



Григорий Мещеринов

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

Управление спросом на рынке ЕС: проект *Interruptibility Service* в Испании (Часть 2)

Продолжаем публикацию цикла статей об управлении спросом на электроэнергию (*Demand Response — DR*) в энергосистемах разных стран. Первая часть статьи о проекте, реализованном в энергосистеме Испании, вышла в предыдущем номере. В ней был рассмотрен исторический опыт и подходы к управления электропотреблением в Испании, приведены особенности функционирования энергосистемы на современном этапе развития, которые в дальнейшем предопределили контуры и правила функционирования *IS*, а также дано общее описание механизма работы проекта.

Уведомление о снижении электропотребления

Как отмечалось ранее, факт оказания услуг *IS* означает процесс снижения участником потребления электроэнергии в строгом соответствии с уведомлением системного оператора. Уведомление на снижение электропотребления представляет собой команду на снижение электропотребления с фиксированным набором параметров отложенного или мгновенно-

го исполнения. В ответ на полученное уведомление участник направляет системному оператору акцепт готовности исполнить уведомление.

Обмен уведомлениями и соответствующими акцептами между системным оператором и участниками осуществляется в электронном виде с использованием зашифрованных протоколов передачи данных и через специальное ПО (терминал участника *IS*).

Каждое уведомление на снижение потребления электроэнергии включает:

- время начала исполнения уведомления;
- время окончания исполнения уведомления;
- величину снижения мощности электропотребления;
- величину минимально допустимой мощности электропотребления.

Для каждого вида контракта предусмотрены три варианта снижения потребления электроэнергии, различающиеся периодом от момента получения уведомления до начала его исполнения:

- тип *A* (немедленное исполнение) — потребитель осуществляет снижение мощности без предупреждения сразу после получения уведомления;
- тип *B* (быстрое исполнение) — потребитель получает уведомление о необходимости снизить мощность не менее чем за 15 минут до времени исполнения уведомления;

- тип С (запланированное исполнение) — потребитель получает уведомление о необходимости снизить мощность не менее чем за два часа до времени исполнения уведомления.

Уведомления типа А, требующие мгновенного исполнения и обусловленные снижением частоты сети, направляются участнику и обрабатываются в автоматическом режиме посредством активации реле сброса нагрузки до минимально допустимого уровня.

Уведомления типа В и С, обусловленные остальными технико-экономическими критериями, исполняются после акцепта уведомления со стороны участника.

Длительность периода работы со сниженной мощностью электропотребления в соответствии с уведомлением по умолчанию составляет один час. При этом участник не может получить более двух уведомлений подряд в течение суток. Максимальное количество часов работы со сниженной мощностью электропотребления для каждого участника *IS* составляет:

- не более 40 часов в месяц и не более 240 часов в год — для лота 5 МВт;
- не более 60 часов в месяц и не более 360 часов в год — для лота 90 МВт.

Если системный оператор не получает от потребителя акцепт, то уведомление обнуляется. Количество уведомлений, которые участник может не акцептовать без снижения стоимости оплаты, ограничено. В часы, когда потребитель не участвует в исполнении услуг, уведомления не направляются. Любое уведомление может быть аннулировано по инициативе системного оператора до начала времени его исполнения. Аннулированные, но исполненные уведомления не считаются оказанием услуг *IS* и не оплачиваются участнику.

Табл. 1. Параметры для определения расчетной цены снижения электропотребления по типам уведомлений, установленные на 2015 и 2016 гг. [8—11]t

Год	Тип уведомления	Коэффициент	Базовая цена, евро/МВт•ч	Расчетная цена, евро/МВт•ч
2016	A	0,926	77,13	71,42
	B	1,065		82,14
	C	0,787		60,70
2015	A	0,323	92,95	30,02
	B	0,281		26,12
	C	0,239		22,21

Оплата услуг

По итогам отчетного периода участник *IS* ежемесячно получает плату за оказание услуг по снижению потребления электроэнергии в соответствии с договором оказания услуг в отношении каждого лота. Плата за оказание услуг состоит из постоянной и переменной составляющей.

Размер постоянной составляющей платы определяется по итогам аукциона и составляет 1/12 годовой стоимости лота, определяемой как произведение мощности лота $N_{(лот i)}^A$ на итоговую цену аукциона $P_{(лот i)}^A$. Постоянная составляющая платы фиксируется на весь период оказания услуг и не может быть изменена:

$$S_{IS}^{noct i} = N_{(лот i)}^A \cdot P_{(лот i)}^A / 12.$$

Переменная составляющая платы рассчитывается по итогам каждого месяца и зависит от количества полученных и исполненных уведомлений системного оператора. Размер платы за каждое исполненное уведомление *n* для лота *i* определяется как произведение величины снижения мощности электропотребления $N_{n, m}^i$, определенного по данным телеизмерений, продолжительности времени снижения $T_{n, m}^i$, базовой цены снижения электропотребления P_{IS}^2 , коэффициента k_m^i , применяемого к тарифу в зависимости от типа уведомления *m*:

$$S_{IS}^{nep i} = \sum_{n, m} N_{n, m}^i T_{n, m}^i k_m^i P_{IS}^2.$$

Фактическая стоимость услуг по итогам работы за отчетный период может быть уменьшена в зависимости от оценки качества оказанных услуг.

Полная стоимость оказанных услуг по снижению электропотребления, подлежащая оплате участникам *IS*, включается в равновесную цену электроэнергии на оптовом рынке и транслируется на всех потребителей оптового и розничного рынка, за исключением самих участников *IS*. Средняя стоимость услуг *IS* в пересчете на 1 МВт•ч за 11 месяцев 2015 г. составила 1,95 евро/МВт•ч [5], что при средней цене электроэнергии на ОРЭМ за аналогичный период, равной 62,17 евро/МВт•ч [2], соответствует 3%.

Возникающие небалансы между суммой средств, собранных с потребителей электроэнергии, и суммой, оплаченной участникам *IS*, по итогам отчетного периода распределяются между генерирующими компаниями, участвующими в балансирующем рынке для покрытия роста потребления.

Оценка качества оказания услуг

В течение всего периода оказания услуг системный оператор осуществляет многофакторную оценку качества оказания услуг в отношении каждого участника [6]. К оцениваем-

¹ К шестой тарифной зоне относится потребление с 0 до 8 часов в рабочие дни (с понедельника по пятницу) и с 0 до 24 часов в нерабочие дни (суббота, воскресенье и праздничные дни).

мым критериям качества относятся: 1) реализация плана потребления, 2) предоставление данных телеизмерений, 3) готовность к оказанию услуг, 4) выполнение уведомлений.

План потребления. Участник ежемесячно до начала отчетного периода согласовывает с системным оператором почасовые планы потребления электроэнергии на следующий месяц. График потребления участника должен предусматривать потребление электроэнергии не менее 95% часов в месяц. Кроме того, участник по итогам отчетного периода должен обеспечить потребление электроэнергии в непиковые часы (так называемая шестая тарифная зона)¹ в объеме не менее 50% от общего электропотребления для лота 90 МВт и не менее 55% — для лота 5 МВт. По итогам отчетного периода системный оператор осуществляет ежемесячную оценку выполнения планов потребления участниками. Точность выполнения программы потребления в часовом разрезе должна составлять не меньше 75%. Однократное невыполнение данных требований влечет потерю постоянной составляющей платы за оказание услуг. В случае повторного невыполнения требований участник лишается постоянной и переменной платы за оказание услуг и исключается из реестра участников IS.

Данные телеизмерений. В течение всего периода оказания услуг

в период оказания услуг и не более 5% в периоды исполнения уведомлений. Данные телеизмерений должны храниться на сервере участника. Невыполнение требований по объему передачи данных телеизмерений влечет потерю постоянной составляющей платы за оказание услуг.

Готовность. Готовность к оказанию услуг означает, что среднее часовое потребление электроэнергии за вычетом минимально допустимого потребления в течение всего периода оказания услуг должно быть больше или равно величине снижения мощности, установленной для соответствующего лота. Для лота 90 МВт готовность к оказанию услуг должна быть не менее 91% времени оказания услуг. Для лота 5 МВт готовность к оказанию услуг должна соответствовать 100% времени оказания услуг. Однократное невыполнение данных требований влечет потерю постоянной составляющей платы за оказание услуг. В случае повторного невыполнения требований участник лишается постоянной и переменной платы за оказание услуг и исключается из реестра участников IS.

Исполнение уведомлений. При оценке исполнения уведомлений системный оператор по данным телеизмерений анализирует величину фактической мощности электропотребления и динамику ее изменения по отношению к параметрам, заданным

в уведомлении в течение отчетного периода участник полностью лишается постоянной и переменной составляющей платы за текущий отчетный период и исключается из реестра участников IS.

Особенности оказания услуг Interruption Service в 2015 г.

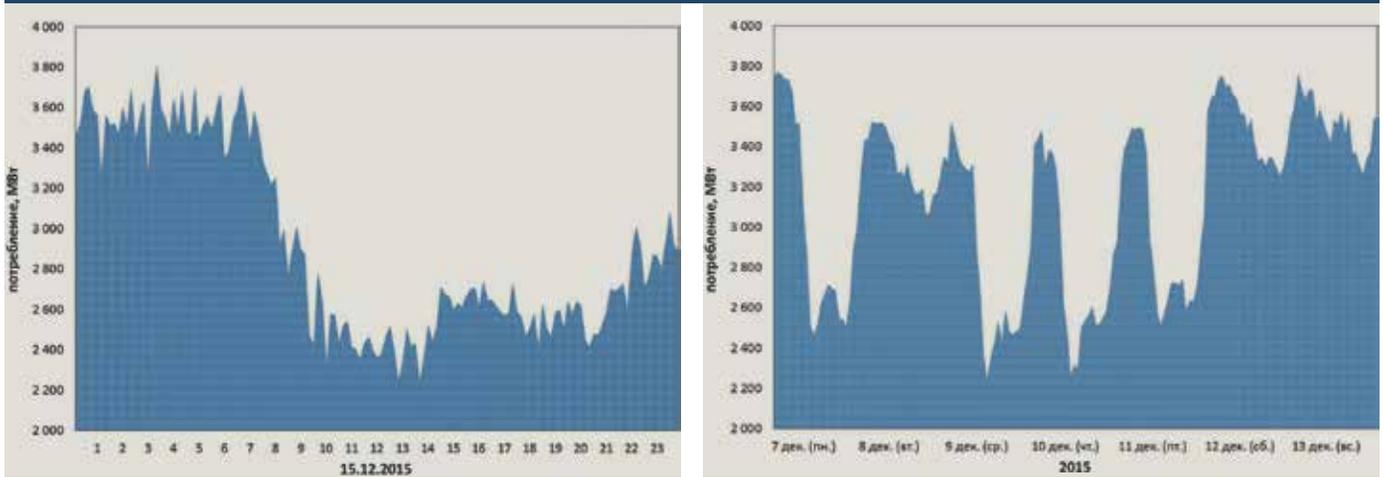
Снижение электропотребления в соответствии с правилами работы IS осуществляется в ежедневном режиме. В рабочие дни разгрузка продолжается в среднем по 15 часов в день (с 7:00 до 22:00) для сглаживания утреннего и вечернего пика потребления. Объем снижения электропотребления в среднем составляет 1000 МВт за каждый час. В выходные дни снижение электропотребления продолжается в среднем по 5 часов в день (с 16:00 до 21:00) для сглаживания вечернего пика потребления. Объем снижения электропотребления составляет 300—400 МВт за каждый из указанных часов. Разгрузка потребителей осуществляется не ниже минимально допустимого уровня электропотребления, согласованного потребителем с системным оператором до начала периода оказания услуг. Как правило, минимально допустимая нагрузка потребителей колеблется в диапазоне 300—400 МВт и зависит от состава участников в том или ином месяце. Минимально допустимое потребление, по аналогии с электростанцией, представляет собой потребление на собственные нужды. Снижение потребления ниже уровня собственных нужд, по сути, означает остановку производственного процесса и невозможность продолжать оказывать услуги.

При оценке готовности к снижению электропотребления учитывается электропотребление участника IS как в рынке «на сутки вперед» (*daily market*), так и в балансирующем рынке (*intraday market*). В рынке «на сутки вперед» участники IS планируют свое электропотребление таким образом, чтобы по итогам работы за отчетный период обеспечить выпол-

По итогам отчетного периода участник IS ежемесячно получает плату за оказание услуг по снижению потребления электроэнергии в соответствии с договором оказания услуг в отношении каждого лота.

участник должен обеспечить передачу системному оператору данных телеизмерений мощности электропотребления с дискретностью 15 минут. В период выполнения уведомлений дискретность данных телеизмерений должна составлять 5 минут. Допускается отсутствие данных в объеме не более 10% объема телеизмерений

в уведомлении. В случае однократного невыполнения уведомления определяется снижение постоянной составляющей платы за оказание услуг за отчетный период в зависимости от степени неисполнения снижения электропотребления и ее продолжительности с применением штрафного коэффициента. При повторном неис-

Рис. 1. Совмещенный график электропотребления участников *Interruptibility Service*

нение требования по фактическому потреблению в непиковые часы в объеме не менее 50% от общего потребления по лоту 90 МВт и 55% — по лоту 5 МВт. В балансирующем рынке участники оказывают услуги путем исполнения уведомлений системного оператора. Основной объем оказания услуг приходится на рынок «на сутки вперед». Основная задача, которая решается на этом уровне оказания услуг — это снижение цены на оптовом рынке в пиковые часы и эффективное использование ветрогенерации. В балансирующем рынке основной объем уведомлений по снижению электропотребления приходится на уведомления типа *B* (исполнение через 15 минут после получения уведомлений). На данном уровне решается задача снижения цены балансирующего рынка через сглаживание внезапного роста потребления электроэнергии.

Следует отметить, что в настоящее время в Испании наблюдается избыток генерирующих мощностей, поэтому необходимости использовать *IS* для обеспечения баланса производства и потребления электроэнергии, как правило, не возникает.

Оценка эффективности *Interruptibility Service*

Использование механизма *IS* привело к перераспределению доходов между участниками рынка. Це-

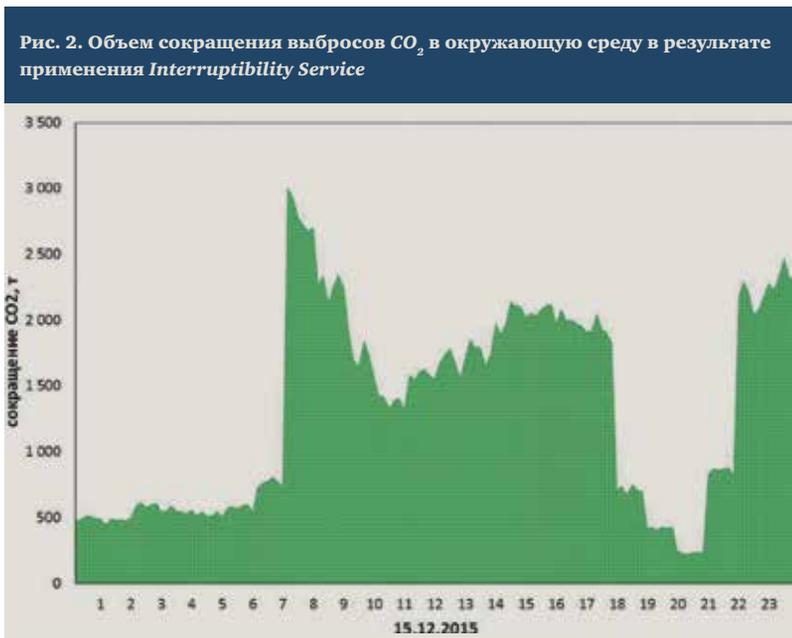
ленаправленное снижение потребления электроэнергии отобранной группой потребителей ожидаемо повлияло на снижение оптовых цен для всех участников рынка. Было отмечено, что снижение потребления на 1000 МВт (3% от совокупного потребления электроэнергии на ОРЭМ) снижает цену в среднем на 5 евро/МВт•ч, или 5—6% от оптовой цены [3]. При этом зависимость между величиной изменения электропотребления и величиной изменения цены нелинейная и меняется от часа к часу. Снижение потребления электроэнергии в пиковые часы приводит к большему снижению цены по сравнению с аналогичным снижением электропотребления в непиковые часы.

Экономический эффект от использования *IS* для потребителей характеризует величину снижения стоимости электроэнергии на ОРЭМ за вычетом расходов на оплату услуг по снижению электропотребления. Приблизительно совокупный эффект от снижения электропотребления за первые 11 месяцев работы *Interruptibility Service* в 2015 г. составил около 150 млн евро (снижение стоимости электроэнергии на ОРЭМ в течение времени использования *IS* составило 540 млн евро, а стоимость оказания услуг по снижению электропотребления с учетом качества выполнения команд по разгрузке — 390 млн евро).

Свой дополнительный вклад в положительный эффект для потребителей рынка вносит и сам механизм отбора: аукцион с убыванием цены представляет собой не что иное, как конкуренцию по постоянным затратам среди участников. Как следствие, стоимость затрат на оплату услуг победителей аукциона оказывается минимально возможной, что положительно сказывается на всех потребителях оптового и розничного рынков.

Точная оценка экономического эффекта от участия в оказании услуг по снижению электропотребления для каждого конкретного участника *IS* носит индивидуальный характер, т.к. зависит от множества факторов, присущих производству конкретного вида продукции и используемой технологии производства. Тем не менее общий подход к определению экономического эффекта можно традиционно представить в виде суммы плат за оказание услуг за вычетом расходов на участие в оказании услуг.

Доходы участника от оказания услуг, как было отмечено ранее, образуют два вида платы: постоянная составляющая — за поддержание готовности электропотребляющего оборудования к оказанию услуг, переменная составляющая — за выполнение уведомлений диспетчера по снижению электропотребления.



В общем виде расходы на участие в оказании услуг могут включать в себя следующие группы затрат:

- а) затраты на оборудование, необходимое для осуществления оказания услуг (оборудование систем телеметрии, хранения и передачи данных, каналы связи с диспетчером и пр.);
- б) затраты, связанные с модернизацией технологии производства, позволяющей гибко изменять производство продукции, работ или услуг (техническая воз-

можность в установленные сроки снижать электропотребление по уведомлению диспетчера и увеличивать потребление электроэнергии для обеспечения компенсации снижения производства в часы неоказания услуг);

- в) расходы, связанные с неравномерностью графика производства продукции, работ или услуг (например, повышенный износ оборудования от частого изменения режимов производства или убытки от его простоя);

- г) часть недополученной прибыли от недовыпуска продукции в часы оказания услуг;
- д) прочие затраты, возникающие при оказании услуг (в том числе затраты на сертификацию оборудования, обучение персонала и т.д.).

Поскольку постоянная составляющая платы за оказание услуг в силу конкурентного характера определения цены может покрывать только ограниченный состав условно-постоянных расходов, то можно утверждать, что переменная составляющая платы должна в идеале не только покрывать все остальные расходы участника, но и включать в себя норму прибыли, достаточную для поддержания мотивации участника к оказанию услуг. С учетом данного обстоятельства переменная составляющая платы, а именно цена снижения электропотребления на 1 МВт•ч, была увеличена для участников оказания услуг на 173%(!) — с 30 евро/МВт•ч в 2015 г. до 82 евро/МВт•ч для 2016 г. (табл. 1). Решение об увеличении базовых цен было принято в том числе и под давлением со стороны участников, поскольку эти цены оказались по факту почти в два раза ниже оптовых цен на электроэнергию.

Табл. 2. Итоговые результаты основных и дополнительных аукционов в 2016 и 2015 гг.

Год	Лот	Спрос			Отобрано		
		Количество, шт.	Объем, МВт	Цена старт, евро/МВт	Количество, шт.	Объем, МВт	Цена финал, евро/МВт*
2016	5 МВт	434	1 430–2 170	200 000	434	2 170	134 011
	90 МВт	8	630–1 170	340 000	8	720	292 013
2015	5 МВт	442	2 210	260 000	442	2 210	121 788
	90 МВт	9	810	350 000	9	810	294 875

* Поскольку подходы к определению состава затрат, формирующие предельную минимальную цену, по которой участник готов оказывать услуги, могут различаться для разных участников даже в одной отрасли, не говоря уже об участниках разных отраслей, значит, и возможности по снижению цены в ходе торгов на аукционе тоже будут разные. А с учетом того, что подавляющее большинство потенциальных участников — это потребители, которые уже оказывают услуги с 2014 г. и основную часть обязательных расходов по оказанию услуг уже понесли, то победа в аукционе становится единственно возможным вариантом, когда участник может возместить понесенные расходы. Поэтому цена в аукционе всегда будет стремиться к минимально возможной, а победителем в аукционе, как правило, будет тот участник, у которого затраты на оборудование для участия в оказании услуг и модернизацию технологии собственного производства, приведенные к числу лет окупаемости проекта, будут ниже, чем у конкурентов, а возможные потери от недополученной прибыли от снижения выпуска продукции могут быть компенсированы дозагрузкой свободных производственных мощностей в часы неучастия в оказании услуги по снижению мощности электропотребления.

снял с повестки дня актуальную ранее проблему нехватки энергетических мощностей и высоких цен на электроэнергию, но, несмотря на это, механизмы управления электропотреблением остаются востребованными и продолжают развиваться, совершенствуясь и привлекая новых участников.



Список литературы

1. Jacopo Torriti, Mohamed G. Hassan, Matthew Leach. Demand response experience in Europe: Policies, programmes and implementation. — *Energy*, Vol. 35, Issue 4, April 2010, P. 1575—1583.
2. Operador del Mercado Ibérico de Energía; www.omel.es/files/flash/ResultadosMercado.swf
3. Red Electrica De Espana. Презентация Demand Response for System Operation in Spain, 2013.
4. BP. Statistical Review of World Energy; www.bp.com/statisticalreview), June 2015.
5. Red Eléctrica de España. Website of e-sios; www.esios.ree.es/en
6. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Orden IET/2013/2013, de 31 de octubre, por la que se regula el mecanismo competitivo de asignación del servicio de gestión de la demanda de interrumpibilidad.
7. Red Eléctrica de España. Servicio de Gestión de la Demanda de Interrumpibilidad con Mecanismo de Asignación Competitiva, 2015.
8. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Resolución de 30 de julio de 2015, de la Secretaría de Estado de Energía por la que se aprueban las características del procedimiento competitivo de subastas para la asignación del servicio de gestión de la demanda de interrumpibilidad regulado por la que se regula el mecanismo competitivo de asignación del servicio de gestión de la demanda de interrumpibilidad, para la temporada eléctrica, 2015.
9. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Resolución de 10 de octubre de 2014, de la Secretaría de Estado de Energía por la que se aprueban las características del procedimiento competitivo de subastas para la asignación del servicio de gestión de la demanda de interrumpibilidad regulado, 2014.
10. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Precio de Referencia Para El Calculo de la Retribucion Asociada a la Ejecucion de una Orden de Reduccion de Potencia, 2015.
11. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Precio de Referencia Para El Calculo de la Retribucion Asociada a la Ejecucion de una Orden de Reduccion de Potencia, 2014.
12. Red Eléctrica de España. Información de la Convocatoria de Subastas n°1 para el Periodo de Entrega 2015 a la que hace referencia el punto 7 de las Reglas de la Subasta, 2014.
13. Red Eléctrica de España. Información de la Convocatoria de Subastas para el Periodo de Entrega 2016, 2015.

