

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

Кайыртаев Диас Сагинтаевич

Исследование технологии производства зарядных станций ChaDeMo, GB/T, CCS

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07101– Энергетика

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой «Энергетика»
PhD, ассоциированный профессор

_____ Е. А. Сарсенбаев
«__» _____ 20__ г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Исследование технологии производства зарядных станций ChaDeMo, GB/T,
CCS»

6B07101– Энергетика

Выполнил:

Кайыртаев Д. С.

Рецензент
Доктор PhD, ассистент-профессор

_____ Калиев Ж.Ж.
«__» _____ 2024 г.

Научный руководитель
к.т.н., ассоциированный профессор

_____ Утебаев Р. М.
«__» _____ 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

6B07101– Энергетика

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой «Энергетика»

PhD, ассоциированный профессор

_____ Е. А. Сарсенбаев

«__» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Кайыртаеву Диасу Сагинтаевичу

Тема: «Исследование технологии производства зарядных станций ChaDeMo, GB/T, CCS»

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам №548–п от "04"12.2024г.

Срок сдачи законченной работы « 22 » мая 2024г.

Исходные данные к дипломной работе: Научно-исследовательские труды по данным типа зарядных стандартов, анализ существующих стандартов.

Краткое содержание дипломной работы:

а) Общие сведения о стандартах разъемов зарядных станций

б) Техническая часть

в) Структурная схема зарядной станций для электромобилей

Перечень графического материала: представлены 15 слайдов презентации работы

Рекомендуемая литература: из 18 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Общие сведения о стандартах разъемов зарядных станций	05.02.2024	
Техническая часть (расчет энергопотребления)	11.04.2024	
Структурная схема зарядной станции для электромобилей	14.06.2024	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Общие сведения о стандартах разъемов зарядных станций	Р.М. Утебаев, к.т.н., ассоциированный профессор		
Техническая часть (расчет энергопотребления)	Р.М. Утебаев, к.т.н., ассоциированный профессор		
Структурная схема зарядной станций для электромобилей	Р.М. Утебаев, к.т.н., ассоциированный профессор		
Нормоконтролер	А.О. Бердибеков, магистр, сениор лектор		

Научный руководитель _____ Р.М. Утебаев

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Д.С. Кайыртаев

Дата " _____ " _____ 20__ г.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс CHAdeMO, GB/T және CCS типті зарядтау станцияларын олардың Қазақстандағы электромобильді жүктеу инфрақұрылымына әсеріне баса назар аударып, жан-жақты зерттеу болып табылады. Жұмыста елдегі зарядтау станцияларының саны мен қуаты егжей-тегжейлі қарастырылып, баяу және жылдам зарядтаудың артықшылықтарын, электр энергиясын тұтынуға және электр желісіне әсерін бағалайтын есептеулер жүргізілді. Сонымен қатар, SIMATIC контроллеріне негізделген зарядтау станцияларының блок және құрылымдық схемалары ұсынылған. Жұмыстың маңызды құрамдас бөлігі зарядтау инфрақұрылымын енгізу мен қызмет көрсетудің қаржылық аспектілерін түсінуге ықпал ететін экономикалық тиімділікті есептеу болып табылады.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа представляет собой всестороннее исследование зарядных станций типа CHAdeMO, GB/T и CCS с акцентом на их влияние на инфраструктуру электромобильной загрузки в Казахстане. В работе детально рассмотрены количество и мощность зарядных станций в стране, а также проведены расчеты, оценивающие преимущества медленной и быстрой зарядки, влияние на потребление электроэнергии и электрическую сеть. Дополнительно представлены блок- и структурные схемы зарядных станций на основе контроллера SIMATIC. Важным компонентом работы являются расчеты экономической эффективности, что способствует пониманию финансовых аспектов внедрения и обслуживания зарядной инфраструктуры.

ABSTRACT

The thesis is a comprehensive study of charging stations such as CHAdeMO, GB/T and CCS with an emphasis on their impact on the infrastructure of electric vehicle loading in Kazakhstan. The paper considers in detail the number and capacity of charging stations in the country, as well as calculations evaluating the advantages of slow and fast charging, the impact on electricity consumption and the electric grid. Additionally, block and block diagrams of charging stations based on the SIMATIC controller are presented. An important component of the work is the calculation of economic efficiency, which contributes to understanding the financial aspects of the implementation and maintenance of the charging infrastructure.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Типы зарядных станций для электромобилей	8
1.1 Система быстрой зарядки аккумуляторных электромобилей CHAdeMO	11
1.2 Автомобильная зарядная станция GB/T	14
1.2.1 Различия между GB/T 27930 и J1939	19
1.3 Зарядная станция для быстрой зарядки с разъемом CCS	19
1.4 Зарядные станции в Казахстане	23
2 Анализ энергетической эффективности зарядных станций	25
2.1 Расчеты энергопотребления зарядных станций и их влияние на электросеть	25
2.2 Сравнительный анализ скорости зарядки	27
3 Зарядная станция	32
3.1 Проектирование и архитектура зарядных станций	32
3.2 Зарядная станция на основе SIMATIC	34
Заключение	37
Список использованной литературы	38
Перечень принятых терминов, перечень сокращений	39

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире вопрос устойчивого развития и экологической безопасности становится все более актуальным. Одним из ключевых аспектов этой проблематики является переход к альтернативным источникам энергии, особенно в транспортной отрасли. В этом контексте электромобили играют важную роль как чистая и эффективная альтернатива традиционным автомобилям с двигателями внутреннего сгорания.

Одним из ключевых компонентов электромобилей являются аккумуляторы, которые служат источником питания для электрического двигателя. Эффективность и надежность аккумуляторов напрямую влияют на производительность и привлекательность электромобилей для потребителей. В связи с этим исследование типов аккумуляторов и их характеристик играет важную роль в развитии электромобильной технологии.

С точки зрения экологической чистоты и снижения выбросов парниковых газов, электромобили и грузовики часто оказываются более приятными для окружающей среды, чем даже самые эффективные автомобили с двигателями внутреннего сгорания. Эффективность очистки зависит от типа транспортного средства и источника электропитания. При использовании электромобилей с батарейным питанием, заряжаемых от экологически чистых электросетей, выбросы парниковых газов могут быть сравнимы с автомобилями, проезжающими более 100 миль на галлон топлива. Если же зарядка осуществляется с использованием возобновляемых источников энергии, таких как солнечная или ветровая энергия, эксплуатация электромобилей может быть практически свободной от выбросов.

На сегодняшний день все страны стремятся к поэтапному переходу на электрическое транспортное средство и отказу от ископаемого топлива в различных областях. В промышленно развитых странах уже идет отказ от двигателей внутреннего сгорания. Несколько лет назад такой сценарий казался фантастическим, однако сейчас становится очевидным, что этот переход будет осуществляться в течение десятилетия, с 2030 по 2040 год. С учетом планов развития автопроизводителей, можно ожидать появления значительного количества различных моделей электромобилей уже к середине следующего десятилетия. Возможно, к этому времени автомобили с двигателями, работающими на традиционном топливе, начнут исчезать постепенно[1,2].

Массовое внедрение электромобилей приносит позитивные изменения для всех стран, благодаря значительному сокращению загрязнения окружающей среды. Эта инициатива также способствует улучшению качества жизни и здоровья населения.

Исследования по расчёту и анализу зарядных станций для электромобилей были проведены по всему Казахстану, однако для расчета всех зарядных станций по стране была выбрана станция, расположенная в городе Алматы по адресу ул. К. Сатпаева, д. 90/21, в качестве эталона.

1 Типы зарядных станций для электромобилей

Зарядная станция [1-3] - это физический объект с одной или несколькими точками зарядки, использующий общий интерфейс идентификации пользователя. Все физические интерфейсы «человек-машина» расположены на зарядной станции. Некоторые зарядные станции оснащены считывателем RFID, кнопками, дисплеями, светодиодами и т.п. Другие станции – «Подключи и заряжай» (Plug & Charge), без кнопок, дисплея и т.п. В таких случаях транспортное средство идентифицируется автоматически.



Рисунок 1 – Зарядная станция

Понятие «режим» относится к способу зарядки (емкость, связь, безопасность). Различают четыре режима зарядки:

MODE 1. Зарядка в режиме 1 осуществляется с помощью зарядного кабеля (технически называемого «Оборудование питания электромобилей» или EVSE) от розетки 230 вольт к автомобилю. Этот зарядный кабель представляет собой прямое соединение медных проводников. Звучит сложно, но это похоже на то, как подключены все остальные устройства в вашем доме: телевизор, стиральная машина, тостер и т. д. Для полной зарядки аккумулятора при этом типе зарядки требуется больше всего времени (около 40-60 часов).

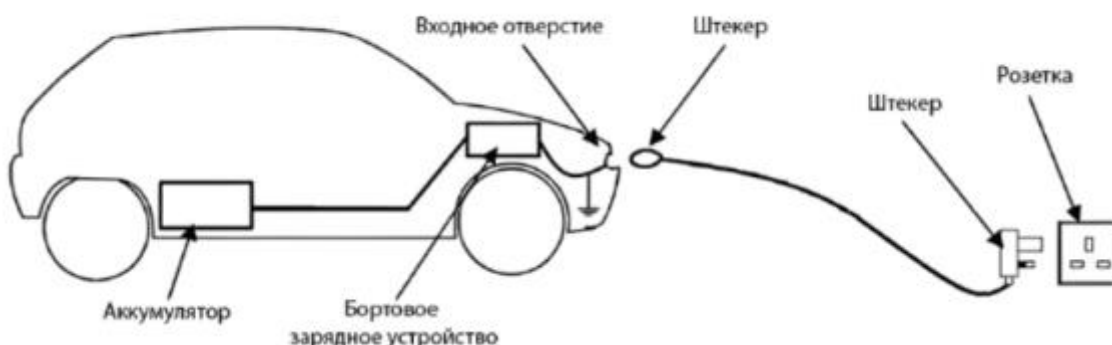


Рисунок 2 – Зарядка электромобиля в режиме 1

MODE 2. Зарядка с фиксированным ограничителем тока. Зарядка происходит через обычную розетку 230 вольт или через домашнюю зарядную станцию. Кабель, поставляемый в комплекте с новым электроавтомобилем, обычно имеет коробку со встроенным ограничителем тока. На практике максимальная мощность зарядки составляет не более 7,4 кВт (1-фазный, 32А) или 22 кВт (3-фазный, 32А).



Рисунок 3 – Зарядка автомобиля в режиме 2

MODE 3. Режим 3 обеспечивает «контролируемую» зарядку, обмен данными происходит между автомобилем и зарядным устройством, и только когда автомобиль и зарядная станция определяют подходящий ток зарядки, на розетку подается напряжение.

Зарядная станция или автомобиль оснащены инвертором, который преобразует переменный ток в постоянный.

Зарядная станция с режимом mode 3 может подавать гораздо больший ток и обеспечивать 1-фазное питание мощностью от 3,6 кВт (230 В/16 А) до 3-фазного мощностью 11 кВт (400 В/16 А), 22 кВт (400 В/32 А), а иногда даже 44 кВт (64 А).

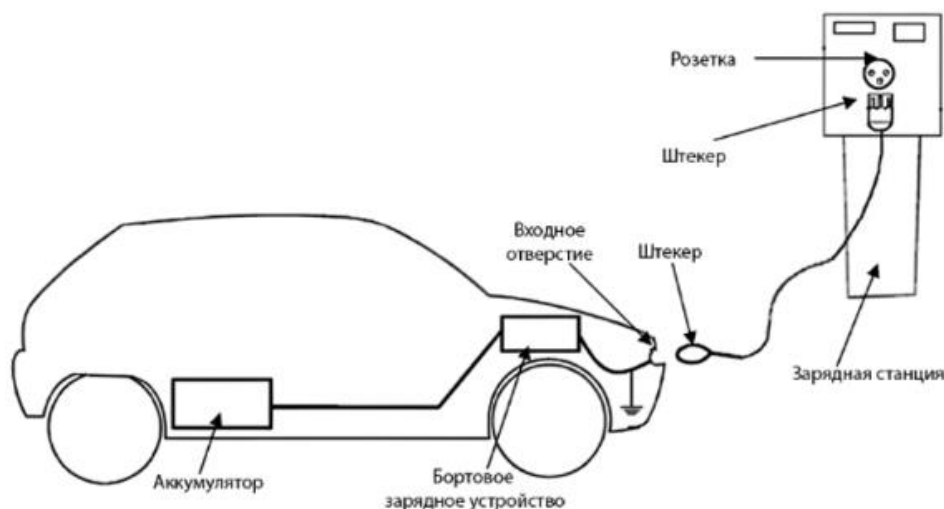


Рисунок 4 – Зарядка автомобиля в режиме 3

MODE 4. Режим 4 включает в себя: зарядку постоянным током. Кабель неразрывно связан с точкой зарядки. Зарядная станция подключается непосредственно к аккумулятору электрокара.

Зарядка в режиме 4 для большинства электрических или подключаемых гибридных автомобилей может быть произведена за полчаса до 80%.

Вместо использования преобразователя в автомобиле, зарядные устройства сами оснащены преобразователем, который напрямую снабжает автомобиль постоянным током.

Мощность поставляемой зарядки варьируется в основном от 50 кВт до 175 кВт.

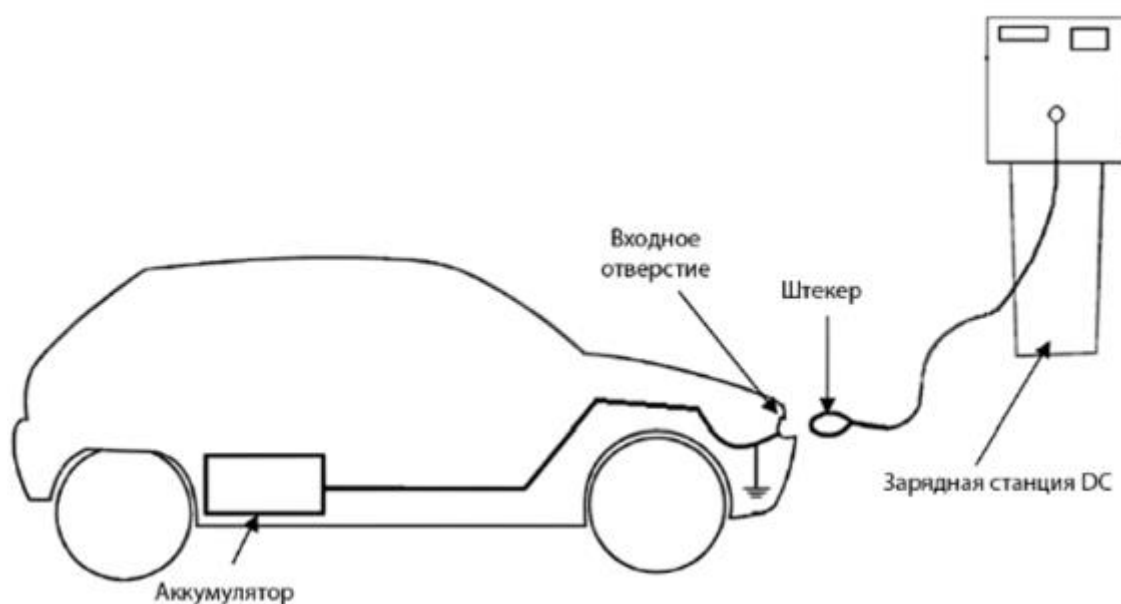










Рисунок 5 – Зарядка электромобиля в режиме 4

В настоящее время быстрая зарядка регулируется тремя основными стандартами: CHAdeMO, CCS и GB/T. Хотя эти стандарты частично соответствуют стандарту IEC 61851 или эквивалентным стандартам, таким как GB/T 18487, они различаются по типам соединительных кабелей, протоколам связи и мерам безопасности. Однако все они соответствуют базовым спецификациям зарядных устройств постоянного тока.

Технические характеристики зарядного устройства постоянного тока изменились по сравнению с первоначальными версиями стандарта и были классифицированы как «Быстрые» и «Сверхбыстрые» в зависимости от возрастающих уровней мощности. Однако эта терминология вызвала путаницу. Разница между CHAdeMO, GB/T и CCS заключается в стандартах разных организаций. CHAdeMO представляет Японскую ассоциацию быстрого зарядного устройства для электромобилей, GB/T Китайскую компанию, а CCS (Комбинированная система зарядки) - Европейскую автомобильную ассоциацию [4].

Таблица 1 – Стандарты штекеров

Ток и название штекера	Регион			
	Япония	Китай	Америка	Европа
Переменный ток				
Название штекера	Type 1-J1772	GB/T	Type 1-J1772	Type 2
Постоянный ток				
Название штекера	CHAdeMO	GB/T	CCS –Type 1	CCS – Type 2

Недавно CHAdeMO и CCS разработали системы зарядки мощностью более 350 кВт и выходным напряжением до 1 кВ, что положило начало процессу стандартизации быстрой зарядки для большегрузных транспортных средств, таких как автобусы и грузовики. Эта разработка может также улучшить время зарядки более легких автомобилей. Теоретически, это может позволить Tesla Model S подзаряжаться от 0% до 80% заряда менее чем за 14 минут. Однако, как упоминалось ранее, фактическое время зарядки будет зависеть от конкретных характеристик аккумулятора и его способности выдерживать высокие зарядные токи, на которые влияют возможности управления температурой аккумуляторного электрооборудования.

1.1 Система быстрой зарядки аккумуляторных электромобилей CHAdeMO

CHAdeMO — это название системы быстрой зарядки аккумуляторов электромобилей. Исходная версия CHAdeMO 1.0 способна предоставлять до 62,5 кВт постоянного тока при напряжении 500 В и токе 125 А через специальный электрический разъем CHAdeMO. Новая пересмотренная спецификация CHAdeMO 2.0 расширяет возможности системы, позволяя использовать постоянный ток мощностью до 400 кВт при напряжении 1000 В и токе 400 А [3-5, 9].

CHAdeMO является одним из множества стандартов быстрой зарядки, разработанных консорциумом автопроизводителей и отраслевых организаций, в который в настоящее время входят более 400 членов и 50 компаний, специализирующихся на зарядных устройствах.

Название CHAdeMO расшифровывается как «Charge de Move», что также является названием самого консорциума. Основной целью консорциума было создание стандарта для быстрой зарядки автомобилей, который могли бы принять все игроки автомобильной промышленности. Кроме CHAdeMO, существуют и другие стандарты быстрой зарядки, такие как CCS (Combined Charging System).

Как упоминалось ранее, CHAdeMO является стандартом быстрой зарядки, который на текущий момент обеспечивает аккумуляторы автомобилей мощностью от 6 до 150 кВт. С развитием технологий аккумуляторов и возможностей их зарядки на более высоких мощностях, ожидается, что CHAdeMO будет улучшать свою пиковую мощность.

CHAdeMO представил стандарт 3.0, который способен обеспечивать мощность до 500 кВт. Простыми словами, это означает, что аккумуляторы с очень большой емкостью можно будет заряжать за относительно короткий промежуток времени.

Поскольку CHAdeMO в основном был разработан японскими отраслевыми группами, этот разъем широко распространен на японских автомобилях, таких как Nissan Leaf, e-NV200, Mitsubishi Outlander Plug-in Hybrid и Toyota Prius Plug-in Hybrid. Однако его можно встретить и на других популярных электромобилях, например, на Kia Soul.

Зарядка Nissan Leaf мощностью 40 кВт/ч через блок CHAdeMO мощностью 50 кВт позволяет зарядить автомобиль за менее чем час. Обычно не рекомендуется заряжать электромобиль таким образом, но если вы делаете остановку на магазине или на автозаправке на короткое время, это будет достаточно, чтобы значительно увеличить запас хода.

Для зарядки по стандарту CHAdeMO используется специальный разъем, изображенный на рисунке ниже. При планировании поездки карты зарядных станций для электромобилей, такие как Zap-Map, PlugShare или OpenChargeMap, помогают определить доступные разъемы, поэтому важно обратить внимание на значок CHAdeMO.

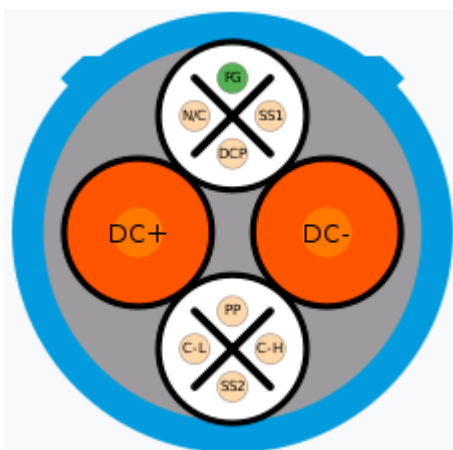


Рисунок 6 – Зарядное устройство типа CHAdeMO

Большинство электромобилей оснащены встроенным зарядным устройством, которое использует полный мостовой выпрямитель для преобразования переменного тока из электрической сети в постоянный ток, необходимый для зарядки аккумуляторной батареи. Однако входная мощность переменного тока обычно ограничена, опираясь на доступную мощность стандартных потребительских розеток. Например, в США и Японии это может быть 240 В, 30 А, в Канаде - 240 В, 40 А, а в Европе и Австралии - 230 В, 15 А или 3ф, 400 В, 32 А.

Хотя существуют зарядные устройства переменного тока с более высокими пределами мощности, такие как SAE J1772-2009, предлагающие опцию на 240 В, 80 А, или VDE-AR-E 2623-2-2, работающие на 3ф, 400 В, 63 А, они редко используются из-за проблем с ценой и тепловыми ограничениями, ограничивающими мощность выпрямителя. В этом контексте, при напряжении около 240 В переменного тока и 75 А, более предпочтительно, чтобы внешняя зарядная станция подавала постоянный ток непосредственно на батарею.

Для обеспечения более быстрой зарядки, специальные зарядные устройства постоянного тока могут быть установлены на стационарных пунктах и подключены к сети с высоким напряжением и сильным током. Этот процесс, известный как быстрая зарядка постоянным током или быстрая зарядка постоянным током, позволяет значительно ускорить процесс зарядки аккумулятора.



FG – Земля; SS1 / SS2 – Сигнал последовательности заряда; N/C – (Не подключен); DCP – Включение зарядки; DC+ / DC- – мощность постоянного тока; PP – Обнаружение близости разъема; C-H / C-L – СУА-шина.

Рисунок 7 – Распиновка CHAdeMO, вид со стороны разъема автомобиля

Станции быстрой зарядки типа CHAdeMO изначально были установлены в значительном количестве компанией TEPSCO в Японии, что потребовало создания дополнительной распределительной сети для обеспечения энергией этих станций.

С течением времени география установки зарядных устройств CHAdeMO значительно расширилась. По данным Ассоциации CHAdeMO на май 2023 года, в 99 странах мира было установлено 57 800 зарядных устройств CHAdeMO. Это включает в себя 9600 зарядных станций в Японии, 31600 в Европе, 9400 в Северной Америке и 7000 в других регионах.

На начало января 2022 года 50 компаний разработали и произвели в общей сложности 260 сертифицированных моделей зарядных устройств CHAdeMO.

1.2 Автомобильная зарядная станция GB/T

Стандарт зарядки GB/T представляет собой набор стандартов GB/T, преимущественно из семейства GB/T 20234, предназначенных для быстрой зарядки электромобилей переменным и постоянным током, используемых в Китае. Последний раз стандарты были пересмотрены и обновлены в 2015 году Управлением по стандартизации Китая. Термин GB/T является сокращением от «guóbìāo/tuījiàn», что переводится как «рекомендуемый/добровольный национальный стандарт» на китайском языке[6-8].

Стандарты зарядки GB/T соответствуют аналогичным стандартам Общества инженеров автомобильной промышленности, Международной электротехнической комиссии и Международной организации по стандартизации, устанавливающим общие физические требования и требования к сигнализации для интерфейсов зарядки электромобилей.

Например:

- GB/T 18487 соответствует стандарту IEC 61851 и содержит общие требования к системам проводящей зарядки.

- GB/T 20234 соответствует стандартам IEC 62196 и SAE J1772 и содержит физические требования к разъемам и интерфейсам зарядки.

- GB/T 27930 соответствует ISO 15118 и SAE J1772 и содержит требования к коммуникациям между автономным зарядным устройством и системой управления аккумуляторами электромобиля.

Эти стандарты были пересмотрены и переизданы 28 декабря 2015 года. Список включает:

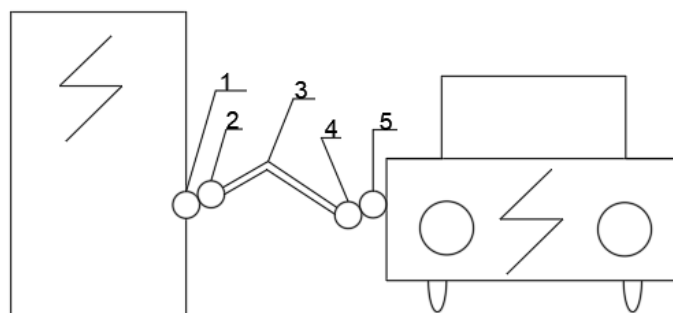
- GB/T 18487.1-2015: Системы подзарядки для электромобилей – Часть 1: Общие требования.

- GB/T 20234.1-2015: Разъемы для подзарядки электромобилей – Часть 1: Общие требования.

- GB/T 20234.2-2015: Разъемы для зарядки электромобилей – Часть 2: Интерфейсы для зарядки переменным током.

- GB/T 20234.3-2015: Разъемы для зарядки электромобилей – Часть 3: Интерфейсы для зарядки постоянным током.

- GB/T 27930-2015: Протокол связи между автономным зарядным устройством и системой управления аккумуляторами электромобиля.



1 – Штепсельный соединитель, 2 – штекер, 3 – кабель, 4 – коннектор, 5 –
впускное отверстие для транспортного средства

Рисунок 8 – Схема и терминология

Общепринятая терминология:

Розетка - это физический интерфейс на зарядной станции

Штекер - это интерфейс на соединительном кабеле, который соединяется с розеткой

Разъем - это интерфейс на противоположном конце соединительного кабеля, который соединяется с входным отверстием автомобиля

Входное отверстие автомобиля - это физический интерфейс на электромобиле

В некоторых случаях соединительный кабель постоянно подсоединяется к зарядной станции, а розетка и вилка не используются.

Режимы зарядки

В GB/T 20234.1 определены три различных режима зарядки.

Таблица 2 – Режимы зарядки GB/T 20234.1

Режим зарядки	Тип соединителя	Номинальное напряжение	Номинальный ток	Максимальная мощность	
2	Переменный ток (20234.2)	250 В Переменный ток	10 А	27.7 кВт	
			16 А		
3		440 В Переменный ток	32 А		
			16 А		
4		Постоянный ток (20234.3)	750 В / 1000 В Постоянный ток		32 А
					63 А
	80 А				
	125 А				
			200 А	250 кВт	
			250 А		

В стандарте переменного тока GB/T 20234.2 используются разъемы, физически совместимые с европейским разъемом типа 2, однако они имеют другую конфигурацию и сигнализацию. В европейской версии стандарта Type

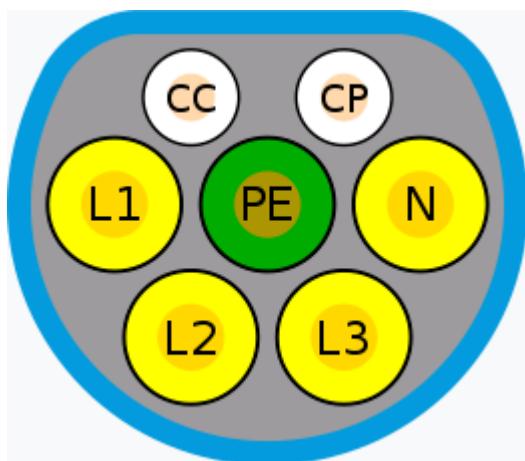
2 (IEC 62196-2 Type 2) используется разъем-розетка и входное отверстие для транспортного средства, в то время как в стандарте GB/T 20234.2 указаны разъем-розетка и входное отверстие для транспортного средства. Оба стандарта используют розетку с гнездом и штекер-штепсель. В GB/T 20234.2 используются сигналы CC/CP (индикаторы подтверждения зарядки и управления), в то время как в стандарте IEC 62196-2, тип 2, используются сигналы PP/CP.

Штекер и концы разъемов имеют форму сплющенного круга с номинальным внешним диаметром 51 миллиметр. Сплющенное сечение уменьшает этот показатель до 44 миллиметров, измеренных сверху вниз.

Стандарт GB/T 20234.2 поддерживает два режима работы[5]: режим 2, который обеспечивает однофазную зарядку от сети переменного тока напряжением 250 В и мощностью до 8 кВт, и режим 3, который обеспечивает однофазную зарядку мощностью до 27,7 киловатт при напряжении 440 В. В режиме 2 питание подается при токе от 10 до 32 А и напряжении 250 вольт. В режиме 3 питание подается при токе от 16 до 63 А и напряжении 440 А. Семиконтактный интерфейс может работать от трехфазного источника переменного тока, однако современные реализации ограничивают подачу питания однофазным питанием. Время зарядки также зависит от бортового зарядного устройства автомобиля, мощность которого обычно составляет менее 10 кВт. Это зарядное устройство преобразует поступающую переменную мощность в постоянный ток[9].



Рисунок 9 – Розетка для зарядной станции переменного тока GB/T и штекер соединительного кабеля (синий). Для обоих концов соединительных кабелей используется штекерный интерфейс



CC - Подтверждение зарядки; CP - Управляющий пилот; PE - Защитное заземление система защитного заземления на полный ток диаметром 6 мм (0,24 дюйма); N – Нейтраль; L1 - Линия 1; L2 - Линия 2; L3 - Линия 3

Рисунок 10 – Распиновка для GB/T 20234.2

Стандарт быстрой зарядки постоянным током GB/T 20234.3 отличается от предыдущего стандарта, используемого для зарядки переменным током. Он предоставляет возможность быстрой зарядки с мощностью до 250 кВт. Ток может варьироваться от 80 до 250 А, а напряжение может быть от 750 до 1000 В. Однако наиболее распространены зарядные устройства с мощностью до 50 кВт, которые обычно поддерживают напряжение не ниже 750 В.



Рисунок 11 – Стандарт зарядной станций GB/T переменным и постоянным током

Разъем для быстрой зарядки постоянным током GB/T 20234.3 отличается от разъема для зарядки переменным током. Он имеет круглую форму, подобную разъему типа 2, используемому для однофазной зарядки от сети переменного тока, но с более крупными размерами. Его номинальный диаметр составляет 65 мм (2,6 дюйма), а высота снижается до 60,8 мм (2,4

дюйма) за счет плоской верхней части. Разъем имеет четыре контакта: два для подтверждения зарядки и два для связи по шине СУА. Кроме того, он может предоставлять дополнительную мощность до 600 Вт при напряжении 30 В и токе 20 А.

По состоянию на декабрь 2019 года приблизительно 40 процентов всех проданных электромобилей с возможностью быстрой зарядки постоянным током использовали разъемы GB/T 20234.3. Это значительно больше, чем доля автомобилей с разъемом Tesla, и это отражает масштаб рынка электромобилей в Китае. Недавно Совет по электроэнергетике Китая и CHAdeMO начали работу над унифицированной системой ChaoJi, способной обеспечивать постоянный ток мощностью до 900 кВт, что заменит стандарты GB/T DC и CHAdeMO, а также будет обратно совместим с разъемами GB/T, CHAdeMO и CCS.

Стандарт GB/T использует сигнализацию по шине СУА для управления процессом зарядки. Протокол GB/T 27930-2015, основанный на сетевом протоколе SAE J1939, отличается от протокола управления по линии электропередачи, используемого в стандарте CCS. Сигналы, передаваемые по шине СУА, управляют процессом зарядки, включая инициирование установления связи, настройку силы тока и напряжения, а также зарядку и приостановку работы.

Передача данных для зарядки определяется в стандарте GB/T 27930-2015 с использованием цифровых сигналов по протоколу шины СУА 2.0В со скоростью 250 Кбит/с. Процесс начинается с подключения контактов S+/S- для связи с зарядкой, а затем контактов A+/A- для подключения вспомогательного питания. После этого EVSE отправляет сигнал подтверждения связи в систему управления аккумулятором, который, в свою очередь, подтверждает подключение. Затем устройства начинают мониторинг изоляции и устанавливают параметры зарядки.

ЛСК отправляет параметры зарядки в EVSE, который сообщает максимальную выходную мощность. После подтверждения соответствия требованиям для зарядки ЛСК отправляет сигнал о готовности к зарядке, и зарядное устройство начинает регулировать выходной ток в соответствии с этими параметрами.

Во время зарядки EVSE и ЛСК продолжают взаимодействовать, обмениваясь информацией о текущем состоянии аккумулятора и регулируя процесс зарядки до момента завершения или прекращения зарядки[4, 5].

Текущая версия стандарта, GB/T 27930-2015, была введена в действие в 2015 году и заменяет предыдущую версию GB/T 27930-2011. Этот стандарт основан на стандарте SAE J1939 и использует локальную сеть контроллеров (ЛСК) для двухточечной связи между зарядным устройством и системой управления аккумуляторами (СУА) в автомобилях. В отличие от других сетей СУА в автомобилях, таких как СУА с силовым агрегатом, здесь не устанавливаются прямые соединения. Скорость передачи данных по умолчанию составляет 250 килобит в секунду (кбит/с), но при плохом качестве

линии связи или возникновении внешних помех скорость может быть снижена до 50 кбит/с. Схема расположения идентификаторов СУА соответствует спецификациям J1939, а GB/T 27930 реализует транспортный протокол для отправки направленных данных из J1939-21 (запрос на отправку / разрешение на отправку) или командный транспорт. Также включены диагностические функции, при этом стандарт определяет шесть диагностических сообщений, пронумерованных от DM1 до DM6.

1.2.1 Различия между GB/T 27930 и J1939

GB/T 27930 отличается от J1939 несколькими способами. Во-первых, он не включает арбитраж адресов, как определено в J1939-81. Это означает, что не указаны группы параметров для адресации, командных адресов и управления именами. Это различие логично, поскольку связь для зарядки осуществляется только через зарядную станцию и систему управления аккумулятором автомобиля (СУА), которые имеют определенные адреса: 86 (56 часов) для зарядного устройства и 244 (F4 часа) для ЛСК. Эти адреса противоречат заранее определенным в J1939. Кроме того, поскольку механизм запроса из J1939-21 предназначен только для диагностики, некоторые группы параметров, такие как ACKN (PGN E800h), Запрос 2 (PGC C900h), передача (PGC CA00h), не включены[9]. Кроме того, в GB/T 27930 используются обозначения от DM1 до DM6, а информация о возникающих проблемах систематизируется в блоки ДКН (Диагностический код неисправности) в соответствии с J1939-73. Однако номера групп функций и параметров определены по-другому, и коды неисправностей начинаются с байта 1 вместо байта 3, что противоречит рекомендациям J1939. Более того, в GB/T 27930 используются сообщения с длиной сообщения меньше 8, что противоречит рекомендациям J1939.

1.3 Зарядная станция для быстрой зарядки с разъемом CCS

Комбинированная система зарядки (CCS) представляет собой отраслевой стандарт для зарядки электромобилей, объединяющий разъемы Combo 1 (CCS1) и Combo 2 (CCS2). Эти разъемы базируются на стандартах IEC 62196 типа 1 и типа 2, но имеют дополнительные контакты для зарядки постоянным током (DC), что обеспечивает мощную и быструю зарядку[8].

Стандарт CCS позволяет достигать мощности до 350 кВт, а в некоторых случаях даже до 500 А [10]. Развертывание зарядных станций CCS мощностью 400 кВт и продемонстрированные станции мощностью 700 кВт отвечают на растущий спрос на более быструю зарядку.

CCS поддерживает зарядку от сети переменного тока с использованием разъемов Type 1 или Type 2, в зависимости от региона. Экосистема CCS

включает в себя зарядные станции, зарядную инфраструктуру, электромобили и различные компоненты для процесса зарядки, такие как системы балансировки нагрузки и авторизации[11].

Множество производителей автомобилей поддерживают CCS, включая такие бренды, как BMW, Daimler, FCA, Jaguar, группа PSA, Honda, Hyundai, Kia, Mazda, MG, Nissan, Polestar, Renault, Rivian, Tesla, Mahindra, Tata Motors и Volkswagen Group, а также Ford и General Motors для своих североамериканских моделей начиная с модели 2024 года выпуска.

Помимо CCS, другие стандарты для мощной зарядки постоянным током включают CHAdeMO (широко используемый в Японии), GB/T (Китай) и североамериканский стандарт зарядки, разработанный Tesla.



Рисунок 12 – Разъем для зарядки постоянного тока ACCS 1 (Combined Charging Standard 1), который используется в Северной Америке. Он является продолжением стандартного разъема для зарядки переменного тока J1772.

Спецификация Комбинированной системы зарядки (CCS) разделена на несколько версий, каждая из которых ориентирована на удовлетворение текущих и будущих потребностей клиентов.

Версия 1.0: Основной акцент делается на функциональности зарядки от сети переменного тока и постоянного тока. Эта версия разработана с учетом текущих потребностей.

Версия 2.0: Ориентирована на ближайшее и среднесрочное будущее. Здесь рассматриваются новые функции и возможности. Производители автомобилей, поддерживающие CCS, были обязаны перейти на CCS 2.0 к 2018 году.

Помимо этого, рассматривается версия 3.0, однако технические характеристики этой версии пока не определены точно. Однако известно, что все основные функции предыдущих версий будут сохранены для обеспечения обратной совместимости.

Некоторые потенциальные дополнительные функции, которые могут быть включены в версию 3.0, включают:

- Обратную передачу питания;
- Индуктивную зарядку;
- Беспроводную связь для зарядки;
- Зарядку по шине с использованием токоприемника типа «пантограф»;
- Подключение к зарядному устройству.

Для обеспечения безопасности и эффективности зарядки используются различные методы коммуникации и аутентификации. Например, базовая сигнализация (БС) использует широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) для выполнения важных функций, таких как индикация правильного подключения разъема и подготовка к зарядке. Кроме того, высокоуровневая связь (ВУС) позволяет передавать более сложную информацию для различных целей, включая зарядку постоянным током и балансировку нагрузки.

Для авторизации зарядки предусмотрены два подхода: «подключи и заряжай», при котором процесс аутентификации автоматический, и «внешний платеж», где пользователь должен идентифицировать себя перед началом зарядки.

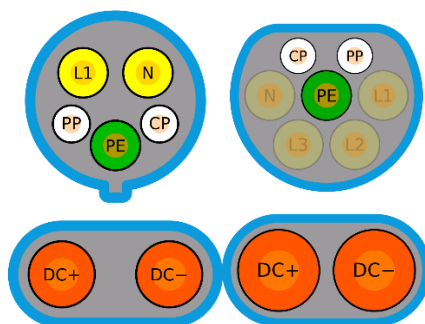


Рисунок 13 – Комбинированные разъемы CCS

Система сцепления транспортного средства состоит из автомобильного соединителя, который крепится к концу гибкого кабеля, и входного отверстия транспортного средства, которое является аналогом соединителя и расположено внутри транспортного средства. Эти муфты CCS (комбинированная система зарядки) основаны на муфте типа 1, которая является североамериканским стандартом, и муфте типа 2, которая является европейским стандартом, как определено в IEC 62196-2. Одной из задач при разработке комбинированной системы зарядки было создание автомобильного разъема, совместимого как с существующими автомобильными разъемами переменного тока, так и с дополнительными разъемами постоянного тока. Как для типа 1, так и для типа 2 это было достигнуто путем расширения входного отверстия за счет включения двух дополнительных контактов постоянного тока под существующими контактами переменного тока и связи [8, 10, 11]. Полученные в результате две новые конфигурации обычно называются Combo 1 и Combo 2. Что касается автомобильного разъема постоянного тока, то между Combo 1 и Combo 2 имеются небольшие различия в реализации. В варианте Combo 1 разъем расширяется на два дополнительных контакта

постоянного тока, при этом секция разъема типа 1 остается неизменной, а контакты переменного тока (L1 и N) неактивны. В режиме Combo 2 контакты переменного тока (L1, L2, L3 и N) полностью отсоединяются от разъема, оставляя только три контакта на секции типа 2 – два контакта связи и контакт заземления. В автомобиле могут оставаться контакты переменного тока для зарядки без использования CCS. В обеих конфигурациях функции связи и заземления выполняются с помощью оригинального разъема типа 1 или типа 2. Разъемы типа 1 и типа 2 определены в стандарте IEC 62196-2, а Combo 1 и Combo 2 описаны в стандарте IEC 62196-3 в конфигурациях EE и FF соответственно.

Таблица 3 – Соединительный стол для муфт и комбинированных муфт

Кабельный разъем		Кабельный разъем	
		Тип 1	Комбинация 1
Впускное отверстие для транспортного средства	Тип 1	Зарядка от сети переменного тока, однофазная	Это не имеет значения
	Комбинация 1		Зарядка постоянным током
Кабельный разъем		Кабельный разъем	
		Тип 1	Комбинация 1
Впускное отверстие для транспортного средства	Тип 1	Зарядка от сети переменного тока, однофазная или трехфазная	Это не имеет значения
	Комбинация 1		Зарядка постоянным током

Стандарт IEC 62196-3:2014, редакция 1, определяет ток для автомобильных соединителей зарядки постоянным током до 200 А. Однако, чтобы соответствовать растущим потребностям будущей инфраструктуры зарядки, более поздние редакции стандарта поддерживают токи до 500 А.

Увеличение тока до таких значений создает технические проблемы, такие как увеличение тепловыделения, требования к более крупному сечению кабеля и возможность перегрева. Для решения этих проблем был разработан стандарт IEC TS 62196-3-1, который устанавливает требования к соединителям постоянного тока большой мощности.

Этот стандарт включает в себя различные технические аспекты, такие как термочувствительность, охлаждение и посеребрение контактов, чтобы обеспечить безопасность и эффективность зарядки при высоких токах.

Кроме того, компания CharIN исследует возможности для разработки соединителей с еще большей мощностью, превышающей 2 МВт, что в особенности важно для зарядки электрических грузовиков и другого крупного транспортного оборудования.

Конкуренция за глобальное внедрение системы комбинированной зарядки (CCS) продолжается, привлекая поддержку как европейских, так и

североамериканских автопроизводителей. В то время как зарядные станции Type 1 и Combo 1 преимущественно распространены в Северной и Центральной Америке, а также в Корее и на Тайване, зарядные станции Type 2 и Combo 2 можно найти в Европе, Южной Америке, Южной Африке, на Аравийском полуострове, в Индии, Сингапуре, Гонконге, Тайване, Океании и Австралии.

В Китае для зарядки постоянным током используется стандарт GB/T 20234-2015, а в Японии - CHAdeMO. Однако в Европейском союзе согласно Директиве 2014/94/EU все мощные зарядные устройства постоянного тока, установленные после 18 ноября 2017 года, должны быть оснащены как минимум двумя разъемами Combo 2.

Несмотря на то что большинство электромобилей, продаваемых в США, производятся компанией Tesla и изначально не поддерживают систему комбинированной зарядки (CCS), новые модели Tesla начиная с 2023 года будут использовать разъемы NACS (Североамериканский стандарт зарядки), что позволяет им поддерживать технологию CCS[11].

Компании Ford Motor Company, General Motors и Rivian также объявили, что будут использовать разъемы NACS на всех своих будущих моделях электромобилей с аккумуляторной батареей в Северной Америке, начиная с 2025 года.

Многие другие производители электромобилей, такие как Aptera, BMW Group, Fisker, Honda, Hyundai Motor Group, Jaguar, Lucid, Mercedes-Benz, Nissan, Polestar, Subaru, Toyota и Volvo, также поддерживают стандарт зарядки NACS. Это создает конкуренцию с CCS, и некоторые эксперты предсказывают, что CCS может устареть, так как NACS предлагает более компактный, легкий и дешевый вариант.

1.4 Зарядные станции в Казахстане

В Казахстане продолжает активно развиваться инфраструктура зарядных станций для электромобилей, отражая стремление к устойчивой и экологически чистой транспортной системе. На сегодняшний день в стране функционирует общее количество в 184 зарядных станций, обеспечивая владельцев различных моделей электромобилей возможность быстрой и удобной зарядки.

Из этого общего числа, 113 зарядных станций поддерживают стандарт GB/T, 21 станция оснащена стандартом CCS, а 8 станций оборудованы по стандарту CHAdeMO. Каждый из этих стандартов предоставляет уникальные возможности для зарядки, и некоторые из зарядных станций в Казахстане могут обеспечивать зарядку несколькими стандартами одновременно, что обеспечивает дополнительное удобство для владельцев электромобилей.

Этот стремительный рост инфраструктуры зарядных станций отражает растущий интерес к электромобилям в Казахстане и поощряет переход на

более экологически чистые способы передвижения. Такой развитие инфраструктуры также способствует улучшению мобильности и удобству владельцев электромобилей по всей стране

2 Анализ энергетической эффективности зарядных станций

2.1 Расчеты энергопотребления зарядных станций и их влияние на электросеть

В Казахстане зарядные станции для электромобилей в основном сосредоточены в его мегаполисах, таких как Астана, Алматы и Шымкент. Эти города являются крупнейшими центрами страны, где спрос на инфраструктуру для электромобилей наиболее высок. Мощность этих станций разнообразна и может варьироваться от 5,5 кВт до 120 кВт. Это обеспечивает широкий диапазон возможностей для владельцев электромобилей, позволяя им быстро и удобно заряжать свои транспортные средства в течение короткого времени. Такая разветвленная сеть зарядных станций способствует продвижению использования электромобилей в Казахстане, делая их более доступными и привлекательными для местных жителей и туристов [12-14].

Расчёт энергопотребления:

Ежедневное энергопотребление одной станции:

$$P_{\text{ежед}} = N_{\text{зар}} \cdot E_{\text{зар}} \quad (1)$$

где $N_{\text{зар}}$ — количество зарядок в день;

$E_{\text{зар}}$ — энергия, потребляемая на одну зарядку.

Скорость зарядки определяется двумя основными факторами: максимальной мощностью зарядной станции и техническими параметрами электромобиля, такими как его энергоэффективность. Например, для зарядки электромобиля с батареей емкостью 60 кВт·ч на домашней зарядной станции мощностью 7,4 кВт в среднем потребуется около 8-10 часов.

Несмотря на значительные различия в привычках вождения в различных регионах, средний показатель по Казахстану составляет около 18700 километров в год или 50,2 км в день. В этом случае зарядная станция для электромобилей будет потреблять приблизительно 50 кВт·ч. В связи с тем, что в Казахстане количество электромобилей пока еще незначительно, среднее число зарядок данного типа транспортных средств составляет около пяти. Это обусловлено как низким уровнем проникновения электромобилей на рынке, так и недостаточным развитием инфраструктуры для их обслуживания. С увеличением числа электромобилей и расширением сети зарядных станций, ожидается рост средней частоты зарядок.

$$P_{\text{ежед}} = 5 \cdot 50 = 250 \text{ кВт}$$

Общее ежедневное энергопотребление всех станций:

$$P_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ежед}} \quad (2)$$

где n – количество зарядных станций

$$P_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{184} 250 = 46\,000 \text{ кВт}$$

Расчёт нагрузки на электросеть:

Пиковая мощность: Рассчитайте суммарную мощность, потребляемую всеми станциями при одновременной работе.

$$P_{\text{пик}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ст}} \quad (3)$$

где $P_{\text{ст}}$ – мощность i -ой зарядной станции

$$\begin{aligned} P_{\text{пик}} = & \sum_{i=1}^3 5,5 + \sum_{i=1}^3 6 + \sum_{i=1}^3 6,5 + \sum_{i=1}^{33} 7 + \sum_{i=1}^{70} 7,4 + \sum_{i=1}^1 16,5 \\ & + \sum_{i=1}^1 18 + \sum_{i=1}^5 20 + \sum_{i=1}^{20} 22 + \sum_{i=1}^1 24 + \sum_{i=1}^3 25 \\ & + \sum_{i=1}^{19} 40 + \sum_{i=1}^1 42 + \sum_{i=1}^5 50 + \sum_{i=1}^8 60 + \sum_{i=1}^1 70 \\ & + \sum_{i=1}^2 90 + \sum_{i=1}^5 120 = 3858,5 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Средняя нагрузка на сеть, учитывая, что станции работают не постоянно.

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{общ}}}{T} \quad (4)$$

где T – общее время, час

$$P_{\text{ср}} = \frac{46000}{24} = 1916,66 \text{ кВт}$$

2.2 Сравнительный анализ скорости зарядки

Зарядная станция для электромобиля служит точкой подключения либо для зарядки автомобиля, либо для замены его аккумулятора. Типичная зарядная станция для электромобилей вырабатывает электроэнергию мощностью до 22 кВт, за исключением устройств с выходной мощностью 3,7 кВт или менее, которые обычно используются в жилых помещениях. Зарядная станция для электромобилей большой мощности предназначена для обеспечения электроэнергией транспортных средств мощностью более 22 кВт. Существует два основных способа зарядки электромобилей: зарядка переменным током и зарядка постоянным током [14-16]. Для зарядки от сети переменного тока, также известной как «медленная зарядка», используется специальное зарядное устройство, встроенное в автомобиль. Электромобили оснащены системами управления аккумуляторами, которые регулируют процесс зарядки. Зарядка постоянным током, или «быстрая зарядка», обеспечивает прямую передачу электроэнергии в автомобиль.

Зарядная мощность вычисляется по следующей формуле:

$$P_{\text{зар}} = n_{\text{ф}} \cdot V \cdot I \quad (5)$$

где $n_{\text{ф}}$ – количество фаз

V – напряжение, В

I – сила тока, А

Мощность в однофазной сети переменного тока можно рассчитать, используя формулу:

$$P_{\text{зар}} = 1 \cdot 230 \cdot 16 = 3,7 \text{ кВт}$$

Мощность в трехфазной сети можно рассчитать:

$$P_{\text{зар}} = 3 \cdot 230 \cdot 32 = 22 \text{ кВт}$$

Время зарядки аккумуляторной батареи электромобиля можно вычислить, разделив её емкость на мощность зарядной станции:

$$t = \frac{C_{\text{АКБ}}}{P_{\text{зар}}} \quad (6)$$

где t – время зарядки, час

$C_{\text{АКБ}}$ – емкость аккумулятора

$P_{зар}$ – зарядная мощность

Для электромобиля Tesla Model S 100D с батареей емкостью 100 кВт·ч и зарядной станции мощностью 11 кВт

$$t = \frac{100}{11} = 9,09 \text{ ч}$$



Рисунок 14 – Время зарядки на примере Renault ZOE (ёмкость аккумулятора 41 кВт·ч)

Международный стандарт IEC 61851-1 относится к оборудованию для зарядки электромобилей с максимальным напряжением питания 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока и максимальным выходным напряжением 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока. В настоящем стандарте классифицируются четыре типа зарядки электромобилей в зависимости от уровней защиты и контроля. В таблице 1 приведены подробные сведения об этих режимах зарядки. В первых трех режимах (1-3) используется переменный ток. Каждый электромобиль оснащен встроенным зарядным устройством, которое принимает переменный ток, который преобразуется в постоянный для зарядки аккумулятора [15, 16].

Таблица 4 - Режимы зарядки электромобилей

Количество	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4
Переменный ток	выше 16 А	выше 32 А	выше 63 А	выше 400 А
Напряжение	220-240 В	220-240 В	220-230 В	выше 600 В
Мощность	2-4 кВт	7-8 кВт	7,2-43 кВт	выше 25 кВт
Тип присоединения	одно -, трехфазное			
Время полной зарядки	10-12 часов (ёмкость батареи 30-35 кВт)	6-8 часов (ёмкость батареи 20-24 кВт)	0,5-4 часа	30 минут

Режим 1 - это базовый уровень зарядки электромобиля, который предполагает прямое подключение с помощью простого удлинителя без каких-либо дополнительных систем связи или управления между зарядной станцией и автомобилем. Этот режим был признан опасным и запрещен во многих странах из-за риска перегрева и возгорания без постоянного контроля пользователя. Режим 1 использует стандартную бытовую электрическую сеть. В соответствии с IEC 61851-1 максимальная мощность зарядки в режиме 1 может составлять до 4 кВт при однофазном подключении или 11 кВт при трехфазном подключении, при максимальном токе 16 А и напряжении 250 В или 480 В соответственно.

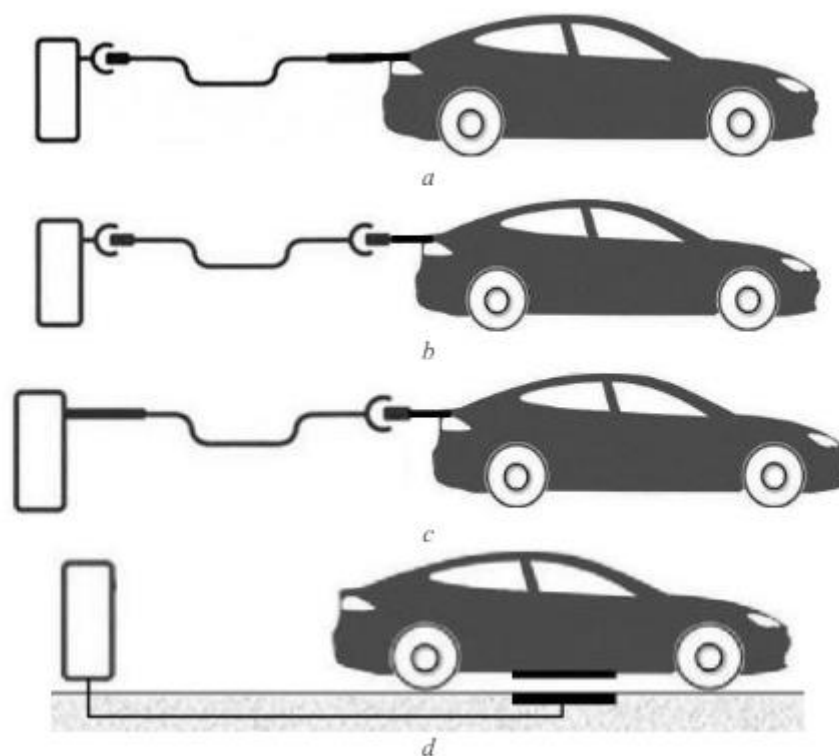
В режиме 2 используются стандартные бытовые или промышленные разъемы, а также специализированный кабель, оснащенный встроенным устройством управления и защиты в соответствии со стандартом IEC 62752. Этот встроенный контроллер контролирует заземление, температуру, процесс зарядки и защищает от перегрева и короткого замыкания. Зарядка в режиме 2, широко применяемая в частных домах, на отдельных парковочных местах и закрытых территориях жилых комплексов, в соответствии со стандартом IEC 61851-1 обеспечивает мощность зарядки до 8 кВт при однофазном подключении (32 А при 250 В) и до 22 кВт при трехфазном подключении (480 В при 32 А).

Режим 3 предполагает использование кабеля со специальными разъемами на обоих концах, который подключается к зарядным станциям оборудования для питания электромобилей. Этот режим широко используется на зарядных станциях мощностью от 3,7 кВт для личного пользования до 44 кВт для быстрой зарядки в коммерческих местах, таких как муниципальные парковки. Зарядка в режиме 3, в соответствии со стандартом IEC 61851-1, поддерживает мощность зарядки до 8 кВт (32 А, 250 В) при однофазном подключении и до 44 кВт (63 А, 480 В) при трехфазном подключении. При зарядке в режиме 4 встроенный преобразователь в электромобиле отключается, и аккумуляторы автомобиля напрямую подключаются к системе зарядки через специальные выходы. Этот режим обеспечивает быструю зарядку за счет преобразования переменного тока в постоянный на зарядной станции. Однако из-за своей высокой стоимости этот режим реже используется в жилых помещениях.

Режим 4 поддерживает мощность зарядки до 80 кВт, что может быть достигнуто при использовании стандарта IEC 61851-1. Режимы 2 и 3 проверяют правильность подключений, источник питания и целостность защитного заземления. Обычно это достигается с помощью таких методов, как широтно-импульсная модуляция (ШИМ), в зависимости от используемого разъема. Кроме того, существуют другие системы классификации, основанные на характеристиках сети. Например, в Соединенных Штатах, согласно стандарту SAE J1772, существует три уровня зарядки: от медленной зарядки с использованием однофазного бытового источника питания до быстрой зарядки постоянным током. Зарядные станции для электромобилей Tesla

Supercharger обладают значительными преимуществами с точки зрения выходной мощности и скорости зарядки. Максимальная мощность всемирной сети Supercharger V2 составляет 120 кВт, что позволяет полностью зарядить даже самый большой автомобильный аккумулятор Tesla Model S (90 кВт·ч) всего за 40 минут. Недавно компания Tesla представила нагнетатель третьего поколения, V3, с максимальной мощностью 250 кВт и повышенным КПД, благодаря новой конструкции, включающей жидкостное охлаждение. Однако для этой модели V3 требуется новый специальный кабель. Подключение электромобилей с помощью кабелей и разъемов может осуществляться тремя различными способами, как определено в стандарте IEC 61851-1. Эти способы различаются в зависимости от типа подключения и используемого оборудования. Один из способов заключается в прямом подключении к источнику переменного тока (вариант А). В этом случае автомобиль подключается непосредственно к источнику переменного тока без каких-либо промежуточных устройств[12]. Другой способ предусматривает отсоединение зарядного кабеля как от автомобиля, так и от зарядной станции (вариант В). Этот метод полезен в ситуациях, когда по какой-либо причине автомобиль необходимо отключить от зарядной инфраструктуры. Третий способ заключается в подключении зарядного кабеля к зарядной станции, в то время как автомобиль остается подключенным (пример С). Это позволяет осуществлять непрерывную зарядку без необходимости частого отключения. Кроме того, существует возможность беспроводной передачи заряда (WPT) с использованием магнитной индукции. Для этого метода не требуются физические кабели, но в настоящее время он широко не используется и требует установки специализированного оборудования как в автомобиле, так и в зарядной инфраструктуре[12-15].

Международный стандарт IEC 61980 распространяется на зарядные станции для электромобилей, использующие беспроводные методы, со стандартным напряжением питания до 1000 вольт переменного тока и 1500 вольт постоянного тока. Стандарт состоит из трех частей: 1. МЭК 61980-1: Общие требования 2. IEC TS 61980-2: Особые требования к связи между транспортными средствами и инфраструктурой 3. IEC TS 61980-3: Особые требования к беспроводным системам передачи энергии с использованием магнитных полей Эти стандарты охватывают различные аспекты зарядки электромобилей, включая характеристики оборудования, условия эксплуатации, безопасность и электромагнитную совместимость. Они также охватывают протоколы связи для обмена данными между транспортными средствами и зарядными станциями[14].



а – Кейс А; б – Кейс В; с – кейс С; d – беспроводная зарядка

Рисунок 15 - Кейсы для зарядки электромобилей:

Стандарт ИЕС TS 61980-3 распространяется на оборудование, предназначенное для беспроводной передачи электроэнергии через магнитное поле (БПЭЭМП) от сетевого источника к электромобилям. Это позволяет подавать электроэнергию в систему накопления возобновляемой энергии автомобиля и/или другие бортовые электрические системы. Передача электроэнергии осуществляется, когда автомобиль стоит на месте. Стандарт также распространяется на оборудование БПЭЭМП, интегрированное с системами накопления энергии, такими как аккумуляторные батареи-буферы. В нем содержатся технические требования, касающиеся характеристик оборудования, условий эксплуатации, требуемых уровней электробезопасности, основных мер безопасности, требований к коммуникациям (если применимо), рекомендаций по размещению для обеспечения эффективной и безопасной передачи электроэнергии и конкретных требований к электромагнитной совместимости для систем БПЭЭМП[16].

3 Зарядная станция

3.1 Проектирование и архитектура зарядных станций

В зависимости от расположения зарядного устройства, они делятся на:

- Бортовые зарядные устройства (On-board Charging -> OBC)

- Внешние зарядные станции

OBC принимает переменный ток от сети и преобразует его в постоянный ток для зарядки аккумулятора, что происходит медленно из-за ограниченной номинальной мощности зарядного устройства.

Для внешних зарядных станций часто используется зарядка постоянным током. Она подает регулируемую мощность постоянного тока непосредственно на аккумуляторы автомобиля.

Так как оборудование для зарядки постоянным током устанавливается в фиксированных местах и имеет меньше ограничений по размеру, его номинальная мощность может достигать нескольких сотен киловатт. Метод быстрой зарядки постоянным током сокращает время зарядки с часов до минут [16].

На рисунке 16 показаны методы зарядки постоянным и переменным током. Быстрая зарядка постоянным током является ключевым инструментом для успешного внедрения электромобилей, поскольку помогает уменьшить или устранить беспокойство о дальности поездок.

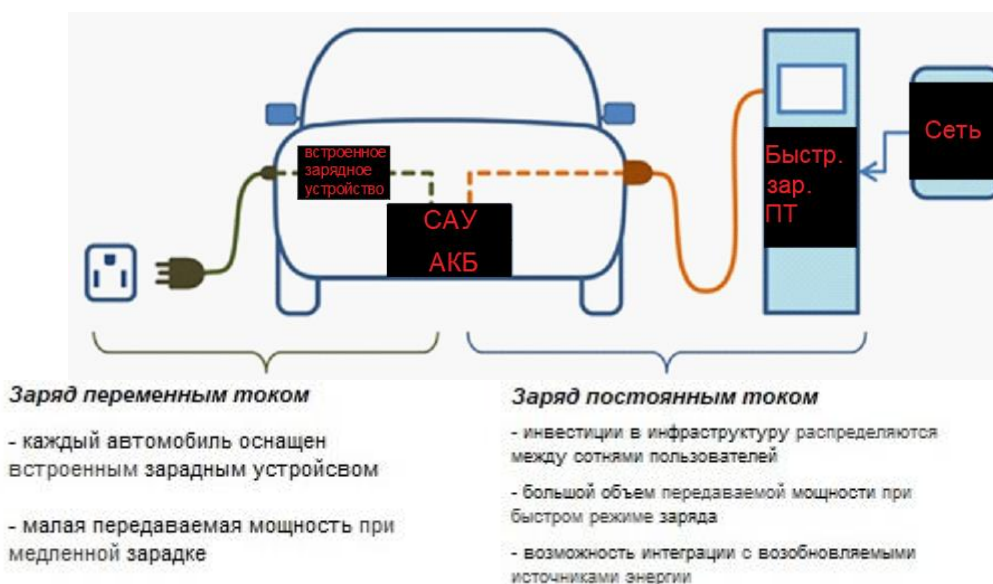


Рисунок 16 – Зарядка электромобилей переменным и постоянным током

Станция быстрой зарядки постоянного тока обычно включает следующие функциональные блоки:

- Выпрямитель переменного тока в постоянный

- Ступень коррекции коэффициента мощности (СККМ)

- Преобразователь постоянного тока в постоянный, регулирующий напряжение для зарядки аккумулятора транспортного средства.

Энергоснабжение и связь между зарядным устройством и автомобилем осуществляются через интерфейс разъема зарядного устройства. На рисунке 2 представлена упрощенная блок-схема конструкции зарядной станции постоянного тока[14].

В этой схеме изолирующий барьер безопасности встроен в функциональные блоки, что обеспечивает соответствие конструкции нормативным стандартам безопасности.

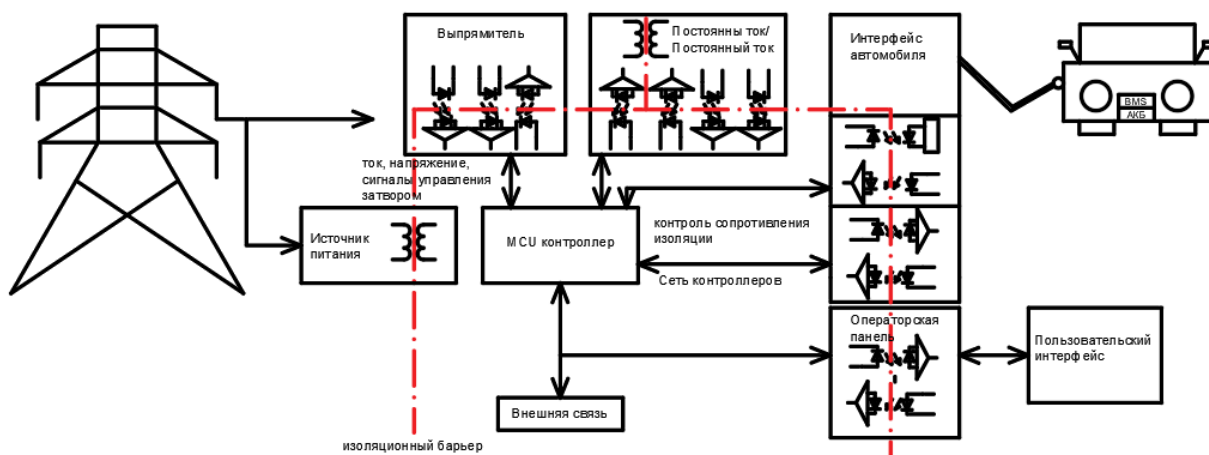


Рисунок 17 – Блок-схема зарядной станций

Инфраструктура автомобильных электростанций является ключевым фактором для широкого распространения электромобилей. Зарядные станции для электромобилей, особенно те, которые поддерживают быструю зарядку постоянным током, используют сложные системы электропитания, способные доставить большое количество энергии в аккумулятор автомобиля за короткий период времени[12].

3.2 Зарядная станция на основе SIMATIC

Для зарядной станции необходим полный, непрерывный и независимый контроль процесса заряда, что может обеспечить программный контроллер SIMATIC с мощным гипервизором от SIEMENS. Кроме того, необходимо совмещение этих функций с возможностью использовать сторонние приложения (например, на C#/++) для построения бэкэнд-коммуникации, таких как биллинг, идентификация пользователей и взаимодействие с другими системами[1, 5, 11-13].

SIMATIC ET200SP представляет собой комфортное и удобное решение, позволяющее создавать простые, конфигурируемые системы с высокой степенью модульности. Это обеспечивает следующие преимущества:

- Простота конфигурации: Легкость в создании и настройке систем без значительных затрат на программирование.
- Модульность: Высокая степень модульности позволяет легко добавлять или изменять функциональные блоки по мере необходимости.
- Масштабируемость: Возможность масштабирования системы с минимальными усилиями и затратами.
- Минимальные коммуникации: Снижение сложности и объема коммуникаций между компонентами системы.

Эти характеристики делают SIMATIC ET200SP идеальным выбором для построения эффективных и надежных зарядных станций для электромобилей.

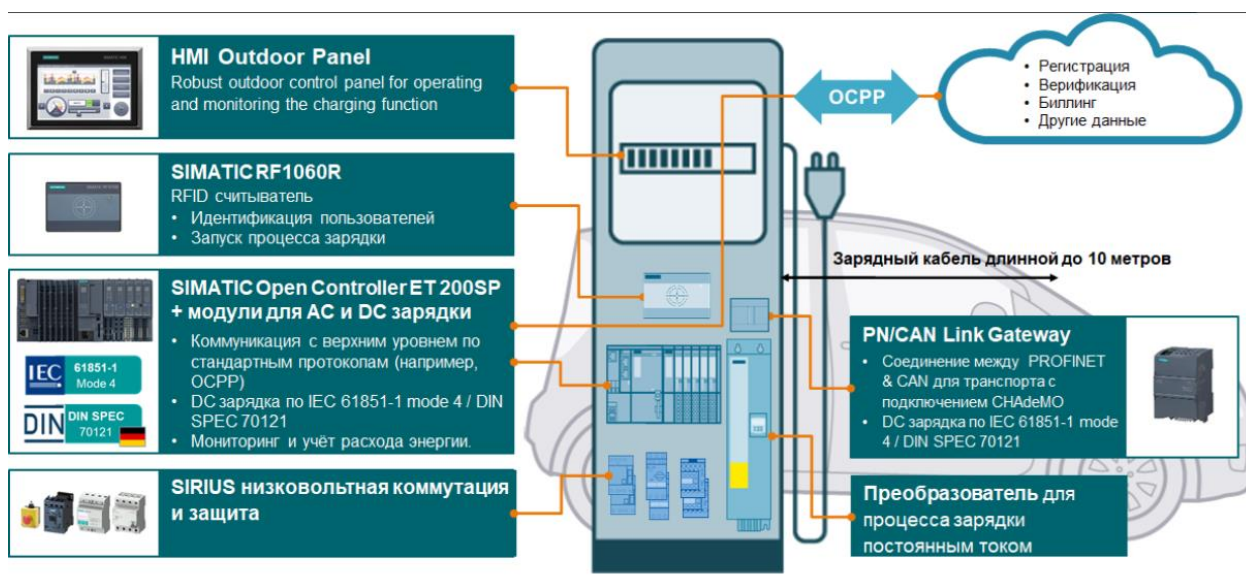


Рисунок 18 – Зарядная станция на основе SIMATIC

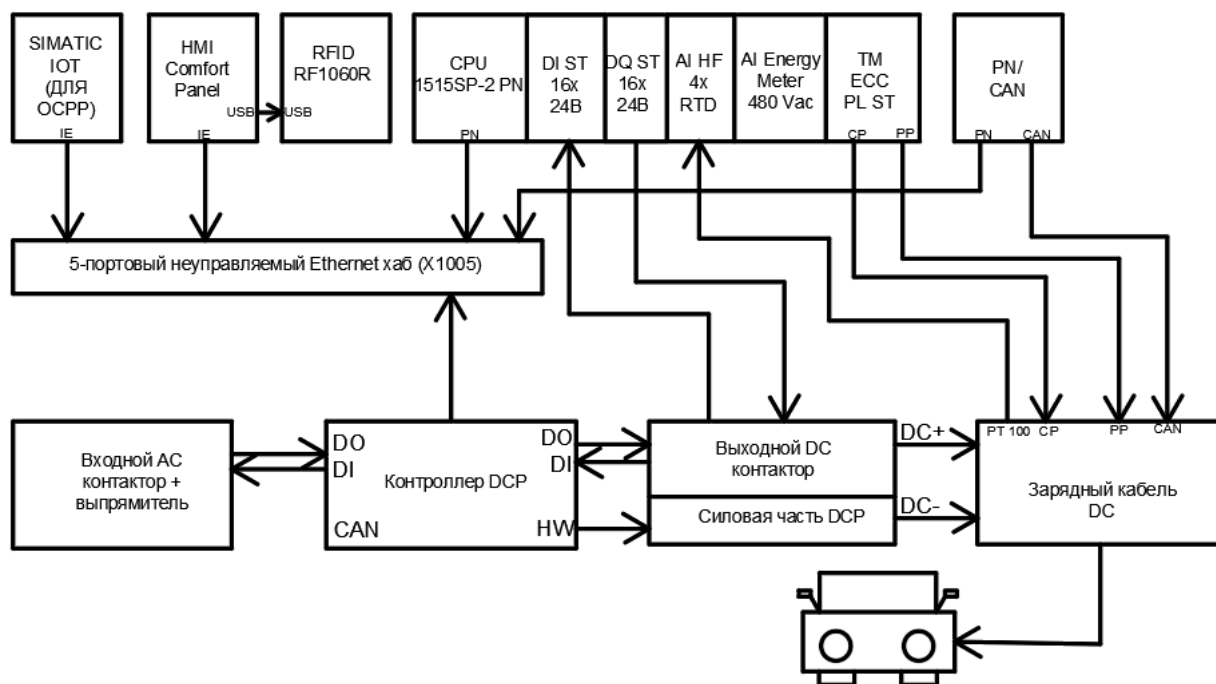


Рисунок 19 – Базовая архитектура DC зарядной станции

На изображении представлена архитектура DC зарядной станции, показывающая структуру основных компонентов и их взаимосвязи. Рассмотрим каждый компонент и его роль:

SIMATIC IOT (для OCPP): Это компонент для подключения зарядной станции к облаку через протокол OCPP (Open Charge Point Protocol), который позволяет удаленное управление и мониторинг.

HMI Comfort Panel: Панель человеко-машинного интерфейса для управления и отображения информации о состоянии зарядной станции.

RFID RF1060R: Система считывания RFID меток для идентификации пользователей, обеспечивающая доступ к зарядной станции.

CPU 1515SP-2 PN: Центральный процессор станции, управляющий всеми процессами зарядки и обмена данными.

DI ST 16x 24В и DQ ST 16x 24В: Модули дискретных входов и выходов, обеспечивающие управление и контроль различных сигналов в системе.

AI HF 4x RTD и AI Energy Meter 480Vac: Аналоговые входы для подключения датчиков температуры и измерения энергии.

TM ECC PL ST: Модуль связи для обмена данными между компонентами зарядной станции и внешними системами.

5-портовый неуправляемый Ethernet хаб (X1005): Коммутационное устройство для соединения различных компонентов зарядной станции через Ethernet.

Входной AC контактор + выпрямитель Компоненты, преобразующие переменный ток из сети в постоянный ток, необходимый для зарядки аккумулятора.

Контроллер DCP: Управляющий блок зарядной станции, который контролирует процессы зарядки и взаимодействует с другими компонентами.

Выходной DC контактор и Силовая часть DCP: Компоненты, управляющие подачей постоянного тока к зарядному кабелю и обеспечивающие безопасную передачу энергии.

Зарядный кабель DC: Кабель, через который постоянный ток подается на аккумулятор автомобиля. Оснащен сенсорами и интерфейсами для безопасного и эффективного зарядки (PT100 для температурного контроля, CP и PP для связи, СУА для обмена данными).

Автомобиль: Получает заряд через зарядный кабель DC [2-7].

Основные взаимодействия и потоки данных происходят через Ethernet хаб, обеспечивающий связь между центральным процессором, панелью управления, системой идентификации, и SIMATIC IOT. Контроллер DCP управляет процессом зарядки, получая данные от входного AC контактора и выпрямителя, а затем передает постоянный ток через выходной DC контактор и силовую часть к зарядному кабелю, который подключается к автомобилю.

Представленная базовая архитектура зарядной станции постоянным током демонстрирует структуру основных компонентов и их взаимосвязи. Важно отметить, что зарядная станция может быть дополнена различными функциональными элементами, что позволяет расширять и улучшать ее структуру в зависимости от конкретных требований и условий эксплуатации. Основные компоненты включают выпрямитель переменного тока в постоянный, ступень коррекции коэффициента мощности, преобразователь постоянного тока в постоянный, интерфейс разъема зарядного устройства и изолирующий барьер безопасности. Эти элементы обеспечивают преобразование и регулировку энергии для зарядки аккумулятора транспортного средства, а также соответствие конструкции нормативным стандартам безопасности. Архитектура может быть дополнена системами мониторинга и управления, коммуникационными модулями для связи с внешними системами, такими как системы управления сетью, биллинговые системы и пользовательские интерфейсы, а также системами охлаждения для поддержания оптимальной температуры компонентов зарядной станции[11-13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были рассмотрены и проанализированы различные аспекты зарядных станций, а также их влияние на энергосистему. Путем сравнительного анализа трех видов зарядных станций - CHAdeMO, GB/T и CCS - были выявлены их особенности и преимущества.

Анализ энергетической эффективности зарядных станций, включая расчеты потребления энергии, нагрузки на электросеть и скорости зарядки, позволил получить полное представление о работе и эффективности каждого типа станции.

Проведенные расчеты энергопотребления зарядных станций подчеркнули их важную роль в современной энергетике и их потенциальное влияние на нагрузку электросети.

Сравнительный анализ скорости зарядки, включая сравнение медленной и быстрой зарядки, выявил значимые различия и помог в понимании оптимального выбора для конкретных условий и потребностей.

Наконец, рассмотрение проектирования и архитектуры зарядных станций, включая разработку блок-схем и структур, представляет собой важный этап для эффективного и устойчивого функционирования данного типа инфраструктуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 MacArthur Clark J. A., Sun D. Guidelines for the ethical review of laboratory animal welfare People's Republic of China National Standard GB/T 35892-2018 [Issued 6 February 2018 Effective from 1 September 2018] //Animal models and experimental medicine. – 2020. – Т. 3. – №. 1. – С. 103-113.
- 2 Pan K., Guan J. P., Wu S. M. Comparison of GB/T and AATCC color fastness standards //Advanced Materials Research. – 2011. – Т. 175. – С. 554-558.
- 3 Mouli G. R. C. et al. Implementation of dynamic charging and V2G using Chademo and CCS/Combo DC charging standard //2016 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC). – IEEE, 2016. – С. 1-6.
- 4 Khan W., Ahmad F., Alam M. S. Fast EV charging station integration with grid ensuring optimal and quality power exchange //Engineering Science and Technology, an International Journal. – 2019. – Т. 22. – №. 1. – С. 143-152.
- 5 Anegawa T. Characteristics of CHAdeMO quick charging system //World Electric Vehicle Journal. – 2010. – Т. 4. – №. 4. – С. 818-822.
- 6 Горбунова А. Д., Анисимов И. А. Научное обоснование расположения зарядных станций для электромобилей //ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ. – 2019. – С. 158-162.
- 7 Köhler S. et al. End-to-End Wireless Disruption of CCS EV Charging //Proceedings of the 2022 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. – 2022. – С. 3515-3517.
- 8 Koch H. et al. Excitation energies of BH, CH2 and Ne in full configuration interaction and the hierarchy CCS, CC2, CCSD and CC3 of coupled cluster models //Chemical physics letters. – 1995. – Т. 244. – №. 1-2. – С. 75-82.
- 9 Nakanishi T. et al. CHAdeMO-conformity high-power charger connector assembly for over 100 kW-class EV charge //SEI Tech Rev. – 2019. – Т. 88. – С. 49-54.
- 10 Сафин А. Р. и др. Развитие технологии мобильных зарядных станций для электромобилей //Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23. – №. 5. – С. 100-114.
- 11 Yan Q., Zhang B., Kezunovic M. Optimized operational cost reduction for an EV charging station integrated with battery energy storage and PV generation //IEEE Transactions on Smart Grid. – 2018. – Т. 10. – №. 2. – С. 2096-2106.
- 12 Zhao Y. et al. Charging load allocation strategy of EV charging station considering charging mode //World Electric Vehicle Journal. – 2019. – Т. 10. – №. 2. – С. 47.
- 13 Cui Q., Weng Y., Tan C. W. Electric vehicle charging station placement method for urban areas //IEEE Transactions on Smart Grid. – 2019. – Т. 10. – №. 6. – С. 6552-6565.
- 14 Электротехнический справочник: В 4 т. / Под общ. ред. В. Г. Герасимова, А. Ф. Дьякова, А. И. Попова. — 9-е, стереотипное. — М.:

Издательство МЭИ, 2004. — Т. 4. Использование электрической энергии. — С. 526. — 696 с.

15 Давыдова А.П., Lupin С.А. Оценка устойчивости системы управления сетью зарядных станций для электромобилей // НИУ МИЭТ. 2012, Москва.

16 Сабиров Р.М., Логачева А.Г., Зарядные станции для электромобилей для установки в стесненных условиях, Материалы докладов XII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. – В 3 т.; Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – с.172.

17 СТ КазНИТУ. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. 2023г

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ ТЕРМИНОВ, ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ЭМ	Электромобиль
ЛСК	Локальная сеть контроллеров
СУА	Система управления аккумуляторами
ДКН	Диагностический код неисправности
БС	базовая сигнализация
ШИМ	широотно-импульсную модуляцию
ВУС	высокоуровневая связь
БПЭЭМП	Беспроводная передача электроэнергии через магнитное поле
СККМ	Степень коррекции коэффициента мощности