



Столыпинский
вестник

Научная статья

Original article

УДК 62-835

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАРЯДНЫХ
СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ**
ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING CHARGING STATIONS FOR
ELECTRIC VEHICLES

Вахрушев Матвей Александрович, Студент кафедры «Автомобили и технологические машины», ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» 614990, Россия, Пермь, Комсомольский пр., 29

Vakhrushev Matvey Alexandrovich, Student of the department "Cars and technological machines", Perm National Research Polytechnic University, 29 Komsomolsky Ave., Perm, 614990, Russia

Аннотация. В статье рассмотрены особенности зарядки электромобилей на медленных и быстрых зарядных станциях, также описаны протоколы работы электрических зарядных станций. Рассмотрены национальные и международные стандарты, описывающие протоколы коммуникации контроллеров зарядной станции и электромобиля. Даны рекомендации по разработке интеллектуальной системы удаленного мониторинга и взаимодействия электромобилей с зарядной

инфраструктурой, которая позволит осуществлять более безопасную зарядку электромобиля. Сделаны выводы о целесообразности использования быстрых и медленных зарядных станциях в условиях мегаполиса.

Annotation. The article discusses the features of charging electric vehicles at slow and fast charging stations, also describes the protocols of electric charging stations. National and international standards describing communication protocols of charging station and electric vehicle controllers are considered. Recommendations are given on the development of an intelligent system for remote monitoring and interaction of electric vehicles with the charging infrastructure, which will allow for safer charging of an electric vehicle. Conclusions are drawn about the expediency of using fast and slow charging stations in a megalopolis

Ключевые слова: протоколы зарядки электромобилей, эффективность использования зарядных станций в условиях мегаполиса.

Keywords: protocols for charging electric vehicles, efficiency of using charging stations in a megalopolis.

Электромобили неизбежно проникают в жизнь общества благодаря их эффективности и экономичности. Все больше автовладельцев в мире отдают предпочтение электромобилям (Electric Vehicle - EV) вместо традиционных транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания. При этом, в последние годы значительно увеличивается процент «чистых» электромобилей, по сравнению с гибридными транспортными средствами.

Принцип действия электромобиля заключается в том, что вместо двигателя внутреннего сгорания используется один или несколько электромоторов. Обычный автомобиль приходится заправлять на АЗС бензином, газовым или дизельным топливом, а EV-транспортные средства требуют зарядки аккумулятора электричеством [1]. Электродвигатель электромобиля использует постоянный ток. Соответственно, постоянный ток аккумулируется и в высоковольтных батареях электромобиля. При помощи

внутреннего зарядного устройства может быть преобразован переменный ток общей электрической сети в постоянный ток батареи электромобиля. Но данный способ генерации постоянного тока ограничен пропускной способностью. Электрическая зарядная станция (ЭЗС) исключает вероятность возникновения аварийных ситуаций, ограничивая электромобиль той порцией электричества, которую он способен переработать. Другой принцип действия используется на «быстрых» зарядных станциях, в которых исключено промежуточное звено в виде преобразующего бортового зарядного устройства, тем самым электромобиль заряжается постоянным током. Однако, при быстрой зарядке увеличивается деградация высоковольтной батареи электромобиля поскольку в процессе заряда происходит значительный ее нагрев или перегрев, который приводит к снижению емкости.

На сегодняшний день существует 4 основных протокола работы ЭЗС. При этом 3 из них работают на переменном токе, максимальная мощность которых составляет 44 кВт. Протокол Mode 4 использует постоянный ток, в следствии чего, мощность составляет до 150 кВт и выше. Типы зарядных станций и протоколы передачи данных представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Типы зарядных станций и протоколы передачи данных

Протокол работы ЭЗС	Ток	Сила тока, А	Напряжение, В	Мощность, кВт	Типы разъемов
Mode 1	AC	16	220	3.7	Type 1, Type 2
Mode 2	AC	16	220-380	7.4-22	Type 1, Type 2
Mode 3	AC	16-32	220-380	7.4-22	Type 1, Type 2
Mode 4	DC	45-200	до 1000	30-300	GB/T CCS Combo CHAdeMO

Основными типами разъемов для зарядки электромобилей являются: Type 1, Type 2 (AC/переменный ток), CHAdeMO, CCS Combo, GB/T (DC/постоянный ток).

На электромобилях из Японии или США используются в основном Type 1 (максимальная мощность 7,4 кВт, однофазная сеть). Разъемы Type 2 применяются в основном на электромобилях из Европы (максимальная мощность заряда 7,4 или 22 кВт, одно- или трехфазная сеть). CHAdeMO – это базовый разъем для электрических автомобилей из Японии или импортированные из Америки (максимальная мощность заряда до 200 кВт). Разъем GB/T популярен в Китае и предназначен для быстрой зарядки. В России встречается крайне редко. Однако, последние изменения в законодательстве РФ и введение данного разъема как обязательного для субсидируемых ЭСЗ приведет к его значительному распространению на территории страны. CCS Combo распространен на электромобилях европейского рынка. Различают два типа разъемов CCS Combo. Данные разъемы очень схожи с разъемами Type 1 и Type 2. Вариация разъема CCS Combo дает возможность подключения к электрокару кабеля Type 2 для медленной зарядки, так и Combo 2 — для быстрой. Мощность заряда может достигать 350 кВт/ч, ток – до 200 А. У электромобилей Tesla применяется специализированный разъем. Он позволяет подключиться к станции Tesla Supercharger, лишь электромобилей одноименной марки. Разъем нашел свое применение в Европе и США.

В связи с тем, что процесс зарядки электромобиля осуществляется достаточно большими токами, для обеспечения безопасности процесса его необходимо контролировать со стороны зарядной станции и со стороны электромобиля. Эти функции выполняют модуль зарядной станции SECC и контроллер электромобиля EVCC. Задача обоих состоит в согласовании параметров зарядки между зарядной станцией и электромобилем по выделенным сигнальным линиям в зарядных кабелях и разъемах. [3] Принцип работы контроллеров представлен на рисунке 1.

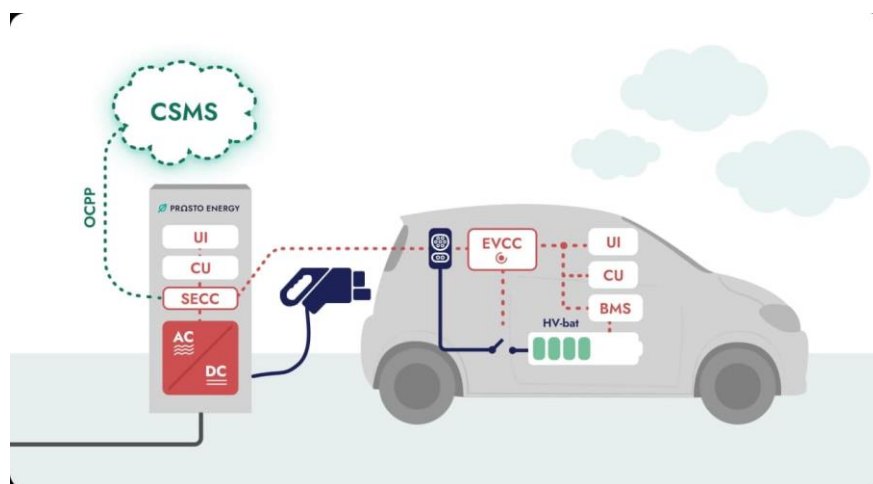


Рисунок 1 - EVCC SECC контроллеры заряда

SECC (Supply Equipment Communication Controller) – это модуль зарядной станции, ответственный за осуществление коммуникации с электромобилем, в задачи которого входит, в общем случае, передача управляющих сигналов о параметрах зарядки электромобилю, получение и интерпретация ответов о статусе зарядки от электромобиля, управление силовой электроникой зарядной станции, измерение потреблённой мощности.

Коммуникация с зарядной станцией осуществляется с помощью устройства **EVCC (Electric Vehicle Communication Controller)**, работающего на стороне электромобиля. от бортовой системы управления батареями (Battery Management System - BMS), осуществляется передача данных о состоянии процесса зарядки электромобиля и управление бортовой силовой электроникой [4].

Существует несколько национальных и международных стандартов, описывающих протоколы коммуникации контроллеров зарядной станции и электромобиля, на которые ориентируются производители:

J1772 - национальный стандарт коммуникации США. 5-контактный стандарт J1772 поддерживает широкий диапазон скоростей зарядки однофазным переменным током (AC) от 1,44 кВт (12 ампер при 120 вольтах) через портативные устройства, подключенные к бытовой розетке NEMA 5-

15, до 19,2 кВт (80 ампер при 240 вольтах) от EVSE (оборудование для питания электромобилей, чаще называемое зарядной станцией). Существует также 7-контактный комбинированный соединитель, который имеет как 5-контактный разъем J1772, так и 2-контактный разъем CCS, который поддерживает быструю зарядку постоянного тока до 350 кВт. [5]

IEC 61851 - стандарт Международной Электротехнической Комиссии для проводной зарядки электромобилей переменным и постоянным током (принят как национальный стандарт России ГОСТ Р МЭК 61851). Настоящий стандарт устанавливает требования к электромагнитной совместимости (далее – ЭМС) электромобилей в любом режиме заряда при подключении к источнику питания. Стандарт применяется к бортовым зарядным устройствам, испытываемым на комплектном транспортном средстве или на уровне компонентов систем зарядки (электронных подсистем). Настоящим стандартом регулируются требования к проводному соединению электромобилей и автомобильных транспортных средств с комбинированными энергоустановками, имеющими возможность внешней зарядки, с источниками питания переменного и постоянного напряжения [6].

ISO 15118 - универсальный стандарт коммуникации для зарядки постоянным и переменным током, включающий в себя перспективные технологии V2G (Vehicle to Grid - двунаправленный обмен энергией между электромобилем и сетью) и Plug and Charge (технология идентификации машины в зарядной сети и авторизации зарядной сессии и платежа от имени её владельца, при подключении авто к зарядной станции). Им определяется связь между электромобилями (EV), включая электромобиль на аккумуляторных источниках питания и гибридный автомобиль с подзарядкой от электросети, и оборудованием электроснабжения электромобиля (EVSE). В стандарте описывается взаимодействие (связь) между контроллером связи автомобиля контроллер связи электромобиля (EVCC). Настоящий стандарт применим не только к зарядке электромобилей, но и к другим транспортным средствам.

На архитектуре Master-Slave основан открытый коммуникационный протокол управления зарядными станциями – MODBUS.

Протокол Modbus представляет собой структуру коммуникацией сообщениями. Протокол реализован с при помощи интерфейсов RS232, RS422 или RS485. Схема протокола представлена на рисунке 2.

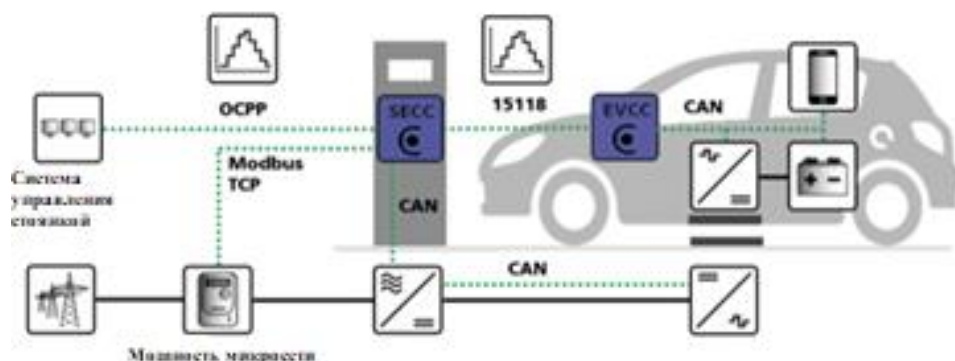


Рисунок – 2 Схема реализации Modbus протокола для ЭЗС.

Особенность протокола EVSE заключается в обработке процесса зарядки для различных типов электромобилей, технология представлена на рисунке 3. При помощи данной технологии происходит определение автомобиля и его технических характеристик автоматически. Это сделано потому что электромобили могут отличаться друг от друга характеристиками зарядки (мощностью зарядки, иметь различное время зарядки и заряжаться токами разной величины).

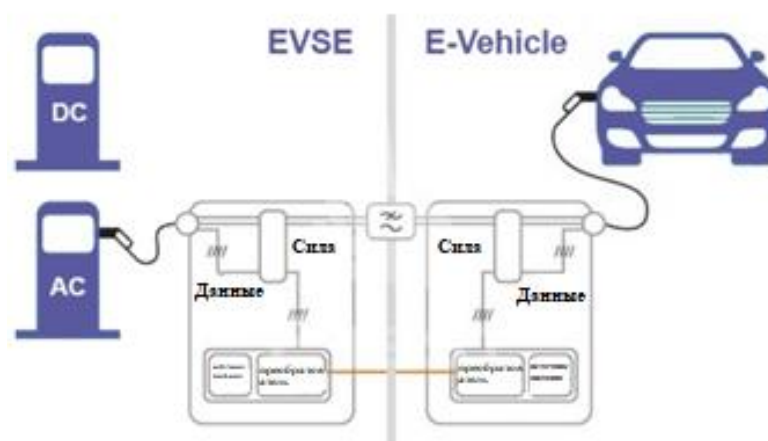


Рисунок 3 – Технология зарядки для различных электромобилей

Динамическая балансировка между портами ЭЗС обеспечивает эффективность использования зарядных комплексов. Определяющими выступают следующие факторы: время стоянки, требуемая мощность заряда, степень заряда батареи электромобиля, доступность ЭЗС и зарядных портов и т.д.

В настоящее время многокритериальность, определяющая эффективность зарядных комплексов не обеспечивается полностью. Для распределения нагрузки между отдельными ЗС на сегодняшний день применяют одностипные алгоритмы:

- OPTIMAX for Smart Charging от ABB (Швейцария) — управление зарядкой по расписанию, ограничение мощности ЗС;
- Virta (Финляндия) — ограничение мощности ЗС для неперевышения суммарной доступной мощности инфраструктурного объекта;
- Circontrol (Испания) — ограничение мощности ЗС для неперевышения суммарной доступной мощности инфраструктурного объекта, задание приоритета оставшейся располагаемой мощности для конкретной ЗС;
- CHARX manage от Phoenix Contact (Германия) — задание приоритета по мощности зарядки для конкретной ЗС;
- EVlink от Schneider Electric (Франция) — пропорциональное распределение мощности между ЗС, ограничение мощности ЗС для неперевышения

суммарной доступной мощности, задание приоритета по мощности зарядки для конкретной ЗС.

Коммуникационный протокол Open Charge Point Protocol (ОСРР, открытый протокол зарядной станции) позволяет осуществлять дистанционный мониторинг и управление современными ЗС для электромобилей. На данный момент ОСРР — это главный отраслевой стандарт взаимодействия для элементов зарядной инфраструктуры как в мире, так и в России. Практическое внедрение протокола Open Charge Point Protocol означает, что любая ЗС, поддерживающая ОСРР, может управляться программным обеспечением, также поддерживающим ОСРР. Начиная с версии ОСРР 1.6, предусмотрена поддержка функционала Smart Charging для реализации возможности интеллектуальных сценариев управления ЗС. Управление потребляемой мощностью или током конкретного порта ЗС, а также суммарным потреблением электроэнергии для ЗС, подключенных к системе, по любым каналам связи с помощью Smart Charging верхнеуровневый программный комплекса. Профиля зарядки, транслируемые системой ЗС осуществляют интеллектуальное управление (задание и изменение ограничений). Расписание (Charging Schedule) профиля, определяет лимиты потребляемой мощности или силы тока для заданных интервалов времени, а также количество задействованных при зарядке фаз (для портов переменного тока) для каждого порта ЗС, подключенной к системе. Тип профиля определяет применение, как ко всем новым зарядным сессиям ЗС (в том числе при работе ЗС в автономном режиме), так и к текущей зарядной сессии [8].

Зарядные станции управляются и контролируются удаленно, а электромобили в момент зарядки остаются фактически бесконтрольными, т.к. существующие системы в том числе и ОСРР не могут качественно и количественно оценить степень безопасности при зарядке со стороны электромобиля. Следовательно, необходима разработка интеллектуальной системы удаленного мониторинга и взаимодействия электромобилей с

зарядной инфраструктурой. Данная система позволит более тщательно следить за процессом зарядки электромобиля и в случаях возникновения внештатных ситуациях немедленно оповещать владельца с помощью удаленного доступа.

В рамках проводимого исследования была поставлена задача определить эффективность использования различных типов зарядных станций в условиях мегаполиса. В Пермском крае на середину 2022 года насчитывается около 1000 электромобилей [9]. Для проведения оценки предположим, что каждый 3 от общего числа будет заезжать на ЭЗС каждый день и в среднем заряжать батарею на 30 кВт. Данные по расчету эффективности зарядных станций приведены в таблице 2. Формула (1) показывает порядок расчет периода окупаемости зарядных станций.

$$N = \frac{P}{X*Y*n}, \quad (1)$$

где N - период окупаемости, дни;

P – стоимость зарядной станции, рублях;

X – среднее количество заряжаемой энергии, кВт;

Y – стоимость продажи 1 кВт энергии, рублях;

n – количество заряжаемых электромобилей в день, шт.

Таблица 2 – период окупаемости зарядных станций различной мощности

Характеристики зарядной станции	Стоимость зарядной станции	Период окупаемости
22 кВт	300 тыс. рублей	470 дней (1 год 3,5 месяца)
50 кВт	1,5 млн. рублей	570 дня (1 год 7 месяцев)
120 кВт	4 млн. рублей	773 дня (2 года 2 месяца)

Производя анализ данных, можно сделать вывод: стоимость 120 кВт зарядной станции превышает более, чем в 13 раз стоимость 22 кВт медленной зарядной станции. Наиболее экономические целесообразной и рациональной зарядной станцией является станция мощностью 50 кВт*час. Данный тип станции позволит заряжаться всем электромобилем, эксплуатируемым в городе Пермь, также данная ЭЗС имеет небольшой срок окупаемости, что позволит наиболее широко и быстро развить инфраструктуру для электромобилей.

На данный момент в мире существует 4 основных протокола работы электрических зарядных станций. Современные потребности требуют сокращения времени заряда электромобилей. Сокращение времени заряда достигается путем увеличения мощности зарядной станции. Для обеспечения безопасности процесса зарядки электромобиля применяют модули зарядной станции SECC и контроллеры EVCC. Применяются стандарты протоколов коммуникаций контроллеров зарядных станций электромобилей.

В исследовании произведен расчет период окупаемости зарядных станций различной мощности. Из которого следует, что наиболее эффективной является ЭЗС мощностью 50 кВт.

Перспективной задачей обеспечения зарядки электромобилей является разработка интеллектуальной системы удаленного мониторинга и взаимодействия электромобилей с зарядной инфраструктурой.

Литература

1. Рязанов Г.М., Доманов В.И. Анализ и перспектива развития зарядных устройств для электромобилей // В сборнике: трудов конференции Материалы VI Национальной научно-практической конференции, в 2 т.. Казань, 2020 С. 20-22.

2. Виды зарядных станций электромобилей. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://hybrids.ru/useful_materials/articles/vid_i_tipy_zaryadnyh_stancij
3. Контроллер зарядки электромобиля. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://prosto.energy/blogs/news/kontroller-zaryada-elektromobilya-on-zhe-secc>
4. Архаткин М.А. Встроенное программное обеспечение контроллера управления устройством быстрой зарядки аккумулятора электромобиля. Дата публикации: 28.05.2021
5. SAE J1772 - Википедия. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.cbdc3e34-62a40ff2-ffc8203-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772
6. ED2_RU_1_570_2019_ГОСТ. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://www.sarm.am/js/editor_innova/assets/202006/ED2_RU_1_570_2019_ГОСТ%20МГС%20МЭК%2061851-21-1%20тема%201.2.056-2.060.19.pdf
7. Все виды зарядок для электромобилей. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.drom.ru/info/misc/79745.html>
8. ОСРР. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://prosto.energy/blogs/news/что-такое-осрр-архитектура-seti-ezs>
9. Количество электромобилей в России. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/infographics/51535/>

References

1. Ryazapov G.M., Domanov V.I. Analysis and prospects of development of chargers for electric vehicles // In the collection: proceedings of the conference Materials of the VI National Scientific and Practical Conference, in 2 vols.. Kazan, 2020 p. 20-22.
2. Types of electric vehicle charging stations. [Electronic resource]: – Access mode: https://hybrids.ru/useful_materials/articles/vid_i_tipy_zaryadnyh_stancij

3. Electric vehicle charging controller. [Electronic resource]: – Access mode: <https://prosto.energy/blogs/news/kontroller-zaryada-elektromobilya-on-zhe-secc>
4. Arhatkin M.A. The built-in software of the controller for controlling the fast charging device of the electric vehicle battery. Date of publication: 28.05.2021
5. SAE J1772 - Wikipedia. [Electronic resource]: – Access mode: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.cbdc3e34-62a40ff2-ffcb8203-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772
6. ED2_RU_1_570_2019_GOST. [Electronic resource]: – Access mode: https://www.sarm.am/js/editor_innova/assets/202006/ED2_RU_1_570_2019_ГОСТ%20МГС%20МЭК%2061851-21-1%20тема%201.2.056-2.060.19.pdf
7. All kinds of electric car chargers. [Electronic resource]: – Access mode: <https://www.drom.ru/info/misc/79745.html>
8. ОСПП. [Electronic resource]: – Access mode: <https://prosto.energy/blogs/news/что-такое-оспп-архитектура-сети-езс>
9. The number of electric vehicles in Russia. [Electronic resource]: – Access mode: <https://www.autostat.ru/infographics/51535/>

© Вахрушев М.А., 2022 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №4/2022

Для цитирования: Вахрушев М.А. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ// Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №4/2022