы в этом направлении, проведенные в

СССР, позволили нам ранее и позволяют сейчас избегать привычных для США и других западных стран регулярных «блэкаутов». Надо отметить и успехи КНР в этом направлении, где в последнее время была разработана, так называемая, концепция «strong grids» («прочные сети»), направленная на повышение надежности работы энергосистемы в условиях аварий на её отдельных участках. Т.е. выход из строя отдельной подстанции или, тем более, трансформатора, не приведет к тотальному отключению всех потребителей электроэнергии, как это случилось 25 мая 2005 г. в Москве, Московской области, а также в прилегающих районах



Рис. 1

Тульской, Калужской и Рязанской областях из-за выхода из строя одной-единственной подстанции «Чагино».

Отметим, что развитие техники, прежде всего, телекоммуникационной, только в начале 2000-х позволило использовать обратную связь с потребителями для управления выработкой электроэнергии в режиме реального времени. При этом ставилась задача с большой точностью прогнозировать потребление электроэнергии, а не только оперативно включать резервные мощности электростанций (преимущественно энергоблоков газовых ТЭС) для компенсации повышенного потребления электроэнергии. Т.е. появилась возможность сбалансировать потребление и генерацию электроэнергии в автоматическом режиме.

Как следствие развития такого подхода в 2007 г. в законодательном акте об энергетической независимости и безопасности США впервые появился термин Smart grid. Это название получила технология модернизации национальной электроэнергетической системы с целью защиты, контроля и оптимизации энергопотребления всех элементов и участников сети.

Основной причиной развития этой технологии в США можно назвать постоянные перебои с электроснабжением крупнейших городов США в 1990-е и 2000-е годы, так называемые, энергетические «блэкауты», когда несколько мегаполисов в США регулярно оставались без электрической энергии. Проведенное после этого обследование состояния энергоснабжающих сетей США показало, что схема управления энергосетями, созданная в начале XX века, с тех пор почти не изменилась, и не соответствует нынешним условиям их эксплуатации.

Таким образом, появление и развитие концепции Smart grid является естественным этапом эволюции электроэнергетической системы. Это обусловлено, с одной стороны, насущными потребностями энергорынка, на котором взаимодействуют производители и потребители электроэнергии, а с другой стороны, наличием технических возможностей решать эти проблемы, в первую очередь, с использованием новых компьютерных и телекоммуникационных технологий. Общие идеи, заложенные в Smart grid, показаны на [рис.1](#), а именно показано взаимодействие элементов традиционной энергосистемы (электроэнергетическая инфраструктура), с одной стороны, и системы управления, систем телекоммуникаций, «умных» приборов учета, ветрогенераторов, солнечных панелей и т.п. («интеллектуальная»

инфраструктура) – с другой стороны.

В начале 2000-х в США и ЕС стартовали первые проекты внедрения в сети «умного» потребления. При этом, в часы пиковых нагрузок на сеть, вместо ввода в действие резервных мощностей, по сигналам из управляющего центра в сети происходило отключение мощных потребителей, например специально оснащенных кондиционеров и промышленных холодильников. Поскольку это отключение происходило кратковременно (10...15 мин) и по группам кондиционеров и холодильников, то это не приводило к резкому скачку температуры в помещениях или к порче продукции в холодильниках. В то же время, такой подход позволяет уменьшить мощность резервных блоков, которые большую часть времени простаивают, а значит, удешевить энергосистему в целом.



Виртуальная электростанция

В середине 2000-х в ЕС был реализован пилотный проект виртуальной электростанции. Благодаря использованию современных информационных технологий, оказалось воз-

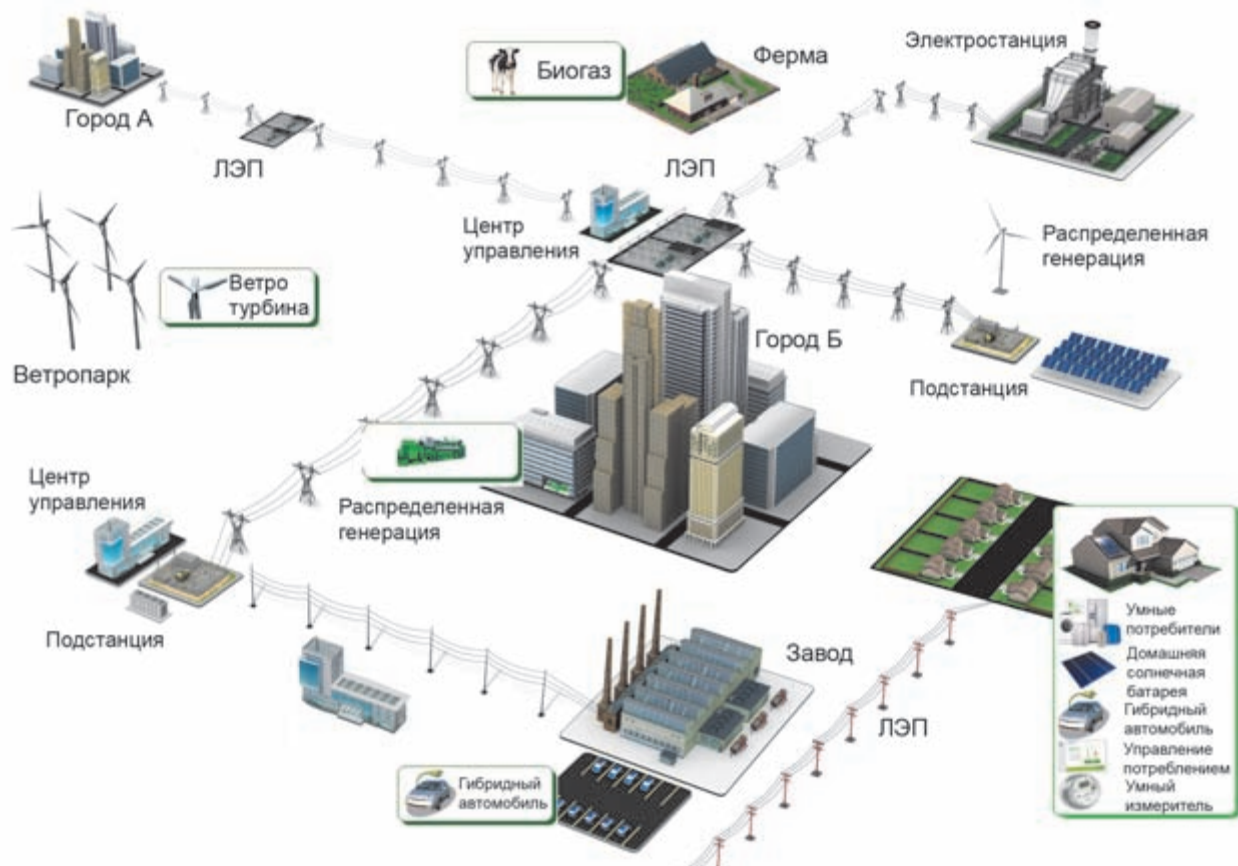


Рис.2

возможным управлять из единого центра множеством мелких производителей электроэнергии: установок на биогазе, ветрогенераторов, маломощных солнечных панелей и т.п., а также устройствами, запаасающими выработанную электроэнергию (в частности, аккумуляторными батареями) в случае её перепроизводства. Главным достижением этого проекта стала организация устойчивой и предсказуемой работы такой виртуальной электростанции, состоящей из множества (сотни и тысячи) маломощных, а к тому же и нестабильных генераторов, изменяющих объем вырабатываемой электроэнергии в зависимости от времени суток и погодных условий.

Многотарифность

Разработчики Smart grid не обошли своим вниманием и проблемы потребителей электроэнергии, которые устали от непрерывного роста тарифов, особенно в «подсевших» на возобновляемую электроэнергетику странах ЕС. В области потребления Smart grid открывают большие возможности для



Рис.3

снижения расходов потребителей. В ряде пилотных проектов была реализована возможность дифференциации тарифов на электроэнергию во временных интервалах продолжительностью 15 мин на протяжении суток. При этом оснащенные микропроцессорами бытовые приборы получают информацию от поставщика электроэнергии о текущем тарифе на неё и изменяют свое потребление так, чтобы минимизировать счёт за электроэнергию.

По подсчетам, это позволит потребителям снизить расходы на электроэнергию на 5% и более. Это, конечно, очень заманчиво, однако поскольку Smart grid в странах ЕС рассчитана, прежде всего, на работу с ВЭС и СЭС (точнее, на их оптимальную интеграцию в существующую энергосистему), а электроэнергия, вырабатываемая ими, в 20–50 раз дороже, чем вырабатываемая на АЭС, то рост тарифов на электроэнергию всё равно неизбежен, и конечный потребитель ничего не выиграет. Хотя, конечно, внедрение такой системы позволит несколько увеличить надежность работы энергосистемы, в которую основное количество электроэнергии поставляют нестабильные ВЭС и СЭС.

Не забыли разработчики Smart grid и об интересах производителей электросчетчиков и бытовой электротехники. Ведь для перехода к Smart grid надо полностью обновить её парк, а это огромные объемы продаж для её производителей и электротехнических компаний. Обобщенная структура

взаимодействия элементов сети Smart grid показана на рис.2, на котором обозначены как производители, так и потребители электроэнергии. В нижнем правом углу рис.2 показаны устройства, которые должен содержать каждый частный дом или офис, который подключен к сети Smart grid.



Таким образом, концепция Smart grid характеризуется рядом инновационных свойств, отвечающих новым потребностям рынка, в том числе:

1. Система взаимодействует со всеми элементами технологической цепочки производства, распределения и потребления электроэнергии: ТЭС, ГЭС, АЭС, ветрогенераторы, солнечные панели, накопители энергии, электrorаспределительные сети и конечный потребитель.

2. Реализовано активное двунаправленное взаимодействие путем обмена информацией между всеми элементами сети, от генераторов электроэнергии до конечного потребителя.

3. Благодаря использованию цифровых коммуникационных сетей обеспечивается обмен данными в реальном масштабе времени, что практически непрерывно обеспечивает управляемый баланс между производством и потреблением электроэнергии.

4. Система способствует оптимальной эксплуатации электроэнергетической сети и способна к самовосстановлению после природных катаклизмов и крупных сбоев.

5. Все элементы и устройства (вплоть до бытовых электроприборов), входящие в состав Smart grid, должны быть оснащены техническими средствами, осуществляющими информационное взаимодействие

Альтернативная энергетика и Smart grid

Как известно, в ЕС запланировано увеличение доли ВЭС и СЭС в общем годовом объеме выработки электроэнергии до 20% к 2020 г., а затем и до 50%. Однако, учитывая нестабильность работы ВЭС и СЭС, достигнуть этого без использования Smart grid невозможно. Проблема в том, что в такой сети будут одновременно работать многие тысячи мелких нестабильных производителей электроэнергии, которые, к тому же, время от времени превращаются в потребителей электроэнергии. Кроме того, в такой сети будут постоянно возникать суточные и региональные крупные перетоки электроэнергии. Для регулирования всего этого необходимо повсеместное внедрение информационно-коммуникационных технологий, чтобы обеспечить баланс производства и потребления электроэнер-

гии путем регулирования, как производителей, так и потребителей электроэнергии. И стоить всё это будет очень дорого.

Однако сторонники Smart grid, лоббирующие интересы электротехнических компаний, приводят ряд аргументов в пользу ускорения внедрения такой концепции. Так, Министерство энергетики США утверждает, что постепенное внедрение Smart grid в США позволит сэкономить от 46 до 117 млрд. USD за 20 лет. Как видно из разброса цифр, расчет весьма приблизительный, что свидетельствует о том, что такая система может и не дать никакой экономии.



Однако при этом эксперты Министерства энергетики США утверждают, что имеющиеся в настоящее время в наличии каналы телекоммуникаций, в первую очередь, беспроводные, в состоянии полностью обеспечивать необходимые связи между элементами Smart grid в режиме реального времени. Также разработано и программное обеспечение для таких систем. Т.е., якобы, все элементы Smart grid по отдельности уже есть, осталось только объединить их вместе в единое целое. А вот здесь и начинаются трудности.

Проблемы внедрения Smart grid

Smart grid хорошо зарекомендовали себя в локальных pilotных проектах. Так, начиная с середины 2000-х, в западных странах было реализовано более 100 проектов локальных «интеллектуальных сетей». Это проекты показали, что такие сети, созданные на существующей в настоящее время технике, успешно решают все поставленные перед ними задачи. Казалось бы, всё прекрасно: соединяем с десяток локальных сетей Smart grid и обычных сетей в единую сеть страны или крупного региона – и решаем все проблемы своей энергосистемы. Однако это не так: «интеллектуальная» и обычная энергосеть «не дружат» друг с другом. Они построены на разных принципах, и наладить их совместную безаварийную работу практически невозможно.

Отсюда следует вывод: Smart grid можно внедрять или локально, например, на Бурштынском энергоострове, или глобально – в масштабе всей страны или группы стран.

А широкомасштабное внедрение Smart grid – это очень и очень дорогое мероприятие.

Расходы государства первой десятки стран (в млн. USD), больше всего ассигновавших на развитие Smart grid в 2012 г., по данным компании Zprime Research & Consulting, показаны на [рис.3](#).

Летом 2013 г. энергетический директорат Еврокомиссии оценил расходы на внедрение Smart grid в ЕС в 530 млрд. евро за 17 лет. В том числе на модернизацию сетей надо затратить 480 млрд. евро, а на установку «интеллектуальных» сетевых измерительных устройств – 250 млрд. евро. Вот он лакомый кусок для электротехнических компаний, в переживающей очередной кризис Европе.

Интересно, что расходы рядовых и корпоративных потребителей электроэнергии на превращение своей техники (в том числе бытовой) в «умную» Энергетический директорат учитывать не стал. Иначе станет слишком очевидна утопичность скорого внедрения Smart grid. Складывается парадокс: в техническом плане Smart grid можно повсеместно внедрять уже сегодня, однако в финансовом плане это дело далекого будущего.

Однако несмотря на дороговизну, ЕС постепенно проводит работы по «интеллектуализации» электросетей, в частности, реализуя крупные проекты по массовой замене электросчетчиков умными счетчиками smart meters. Так, в Испании запланировано установить 28 млн. новых счётчиков до 2018 г. Выбор страны для этого, конечно, странный: от нынешнего экономического кризиса Испания пострадала гораздо больше других стран ЕС, а ей навязывают дополнительные расходы, которые смогут принести хоть какую-то отдачу только в очень отдаленном будущем.



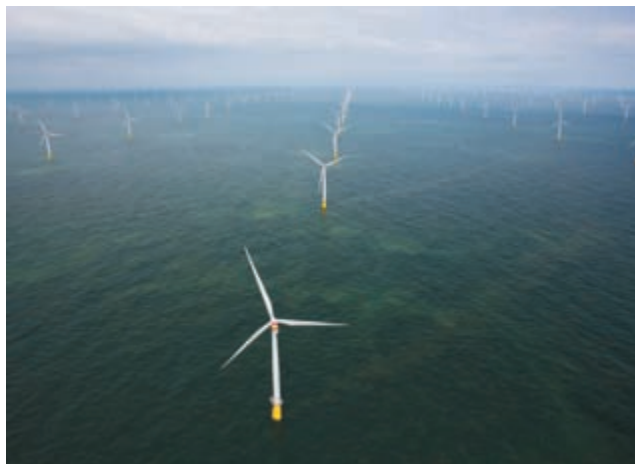
Рис.4

В этом смысле отличилась и не очень то процветающая Эстония – там до 2017 г. запланировано заменить все счётчики электроэнергии на smart meters ([рис.4](#)). Здесь хорошо видно явное лоббирование интересов компании-производителя счетчиков, да и коррупцию в Эстонии никто не отменял.

Развитие «интеллектуальных сетей» в Великобритании

В этой стране принято решение об установке до 2020 г. 16 млн. «умных» счётчиков в частных домах и офисах. Для этого в сентябре 2013 г. было подписано соответствующее соглашение между британской компанией-поставщиком электроэнергии British Gas и компанией Landis+Gyr, которая является крупнейшим мировым провайдером в области энер-

гоменеджмента. Стоимость проекта составляет 900 млн. USD, и он реализуется как пилотный при поддержке государства. В перспективе, при удачном завершении этого проекта, предусматривается заключение реализация подобных проектов и с другими британскими поставщиками электроэнергии. Поскольку британские власти намерены до 2020 г. довести количество smart meters до 56 млн. шт., то данный проект можно назвать самым крупным в данной области.



При реализации указанного проекта предусматривается, что smart meters будут вести учёт расхода электроэнергии по дифференцированным, в зависимости от времени суток, тарифам для частных домов и предприятий малого бизнеса. Предусматривается возможность указанных потребителей уменьшать или увеличивать свое потребление электроэнергии с тем, чтобы оно было максимальным во время суточного спада потребления и минимальным в пиковые периоды. При этом оценки свидетельствуют, что от среднего за год счета за газ и электроэнергию (около 2000 USD) средняя британская семья сможет сэкономить около 100 USD за год, или 5%. При этом возникает вопрос: «А стоит ли овчинка выделки?». Хотя, конечно, заказ на 56 млн. отнюдь не дешевых smart meters – это просто манна небесная для их производителя.

Другие крупные проекты по внедрению Smart grid в странах ЕС

В настоящее время в странах ЕС реализуется более 280 исследовательских и демонстрационных проектов в области Smart grid. На это в 30 европейских странах предусмотрено израсходовать более 1,8 млрд. евро – очень малая часть суммы, необходимой на переоснащение всех европейских энергосетей. Интересно, что более 80% этих программ стартовали в 2010–2012 гг., т.е. как раз тогда, когда ЕС «накрыл» очередной экономический кризис. При этом лидером во внедрении Smart grid опять остается Великобритания, а точнее, Шотландия, где в мае 2013 г. был открыт новый Центр исследования электросетей, обошедший почти в 19 млн. USD.

Одной из важнейших технологий для обеспечения работы Smart grid считается механизм управления гибким производственным модулем (cell controller). Это проект осуществлен на практике в Дании компанией Energinet.dk в 2012 г. Проект реализован на полуострове Ютландия, где на площади около 1000 км² насчитывается примерно 28 мелких потребителей электроэнергии, в основном, это частные дома, офисы и мел-

кие сельскохозяйственные и промышленные предприятия. Кроме того, на этой территории расположены 12 электроподстанций, 47 ветрогенераторов и 5 установок когенерации, которые в ходе реализации проекта были объединены в «виртуальную» электростанцию с управлением из единого центра.

Отметим, что пиковое потребление этой территории составляет около 55 МВт, в то время как суммарная установленная мощность электрогенераторов составляет 70 МВт, причем 35 МВт – это мощность ветрогенераторов. До внедрения системы «виртуальной» электростанции эта территория лишь частично удовлетворяла свои потребности в электроэнергии за счёт собственной генерации. А теперь при сильном ветре она сама превращается в поставщика электроэнергии. Созданная при реализации проекта система, регулирующая поставки электроэнергии потребителям, показала высокую устойчивость и хорошую управляемость. Можно сказать, что на настоящий момент это самый удачный локальный проект реализации системы Smart grid на практике.

Разумеется, ещё нескоро пилотные проекты, даже такие успешные, как реализованные в Ютландии, превратятся в единую систему Smart grid страны или группы стран, ведь для этого нужны очень крупные материальные и денежные ресурсы, однако в обозримом будущем это всё же может произойти. И тут возникнет одна проблема: разве может оказаться надежной система, содержащая более 50 млн. активных датчиков называемых smart meters? А ведь столько приборов на-



до только в относительно небольшой стране, а в масштабе всего ЕС количество «умных» приборов значительно превысит 500 млн. шт. Разумеется, такая система, да ещё работающая под управлением специализированного ПО, просто по определению не может не давать сбоев в электроснабжении, для устранения которых она собственно и создана.

В этом смысле для повышения надежности электроснабжения более интересен прошлый опыт СССР или нынешние наработки КНР, которая вкладывает деньги не в Smart grid, а в «strong grids» (прочные сети). Разница здесь в том, что «прочные сети» предназначены для увеличения «живучести» электрических сетей и обеспечения бесперебойного электроснабжения, даже в условиях локальных аварий, а не для интеграции в них «виртуальных» электростанций, как это сделано в сети Smart grid. Поэтому крупномасштабная реализация проектов Smart grid, скорее всего, состоится только в отдалённом будущем.