

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ г. ГОМЕЛЯ

И. А. Козлов

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

Научный руководитель С. Г. Жуковец

Представлено, что Vehicle-to-Grid(V2G) – перспективное решение для повышения гибкости энергосистемы. Приведены описание и принцип работы технологии. Дано сравнение с альтернативным сценарием замены трансформаторного оборудования малой мощности, показавшее, что V2G обеспечивает более гибкое и масштабируемое решение для распределения нагрузки.

Ключевые слова: Vehicle-to-Grid, V2G, электромобили.

В последние годы электромобили становятся не только средством передвижения, но и важным элементом энергетической системы. В Республике Беларусь, как и во многих других странах, энергосистема сталкивается с проблемами неравномерности нагрузки, особенно в часы пикового потребления. Внедрение технологии Vehicle-to-Grid (V2G) может стать одним из решений этой проблемы, позволяя электромобилям не только потреблять электроэнергию, но и отдавать ее обратно в сеть в нужные моменты. V2G-технология может способствовать стабилизации энергосистемы, играя роль распределенного накопителя энергии.

Приведем описание и принцип работы технологии Vehicle-to-Grid.

Vehicle-to-Grid (V2G) – это технология, позволяющая электромобилям не только заряжаться от электросети, но и отдавать накопленную энергию обратно в сеть при необходимости.

Система V2G включает несколько ключевых компонентов:

1. *Электромобили с двусторонними зарядными системами* – транспортные средства, оснащенные аккумуляторами, способными как накапливать, так и отдавать энергию.

2. *Зарядные станции V2G* – интеллектуальные устройства, обеспечивающие двусторонний поток энергии между сетью и электромобилем.

3. *Система управления энергопотоками* – программное обеспечение, которое анализирует состояние сети и управляет процессами зарядки и разрядки электромобилей.

4. *Энергосистема* – центральная сеть, получающая энергию от электромобилей в периоды пикового потребления и заряжает их в периоды низкой нагрузки.

Когда спрос на электроэнергию в сети высокий, электромобили, подключенные к V2G-станциям, могут передавать часть накопленной энергии обратно в сеть. В периоды низкого потребления они заряжаются, используя избыточную электроэнергию. Такой механизм позволяет значительно сглаживать колебания нагрузки.

В различных странах уже реализуются пилотные проекты по использованию V2G, например:

- *Дания* – одна из первых стран, где электромобили активно используются в качестве распределенных накопителей энергии.

- *Япония* – технологии V2G применяются в экстренных ситуациях для обеспечения резервного питания.

- *США и Великобритания* – проводятся исследования по интеграции V2G в сети с высокой долей возобновляемых источников энергии.

Преимущества технологии V2G:

1. *Выравнивание графиков нагрузки в энергосистеме.* В пиковые часы нагрузка на сеть возрастает, а в ночные часы наблюдается избыток генерации энергии. Электро автомобили с V2G могут поглощать избыточную энергию в периоды низкого спроса и отдавать ее в сеть в моменты пиковой нагрузки, тем самым способствуя стабилизации энергосистемы.

2. *Снижение затрат на модернизацию электросетей.* Традиционно для компенсации пиковых нагрузок требуется строительство дополнительных электростанций и модернизация сетевой инфраструктуры. Однако использование V2G позволяет снизить потребность в таких капиталоемких проектах, перераспределяя нагрузку более эффективно.

3. *Экономическая выгода для владельцев электро автомобилей.* Система V2G дает возможность владельцам электро автомобилей зарабатывать, продавая избыточную электроэнергию обратно в сеть.

4. *Увеличение доли возобновляемых источников энергии.* В Беларуси активно развиваются солнечная и ветровая генерация. Электро автомобили, подключенные к V2G, могут служить буфером, накапливая энергию в периоды высокой генерации и отдавая ее в сеть при снижении производства.

5. *Повышение надежности энергоснабжения.* Электро автомобили с V2G могут служить резервными источниками питания в экстренных ситуациях, например, при отключениях электроэнергии. В случае аварийной ситуации электро автомобили могут питать дома, предприятия или даже критически важные объекты, такие как больницы.

Таким образом, технология V2G имеет потенциал для значительного улучшения работы энергосистемы Гомеля, повышая надежность сети и принося экономическую выгоду как государству, так и владельцам электро автомобилей.

Представим, каким образом можно внедрить технологию V2G:

1. *Развитие зарядной инфраструктуры:*

- установка интеллектуальных зарядных станций с V2G-функционалом;
- модернизация существующих зарядных станций для поддержки двустороннего энергопотока;
- развитие сетевой инфраструктуры для управления распределенной генерацией и накоплением энергии.

2. *Государственная поддержка и нормативно-правовое регулирование.* Для стимулирования внедрения V2G необходимо разработать законодательную базу, регулирующую:

- тарифы на двусторонний обмен электроэнергией между электро автомобилями и сетью.
- механизмы компенсации владельцам электро автомобилей за участие в балансировке энергосистемы;
- технические стандарты для зарядных станций и электрооборудования.

3. *Внедрение пилотных проектов.* Перед масштабным развертыванием технологии целесообразно провести пилотные проекты в нескольких районах города. Это позволит протестировать работу V2G в реальных условиях и выявить потенциальные проблемы.

В качестве пилотных площадок можно выбрать бизнес-центры, жилые комплексы и государственные учреждения, обладающие парком электро автомобилей.

4. *Популяризация электро автомобилей среди населения и бизнеса.* Рост количества электро автомобилей – ключевой фактор успеха V2G. Для этого необходимо:

- Развивать программы льготного кредитования и покупки электромобилей.
- Стимулировать корпоративные автопарки к переходу на электромобили.
- Проводить информационные кампании, разъясняющие преимущества электромобилей.

5. *Интеграция V2G в общую энергетическую стратегию.* Внедрение V2G должно стать частью долгосрочной стратегии развития энергетики, направленной на повышение устойчивости энергосистемы и интеграцию возобновляемых источников энергии.

Альтернатива замены трансформаторов малой мощности. На уровне распределительных сетей (10–0,4 кВ) часто наблюдаются перегрузки трансформаторов в вечерние часы (особенно в жилых зонах). Вместо замены трансформаторов на более мощные можно разгрузить их за счет отдачи энергии от электромобилей (V2G). Параметры и значения даны в табл. 1.

Таблица 1

Параметры и значения

Параметр	Значение
Количество электромобилей	1000 шт.
Мощность одного электромобиля	10 кВт
Общая регулируемая мощность	10
Время отдачи в сеть	$2,5 \frac{\text{ч}}{\text{сутки}}$
Энергия, отдаваемая в сеть	$25 \text{ МВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{день}}$

Рассмотрим гипотетический район с 10 трансформаторными подстанциями:

- существующие трансформаторы: 250 кВА;
- новые: 400 кВА;
- стоимость одного нового трансформатора с монтажом: 120000 BYN.

Однако при внедрении V2G (на 1000 автомобилей в этом районе), можно временно разгрузить сеть на 10 МВт на пике, что эквивалентно увеличению мощности без физической замены трансформаторов. Значения показателей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения показателей

Показатель	V2G (1000 автомобилей)	Замена трансформаторов
Инвестиции	15 000 000 BYN	1 200 000 BYN
Энергия на пике	$25 \text{ МВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{день}}$	До 2,5 пропускной способности
Гибкость	Высокая (по времени и объему)	Отсутствует
Масштабируемость	Да	Нет
Амортизация	10 лет	25 лет
Экономическая отдача	Есть (ежегодная выгода)	Нет (только показатель надежности)

Таким образом, технология Vehicle-to-Grid (V2G) представляет собой перспективное решение для повышения стабильности энергосистемы и эффективного использования ресурсов. Внедрение V2G может способствовать выравниванию нагрузки на сеть, увеличению доли возобновляемых источников энергии и снижению затрат на модернизацию энергосистемы.

Несмотря на существующие вызовы, такие как износ аккумуляторов, необходимость инвестиций в инфраструктуру и отсутствие нормативно-правовой базы, их преодоление возможно при комплексном подходе.

V2G может отложить инвестиции в замену оборудования, предоставляя временную «буферную» мощность.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ МОЩНОСТЕЙ ПЕРЕТОКА В ЭНЕРГОСИСТЕМУ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ОДНИМ ГЕНЕРАТОРОМ

Ф. С. Запутряев

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

Научный руководитель Н. В. Грунтович

Выполнены исследования влияния изменения длины ЛЭП и $\cos(\varphi_c)$ на запас статической мощности системы электроснабжения. Дана оценка изменения запаса статической мощности в процентах при изменении структуры мощностей перетока в энергосистему.

Ключевые слова: запас статической мощности, ЛЭП, характеристика мощности генератора, структура мощности перетока в энергосистему.

Для электрической системы, приведенной на рис. 1, с генератором, не оснащенным устройством АРВ, требуется:

- определить предел передаваемой мощности;
- определить коэффициенты запаса по мощности и углу;
- построить угловую характеристику мощности;

Расчеты выполнить при приближенном приведении электрических сопротивлений схемы в относительных единицах.

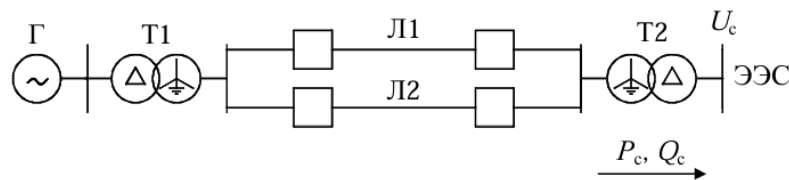


Рис. 1. Расчетная схема электрической системы

Исходные данные даны на рис. 2.

Генератор		Трансформатор 1		ЛЭП		Трансформатор 2		Передаваемая мощность	
$P_{\text{г}}, \text{МВт}$	160	$S_{\text{т1}}, \text{МВА}$	200	$x_0, \text{Ом/км}$	0,4	$S_{\text{т2}}, \text{МВА}$	240	$P_{\text{с}}, \text{МВт}$	95
$\cos\varphi$	0,85	$U_{\text{н1}}, \text{кВ}$	120	$l, \text{км}$	380	$U_{\text{н2}}, \text{кВ}$	38,5	$Q_{\text{с}}, \text{МВАр}$	117,1
$U_{\text{н}}, \text{кВ}$	10,5	$U_{\text{с}}, \%$	7	$U_{\text{нлп}}$	115	$U_{\text{с}}, \%$	10		
$x_{\text{д}}, \text{о.е.}$	2,1								

Рис. 2. Исходные данные 1