



Наталья Сидоровская

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

Реформа электроэнергетического рынка Японии: внедрение интеллектуальных технологий

В результате аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. Япония оказалась вовлечена в серьезный энергетический кризис, поскольку правительство начало выводить из эксплуатации действующие атомные электростанции. В настоящее время электроэнергетическая отрасль страны продолжает сталкиваться с трудностями, связанными с ограничениями производства электроэнергии. Чтобы компенсировать крупные потери генерации, Япония импортирует значительные объемы природного газа из других стран и одновременно стимулирует рост производства электроэнергии за счет энергии ветра и солнца, применения систем хранения электроэнергии и систем управления энергетической нагрузкой зданий.

Правительство Японии активно продвигает развитие микросетей и интеллектуальных технологий. Средства, выделенные в 2014 г. Министерством экономики, торговли и промышленности Японии на внедрение интеллектуальных технологий, составили 3,8 млрд долл. — на 29% больше, чем в 2013 г. Основная часть средств была направлена на внедрение мер по энергоэффективности и управлению спросом (*Demand Response — DR*).

Обзор электроэнергетического рынка

Электроэнергетический рынок Японии разделен на две части в зависимости от используемой частоты — 50 и 60 Гц (рис. 1). На рынке ведут деятельность 10 крупных вертикально-интегрированных компаний и независимые участники рынка, представленные компаниями в области производства и сбыта электроэнергии. За последние 15 лет розничный рынок Японии был либерализован на 60%, и к 2015 г. потреби-

тели на розничном рынке, включая крупные и мелкие промышленные предприятия, а также крупных коммерческих потребителей, могли выбирать поставщика электроэнергии. До 2015 г. доля независимых участников рынка оставалась довольно низкой и составляла 3—4%, однако затем начала активно расти и в июле 2015 г. достигла 7,7%.

Нормативно-правовая база

В 2002 г. правительство Японии одобрило Основной закон об энерге-

тической политике, целью которого является разработка национальной энергетической политики Японии. В документе определяются следующие принципы энергетической политики страны:

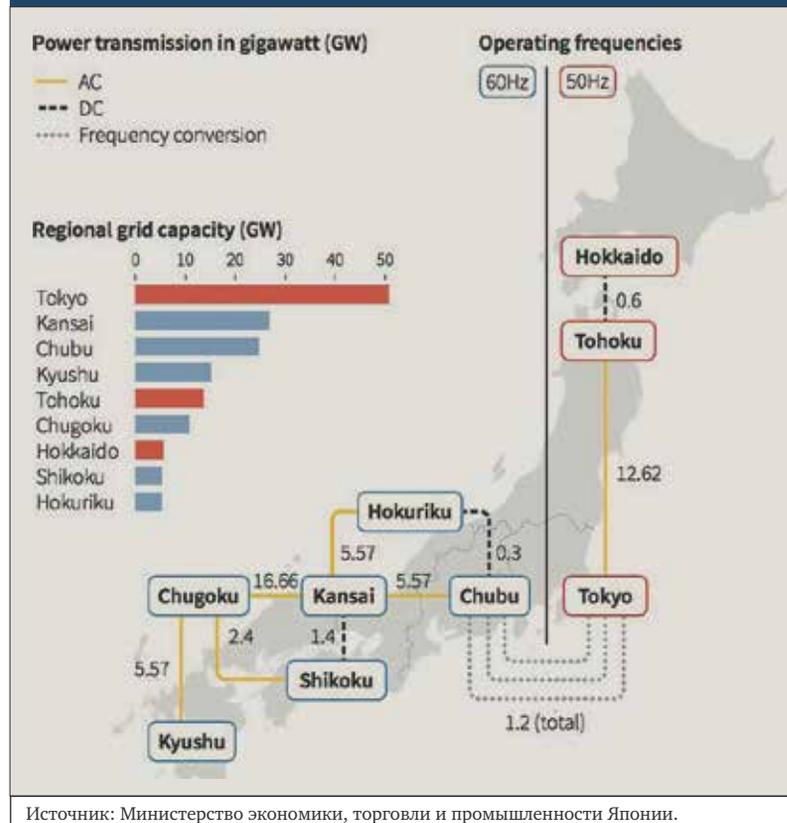
- 1) обеспечение энергетической безопасности;
- 2) соответствие требованиям защиты окружающей среды;
- 3) применение рыночных механизмов с учетом указанных выше принципов.

Документ также определяет роли участников рынка, включая федеральные и местные органы управления, энергокомпании и бытовых потребителей. В соответствии с требованиями закона правительство Японии должно было разработать Основной энергетический план на базе принципов энергетической политики, который определит основные направления внедрения энергетической политики и обеспечит соответствующее регулирование отрасли в долгосрочной перспективе.

Первый Основной энергетический план правительство Японии представило в октябре 2003 г., второй — в марте 2007 г. и третий — в июне 2010 г. Четвертый — Стратегический энергетический план, опубликованный в апреле 2014 г., стал первым после землетрясения в Японии и аварии на АЭС «Фукусима-1» и учел сложную ситуацию, сложившуюся в энергетической отрасли страны.

План 2014 г. предусматривает меры по реформированию электроэнергетики Японии, включая изменения энергетической политики, деятельности энергокомпаний и структуры рынка. Ряд атомных реакторов будет заново введен в эксплуатацию в течение последующих лет, а природный газ, уголь и возобновляемые источники энергии (ВИЭ) составят значительную часть национального энергетического баланса энергопоставок в будущем. План не устанавливает конкретных задач для интеграции ВИЭ, но указывает на то, что к 2030 г. их доля в топливном балансе страны превысит 20%.

Рис. 1. Энергосистема Японии



Согласно положениям названного плана, основными направлениями развития энергетической отрасли являются обеспечение стабильного энергоснабжения, экономической эффективности, безопасности и охраны окружающей среды с учетом мировых тенденций и экономического роста, для того чтобы создать многослойную, разнообразную и гибкую структуру электроэнергетики. План предусматривает внедрение долгосрочных мер в области поставок и потребления электроэнергии. Основные инструменты достижения поставленных целей включают применение мер по энергоэффективности в каждом секторе экономики, сбережение электроэнергии, а также применение интеллектуальных технологий потребителями и использование потенциала гибкости потребления (*DR*).

Кроме того, планом предусмотрено создание единого национального системного оператора, полная либерализация розничного рынка и отде-

ление деятельности по производству и сбыту электроэнергии от деятельности по передаче электроэнергии по магистральным и распределительным сетям в рамках вертикально-интегрированных энергокомпаний.

Реформа электроэнергетического рынка

Реформа электроэнергетического рынка Японии направлена на решение следующих задач:

- 1) увеличение объема межрегиональных перетоков электроэнергии, особенно между зонами с разной частотой;
- 2) сдерживание роста цен на электроэнергию, обусловленного выводом из эксплуатации атомных электростанций;
- 3) обеспечение конкуренции между основными вертикально-интегрированными компаниями и новыми участниками рынка и предоставление более широкого выбора услуг для потребителей.

В рамках реформы будет проведена полная либерализация электроэнергетической отрасли. Так, в апреле 2016 г. была полностью завершена либерализация розничного рынка, в результате чего бытовые и мелкие коммерчески потребители также смогут выбирать поставщика электроэнергии. В течение четырех лет с момента либерализации потребители будут платить за электроэнергию либо на основе цен, предлагаемых независимыми участниками рынка, либо на базе регулируемого тарифа на электроэнергию, который впоследствии будет отменен (предположительно в 2020 г.).

В 2020 г. также планируется провести юридическое разделение вертикально-интегрированных компаний и отделить регулируемую деятельность по передаче электроэнергии по магистральным и распределительным сетям от конкурентной деятельности по производству и сбы-

ту электроэнергии. В рамках полной либерализации розничного рынка запланировано массовое внедрение интеллектуальных счетчиков — 84 млн штук к 2024 г. (рис. 2).

Управление спросом в Японии

Программы DR в Японии все еще находятся на начальной стадии применения, но продолжают активно расти. Крупные электроэнергетические компании Японии, включая TEPCO, планируют начать применение DR среди крупных коммерческих и промышленных потребителей, а затем продолжить его внедрение для мелких коммерческих и бытовых потребителей.

Осенью 2013 г. Министерство экономики, торговли и промышленности Японии объявило конкурс на участие в демонстрационном проекте в области применения программ DR с использованием стимулирующих выплат участвующим потреби-

телям (*incentive-based demand-response program*). Целью проекта является оценка потенциала DR и его применения для предоставления системных услуг энергосистеме. В результате конкурсного отбора было выбрано шесть энергокомпаний. В ходе проекта эти компании заключают контракты с агрегаторами DR, которые в ответ на сигналы о событиях DR обеспечивают снижение нагрузки и получают за это соответствующие компенсационные выплаты. Министерство, в свою очередь, проводит анализ эффективности этой инициативы, в том числе ее экономического аспекта. Результаты демонстрационного проекта позволят произвести общую оценку ценности DR и будут способствовать его дальнейшему применению в Японии.

Япония активно привлекает к участию в рынке DR зарубежные энергокомпании, в частности из США, которые имеют большой опыт в этой области. Так, в июне 2015 г. один из ведущих поставщиков услуг DR для энергокомпаний в мире — американская компания Comverge была одобрена Министерством экономики, торговли и промышленности Японии для участия в разработке технико-экономического обоснования «Сэкономленный ватт» (*Negawatt*) с целью оценки потенциала применения DR в Японии. Партнерами Comverge стали Kansai Electric Power Company (KEPCO), являющаяся второй по величине вертикально-интегрированной энергокомпанией Японии, и MID Facility Management (MID-FM) — поставщик услуг по управлению зданиями и сооружениями, являющийся частью KEPCO.

Несмотря на активное внедрение DR на территории Японии, существует ряд препятствий, которые необходимо преодолеть:

- 1) получение уведомлений о пиковых периодах спроса может создавать стресс для потребителей, которые могут лучше реагировать на систему компенсационных выплат, чем на систему ценообразования;

В рамках проекта города Йокогама используются несколько различных видов систем энергетического менеджмента, электромобили, станции зарядки электромобилей и системы хранения электроэнергии SCADA для стабилизации работы энергосистемы.



- 2) необходимо провести сокращение затрат, связанных с разработкой систем управления энергопотреблением и технологий автоматического DR с тем, чтобы сократить стоимость внедрения DR для потребителей;
- 3) должны быть разработаны стратегии для предоставления финансирования проектов в области DR.

Проекты интеллектуальных городов

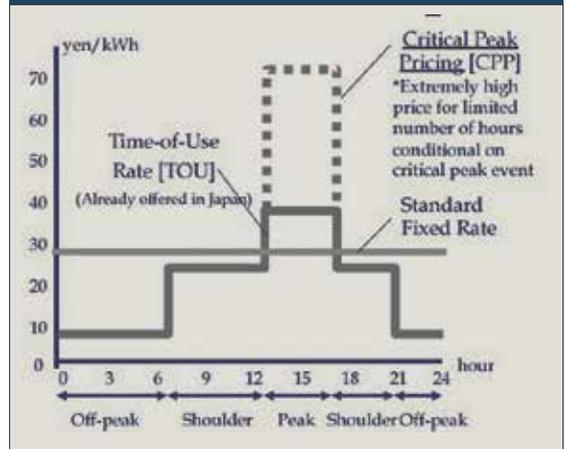
Правительство Японии финансирует четыре крупных проекта интеллектуальных городов: Киото, Йокогама, Тойота и Китакою. Эти проекты направлены на разработку модели интеллектуального города путем совместных действий жителей городов, частных компаний и муниципальных органов управления. В будущем эта модель будет использована на территории всей Японии (табл. 1).

В рамках проектов активно используются системы энергетического менеджмента, которые позволяют управлять энергопотреблением на уровне бытовых потребителей и энергосистемы в целом. Каждая из систем энергетического менеджмента осуществляет управление энергопотреблением в рамках своей зоны обслуживания и обеспечивает визуализацию энергопотребления для потребителей.

Стоимость использованной электроэнергии рассчитывается на основе принципа динамичного ценообразования — когда самые высокие цены на электроэнергию устанавливаются в пиковые периоды спроса. Динамичное ценообразование включает ценообразование по времени потребления и ценообразование на основе критических пиковых периодов потребления. Разница между этими видами заключается в том, что при использовании ценообразования на основе критических пиковых периодов цена в пиковые периоды потребления чрезвычайно высокая и остается таковой в течение нескольких часов пикового спроса (рис. 3).

В ходе проектов интеллектуальных городов проводится оценка влияния динамичного ценообразования на изменение режима энергопотребления. Так, в рамках проекта «Кейханна Эко-сити» участникам выдаются планшеты, которые представляют собой информационные терминалы для получения уведомлений о пиковых периодах спроса на электроэнергию. Они позволяют участникам проекта видеть свой баланс баллов или сумму виртуальных денег. Участвующим объектам изначально присваивают 7000 баллов, затем они потребляют электроэнергию в соответствии с их уровнем спроса, и при этом происхо-

Рис. 3. Иллюстрация ценообразования по времени потребления (TOU) на основе критических пиковых периодов (CPP) и на основе стандартной фиксированной цены



дит уменьшение суммы баллов в соответствии с объемом потребляемой электроэнергии и периодом потребления. Далее участники получают компенсацию на основании оставшихся баллов по окончании эксперимента. В результате внедрения проекта был сделан вывод о том, что 3,6% снижения пиковой нагрузки было осуществлено благодаря визуализации данных по энергопотреблению.

В рамках проекта города Йокогама используются несколько различных видов систем энергетического менеджмента, электромобили, станции зарядки электромобилей и системы хранения электроэнергии SCADA

Табл. 1. Проекты интеллектуальных городов в Японии

Программа	Период внедрения	Описание проекта
<i>Keihanna Eco-City Next Generation Energy and Social Systems</i>	2012–2013 гг.	Проект «Энергосистемы и социальные системы будущего Кейханна Эко-сити» направлен на крупномасштабную интеграцию солнечной генерации (с участием 1000 домов бытовых потребителей), внедрение наносетей в домах и зданиях, местное производство электроэнергии с целью местного потребления, снижение выбросов CO ₂ и визуализацию спроса
<i>Kita-Kyushu Smart Community Project</i>	2012-	Проект «Интеллектуальный общественный проект Китакою» направлен на тестирование управления энергопотреблением в режиме реального времени (с участием 70 компаний и 100 домов), интеграцию новых источников энергии (доля потребления — 10%) и снижение выбросов CO ₂
<i>Toyota City Low-carbon Society Verification Project</i>	2013-	Проект «Тойота-сити: общество, заботящееся об окружающей среде» включает применение DR в 70 домах бытовых потребителей, использование энергоэффективных мер населением города и развитие низкоуглеродистой транспортной системы, включая электромобили, и снижение выбросов CO ₂
<i>Yokohama Smart City Project</i>	2013-	Проект «Интеллектуальный город Йокогама» направлен на крупномасштабное использование солнечной энергии (27 МВт), создание 4000 интеллектуальных домов и зданий и внедрение транспортной системы следующего поколения с использованием 2000 электромобилей

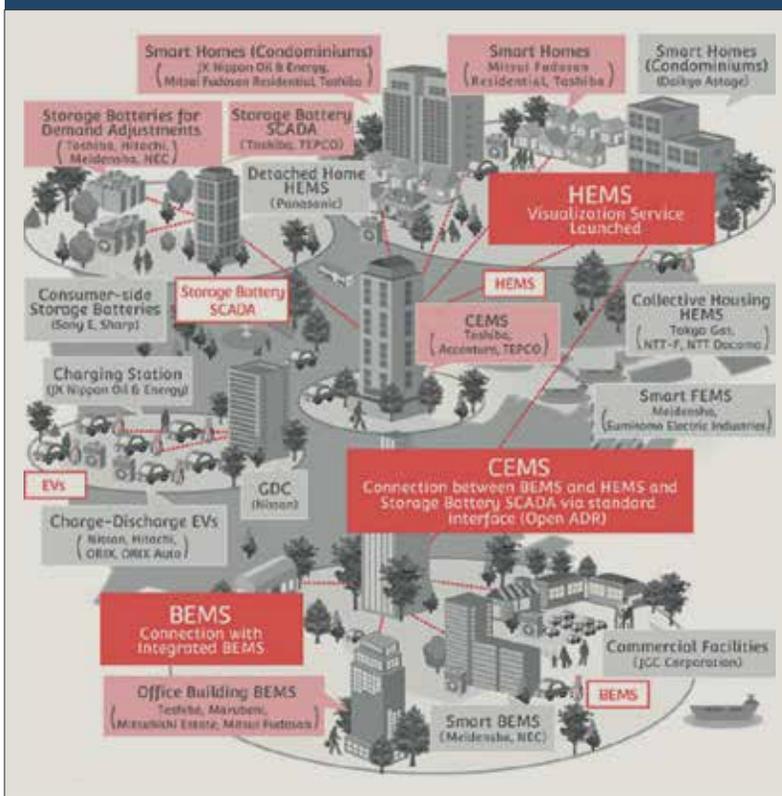
для стабилизации работы энергосистемы. Эти технологии станут ядром транспортной системы следующего поколения и обеспечат оптимальное управление энергопотреблением на уровне города. Иерархическое использование систем энергического менеджмента создает инфраструктуру, способствующую интеграции ВИЭ, например за счет уменьшения воздействия нестабильности солнечной генерации, зависящей от погодных условий. В то же время в рамках проекта проводится тестирование DR, когда потребителям предоставляются стимулы для снижения объема энергопотребления в периоды пикового спроса. Кроме того, осуществляется проверка DR на предмет возможности потребления излишней электроэнергии, которая будет производиться в рамках крупномасштабного внедрения солнечной генерации.

Системы хранения электроэнергии и энергоэффективность

Правительство Японии продолжает стимулировать развитие экологически чистых технологий и в 2015 г. выделило по запросу Министерства экономики, торговли и промышленности средства в размере 779 млн долл. США на внедрение программы, направленной на применение мер по энергоэффективности и систем хранения электроэнергии коммерческими и промышленными потребителями. Технологии включают использование светодиодных ламп, эффективной теплотехники и распределенных систем хранения электроэнергии. В рамках программы потребителям будут предоставлены стимулы для установки систем хранения электроэнергии на солнечных электростанциях и сетевых подстанциях. Активное внедрение систем аккумуляторных батарей направлено на поддержание стабильности энергосистемы при интеграции растущего объема ВИЭ.

Согласно прогнозам, объем рынка систем хранения электроэнергии достигнет 1 195 708 кВт•ч в 2017 г.

Рис. 4. Проект «Интеллектуальный город Йокогама»



Источник: Yokohama Smart City Project by Toshiba Corporation.

и 3 306 600 кВт•ч в 2020 г. в основном за счет установок систем бытовыми потребителями, которые обеспечивают 50% от общего числа установок. Предполагается, что к 2020 г. этот показатель достигнет 66%. Бытовые потребители являются движущей силой развития этого рынка. При продаже оборудования его производители предлагают системы производства солнечной энергии и системы хранения электроэнергии в одном комплекте.

Заключение

Электроэнергетическая отрасль Японии претерпевает значительные изменения: на рынке стремительно развиваются интеллектуальные технологии, и масштаб их применения огромен. Энергосистема Японии — одна из самых развитых в мире, и это позволит стране быстро внедрить новые технологии, а японцев, которые всегда являлись активными борцами за охрану окружающей среды,

несложно будет убедить принимать участие в программах DR и энергоэффективности или использовать ВИЭ.

Несмотря на многообразие внедряемых технологий, управление спросом рассматривается в качестве главного решения вопроса нехватки мощности на рынке Японии как в среднесрочной, так и долгосрочной перспективе. В настоящее время на территории страны осуществляется множество пилотных проектов в области интеллектуальных сетей. Крупные международные игроки в сфере DR, например Schneider Electric, EnerNOC и Comverge, уже начали вести деятельность на электроэнергетическом рынке Японии посредством реализации таких проектов, многие из которых финансируются японским Советом по развитию новой энергетики. В случае если пилотная стадия проектов завершается успешно, тестируемые технологии начинают быстро внедряться в массовом масштабе.