

ISSN 2220-3699

**СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

***ТРУДЫ ДЕВЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ***

*ПОСВЯЩАЕТСЯ 90-ЛЕТИЮ
СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ИНДУСТРИАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА*

**НОВОКУЗНЕЦК
25-26 НОЯБРЯ 2020 г.**

УДК 621.34.001.2 (0758)

А 18

Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: Труды Девятой научно-практической конференции / Под общей редакцией В.Ю. Островляничика, В.А.Кубарева. — Новокузнецк: изд-во СибГИУ, 2020 г. — 216 с., ил.

ISSN 2220-3699

Сборник содержит труды IX Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию СибГИУ. В докладах представлены результаты научных исследований и практических приложений по проектированию, созданию математических моделей, теоретических основ энергосберегающего автоматизированного электропривода с традиционным и микропроцессорным управлением, решению проблем электроснабжения электрических установок и учета электрической энергии. Рассматриваются решения, ориентированные на применение в производстве и учебном процессе.

Сборник предназначен для научных работников, инженерно-технических работников предприятий, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

Под общей редакцией: д.т.н., проф. Островляничика В.Ю.
к.т.н., доц. Кубарева В.А.

ISSN 2220-3699

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2020

Полученная модель мини-ТЭЦ позволяет оптимизировать режимы работы полученной установки. Изменяя параметры и применяя различные виды топлива получать графики изменения основных характеристик энергоустановки.

Библиографический список

1. В.Н. Чурашев, В.М. Маркова. Мини-ТЭЦ – перспективное направление развития энергетики. 2015
2. Концепция развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России. – М.: Минтопэнерго РФ. 1994.– 122с.
3. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink. -М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. - 288 с.

УДК 621.316.72

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С. О. Корнева, Е. С. Кузнецова, В. А. Кузнецов
*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Рассмотрена программа рационализации электропотребления – управление спросом на электроэнергию, способы для ее осуществления в различных странах. Реализация программы управления спросом позволит увеличить потенциал энергосбережения в России.

Ключевые слова: управление спросом электроэнергии, энергосбережение, потребитель, снижение потребления электроэнергии, электроэнергетический рынок.

Возможность потребителей влиять на спрос – ключевая черта любого эффективно функционирующего конкурентного рынка. Это утверждение справедливо и для рынка электроэнергии. Особые свойства электроэнергии как товара (одновременность

производства и потребления, невозможность создания складских запасов или замены другим товаром) привели к тому, что исторически потребители не имели практической возможности влиять на баланс спроса и предложения, а следовательно, и на цены на рынке. Потребители электроэнергии не уменьшают потребление при росте цены на электроэнергию. В условиях такой неэластичности спроса активной стороной, полностью определяющей цену электроэнергии, выступают производители.

Новые тенденции в электроэнергетике, появление цифровых интервальных счетчиков электроэнергии, развитие телекоммуникаций и «интеллектуальных сетей» (*Smart Grid*) предопределили возможность повышения эластичности потребления и привели к появлению концепции «управление спросом» (*Demand Response — DR*).

Управление спросом подразумевает снижение энергопотребления конечными потребителями при определенных экономических сигналах рынка электроэнергии, когда потребители добровольно изменяют график энергопотребления по результатам рынка «на сутки вперед» без дополнительных указаний от системного оператора, с получением выручки за осуществление такого снижения потребления. Управление спросом позволяет не только уменьшить расходы потребителей на электроэнергию, но и способствует ее удешевлению на оптовом рынке, повышению надежности энергосистемы, снижению потребности в дополнительных генерирующих мощностях и соответственно сокращению уровня выбросов двуокиси углерода. Сегодня интерес к управлению спросом значительно вырос во всем мире, особенно в странах, переживших энергетический кризис и стремящихся удовлетворить спрос на электроэнергию не за счет строительства дорогостоящих генерирующих мощностей и сетевой инфраструктуры, а используя эффективныерыночные механизмы.

В настоящее время в зарубежной практике был создан и используется ряд терминов, имеющих отношение к теме управления спросом.

«Рационализация спроса» (*DemandManagement*)— это программа, предназначенная для предоставления стимулов конечным потребителям или поставщикам услуг по управлению

спросом с целью повышения способности или возможности снизить нагрузку, когда цены на электроэнергию на рынке высоки или когда энергосистема находится в критическом состоянии в связи с пиковым уровнем нагрузки. Действия по рационализации спроса включают управление спросом и энергоэффективность.

«Управление спросом» (*DemandSideResponse* — *DSR*, *DemandResponse* — *DR*) — добровольное изменение уровня энергопотребления потребителем в ответ на изменение цены или режимную ситуацию, отражающуюся на надежности энергосистемы. В РФ используется термин «ценозависимое потребление (ЦП)». Управление спросом не включает в себя изменение энергопотребления, обусловленное нормальной операционной деятельностью предприятия (например, снижение потребления электроэнергии в праздничные дни).

«Энергоэффективность» (*EnergyEfficiency*) — это снижение объема энергопотребления при сохранении того же уровня производства продукции и/или комфорта от использования оборудования и приборов, достигаемое за счет использования энергоэффективного оборудования или осуществления действий по энергосбережению.

Управление спросом является эффективным инструментом снижения цен на рынке электроэнергии в пиковые часы, когда для покрытия спроса на электроэнергию привлекаются менее эффективные генерирующие объекты. При этом относительно небольшое снижение потребления может привести к существенному снижению цены на электроэнергию.

Упрощенно эффект от участия потребителей в управлении спросом представлен на рисунке 1. Плавный рост кривой предложения S сменяется резким ростом в замыкающей части, что соответствует использованию наиболее дорогих генераторов. Снижение потребления в пиковые часы с величины $Q1$ до величины $Q2$ приводит к превращению кривой спроса $D1$ в кривую $D2$ и снижению цены на электроэнергию на величину ΔP .

Участие потребителей в технологиях управления спросом позволяет получить экономический эффект (получение платы за оказание услуг) не только им самим, но и всем участникам рынка за счет снижения выработки дорогостоящей электроэнергии

низкоэффективными генерирующими мощностями.

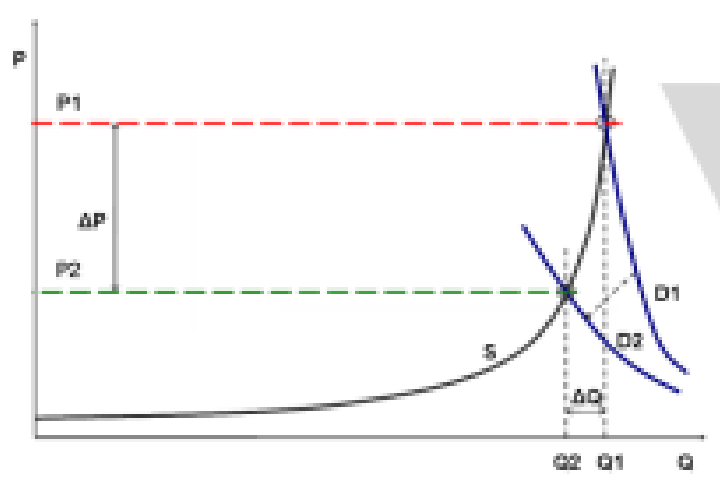


Рисунок 1 – Эффект от участия потребителей в управлении спросом.

Управление спросом может принимать различные формы в зависимости от объемов и режима потребления. Например, промышленные или крупные коммерческие предприятия могут реорганизовать свой процесс производства и график работы с тем, чтобы сместить время энергопотребления на периоды более низких цен. Участие в управлении спросом мелких предприятий и бытовых потребителей может включать смещение времени обогрева и кондиционирования воздуха в помещениях с периодов пиковых цен на внепиковые, подзарядку или разрядку электромобилей в периоды цен, привлекательных для потребителей, или изменение времени использования бытовой техники.

Снижение потребления электроэнергии также может осуществляться за счет использования локальных источников энергоснабжения потребителя (в том числе резервных генерирующих объектов, накопителей энергии и др.), регулирования интенсивности работы двигателей насосно-перекачивающих систем, изменения установки термостата для систем кондиционирования и/или холодильных установок, изменения или остановки производственного цикла, частичного отключения освещения и других действий.



Рисунок 2 – Участие в программах управления спросом в различных сферах деятельности

Участие в программах управления спросом может осуществляться как самостоятельно потребителями (преимущественно для потребителей с большим объемом потребления электроэнергии), так и с помощью поставщиков услуг по управлению спросом (*DemandResponseProviders*), которые являются агентами и несут ответственность за деятельность по управлению спросом от имени потребителей электроэнергии на оптовых рынках. Поставщики услуг по управлению спросом определяют возможности участия в управлении спросом для потребителей, устанавливают необходимое оборудование, внедряют операционные процессы и/или системы с тем, чтобы обеспечить функционирование управления спросом на стороне потребителей и его внедрение непосредственно в оптовый рынок. Поставщики услуг по управлению спросом конкурируют друг с другом, с тем, чтобы предлагать самый высокий уровень услуг, и потребители должны иметь возможность выбирать предложения услуг, которые им лучше всего подходят.

Управление спросом подразделяется на две категории:

- экономическое управление спросом используется с тем, чтобы

стимулировать потребителей снизить уровень их потребления, когда эффект для рынка больше, чем выгода от использования электроэнергии такими потребителями;

- противоаварийное управление спросом применяется с тем, чтобы избежать непредвиденных перерывов в энергоснабжении в периоды ограниченного предложения электроэнергии.

Так, например, на американском рынке экономическое управление спросом является добровольным обязательством снижения нагрузки на рынке электроэнергии, когда рыночная цена на электроэнергию на оптовом рынке «на сутки вперед» или в режиме реального времени превышает розничную ставку за электроэнергию для потребителя. Предоставление твердого обязательства по снижению энергопотребления в определенном объеме не является необходимым.

При участии в противоаварийном управлении спросом снижение нагрузки или потребление электроэнергии в ограниченном объеме в условиях, когда системному оператору необходимо поддерживать надежность энергосистемы при недостаточном предложении энергоресурсов или в аварийных ситуациях, является обязательным.

Неявное управление спросом используется в тех случаях, когда потребители соглашаются на применение тарифов на электроэнергию, дифференцированных по времени потребления и отражающих стоимость электроэнергии и расходы, связанные с ее потреблением в разные периоды времени. Обладая такой информацией, потребители могут принимать решения о смещении энергопотребления с периодов высоких цен или позволить системе делать это автоматически. Тарифы, дифференцированные по времени потребления, предлагаются поставщиками электроэнергии и могут как подразделяться на ночные и дневные, так и быть чрезвычайно динамичными и привязанными к почасовым ценам на оптовом рынке электроэнергии. В дополнение к этому некоторые страны ввели или рассматривают возможность внедрения тарифов на передачу электроэнергии по распределительным сетям, дифференцированных по времени потребления, что направлено на смещение периода энергопотребления для избежания перегрузок в сети.

При использовании схем явного управления спросом (иногда называемого «на основе стимулов» или «на основе объема») результат действий по управлению спросом продается на рынке электроэнергии заранее, иногда напрямую крупными промышленными потребителями или через поставщиков услуг по управлению спросом. Потребители получают специальное вознаграждение за изменения в энергопотреблении в ответ на соответствующий запрос, который вызван высокими ценами на электроэнергию, необходимостью в обеспечении гибкости энергосистемы организациями, ответственными за поддержание баланса энергосистемы, или перегрузками энергосистемы.

Программы, стимулирующие потребителей к участию в экономическом и противоаварийном управлении спросом, широко распространены в мире и активно применяются в США, Европейском Союзе, Австралии, Новой Зеландии, Китае и других странах. В каждой из стран они имеют свои особенности, определяемые спецификой принципов организации рынка электроэнергии, наличием или отсутствием рынка мощности, возможностями участия в нем потребителей, а также целями программ по управлению спросом и степенью их реализации.

Так, например, на территории США функционирует несколько рынков электроэнергии, существенно различающихся по географии (некоторые включают несколько штатов, другие находятся в пределах одного штата), структуре рынка, принятым стандартам и механизмам торговли, составу участников и другим показателям. Соответственно уровень развития управления спросом неодинаков на разных рынках страны.

Уровень развития управления спросом в Европе значительно различается по странам, при этом в некоторых странах он полностью отсутствует. Управление спросом активно задействовано на электроэнергетических рынках Великобритании, Ирландии, Финляндии и Франции.

При наличии достаточно широких возможностей и механизмов участия в управлении спросом развитие его потенциала (привлечение все большего числа потребителей к оказанию услуг) в Великобритании и в Европе в целом ограничено по ряду причин. К ним можно отнести обязательства по

сокращению выбросов парниковых газов (что лимитирует участие дизельных генераторов потребителей), наличие жестких требований к поставщикам услуг по *DR*, несовершенство методик определения среднего уровня энергопотребления, относительно которого будет определяться фактически осуществленное снижение, отсутствие четкой договорной основы и системы расчета платежей за оказанные услуги.



Рисунок 3 – Уровень развития управления спросом в Европе

В настоящее время в России предпринимаются первые шаги по стимулированию потребителей к участию в повышении энергоэффективности и выравниванию графиков нагрузки, например, за счет внедрения дифференцированных по времени суток тарифов.

В целях создания условий для повышения энергоэффективности работы Единой энергосистемы России за счет привлечения потребителей оптового рынка к активному участию в регулировании спроса на электрическую энергию и мощность, получившему название «ценозависимого потребления», разработан проект постановления Правительства Российской Федерации «О внесении изменений в Правила оптового рынка электрической энергии и мощности, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 27.12.11

№ 1172».

Внедрение технологий управления спросом в российской электроэнергетике предусматривает, что потребители оптового рынка могут подавать заявки для участия в конкурентном отборе мощности (КОМ) с указанием планируемого объема снижения потребления, и по факту отбора заявки в КОМ примут на себя обязательства по снижению потребления со специальными требованиями по обеспечению готовности энергопринимающего оборудования к снижению потребления. В результате выполнения принятых на себя обязательств объем покупки мощности, формируемый по итогам месяца вот-ношении такого участника оптового рынка, снижается на учтенный при проведении КОМ объем ценозависимого снижения потребления.

Покупатели с ценозависимым потреблением обязаны поддерживать энергопринимающие устройства в состоянии готовности к ценозависимому снижению объема покупки электрической энергии. Способность покупателей исполнять свои обязательства по снижению потребления будет контролироваться путем тестирования до начала исполнения обязательств, а также путем регистрации случаев невыполнения покупателем с ценозависимым потреблением условий поддержания энергопринимающих устройств в состоянии готовности к ценозависимому снижению объема покупки электрической энергии в процессе исполнения обязательств.

При выполнении покупателем с ценозависимым потреблением всех требований фактический объем ценозависимого снижения потребления мощности признается равным объему ценозависимого снижения потребления мощности, определенному по итогам КОМ. При невыполнении одного или нескольких условий работы в режиме ценозависимого потребления фактический объем ценозависимого снижения потребления мощности равен произведению объема ценозависимого снижения потребления мощности, определенного по итогам КОМ, и понижающих коэффициентов, учитывающих степень исполнения покупателем обязательств.

Объем ресурсов DR зависит от вознаграждения

СЭП 01



Рисунок 4 – Схема сравнения опыта управления спросом разных стран

За последние годы в зарубежной электроэнергетике накоплен обширный опыт применения управления спросом, в том числе по вопросам регулирования, технического внедрения, экономической эффективности, перспектив развития и т.д. Материалы, описывающие этот опыт, доступны на сайтах зарубежных регулирующих органов, отраслевых ассоциаций, энергетических компаний и в средствах массовой информации на английском языке. В Российской Федерации подобные материалы ввиду ограниченного опыта по применению управления спросом не публикуются на регулярной основе и редко доступны на русском языке.

Энергоменеджмент многих предприятий не располагает достаточно квалифицированными специалистами, которые могут оценить эффективность энергосберегающих мероприятий, а также оценить технико-экономические и производственные последствия мер по рационализации суточных графиков электрической нагрузки.

Библиографический список

1. АО «СО ЕЭС», «Концепция функционирования агрегаторов распределенных энергетических ресурсов в составе Единой энергетической системы России. Агрегаторы управления спросом на электроэнергию», май 2019.
2. VYGON Consulting, «Demand Response» на Российском рынке: барьеры и перспективы, декабрь 2018.
3. Navigant Research, «Global Demand Response Capacity is Expected to Grow to 144 GW in 2025», 2016.
4. Энергетический центр Московской школы управления Сколково, «Распределенная энергетика в России: потенциал развития», январь 2018.
5. Гительман Л. Д., Ратников Б. Е., Кожевников М. В. Управление спросом - универсальный метод решения современных проблем электроснабжения // Энергорынок. 2012. № 5. С. 44-49.

УДК 681.51

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННОГО СБОРА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Д.Е. Коровин, М.В. Ляховец

*Сибирский государственный индустриальный университет, г.
Новокузнецк, Россия*

В статье рассматривается опыт разработки система распределенного сбора информации для системы визуализации конвейерного транспорта. Описана техническое и базовое и программное обеспечения.

Ключевые слова: Автоматизация, распределенный сбор данных, OPC DA, OPC UA, Kerware KersteveEX, конвейерный транспорт.

В настоящее время существует тенденция к укрупнению бизнеса – небольшие предприятия входят в состав более крупных «игроков». При этом на каждом предприятии использовались