



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ "АВТОМОБИЛЬ-ЭЛЕКТРОСЕТЬ" (V2G)

Воробьев С. А., Разумов П. А., Трофимов Е. С.

ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет", Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4), e-mail: wolftier@mail.ru

Система «автомобиль-электросеть» (V2G) относится к технологиям связи, посредством которых автомобиль взаимодействует с окружающей средой и объектами через сеть или напрямую. В статье рассмотрены результаты имитационного моделирования подхода V2G к экономии электроэнергии. Показано, что при повышении стоимости сетевого электричества проявляется ожидаемая положительная корреляция с использованием V2G в диапазоне 50% – 100%.

Ключевые слова: Электроэнергия, аккумуляторная батарея, имитационная модель, корреляция, переменные расходы.

RESEARCH OF THE "CAR-ELECTRIC GRID" SYSTEM (V2G)

Vorobyev S.A., Razumov P.A., Trofimov E.S.

FSBEI of HE "St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering", St. Petersburg, Russia (190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya St., 4), e-mail: wolftier@mail.ru

The car-electric grid (V2G) system refers to communication technologies through which a car interacts with the environment and objects through a network or directly. The article discusses the results of simulation modeling of the V2G approach to energy saving. It is shown that with an increase in the cost of network electricity, the expected positive correlation with the use of V2G in the range of 50% – 100% is manifested.

Keywords: Electric power, battery, simulation model, correlation, variable costs.

Стремление к энергетической независимости и растущие экологические проблемы являются ключевыми факторами растущей популярности аккумуляторных автомобилей (АА) – электрических и подключаемых гибридных. Источником энергии для АА являются аккумуляторы, которые обеспечивают возможность ее хранения, которую можно эффективно пополнять, когда транспортное средство (ТС) подключено к электросети. Когда такая машина подключается к сети, она отправляет беспроводное сообщение серверу, и, когда местной электрической компании нужно больше электричества, она забирает ее из этого электромобиля. Концепция использования АА в качестве распределенного энергоресурса – нагрузки и ресурса – известна как технология «автомобиль-электросеть» (vehicle-to-grid или V2G) [1-3].

Подход V2G, а именно система "автомобиль-электросеть", позволяющая подключать машины в общую энергосеть для подзарядки автомобиля или возвращения лишней

электроэнергии обратно, более широко используется в Европе по сравнению с США, принимая во внимание, что сетевое электричество в Европе намного более дорогое. Наличие положительной корреляции между стоимостью сетевого электричества и использованием V2G ведет к увеличению количества электроэнергии, хранящейся с помощью V2G при повышающихся ценах на электричество. В России внедрение технологии подключенных автомобилей (connected car, CC), в которую входит и система V2G, регламентировано дорожной картой Национальной технологической инициативы "Автонет" [4].

В данной статье будет изучен подход V2G путем анализа количества электроэнергии, поставляемой бортовыми аккумуляторными батареями транспортных средств при изменении исходных параметров стоимости сетевого электричества и переменных расходов системы V2G. Исследование проводилось с помощью имитационной модели, разработанной авторами в системе VIKUS как одноузловый вариант имитационной модели URBS [5]. Первым параметром, включенным в данный анализ, является стоимость сетевого электричества, так как она определяет, является ли хранение энергии, генерируемой от непостоянных ВИЭ, экономически целесообразным, либо же менее затратно использование сетевого электричества [6]. Вторая переменная – это связанные с V2G расходы на киловатт-час аккумулируемой энергии. Эти переменные расходы служат для учета той вероятности, что дополнительные циклы зарядки при использовании V2G могут оказывать негативное влияние на срок службы аккумуляторных батарей [7, 8]. Как стоимость сетевого электричества, так и стоимость V2G испытывают существенное влияние неопределенности. По этой причине значения указанных показателей варьируют в широких пределах – от 50% (100% = базовое значение, следовательно, половина базового значения) до 200% (значение, в два раза большее, чем базовое). Расчетная доля потребностей в электроэнергии, обеспечиваемая V2G, показана на Рисунок 1 для 2025 и 2035 гг.

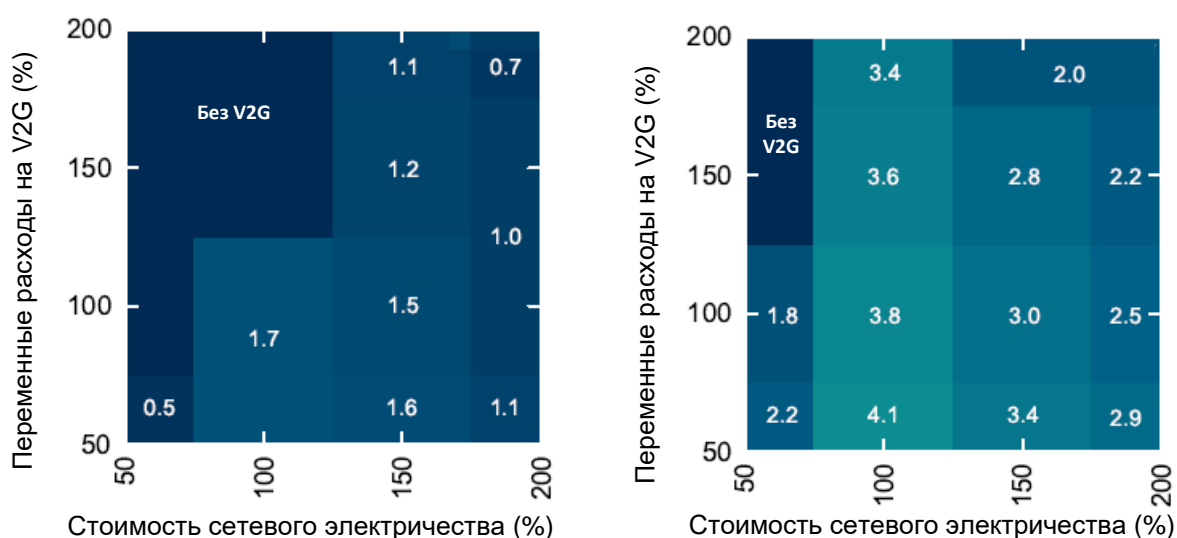


Рисунок 1 – Двусторонний анализ чувствительности (переменные расходы на V2G / стоимость сетевого электричества) доли потребления электроэнергии, покрываемой V2G: а) 2025 г.; б) 2035 г.

Цифрами показана доля потребности в электроэнергии, обеспечиваемая V2G (%).

Для рассмотренных случаев и временных рамок отмечается обратная корреляция между переменными расходами на V2G и масштабом использования V2G. Анализ чувствительности показал отрицательную корреляцию между масштабами использования V2G и переменными расходами, связанными с V2G. Чем более дорогостоящим становится подход V2G, тем меньше он применяется. Аналогично можно ожидать наличия положительной взаимосвязи между повышением стоимости сетевого электричества и использованием V2G.

Эти наблюдения являются результатом конкуренции между двумя технологиями хранения электроэнергии – V2G и стационарными аккумуляторными батареями.

На основании результатов, можно сделать заключение, что вложение средств в стационарные аккумуляторные батареи не является экономически оправданным, когда стоимость сетевого электричества имеет базовое значение. Соответственно, в этих условиях V2G предоставляет возможность хранения электроэнергии, вырабатываемой непостоянными возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), пока стоимость V2G (с поправкой на потери энергии) ниже стоимости сетевого электричества. В условиях повышающейся стоимости электроэнергии вложения в стационарные аккумуляторные батареи нивелируются экономией, достигаемой в случае аккумуляции большего объема электроэнергии от ВИЭ с целью снижения потребления сетевого электричества. Принимая во внимание тот факт, что основной целью стационарных аккумуляторных батарей является снижение доли электроэнергии, вырабатываемой от ВИЭ, весь износ, связанный с эксплуатацией этого актива в течение срока его службы, считается составляющей капиталовложений. С учетом этого после развертывания аккумуляторных батарей они используются до задействования V2G для предотвращения возникновения переменных затрат, связанных с V2G. Формируемый таким образом порядок ранжирования еще более важен, если учесть, что стационарные аккумуляторные батареи более эффективны, чем V2G.

Выводы: при повышении стоимости сетевого электричества проявляется ожидаемая положительная корреляция с использованием V2G в диапазоне 50% – 100%. Дальнейшее повышение стоимости сетевого электричества до 150% и 200% ведет к возникновению положительной корреляции с использованием стационарных аккумуляторных батарей, что ведет к уменьшению использования V2G. В большинстве сценариев V2G несет для явную выгоду. Это объясняется снижением переменных расходов и доступностью большего количества АА с аккумуляторными батареями большей емкости, а соответственно и ростом емкости V2G.

Список литературы

1. İnci M., Savrun M. M., Çelik Ö. Integrating electric vehicles as virtual power plants: A comprehensive review on vehicle-to-grid (V2G) concepts, interface topologies, marketing and future prospects // *Journal of Energy Storage*. – 2022. – Т. 55. – С. 105579.
2. Khan M. D. S. A. et al. Technical investigation on V2G, S2V, and V2I for next generation smart city planning // *Journal of Electronic Science and Technology*. – 2019. – Т. 17. – № 4. – С. 100010.
3. Калашников В. И., Чепига А. А. Анализ концепции vehicle-to-grid // *Вестник Донецкого национального технического университета*. – 2019. – № 2. – С. 89-94.

4. "План мероприятий ("дорожная карта") Национальной технологической инициативы "Автонет" (приложение N 2 к протоколу заседания президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России от 24.04.2018 N 1) // КонсультантПлюс URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_309650/06c0c45bdeeb4748100b5811a8c2c4f96801769/ (дата обращения: 05.04.2023).
5. Dorvner J., Hamacher T. URBS – a model of linear optimization of distributed energy systems. // Technical University of Munich – Institute of Renewable and Sustainable Energy Systems. URL: <https://github.com/tum-ens/urbs> (дата обращения: 25.03.2023)
6. Тачмухаммедов Г. М., Тачмухаммедова Б. Б. Экономическая эффективность рационального использования электроэнергии // Традиции и инновации в системе образования. – 2019. – С. 129-134.
7. Ерунов А. С. Срок службы аккумуляторной батареи автомобиля и ее неисправности // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 23. – С. 663-665.
8. Hu X. et al. Battery lifetime prognostics // Joule. – 2020. – Т. 4. – № 2. – С. 310-346.

References

1. Inchi M., Savrun M. M., Chelik O. Integration of electric vehicles as virtual power plants: a comprehensive review of vehicle-to-grid (V2G) concepts, interface topology, marketing and prospects for the future // Journal of Energy Storage. – 2022. – Vol. 55. – pp. 105579.
 2. Khan M. D. S. A. et al . Technical research of V2G, S2V and V2I for intelligent urban planning of the next generation // Journal of Electronic Science and Technology. – 2019. – Vol. 17. – No. 4. – pp. 100010.
 3. In Kalashnikov. I., And Chepiga. A. Car-for-grid Concept analysis // Bulletin of Donetsk National Technical University. – 2019. – No. 2. – pp. 89-94.
 4. "Action plan ("roadmap") The National Technological Initiative "Autonet" (Appendix number 2 to the minutes of the meeting of the Presidium of the Presidential Council for Economic Modernization and Innovative Development of Russia dated 04/24/2018 N in 1) // ConsultantPlus URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_309650/06c0c45bdeeb4748100b5811a8c2c4f96801769/ (accessed: 05.04.2023).
 5. Dorvner J., Hamacher T. URBS – a model of linear optimization of distributed energy systems. // Technical University of Munich – Institute of Renewable and Sustainable Energy Systems. URL: <https://github.com/tum-ens/urbs> (accessed: 03/25/2023)
 6. Tachmukammedov G. M., Tachmukammedova B. B. Economic efficiency of rational use of electricity // Traditions and innovations in the education system. – 2019. – pp. 129-134.
 7. Yerunov A. S. The service life of the car battery and its malfunctions // Innovations. The science. Education. – 2020. – No. 23. – pp. 663-665.
 8. Hu H. et al. Battery life prediction // Joule. – 2020. – Vol. 4. – No. 2. – pp. 310-346.
-