



## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ V2G ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ СУТОЧНОГО ГРАФИКА НАГРУЗКИ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.А. Огороков, студент,  
D.K2@mail.ru

А.Ю. Никишин, канд. техн. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

В случае перехода энергосистемы Калининградской области в изолированный режим поиск средства решения проблемы неравномерности суточных нагрузок является актуальной задачей. В данной статье будет рассмотрена возможность использования технологии V2G (Vehicle-to-grid) для выравнивания графиков нагрузки.

*электромобили, графики нагрузки, пики нагрузки, регулирование пиков, Nissan, Enel, Vehicle-to-grid*

В настоящее время существует большая вероятность перехода энергосистемы Калининградской области в изолированный режим, что связано с выходом Литвы из энергосистемы БРЭЛЛ (Белоруссия, Россия, Эстония, Литва и Латвия). В связи с данной проблемой был разработан документ, в котором:

- указывается на необходимость строительства четырех новых станций в Калининградской области;

- предполагается увеличение спроса на электроэнергию в Калининградской области не менее чем на 5,1% по сравнению с 2014 годом, что соответствует 4,6 млрд. кВт·ч [1,2].

Одной из крупных проблем является неравномерная нагрузка на энергосистему в течение дня. Суточные графики показывают изменение нагрузок в течение суток (на рис. 1 представлен предполагаемый график суточной зимней и летней нагрузки Калининградской области в 2020 году). Для уменьшения неравномерности суточных нагрузок было предложено использование электромобилей в качестве накопителей энергии, по принципу работы ГАЭС [3]. Данная идея получила название V2G (Vehicle-to-grid). V2G – концепция двустороннего использования электромобилей и гибридов, подразумевающая подключение машины в общую энергосеть для подзарядки автомобиля и отдачи лишней электроэнергии обратно [4], позволяет:

- продавать электроэнергию энергетикам в часы, когда машина не используется, и заряжать ее в часы, когда электроэнергия дешевле;

- использовать электромобили в качестве источника бесперебойного питания.

Цель работы – оценить возможность реализации системы V2G в Калининградской области для сглаживания графиков нагрузки при помощи электромобилей.

### ***Примеры применения технологии V2G***

10 мая 2016 года в Париже на XXI Международной конференции по климату (COP21) был подписан контракт между Nissan и Enel о создании крупнейшей сети Vehicle-to-grid в мире. Данная сеть будет реализована на территории Великобритании при помощи установки и подключения 100 модулей V2G к национальной электросети. Если все 18000 электромобилей Nissan, находящиеся в настоящее время в Великобритании, объединить в энергетическую сеть, то они будут производить энергию, эквивалентную той, что вырабатывается на электростанции мощностью 180 МВт.

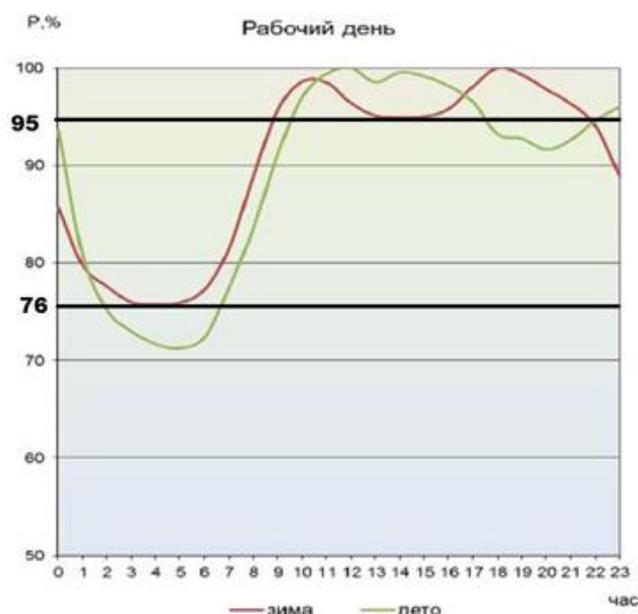


Рисунок 1 – Распределение нагрузки по частям графика

Если же представить себе такую ситуацию, что все автомобили, движущиеся по дорогам Великобритании, стали электромобилями, то с помощью технологии V2G можно было бы получить вероятную мощность до 370 ГВт. Этой энергии хватило бы для энергообеспечения одновременно трех таких стран, как Великобритания, Германия и Франция [5].

#### *Анализ окупаемости электромобиля при использовании данной технологии*

В настоящее время в Калининградской области находится всего один электромобиль, принадлежащий АО «Янтарьэнерго», Мицубиси i-MiEV. Несмотря на данный факт, АО «Янтарьэнерго» уже планирует строительство зарядных станций в Калининградской области [6] для популяризации электротранспорта. В связи с этим рассмотрим возможности внедрения технологии V2G в Калининградской области. Для анализа эффективности технологии V2G, схожего с приведенным для британского варианта, берем такой же автомобиль, а именно Nissan LEAF (данные см. в табл. 1), количество автомобилей в Калининградской области принимается равным 400 тыс. [7].

Таблица 1– Технические данные автомобиля Nissan LEAF

Название автомобиля	Емкость батареи, кВт·ч	Время зарядки, ч		Цена, тыс. руб.
		220 V 30 A	480 V 120 A	
Nissan LEAF	24	8	0,5	700

Рассчитаем необходимое количество оставшегося заряда в электромобиле для поездки на определенную территорию (табл. 2).

Таблица 2 – Зависимость километража от заряда

Заряд	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Километраж	6,7	13,3	20	26,7	33,4	40	46,7	53,4	60	66,7	73,4	80	86,7

Диаметр Калининграда составляет примерно 14 км. При использовании электромобиля в качестве городского автомобиля, при работе и проживании в Калининграде, максимально необходимый запас хода составляет порядка 30 км, это примерно 5 кВт·ч (по табл. 2), что позволяет направить оставшуюся часть энергии в сеть.

Определим необходимую отдаваемую мощность электромобиля в сеть, для того чтобы он начал окупаться. Для этого рассмотрим тарифы на электроэнергию в Калининградской области. При анализе будут использованы тарифы Янтарьэнергосбыта, дифференцированные по двум и трем зонам суток (тарифы приведены в табл. 3 и 4 соответственно).

Таблица 3 – Тариф, дифференцированный по двум зонам

Зона	Тарифы на электроэнергию (руб. /кВт·ч)
Дневная	4.20
Ночная	2.92

Таблица 4 – Тариф, дифференцированный по трем зонам

Зона	Тарифы на электроэнергию (руб. /кВт·ч)
Пиковая	4.75
Дневная	3.65
Ночная	2.92

Примем допущение, что электромобиль отдает электроэнергию только в дневной/пиковой зоне, а заряжается в ночной, заряд аккумулятора происходит с 0 до 100%. Рассчитаем необходимый минимум отдаваемой мощности, для того чтобы электромобиль стал окупаться. Результаты расчета при данных допущениях представлены на рис. 2.

Как видно из графиков, точка окупаемости (момент, когда электромобиль начинает приносить прибыль) наступает быстрее при тарифе, дифференцированном по трем зонам, и отдаче в сеть порядка 14,8 кВт·ч, в то время как при тарифе, дифференцированном по двум зонам, она наступает при отдаче 16,5 кВт·ч. Принимая во внимание, что автомобилю нужно всего 5 кВт·ч для движения, с учетом проживания и работы в городе, выходит, что в любом случае электромобиль начинает окупаться при использовании данной технологии, а это может привести к популяризации данного вида транспорта.

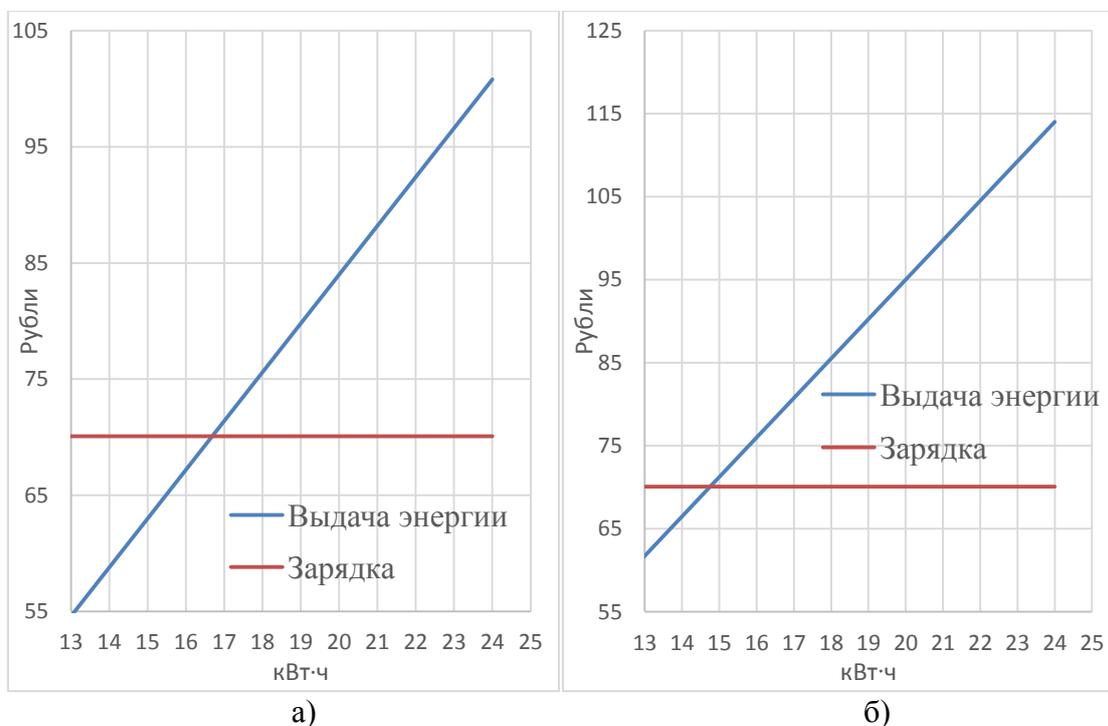


Рисунок 2 – Результаты расчета для тарифа, дифференцированного по двум зонам:  
а – срок окупаемости при тарифе, дифференцированном по двум зонам;  
б – срок окупаемости при тарифе, дифференцированном по трем зонам

## Влияние технологии V2G на графики нагрузки в Калининградской области

Определим необходимое количество электромобилей для выравнивания графика нагрузки. Возьмём график зимний нагрузки, так как она в этом случае будет максимальной. График нагрузки представлен на рис. 3.

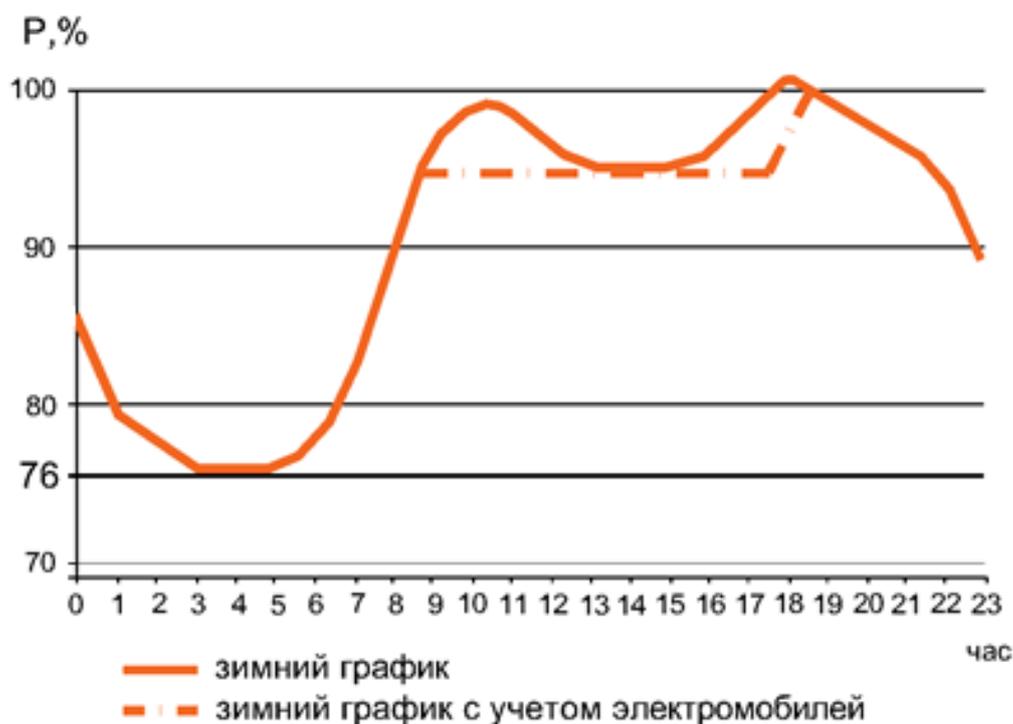


Рисунок 3 – Предполагаемые графики нагрузки с участием электромобилей и без них

Предполагаемая суммарная мощность, отдаваемая электромобилями, согласно графику составляет порядка 698400 МВт·ч. В случае отдачи каждым электромобилем 18 кВт·ч потребуется 38,8 тыс. электромобилей, что составляет 9,7 % от количества всех электромобилей Калининградской области, прогнозируемого на 2017 год. Появление пика с 18 до 19 ч связано с постепенным выходом электромобилей из участия в работе энергосистемы в связи с использованием их в качестве средства передвижения (конец рабочего дня).

### Заключение

Подведем итоги проведенного анализа:

- 1) электромобиль является экологически чистым средством передвижения;
- 2) использование технологии V2G позволит популяризировать электротранспорт, что связано с возможностью зарабатывать на нем деньги за счет продажи электроэнергии;
- 3) технология V2G дает возможность выровнять график суточных нагрузок потребителей;
- 4) согласно предварительным расчетам технология V2G при достаточном количестве электромобилей, подключенных к сети, позволит выровнять график суточных электрических нагрузок Калининградской области.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение губернатора Калининградской области «Об утверждении схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Калининградской области на 2016–2020 годы» / под ред. Н.Н. Цуканова. – Калининград, 2015. – 244 с.

2. Белей, В.Ф. Электроэнергетика Калининградской области и стран Балтии: анализ вариантов развития / В.Ф. Белей // Электрика.– 2009. – № 12.– С. 3–7.
3. Возобновляемые источники энергии: справочник модуля / под ред. В.Ф. Белея [и др.]. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 257 с.
4. Vehicle-to-grid [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-grid> (дата обращения: 18.05.2016)
5. Владельцам электромобилей разрешат продавать электроэнергию обратно в сеть [Электронный ресурс] // AutoGeek URL: <http://autogeek.com.ua/vladeltsam-elektromobiley-razreshat-prodavat-elektroenergiyu-obratno-v-set/> (дата обращения: 18.05.2016)
6. Электротранспорт [Электронный ресурс] // Янтарьэнерго URL: <http://www.yantarenergo.ru/klientam/ev.> (дата обращения: 18.05.2016)
7. Мэрия: По прогнозу к 2017 году количество автомобилей в Калининграде вырастет на 40% [Электронный ресурс] // Калининград.ru URL: <http://kgd.ru/news/transport/item/45480-mjeriya-po-prognozu-k-2017-godu-kolichestvo-avtomobilej-v-kaliningrade-vyrastet-na-40> (дата обращения: 18.05.2016)

## PROSPECTS FOR THE USE OF THE V2G SYSTEM FOR LEVELING THE DAILY LOAD CURVE IN THE KALININGRAD REGION

D.A. Okorokov, student, Kaliningrad State Technical University  
D.K2@mail.ru

A.Yu. Nikishin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Kaliningrad State Technical University

In the case of the transition of the Kaliningrad region in sandbox mode, search the means of solving the problem of uneven daily loads is an important task. In this article we will consider the possibility of using technology V2G (Vehicle-to-grid), for leveling the load curves of the Kaliningrad region.

*electric vehicles, load curve, load peaks, regulation peaks, Nissan, Enel, Vehicle-to-grid*