

УДК 338.242.2

СТИМУЛИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Е.А. Сальникова

Национальный исследовательский университет «Высшая школа
экономики», г. Москва

Одним из ключевых положений концепции интеллектуальной энергосистемы является «активизация» потребителей. Для реализации указанного свойства необходимо разработать систему механизмов, стимулирующих активное поведение потребителей на энергорынках, а также классифицировать потребителей с точки зрения потенциала участия в программах управления спросом с целью дальнейшей адаптации предложенных программ к каждой выделенной группе потребителей.

Ключевые слова: *активный потребитель в электроэнергетике, интеллектуальная энергосистема, управление спросом.*

В рамках перехода к развитию электроэнергетики на базе принципиальных положений Smart Grid, одной из ключевых ценностей которой является клиентоориентированность, важной задачей является стимулирование появления у потребителей свойства «активности», заключающееся в самостоятельном формировании требований к объему получаемой электроэнергии, качеству и характеру ее потребительских свойств и энергетических услуг [1]. Под активным потребителем понимается участник потребительского рынка электроэнергии, который имеет возможность исходя из своих потребностей оптимизировать график загрузки своих мощностей как с целью минимизации затрат на электроэнергию, так и с целью получения дохода от продажи электроэнергии и мощности [2].

Одной из ключевых функциональных характеристик интеллектуальной энергетической системы является мотивация активного поведения конечного потребителя.

Задачи управления поведением потребителя в энергосистеме ставились в различные периоды времени как отечественными, так и зарубежными учеными. Следует отметить, что в литературе, рассматривающей разные этапы развития энергосистемы, употребляются различные термины, характеризующие потребителей. Автором разработана сравнительная характеристика указанных типов потребителей (Рисунок 1) [2, 3].

	Потребитель-регулятор*	Потребитель сейчас	Активный потребитель
	Энергосистема СССР	Современный этап	Интеллектуальная энергосистема
Вид нагрузки	Промышленные потребители	Промышленные и бытовые потребители	Промышленные и бытовые потребители
Режим электропотребления	План по выпуску продукции	Планирование на сутки вперед	Меняет в онлайн режиме в соответствии с планами и оптимизируя затраты
	Оптимизация исходя из потребностей энергосистемы	Штрафы за отклонение от плана	
Дополнительные услуги (активная или реактивная мощность)	Принудительный порядок	Определяет Системный оператор	Выбирает самостоятельно
Условия загрузки собственной генерации, в т.ч. продажа на рынок	Отсутствует	Только крупные потребители с блок-станциями	Для всех потребителей
		Ни один не продает «на рынок»	Выбор режима энергопотребления в онлайн режиме

Рисунок 1 – Сравнительная характеристика различных типов потребителей

В рамках решения задачи «активизации» потребителя в энергосистеме крайне важной является разработка системы механизмов реализации и стимулирования активного поведения потребителя в России.

Стимулирование потребителей может иметь различный характер. В теории управления выделяется институциональное (административное) и мотивационное управление. Под институциональным управлением понимается воздействие на ограничения и нормы деятельности, под мотивационным управлением – воздействие на предпочтения [5].

Автором были проанализированы существующие зарубежные и отечественные разработки в части механизмов управления поведением потребителя в электроэнергетике и предложена система механизмов реализации и стимулирования активного поведения потребителя в России, представленная на рисунке 2.

Рассмотрим предложенные механизмы подробнее.

1. Интеграция собственной генерации

В области управления собственной генерацией мотивационное управление направлено на создание экономических условий, делающих генерацию выгодной для активного потребителя.

Для реализации функции управления загрузкой собственной генерации необходимо решить следующие задачи:

- технологическая интеграция в энергосистему:

- разработка стандартов присоединения к энергосистеме;
- разработка требований для получения генерацией потребителя статуса квалифицированного поставщика;
- разработка процедуры получения генерацией потребителя статуса квалифицированного поставщика;
- создание экономических стимулов для реализации стратегии управления генерирующей мощностью:
 - предоставление выбора субъекту по участию в институциональном регулировании нагрузки «по команде» системного оператора;
 - предоставление возможности подачи ценовых заявок на продажу электроэнергии, вырабатываемой собственной генерацией, на рынок;
 - сохранение возможности проведения взаиморасчетов по трансфертной цене на объем электроэнергии, вырабатываемый собственной генерацией и потребляемый самим потребителем.



Рисунок 2 – Система механизмов реализации и стимулирования активного поведения потребителя в России

2. Механизм стимулирования разгрузки

Традиционно в электроэнергетике поддержание баланса спроса и предложения с целью обеспечения надежного энергоснабжения осуществляется с использованием ресурсов генерации (Supply Side Management): содержание необходимого объема резервирующей мощности, покрытие пикового спроса за счет загрузки пиковых электростанций (ГЭС, ГАЭС, ТЭС).

При переходе к интеллектуальной энергетике обеспечение балансирования спроса и потребления осуществляется за счет

реализации свойства «активности» потребителя (Demand Side Management). При этом необходимо создать экономический механизм, стимулирующий потребителя к управлению режимами своего энергопотребления в периоды пиковых цен с целью балансирования системы.

Для этого необходимо обеспечить для потребителя индивидуальный экономический эффект от участия в управлении своим энергопотреблением – ввести новый вид системной услуги – услуга по оперативному сбросу/набору нагрузки, которая будет рассматриваться как эквивалент дополнительной загрузки/разгрузки генерации. Если цена, предлагаемая потребителем за разгрузку/загрузку, ниже цены, предлагаемой генератором, то балансирование на рынке будет обеспечиваться при более низкой цене. При этом необходимо учитывать указанные объемы как непосредственно на спотовом рынке электроэнергии, так и на рынке мощности – как эквивалент содержания резервного генератора.

Реализация предложенного механизма может быть затруднительна в части мелких розничных потребителей в силу малого объема энергопотребления, не способного повлиять на формирование цены на рынке. Поэтому целесообразно также рассмотреть возможность создания участника инфраструктуры – агрегатора, координирующего участие мелких потребителей в управлении энергопотреблением на рынке [6].

3. Механизм встречного планирования

Конструкция рынка «на сутки вперед» и балансирующего рынка соответствует принципам механизма встречных планов. Суть механизма встречных планов заключается в том, что потребители сами определяют и сообщают свой прогноз потребления, что обеспечивает надежность и точность прогнозирования. Потребитель оплачивает плановый объем по базовой цене, кроме того, перерасход и недорасход оплачиваются со штрафными коэффициентами. Наличие штрафов стимулирует потребителя к максимально точному планированию [7].

В настоящее время при отклонении фактического потребления от планового потребитель попадает на балансирующий рынок, где соответствующие объемы превышения покупаются по более дорогой цене, а объемы «недобора» продаются обратно на рынок по пониженной цене.

Для реализации положений концепции активного потребителя необходимо в действующей модели рынка электроэнергии пересмотреть штрафные коэффициенты за гибкое реагирование потребителей таким образом, чтобы можно было интегрировать механизм стимулирования разгрузки в существующую систему рынков электроэнергии и мощности.

4. Механизмы управления спросом

Управление спросом – это комплексный подход к взаимодействию с потребителем, основанный на его активном участии в формировании и регулировании нагрузки с применением мер поощрений активного потребителя [2]. Для мотивации потребителя к активному потреблению необходимо осуществлять ряд мер, направленных на управление спросом. При этом потребитель должен ощущать снижение ценовой нагрузки при работающей системе модификации тарифов.

Программа управления спросом включает управление нагрузкой и динамическое ценообразование [8].

В мировой практике разработан широкий спектр механизмов управления нагрузкой, часть из которых уже успешно реализуется и в российской хозяйственно практике. В систему управления спросом включаются следующие программы (Таблица 1) [2]:

- Прямое управление нагрузкой (ПУН);
- Программы требования (предложения) нагрузки или Программы обратной покупки;
- Тариф, дифференцированный по времени суток;
- Коммерческие/промышленные варианты программы;
- Программы прерывания;
- Программы снижения нагрузки;
- Тарификация в режиме реального времени;
- Программы требования (предложения) нагрузки или Программы обратной покупки.

Таблица 1

Программы управления спросом

Элементы программы управления спросом	Современное состояние	Перспективное состояние
Прямое управление спросом	Потребитель по своему усмотрению включает или выключает оборудование в часы минимума/ максимума тарифа в соответствии с существующим тарифным меню	Оборудование потребителя оснащено соответствующими устройствами, для дистанционного отключения в пиковые моменты и включения в моменты минимальных цен
Программы требования (предложения) нагрузки или Программы обратной покупки	Потребитель по своему усмотрению включает или выключает оборудование в часы минимума/ максимума тарифа в соответствии с существующим тарифным меню	Потребитель на основе оперативной информации о состоянии рынка может отказаться от потребления в данный момент времени и продать мощность

Элементы программы управления спросом	Современное состояние	Перспективное состояние
Тариф, дифференцированный по времени суток	Потребитель по своему усмотрению включает или выключает оборудование во время действия зональных тарифов	Существование как добровольных программ, так и принудительных, основанные на обязательном в них участии всех потребителей. Потребитель может или обязан загрузить своё оборудование во время действия того или иного тарифа
Коммерческие/ промышленные варианты программы		
Программы прерывания	Принудительные отключения в форс-мажорных ситуациях	Отключение по согласию потребителя с предоставлением возможности понижения выплат в сторону поставщика за счет системы модификации цен
Программы снижения нагрузки	Принудительные сокращение нагрузки в форс-мажорных ситуациях	Сокращение нагрузки по согласию потребителя с предоставлением возможности понижения выплат в сторону поставщика за счет системы модификации цен
Тарификация в режиме реального времени	Работа в режиме реального времени на балансирующем оптовом рынке электроэнергии и мощности	Работа в режиме реального времени на балансирующем оптовом рынке электроэнергии и мощности, а также на уровне конечного потребителя на розничном потребительском рынке
Программы требования (предложения) нагрузки или Программы обратной покупки	Промышленный потребитель по своему усмотрению загружает мощности в соответствии с режимом работы в зависимости от тарифа или условий долгосрочного контракта	Потребитель на основе оперативной информации о состоянии рынка может отказаться от потребления в данный момент времени и продать мощность по одному из вариантов: переменный процент от оптовых цен, постоянный процент от оптовых цен, постоянная или переменная цена, определяемая на условиях конкурсного отбора потребителей.

Программы **прямого управления нагрузкой** (ПУН) предназначаются для потребителей с оборудованием, которое может быть выключено или работает циклами в течение относительно короткого периода времени. Наиболее распространенные сферы применения, в порядке долей участия:

- центральные кондиционеры для жилых помещений,
- водонагреватели,

- насосы для бассейна,
- электрические отопительные приборы с приспособлениями для хранения.

Для приема сигналов от энергетической или сетевой компании оборудование на стороне потребителя должно быть оборудовано соответствующими приемниками и исполнительными механизмами отключения. Программы ПУН как правило обязательны к исполнению после того, как потребитель решает участвовать. Добровольное участие возможно для активных потребителей в некоторых технологически более совершенных интеллектуальных сетях и может стимулироваться более низкими платежами за участие.

Программы требования (предложения) нагрузки или **Программы обратной покупки** могут использоваться в случаях, когда обычный потребитель хочет отказаться от потребления электричества по высокой цене. Как правило, это – добровольные программы, так как у потребителя есть выбор относительно того, как долго участвовать в программе в любой день.

В рамках данной программы потребитель получает информацию о ценах на покупку через Интернет и принимает соответствующие меры, чтобы управлять пиковыми нагрузками, продавая свою неиспользованную энергию обратно по ценам, действующим в настоящий момент.

Тарифы, дифференцированные по времени суток разработаны, чтобы лучше отразить структуру издержек производителя, где показатели выше во время пиковых периодов и ниже во время непиковых периодов. Эти программы могут носить добровольный и принудительный характер.

Добровольные программы позволяют потребителям сначала выбрать, а позже отказываться, хотя они должны остаться в течение согласованного промежутка времени, например, на один год. [8].

Принудительные программы разработаны для целых сегментов потребителей, и все потребители обязаны в них участвовать. Например, все потребители с определенным уровнем потребления могут быть обязаны покупать энергию по тарифам, дифференцированным по времени суток.

Коммерческие/промышленные варианты программы – программы управления пиковыми нагрузками также доступны для потребителей коммерческого и промышленного класса потребителей. Фактически, среди этих видов программ существует большое разнообразие.

Программы прерывания для обеспечения системной надежности. Особенности программ прерывания были:

- большой объем сокращения;

- короткое уведомление для согласия;
- прерывание могло требоваться в любое время дня или любой день года;
- принудительное согласие;
- штрафы за отказ от участия;
- максимальное количество прерываний, позволенных в течение любого периода;
- постоянные скидки на счета за электричество.

Большинство участников – промышленные потребители, которые могут прервать операции на несколько часов или перенести их. Также потребители, использующие резервные генераторы, которые могут выдержать все или значительные части нагрузки.

Программы снижения нагрузки являются крайним вариантом программ прерывания. По-другому такие программы можно назвать “режим пониженного потребления мощности”. Ключевые особенности включают:

- меньшие ожидаемые сокращения нагрузок, минимум на 100 - 200 кВт, но возможно и 500 кВт или 1 000 кВт;
- меньшее число запросов сокращения, например 15;
- требование по снижению только в определенные дни и время, например, будние дни и между 11:00 и 19:00;
- принудительное участие после заключения соглашения;
- маленькие штрафы за отказы сокращения нагрузки;
- кредиты, основанные на объеме сниженной нагрузки, уменьшающие размер стандартных тарифов.

Более подходит для коммерческих потребителей, таких как офисы и розничные потребители. Потребители с резервными генераторами могут не только уменьшить нагрузку, но также и сами покрывать оставшуюся часть нагрузки.

Тарификация в режиме реального времени основана на предложении варианта ценообразования, основанного на тарифе, дифференцируемом по времени суток. Периоды времени и тарифы могут быть стандартными, зависящие от времени использования, которые зафиксированы для всех сезонов на уровне пиковых и непиковых цен.

Более усовершенствованная альтернатива – тарификация в режиме реального времени, когда цены изменяются час за часом. Конструкция программы включает:

- день перед ценообразованием с почасовыми затратами,
- день ценообразования с почасовыми затратами, и
- добровольные изменения нагрузки со стороны потребителя.

Программы требования (предложения) нагрузки или Программы обратной покупки построены на том, что потребитель пользуется стандартным тарифом, но получает возможность принимать участие или планировать сокращения нагрузки в ответ на запросы коммунальной компании.

Для построения системы управления спросом необходимо также разработать классификацию потребителей с точки зрения потенциала участия в программах управления спросом. Традиционно в электроэнергетике выделяются следующие классификационные признаки [4]:

- качественные классификационные признаки: виды потребителей, наличие у потребителя собственной генерации, вид получаемого эффекта регулирования, вид технологического процесса потребителя, вид конечного потребления.
- количественные показатели: потенциал допустимого снижения нагрузки, скорость снижения нагрузки, максимально возможная длительность внезапных отключений, не приводящая к срыву технологического процесса, максимально возможная длительность работы в условиях регулирования нагрузки.

Кроме того, на поведение активного потребителя оказывают влияние следующие основные экономические факторы [7]:

- Цена на потребляемую из сети электроэнергию и вид тарифа;
- Наличие собственной генерации;
- Возможность выдачи в сеть электроэнергии, вырабатываемой на собственной генерации;
- Принцип ценообразования на электроэнергию, выдаваемую в сеть от собственной генерации;
- Выгодность (полезность) для потребителя режима энергопотребления;
- Наличие возможности переноса нагрузки оборудования во времени.

На основании традиционных характеристик потребителей и основных экономических факторов, оказывающих влияние на поведение активного потребителя, были выделены основные классификационные признаки (Рисунок 3) [9-12], послужившие базой для разработки классификации потребителей с точки зрения потенциала участия в программах по управлению спросом (Рисунок 4):

- Активный потребитель:
 - Существует возможность для регулирования нагрузки;
 - Готовность участия в регулировании нагрузки;
 - Готовность выполнять активные действия;
- Условно-активный потребитель:

- Существует возможность для регулирования нагрузки;
- Готовность участия в регулировании нагрузки;
- Отсутствует готовность выполнять активные действия;
- Пассивный потребитель:
 - Отсутствует возможность для регулирования нагрузки;
 - Существует возможность для регулирования нагрузки, но отсутствует готовность участия в регулировании нагрузки.

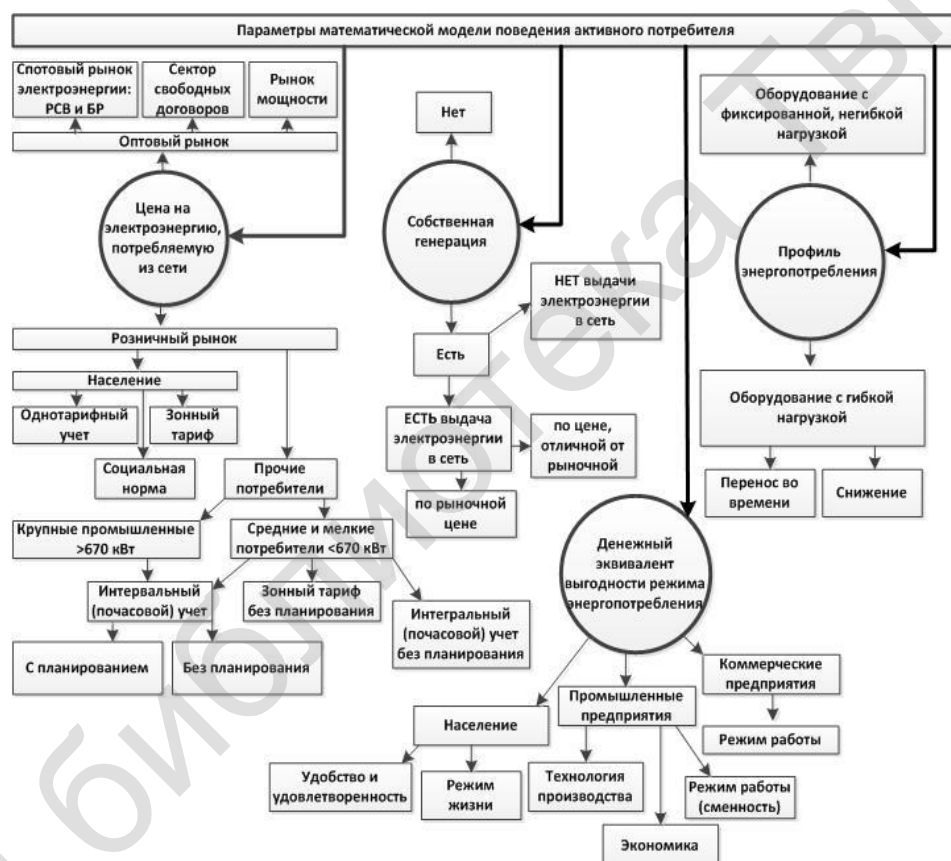


Рисунок 3 – Схема выделения основных классификационных признаков потребителей

Разработанная система механизмов реализации и стимулирования активного потребителя в России позволяет сформировать систему мер по изменению организационно-экономических отношений в российской электроэнергетике, необходимых для появления активного потребителя.

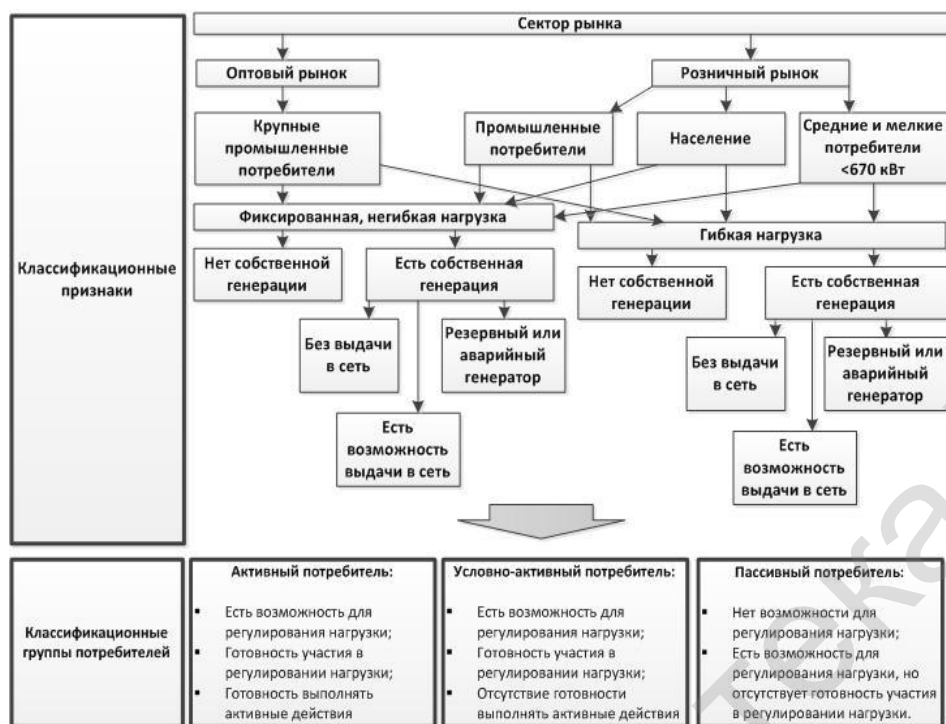


Рисунок 4 – Классификация потребителей с точки зрения потенциала участия в программах по управлению спросом

Предложенная классификация активных потребителей с точки зрения уровня потенциала участия в программах управления может использоваться с целью разработки программ управления спроса для каждой выделенной категории потребителей.

Список литературы

1. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SMART GRID. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.
2. Волкова И.О., Сальникова Е.А., Шувалова Д.Г. Активный потребитель в интеллектуальной энергетике // Академия энергетике. – 2011. – № 2 (40) – С. 50-57
3. Михайлов В.В. Тарифы и режимы электропотребления. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.
4. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью. [Электронный ресурс]. 2012. URL: http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ies_aas.pdf (дата обращения: 08.04.2013).

5. Механизмы управления: Учебное пособие / Под ред. Д.А. Новикова. М.: ЛЕНАНД, 2011. – 192 с.
6. Презентация ОАО «Системный оператор» «Управление потреблением» [Электронный ресурс]. 2012. URL: <http://www.e-c-m.ru/seminars/seminar9.htm> (дата обращения: 02.12.2012).
7. Бурков В.Н., Губко М.В., Новиков Д.А. Организационные механизмы управления в электроэнергетике / Управление развитием крупномасштабных систем [под ред. А.Д. Цвиркуна]. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2012. С. 261-278.
8. Demand Response: Principles for Regulatory Guidance - Jupiter, Florida: Peak Load Management Alliance, 2002. – 47 p.
9. Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ «Об электроэнергетике».
10. Основы ценообразования в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике (утверждены постановлением Правительства РФ от 29.12.2011 N 1178).
11. Основные положения функционирования розничных рынков электрической энергии (утверждены постановлением Правительства РФ от 4 мая 2012 г. N 442).
12. Michael Grubb, Tooraj Jamasb, Michael G. Pollitt. Delivering the Low Carbon Electricity System. Technologies, Economics and Policy - Cambridge University Press, 2008

PROMOTING ACTIVE CONSUMER BEHAVIOR IN ENERGY SECTOR

Е.А. Salnikova

National Research University «Higher School of Economics», Moscow

One the key provisions of the Smart Grid is the "activation" of consumers. For the realization of this property (1) a system of mechanisms should be developed for the promotion of active consumer behavior in energy markets as well as (2) classification of the consumers regarding their potential participation in programs of demand response should be carried out for the purpose of further adaptation of the developed programs to each group of consumers.

Keywords: *active consumer in power industry, Smart Grid, Demand-Side management, Demand Response*

Об авторах:

САЛЬНИКОВА Евгения Александровна – аспирантка кафедры энергетических и сырьевых рынков НИУ «Высшая школа экономики», e-mail: esalnikova@hse.ru