



Наталья Сидоровская

специалист Департамента рынка системных услуг ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы»

Управление спросом на рынке ЕС: датский проект *EcoGrid EU*¹

Новые тенденции в электроэнергетике, в том числе рост применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), появление цифровых интервальных счетчиков электроэнергии, развитие телекоммуникаций и интеллектуальных сетей (Smart Grid), предопределили возможность оптимизации энергоснабжения и активного использования ресурсов потребителей, включая гибкий спрос на электроэнергию. В рамках статьи эта возможность будет рассмотрена на примере пилотного проекта EcoGrid EU, реализованного в Дании.

Управление спросом в ЕС

Под «управлением спросом» в странах Европейского союза понимается целенаправленное изменение структуры энергопотребления конечных потребителей в ответ на стимулы, формируемые операторами магистральных сетей (выполняющими также функции системных операторов).

Участие в управлении спросом требует от потребителей либо выполнения каких-то конкретных действий в ответ на сигналы системных операторов, либо, что является наиболее привлекательным, применения автоматизированных программ управления спросом, предоставляемых независимыми поставщиками услуг на

электроэнергетическом рынке.

Участие в управлении спросом может осуществляться на основании стимулов, в качестве которых для потребителей могут выступать плата за снижение уровня энергопотребления в периоды пиковой нагрузки или ценовой сигнал с рынка, а также при возникновении аварийной ситуации в энергосистеме. Использование ценовых сигналов, направленных на смещение потребления на периоды более низких цен, имеет огромный потенциал, в частности, для промышленных потребителей, т.к. многие из них могут переносить период потребления электроэнергии на внепиковые часы.

Уровень развития управления спросом в странах Европы значительно различается, а в некоторых такого управления вообще не существует. Управление спросом активно задействовано на электроэнергетических

¹ Этот материал продолжает цикл статей об управлении спросом (Demand Response), начатый статьей «Управление спросом на мировых рынках электроэнергии» («ЭнергоРынок», 2015, № 7). Первая статья цикла содержала общий обзор управления спросом, основные термины и понятия, а также описание его использования на мировых рынках электроэнергии, включая перспективы развития в России.

рынках Скандинавии, Великобритании, Ирландии и Франции.

Управление спросом на рынке системных услуг

Управление спросом начало активно осуществляться и на рынке системных услуг ЕС. Генерирующее оборудование потребителей, включая панели солнечных батарей, становится все более распространенным, предоставляя домохозяйствам больше возможностей для производства собственной электроэнергии, регулирования спроса в соответствии с собственным производством и осуществления поставок электроэнергии на оптовый рынок. Домашние электроприборы становятся все более «интеллектуальными» и могут включаться или выключаться в ответ на сигналы, получаемые от энергосистемы, что обеспечивает более высокий уровень участия потребителей в балансировании производства и потреблении электроэнергии. При продолжающемся росте цен на электроэнергию участие потребителей в управлении спросом будет увеличиваться, поскольку их привлекают финансовые выгоды и преимущества, связанные с эффективностью энергопотребления, которая достигается при осуществлении управления спросом.

Управление спросом в Дании

Управление спросом активно применяется на электроэнергетическом рынке Скандинавских стран. Более 10 лет назад по поручению Ассоциации операторов магистральных сетей Скандинавии *NORDEL* операторы магистральных сетей Дании, Финляндии, Исландии, Норвегии и Швеции разработали национальные стратегии по расширению применения управления спросом на территории их обслуживания. При выполнении поручения исходили из предпосылки, что в будущем управление спросом будет играть еще большую роль в обеспечении баланса между производством и потреблением электроэнергии в энергосистеме. Системный

оператор Дании *Energinet.dk* представил обзор текущего использования и потенциальных возможностей для расширения применения управления спросом в Дании. Предложения, представленные в данном обзоре, были также включены в Энергетическую стратегию Дании до 2025 г., разработанную правительством страны.

Энергосистема Дании состоит из двух частей: западной (*DK1*) и восточной (*DK2*). Она имеет межсистемные связи с энергосистемами Германии, Швеции и Норвегии (рис. 1). Магистральные ЛЭП напряжением 400 кВ и межсистемные связи с соседними странами находятся в собственности и под управлением *Energinet.dk*. Распределительные сети напряжением 132/150 кВ принадлежат региональным операторам распределительных сетей, за исключением ЛЭП напряжением 132 кВ в Северной Зеландии, которую *Energinet.dk* приобрел в 2008 г.

На территории Дании значительная доля генерации приходится на ВИЭ, и она продолжает расти. Страна является лидером в области ветровой энергетики: энергия ветра составляет 40% в общем энергобалансе. Основными вызовами, стоящими перед энергосистемой Дании, являются обеспечение возможности гибкого управления сезонными изменениями объемов энергопотребления, колебаниями производства электроэнергии за счет ВИЭ, пиковой нагрузкой, краткосрочными услугами по поддержанию баланса энергосистемы и аварийными ситуациями.

В 2010 г. расходы *Energinet.dk* на оказание системных услуг превысили 100 млн евро, что привело к рассмотрению управления спросом в качестве приоритетного и наиболее экономичного способа управления перегрузками при передаче электроэнергии по распределительным сетям, а также в качестве ресурса предоставления системных услуг и поддержания баланса энергосистемы (рис. 2).

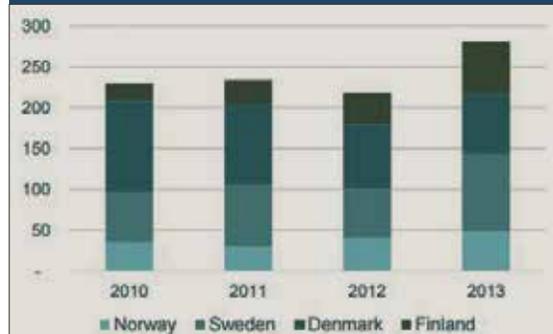
Дания является одним из лидеров в области применения управления спросом в ЕС и осуществляет ряд пи-

Рис. 1. Энергосистема Дании



Источник: GTM Research.

Рис. 2. Расходы по предоставлению системных услуг системными операторами Скандинавии в 2010—2013 гг.



Источник: *energinet.dk, SvK, Fingrid, Statnett*.

лотных проектов в этой области, одним из которых является *EcoGrid EU*.

Проект *EcoGrid EU*

Основная идея пилотного проекта *EcoGrid EU* заключается в тестировании рыночных механизмов, близких к стадии введения в эксплуатацию, которые позволяют получить дополнительную мощность для поддержания баланса энергосистемы за счет гибкого потребления. Проект был призван продемонстрировать эффективность работы системы распределительных сетей с высокой долей интеграции разнообразных ВИЭ (рис. 3). Местом реализации проекта

EcoGrid EU стал датский остров Борнхольм в Балтийском море, где более 50% потребляемой электроэнергии производится за счет ВИЭ.

Общий бюджет проекта составил 21 млн евро, из которых около половины было предоставлено из средств ЕС. Проект был запущен по инициативе системного оператора *Energinet.dk* в марте 2011 г. сроком на четыре года. Дата окончания проекта —

30 сентября 2015 г. Координатором проекта выступила норвежская компания *SINTEF*, направлением деятельности которой являются исследования, технологии и инновации.

Концепция проекта заключается в том, что предоставление ценовых сигналов в режиме реального времени, отражающее состояние энергосистемы для потребителей, позволяет им участвовать в поддержании баланса энергосистемы и оптимальном использовании пропускной способности распределительных сетей за счет регулирования спроса на электроэнергию и/или использования собственной генерации и/или систем хранения электроэнергии.

Активное участие энергетических и технологических компаний, а также инновационный опыт, приобретенный в рамках проектов по исследованию, разработке и демонстрации технологий в Европе и США, были использованы для создания и внедрения устойчивой платформы информационно-коммуникационных технологий и информационной архитектуры *EcoGrid EU*. Поскольку результаты проекта могут быть применимы на территории всей Европы, его партнерами стали 15 компаний ЕС (*Elia Group, IBM, Siemens* и др.), ведущих деятельность в различных регионах Европы.

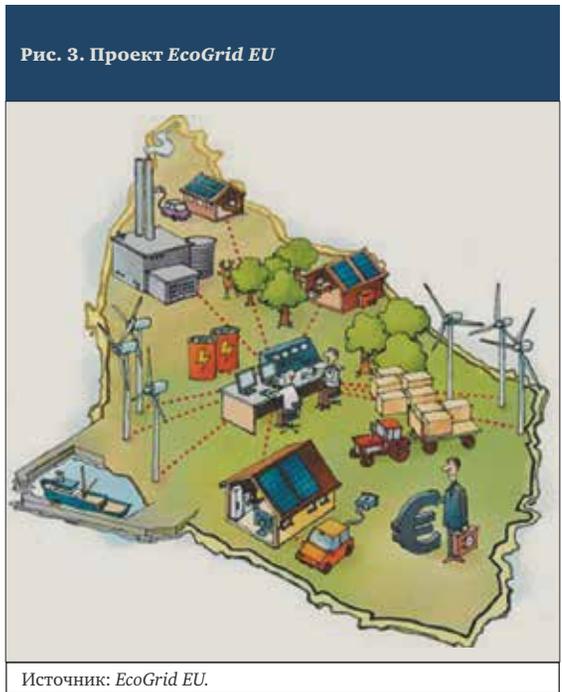
ВИЭ. В 2009 г. доля энергии ветра в топливном балансе Борнхольма составляла 40%.

Местные политики, промышленные организации и жители острова Борнхольм пытались найти решение существующим проблемам, связанным с высокой долей покрытия спроса на электроэнергию на территории острова с помощью энергии ветра. Многие регионы Европы уже столкнулись или в ближайшем будущем столкнутся с аналогичными трудностями. Объем электроэнергии, вырабатываемой за счет энергии ветра, уже превышает спрос на нее в течение многих часов в году, и, похоже, эта ситуация будет повторяться все чаще, что значительно увеличит необходимость в ресурсах, обеспечивающих баланс энергосистемы, не только на территории Борнхольма и Дании, но и в Европе в целом.

Система распределительных ЛЭП острова является частью общей энергосистемы стран Северной Европы и полностью интегрирована в электроэнергетический рынок Дании *DK2*. Энергосистема острова включает 28 тыс. потребителей электроэнергии (пиковая нагрузка 55 МВт), характеризуется использованием разнообразных энергоресурсов, включая энергию ветра (35 МВт), теплоэлектростанции (16 МВт), активный спрос (внедряемый в рамках проекта), энергию солнца (2 МВт) и электромобили. В ходе проекта также были предприняты действия по увеличению объема использования ВИЭ, в частности энергии ветра, и систем хранения электроэнергии. Система распределительных сетей Борнхольма включает ЛЭП напряжением 60 кВ с 16 подстанциями 60/10 кВ, 91 ЛЭП напряжением 10 кВ с приблизительно 1000 подстанций 10/0,4 кВ (рис. 4).

Концепция рынка в режиме реального времени

В настоящее время в энергосистеме стран Северной Европы системные операторы закупают мощность посредством отбора заявок на предоставление мощности, которые



Цели проекта *EcoGrid EU* на острове Борнхольм

Концепция *EcoGrid EU* была продемонстрирована в полном масштабе в рамках системы передачи электроэнергии по распределительным сетям острова Борнхольм, которая находится в собственности и управлении местного оператора распределительных сетей *Oestkraft*. Владелец компании является муниципалитет Борнхольма, который вместе с местными промышленными и общественными организациями и другими правительственными органами разработал стратегию «Яркий зеленый остров». Цель стратегии — обеспечение электроэнергетических потребностей острова на 100% за счет

могут быть поданы только крупными производителями и потребителями, а также агрегированными мелкими ресурсами нагрузки с минимальным объемом мощности на разгрузку в 5 МВт. Данные по доступным объемам мощности обновляются каждые 15 минут.

В рамках модели рынка в режиме реального времени *EcoGrid EU* не существует требований на предоставляемый минимальный объем мощности на разгрузку в 5 МВт. Цены устанавливаются системным оператором каждые пять минут, что обеспечивает получение мощности в более короткие сроки за счет более мелких ресурсов и повышает возможность управления значительными объемами ВИЭ.

Модель рынка в режиме реального времени была разработана для того, чтобы обеспечить новые возможности (и потенциальные экономические выгоды) мелким конечным потребителям и ресурсам распределенного производства электроэнергии за счет ВИЭ с целью предоставления ими дополнительных услуг по поддержанию баланса энергосистемы и системных услуг. Поскольку опытной площадкой проекта является Борнхольм, эта модель первоначально будет применена в электроэнергетической системе стран Северной Европы, в перспективе же она будет адаптирована для использования существующими в Европе энергобиржами.

Модель рынка в режиме реального времени *EcoGrid EU* является продолжением существующих систем управления энергосистемой и балансирующих рынков электроэнергии в Европе и приближает их к функционированию в режиме реального времени (рис. 5). Это означает, что такие проблемы, как ошибки прогнозирования, связанные с производством ветряной электроэнергии, на традиционных рынках будут минимизированы.

Создание рынка в режиме реального времени считается одним из наиболее эффективных путей прео-

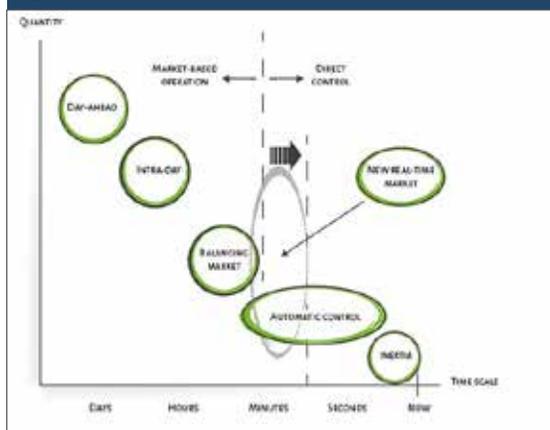
доления трудностей в энергосистеме, связанных с ростом доли ВИЭ при генерации электроэнергии. Рынок *EcoGrid EU* позволит повысить уровень участия потребителей в рынке и, следовательно, сократит расходы, связанные с обеспечением гибкости производства электроэнергии или оплаты традиционных услуг по поддержанию баланса энергосистемы за счет использования традиционной генерации.

Описание проекта

Из 28 тыс. бытовых потребителей электроэнергии на территории острова около 2000 приняли участие в проекте и меняли свой уровень энергопотребления в ответ на ценовые сигналы, получаемые в режиме реального времени. Участникам проекта были предоставлены приборы для осуществления управления спросом и «интеллектуальные» контрольно-измерительные приборы. Установка такого оборудования позволила потребителям видеть цены на электроэнергию в режиме реального времени и заранее программировать приборы для автоматизированного участия в управлении спросом в соответствии с их предпочтениями (рис. 6). Автоматизация систем управления спросом и предоставление возможности выбора действий самим потребителя являются одними из ключевых элементов концепции *EcoGrid EU*.

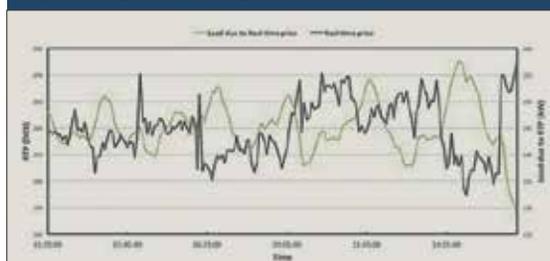
Участники проекта *EcoGrid EU* были приглашены на тренинги, проводимые в так называемой интеллектуальной вилле, которая представляла собой дом бытового потребителя, оборудованный системами «интеллектуальных» сетей. Этот дом был использован в качестве демонстрационного помещения, где участники проекта могли узнать о том, как проект *EcoGrid EU* может изменить ежедневную рутину типичного домохозяйства. На территории «интеллектуальной виллы» персонал оператора распределительных сетей *Oestkraft* проводил индивидуальные консультации потребителей относительно

Рис. 5. Расширение модели существующих рынков с использованием рынка в режиме реального времени *EcoGrid*



Источник: *EcoGrid EU*.

Рис. 6. Пример изменения уровня энергопотребления в ответ на изменение цены в режиме реального времени



Источник: *EcoGrid EU*.

их участия в проекте и использования нового оборудования. Участникам был также предоставлен доступ к порталу на основе платформы Интернет, где они могли найти необходимую информацию, например, о фактических ценах на электроэнергию и получить прогноз цен на ближайшие часы.

Выводы и преимущества *EcoGrid EU*

Проект *EcoGrid EU* отличается от большинства проектов в области применения «интеллектуальных» сетей в ЕС тем, что использует рыночные механизмы с целью мотивации потребителей изменять режим энергопотребления на основе цен на электроэнергию. Таким образом, потребители принимали участие в оказании услуги по поддержанию баланса и управлению нагрузкой энергосистемы.

Проект *EcoGrid EU* позволил продемонстрировать, что цены в режиме реального времени могут быть использованы для стимулирования применения управления спросом, при этом существует значительный потенциал снижения пиковой нагрузки. Так, использование гибкого потребления снизило пиковую нагрузку участников проекта *EcoGrid EU* приблизительно на 670 кВт, или на 1,2% объема пиковой нагрузки острова Борнхольм. Гибкое потребление может быть спрогнозировано с некоторой долей определенности, что в итоге приведет к общему повышению эффективности работы энергосистемы. Бытовые потребители, имевшие в своем распоряжении оборудование, которое позволяло системам отопления в помещениях автоматически реагировать на ценовой сигнал, обеспечили 87% снижения пиковой нагрузки.

Преимущества проекта *EcoGrid EU* заключаются в предоставлении дополнительных возможностей при составлении графика нагрузки и поддержании баланса энергосистемы в условиях неопределенности, оказании поддержки интеграции генерации за счет ВИЭ и положительного влияния на динамику рынка, а также обеспечении положения равновесия рынка посредством сокращения колебаний цен. Осуществление подобных проектов позволит предлагать более локализованные и своевременные услуги энергосистеме, а также переносить инвестиции в развитие энергосистемы на будущее.

* * *

С целью развития управления спросом на электроэнергетическом рынке ЕС операторы магистральных сетей, являющиеся членами *ENTSO-E*, должны разработать долгосрочную стратегию балансирующего рынка для роста интеграции управления спросом и ВИЭ. Концепция *EcoGrid EU* должна рассматриваться как одна из возможностей, способствующих интеграции этих ресурсов. Развитие рыночной концепции и ме-

ханизмов, обеспечивающих работу рынка с использованием распределенных ресурсов производства электроэнергии, необходимо рассматривать в контексте происходящей гармонизации электроэнергетических рынков ЕС. С целью массового внедрения управления спросом в ЕС следует отдать предпочтение эволюционному подходу.

