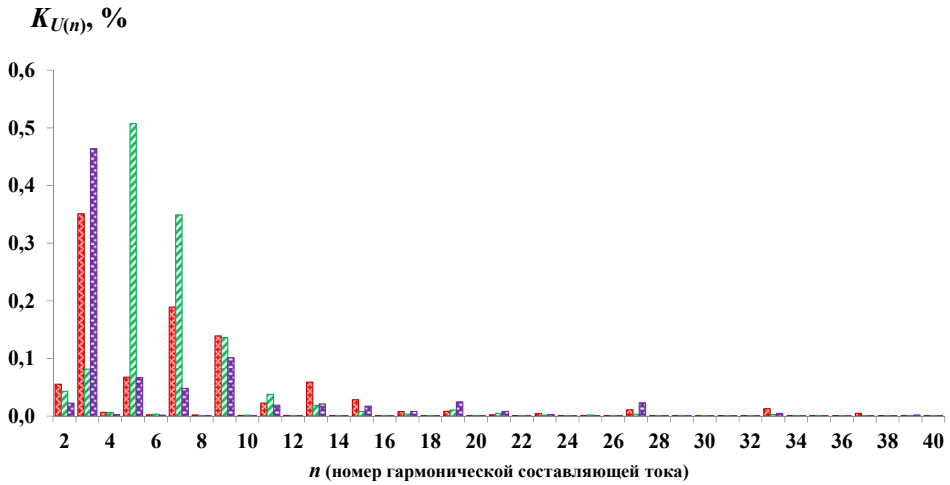


Рис. 5. Коэффициенты *n*-х гармонических составляющих тока при работе светильников серии ЛПП, ФПО и ЛПО с ЭПРА: – серия ЛПП; – серия ФПО; – серия ЛПО

Значения коэффициентов *n*-х гармонических составляющих напряжения при работе исследуемых одиночных светильников были незначительны и не превышали норм, установленных ГОСТ 32144-2013 [1], однако были и четных порядков. Значения коэффициентов *n*-х гармонических составляющих тока также были незначительны и не превышали норм, установленных ГОСТ 30804.3.2-2013 [2], и также были четных порядков. Однако при массовом включении таких электроприемников степень искажение форм тока и напряжения может возрасти.

Значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения при работе исследуемых одиночных светильников составляет не более 0,8 %. Наибольшее значение суммарного коэффициента гармонических составляющих тока пришлось на лампу серии ФПО и составило 0,64 %.

Литература

1. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (EN 50160:2010, NEQ) : ГОСТ 32144-2013. – Минск : Госстандарт, 2015.
2. Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний : ГОСТ 30804.3.2-2013. – Минск : Госстандарт, 2016.

ГЕНЕРИРУЮЩИЕ МОЩНОСТИ ДЛЯ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА г. ГОМЕЛЯ

И. А. Козлов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель С. Г. Жуковец

Энергосистема жилых микрорайонов Гомеля, особенно в зонах новой застройки, сталкивается с проблемой – дефицитом генерирующих мощностей в часы пикового потребления. Насыщение квартир энергоемкой бытовой техникой и увеличение числа электромобилей приводят к тому, что трансформаторные подстанции работают на пределе

своих возможностей. Это создает следующие риски: 1) снижение надежности энергоснабжения. Перегрузка трансформаторов и кабельных линий повышает вероятность аварийных отключений, особенно в вечерние часы; 2) необходимость дорогостоящей модернизации сетевой инфраструктуры. Увеличение мощности подстанций и прокладка новых кабельных линий требуют значительных капитальных вложений, длительных согласований и временного отключения потребителей на период работ; 3) отсутствие резервных источников питания. В случае аварий микрорайоны остаются без электроэнергии на продолжительное время, так как не имеют собственных резервных генерирующих мощностей.

Ключевые слова: комплекс, генерация, электромобиль, Vehicle-to-Grid, V2G.

Практическая реализация

Объект представляет собой пятиэтажное здание общей площадью 5400 м², рассчитанное на 200 автомобилей. Основное инновационное отличие комплекса – внедрение 100 двунаправленных зарядных станций V2G мощностью 30 кВт каждая.

Идея проекта

Парковка превращается в многофункциональный комплекс, где стоянка электромобилей одновременно является распределенной системой генерации, питающей микрорайон.

В основе лежит принцип двунаправленной передачи энергии: аккумуляторы припаркованных электромобилей используются не только для накопления энергии, но и для ее обратной отдачи в сеть в моменты, когда это необходимо для поддержания стабильности энергоснабжения.

Использование специализированной инфраструктуры, поддерживающей технологию V2G – многоуровневой парковки, которая служит физической и технологической платформой для интеграции сотен электромобилей в единую систему управления энергией, превращая их в виртуальную электростанцию.

Процесс генерации энергии от V2G-парковки строится на интеллектуальном управлении доступной емкостью аккумуляторов подключенных электромобилей. При расчетах закладывается использование 50–60 % от общей емкости батареи каждого автомобиля, что обусловлено несколькими факторами:

1. *Сохранение ресурса аккумулятора*. Глубокие разряды негативно сказываются на сроке службы литий-ионных батарей. Ограничение глубины разряда до 50–60 % является щадящим режимом, при котором деградация аккумулятора минимальна и сопоставима с естественным износом при обычной эксплуатации.

2. *Гарантированный запас хода для владельца*. Установленный нижний порог в 40–50 % заряда обеспечивает владельцу достаточный запас энергии для непредвиденных поездок.

3. *Технические ограничения оборудования*. Современные двунаправленные зарядные станции и системы управления батареями оптимизированы для работы именно в этом диапазоне глубин разряда, обеспечивая максимальный КПД преобразования.

При парковке 100 электромобилей со средней емкостью батареи 40 кВт · ч и использовании 50 % доступной емкости (20 кВт · ч с каждого автомобиля) общий доступный энергетический резерв составляет 2000 кВт · ч. При мощности одной V2G-станции 10 кВт одновременная разрядка 50 автомобилей (из расчета 50 % загрузки парковки в пиковый период) позволяет обеспечить отдачу в сеть 500 кВт мощности в течение нескольких часов. Этого достаточно: 1) для снижения нагрузки на трансформаторную подстанцию микрорайона на 10–15 % в вечерний пик;

2) резервного питания нескольких многоквартирных домов или социально значимого объекта (школа, детский сад) в течение 2–4 часов; 3) компенсации кратковременных провалов напряжения и отклонений частоты в сети.

Реализация предложенной V2G-парковки обеспечивает комплексный эффект для энергосистемы микрорайона, городской инфраструктуры и владельцев электромобилей (см. таблицу).

Преимущества проекта

Формирование распределенных генерирующих мощностей без строительства новых электростанций	Аккумуляторы припаркованных электромобилей объединяются в виртуальную электростанцию, которая в часы пик отдает в сеть до 500 кВт мощности. Это позволяет компенсировать дефицит локальной генерации, снизить нагрузку на трансформаторные подстанции и отсрочить или полностью исключить дорогостоящую модернизацию сетевой инфраструктуры
Активное регулирование суточных графиков нагрузки	Система интеллектуально управляет зарядкой и разрядкой: накапливает энергию в периоды низкого потребления и отдает обратно в вечерний пик. Это сглаживает провалы напряжения, предотвращает аварийные перегрузки и повышает устойчивость энергоснабжения всего микрорайона
Создание новых парковочных мест как побочный, но социально значимый эффект	Пятиэтажный комплекс на 200 автомобилей решает острую проблему нехватки организованного хранения транспорта в зонах жилой застройки
Участие в программе «Зеленый доход» и экономическая привлекательность для владельцев	Автовладельцы, предоставляя часть емкости батареи для разрядки в сеть, получают компенсацию – либо снижение тарифа на зарядку, либо прямые платежи

Предложенное решение позволяет трансформировать парковку из пассивного места стоянки в активный, интеллектуальный и экономически выгодный элемент энергосистемы, который одновременно повышает надежность электроснабжения, разгружает сетевую инфраструктуру, создает дополнительные машино-места и дает прямой доход участникам. При минимальных капитальных затратах (по сравнению со строительством новых подстанций) и с использованием уже имеющегося парка электромобилей проект обладает высоким потенциалом масштабирования в жилых микрорайонах Гомеля.

Литература

1. Ахмадеев, А. Р. Влияние электромобилей и зарядных станций на электрические сети / А. Р. Ахмадеев // Энергоэксперт. – 2018. – № 1 (65). – С. 24–28.
2. Сусаренко, М. Ю. Система V2G (Vehicle To Grid) как важнейший элемент интеграции электромобилей в энергетическую систему страны / М. Ю. Сусаренко // Флагман науки. – 2023. – № 8 (8). – С. 383–387.