

## УПРАВЛЕНИЕ РЕАГИРОВАНИЕМ НА СПРОС ДЛЯ СЕТЕЙ SMART GRID В ЖИЛЫХ ДОМАХ

*Асенчик Анастасия Олеговна*

*магистрант*

*Гомельского государственного технического  
университета имени П.О. Сухого,  
Республика Беларусь, г. Гомель*

*Токочаков Владимир Иванович*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доц.  
Гомельского государственного технического  
университета имени П.О. Сухого,  
Республика Беларусь, г. Гомель*

## DEMAND RESPONSE MANAGEMENT FOR RESIDENTIAL SMART GRID

*Anastasiya Asenchik*

*Master degree candidate,*

*Sukhoi State Technical University of Gomel,  
Belarus, Gomel*

*Vladimir Tokochakov*

*Candidate of technical sciences,*

*docent, Sukhoi State Technical University of Gomel,  
Belarus, Gomel*

### АННОТАЦИЯ

В интеллектуальной сети микросети разделяют бремя традиционных сетей, снижают затраты на энергопотребление и смягчают ухудшение состояния окружающей среды. В рамках данного исследования рассматривается подход к управлению динамическим реагированием на спрос в контексте интеллектуальной микросети для жилого сообщества.

### ABSTRACT

In smart grid, microgrids share the burden of traditional grids, reduce energy costs and mitigate environmental degradation. This study examines an approach to managing dynamic demand response in the context of a smart micro-grid for a residential community.

**Ключевые слова:** Smart Grid, реагирование на спрос.

**Keywords:** Smart Grid, Demand Response.

*Smart Grid (SG)* – то модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надёжность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии.

В последнее время спрос на электроэнергию увеличивается в результате экономического и промышленного развития. Интеллектуальная сеть с ее функциями двусторонней связи и потока мощности является потенциальным решением для удовлетворения этого растущего спроса. В частности, управление реагированием на спрос было определено как один из ключевых компонентов интеллектуальной сети, который может помочь рынку электроэнергии повысить эффективность использования энергии за счет удаленного мониторинга и контроля электрической нагрузки, а также путем установления эффективных цен на электроэнергию с целью снижения высоких показателей.

Наиболее часто используемые программы реагирования на спрос (Demand Response Programs, DRP) основаны на цене, в соответствии с одной из трех тарифных моделей:

1) *Time-of-Use (TOU)*, которое предлагает потребителям разные тарифы на электроэнергию в разные периоды дня и, как правило, исходя из средней стоимости производства и доставки энергии за 24 часа;

2) *Real-Time Pricing (RTP)*, когда цена на электроэнергию изменяется ежечасно в течение дня, и это может отражать затраты на производство или уровень оптовых цен;

3) *Critical-Peak Pricing (CPP)*, который представляет собой механизм динамического ценообразования, который использует элементы TOU и RTP для корректировки тарифов в качестве временной реакции на события или условия, такие как высокие рыночные цены или уменьшение резервов. Следовательно, повышение цены тарифа связано с увеличением спроса на электроэнергию или низкой энергоэффективностью системы электроснабжения (СЭЭ). Таким

образом, DRP можно рассматривать как один из наиболее важных инструментов для домашних систем управления энергопотреблением (Home Energy Management System, HEMS). DRP помогают коммунальным предприятиям переносить нагрузку с часов пик на часы непиковой нагрузки, чтобы снизить цены на электроэнергию, а также сбалансировать спрос и предложение.

Конечные потребители имеют бытовую технику, которую необходимо упорядоченно программировать, чтобы гарантировать баланс между спросом и предложением электроэнергии. Однако программирование этих бытовых приборов в пределах одного и того же временного интервала требует определенных знаний и наличия времени со стороны потребителя. Кроме того, при составлении расписания управления жилыми помещениями необходимо учитывать предпочтения потребителей в отношении использования этих приборов и колебания цен на электроэнергию. Следовательно, требуется инфраструктура, способная программировать периоды эксплуатации этих бытовых приборов на горизонте планирования. Эта программа должна иметь возможность подстраиваться под периоды пиковой нагрузки и, таким образом, повышать надежность и эффективность СЭЭ без изменения степени удовлетворенности / комфорта потребителей.

В интеллектуальной сети стратегии управления спросом должны обрабатывать большое количество контролируемых нагрузок нескольких типов. Кроме того, нагрузки могут иметь характеристики, которые растягиваются на несколько часов. Следовательно, стратегии должны быть в состоянии иметь дело со всеми возможными длительностями управления различными управляемыми нагрузками.

Очевидно, что работа с единой моделью, представляющей сеть удаленного микрорайона и каждый отдельный прибор, невозможна из-за ее сложности. Поэтому оптимальным вариантом решения комплексной задачи оптимизации будет её представление в виде двух функций минимизации, где микрорайон рассматривается, как совокупность квартир разных типов, стоимость дополнительных источников энергии (солнечные батареи, когенерационная установка [1]) включаются в функцию минимизации цены электроэнергии, а

выигрыш, полученный в ходе оптимизации, будет являться управлением спросом.

Многоцелевая модель оптимизации может иметь две функции минимизации  $f_1$  и  $f_2$ . Первая ( $f_1$ ) направлена на минимизацию затрат на потребление электроэнергии, а вторая ( $f_2$ ) – на минимизацию уровня неудобств конечных потребителей в отношении оптимального планирования использования жилых нагрузок, обеспечиваемых коммунальным предприятием.

Функция  $f_1$  определяется как

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T Pr_t \cdot DSA_{t,i} .$$

где  $N$  – количество домашних устройств;  $E_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) представляет вектор энергии потребление бытовых устройств  $i$  при работе;  $T$  – временной горизонт;  $Pr_t$  равна цене электричества в момент времени  $t$ ;  $DSA_{t,i}$  (ежедневная настройка устройств) относится к матрице планирования нагрузки со следующей конфигурацией:

$$DSA_{t,i} = \begin{cases} 1, \text{ если устройство } i \\ \text{включено в момент времени } t. \\ 0, \text{ если нет} \end{cases}$$

Функция  $f_2$  направлена на минимизацию неудобств и оценку того, как оптимизированное планирование бытовой техники может изменить удовлетворенность / комфорт конечного потребителя и определяется как

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (Baseline_{t,i} - OPT_{t,i}) .$$

Соответственно, расчет  $f_2$  сравнивает реальное потребление электроэнергии (базовый уровень) в интервал времени  $t$  для бытовой техники  $i$  семьи и потребление  $OPT$ , которое является потреблением, предложенным методом оптимизации, и который использовался в компьютерном моделировании. Таким образом, матрица  $Baseline_{t,i}$  может быть определена следующим образом:

$$Baseline_{t,i} = \begin{cases} 1, \text{ если устройство } i \\ \text{включено в момент времени } t \\ 0, \text{ если нет} \end{cases}$$

Потребление  $OPT_{t,i}$  возникает из графика загрузки, предложенного методом оптимизации.

Для различных моделей  $DR$ , определяемых следующим образом:

$$OPT_{t,i} = \begin{cases} 1, \text{ если устройство } i \\ \text{включено в момент времени } t \\ 0, \text{ если нет} \end{cases}$$

Планирование управления бытовой техникой в интеллектуальных сетях позволяет системе электроснабжения быть более эффективной, поскольку можно свести к минимуму такие проблемы, как перебои в подаче электроэнергии во время пиковых нагрузок.

Таким образом, управление спросом играет ключевую роль в управлении потреблением энергии, чтобы избежать перегрузки, а также снизить стоимость электроэнергии для конечных потребителей. Однако эта оптимизированная работа бытовой техники требует инфраструктуры, способной планировать периоды работы устройств на горизонте планирования и, таким образом, сокращать периоды пикового спроса и повышать надежность и эффективность системы электроснабжения, минимально влияя на удовлетворенность / комфорт конечные потребители.

### Список литературы:

1. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. Энергоэффективность, 2016, № 8, прил.