

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем
электроснабжения
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Разработка системы электроснабжения модуля для зарядки электромобилей

Обучающийся

Н.М. Якушкин
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.т.н, профессор П.А. Николаев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Состояние вопроса	6
1.1 Общие сведения	6
1.2 Нормативная база	7
1.3 Стандарты зарядки аккумуляторных батарей для электромобилей.....	7
2 Выбор оборудования	27
2.1 Внешнее электроснабжение зарядной станции.....	27
2.2 Оборудование и компоненты зарядной станции.....	36
2.3 Дополнительное оборудование	48
3 Определение технико-экономических показателей проекта системы электроснабжения модуля для зарядной станции электромобилей	56
3.1 Внешнее электроснабжение зарядной станции.....	56
3.2 Оборудование и компоненты зарядной станции.....	57
3.3 Прочие затраты	61
3.4 Государственная поддержка.....	66
3.5 Общая сумма расходов на запуск зарядной станции.....	69
Заключение	71
Список используемых источников.....	73

Введение

Электроэнергетика играет важную роль в развитии всех отраслей нашей жизни, в том числе транспортной отрасли. Электричество используется практически во всех видах транспорта, начиная от велосипедов и заканчивая тяжелыми грузовиками, кроме того особое место так же занимает электрификация городского транспорта и железнодорожных магистралей. Таким образом, связь между транспортом и электроэнергетикой не теряет актуальности.

На текущем этапе развития легкового автомобильного транспорта все большее количество транспортных средств стремятся перевести и адаптировать к использованию электрической тяги. В них вместо привычных двигателей внутреннего сгорания применяются электродвигатели, которые получают энергию от установленных в автомобиле аккумуляторных батарей (АКБ).

Именно способы зарядки этих АКБ диктуют актуальность и практическую значимость работы – необходимость поиска радикально новых моделей и модернизация уже существующих технологий и эксплуатации зарядных станций и электромобилей с мощными источниками электроэнергии. Всё большее влияние на развитие автомобильной промышленности, оказывает свою роль цифровизация и автоматизация процессов, а также на внедрение электротранспорта, за последнее десятилетие.

По результатам исследования Международного энергетического агентства, «В 2020 году только один из каждых 25 проданных в мире автомобилей оснащался электрической силовой установкой, тогда как в 2023-м этот показатель достиг одного из пяти. Таким образом, за три года спрос на электромобили в глобальном масштабе увеличился в пять раз» [26].

В Российской Федерации автомобили с двигателями внутреннего сгорания теряют долю рынка – они уступают электромобилям, прирост которых на рынке составляет порядка 100 – 150 % в год.

По прогнозам аудиторско-консалтинговой компании «Деловой профиль», «к 2030 году в России будет никак не меньше 1,5 млн электромобилей — 2,3% от всего автопарка страны». [22]

Основные недостатки электромобилей в июле 2023 года – ограниченный пробег и долгое время зарядки. Учитывая климатические условия России, средняя дистанция передвижения составляет примерно 150 км при скорости движения 70 км/ч. Если двигаться со скоростью выше, запас хода существенно сокращается, например, при 130 км/ч он уже составляет 70 км.

В этих условиях всё более актуальной становится задача по усовершенствованию системы электроснабжения автомобиля – а именно внедрение «умного» модуля. Растущий уровень больших городов очень остро поставил вопрос о разработке комплекса мер по увеличению числа зарядных станций. На фоне общемировых экологических проблем, постоянно растущих цен на топливо, электромобили помогают решить, как экологические, так и экономические проблемы.

Как было обозначено ранее, популярность электромобилей по всему миру постепенно набирает обороты. Развитие этой сферы автомобилестроения невозможно без создания новых и модернизации существующих станций зарядки электромобилей. Также актуальность работы обусловлена тем, что с каждым днем в мире растет инфраструктура для электромобилей, строятся зарядные станции, предлагая для потребителей все новые возможности. В условиях ускоряющегося ритма жизни, когда все распланировано поминутно, никто не готов тратить большое количество времени на «заправку» автомобиля, а текущий уровень развития зарядной инфраструктуры не позволяет сделать этот процесс не то чтобы

соизмеримым с топливными заправочными станциями, но и хотя бы более быстрым.

Объектом исследования является система электроснабжения зарядной станции электромобилей. Предмет исследования – особенности сети внешнего электроснабжения и распределения энергии зарядной станции. Цель магистерской работы – разработка системы электроснабжения модуля зарядной станции для электромобилей.

Задачи:

- выбрать систему электроснабжения для устройств зарядной станции электромобилей;
- разработать принципиальную схему электроснабжения зарядной станции;
- произвести выбор электрооборудования для внешнего и внутреннего электроснабжения зарядной станции;
- определить технико-экономические показатели предлагаемого проекта зарядной станции электромобилей.

1 Состояние вопроса

1.1 Общие сведения

Сегодня мировое сообщество продвигает идею отказа от машин с двигателями внутреннего сгорания в пользу электротранспорта и это связано не только с политикой мировых сверхдержав по сохранению окружающей среды и уменьшению вредных выбросов в атмосферу. Как отмечают многие эксперты, преимущество электротяги складывается в комфорте при езде и экономичность в обслуживании. Можно привести простой пример по сравнению в стоимости литра бензина марки АИ-95=49-51 р. (в зависимости от региона и сети АЗС), а также цены 1 кВт·ч = 5,5 р., на электрочарядных станциях экономия будет как минимум в несколько раз.

В России на сегодняшний день для владельцев машин с электротягой существуют субсидии от государства, например бесплатный паркинг в крупных городах, нулевой транспортный налог, бесплатная зарядка в рамках реализации пилотного проекта по внедрению электрозаправочных станций от компании ПАО «Россети»), скидка на покупку электромобиля вплоть до 25%. Все эти факторы будут побуждать население перейти на электротранспорт.

С другой стороны, такие субсидии существуют не только для владельцев электромобилей, но и для владельцев зарядных станций.

В соответствии с распоряжением Правительства от 24 декабря 2021 года №3835-р выдвигаются следующие требования к зарядной станции:

«Мощность станции должна быть не менее 149 кВт.

Возможность одновременной зарядки двух электромобилей.

Наличие трех коннекторов: GB/T (обязательно), CCS2 или CHAdeMO (на выбор).

Длина зарядного кабеля должна быть не менее 4 метров» [19].

Разумеется, при всех описанных плюсах, у электромобилей есть также и минусы. Главным останавливающим фактором можно назвать стоимость

автомобилей на электротяге; также немаловажным является то, что в процессе производстве аккумуляторных батарей, выбросы в атмосферу превышают аналогичный показатель с двигателями внутреннего сгорания. В плане эксплуатации – малый пробег при емкости среднего сегмента, при текущем малом количестве зарядных станций максимальный пробег можно ограничить пределом 500 км, а зарядка составляет порядка 8 часов.

1.2 Нормативная база

В мире существуют стандарты, которым соответствуют электромобили, а также зарядные станции для них. Один из стандартов, описывающий зарядные станции это IEC 61851-1. В России также существует аналог данного стандарта - ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013 «Системы токопроводящей зарядки электромобилей»,

Стандартизация вилок и розеток на зарядных станциях осуществляется на основании ГОСТ Р МЭК 62196-1-2013 и ГОСТ Р МЭК 62196-2-2013 «Вилки, штепсельные розетки, соединители и вводы для транспортных средств. Кондуктивная зарядка для электромобилей», части 1 и 2. Эти стандарты являются адаптацией IEC 62196-1 и IEC 62196-2.

1.3 Стандарты зарядки аккумуляторных батарей для электромобилей

На мировой арене электромобильной индустрии существует три различных стандарта зарядки. Каждый из этих стандартов выделяется уникальной формой зарядного штекера и розетки, которые предназначены для использования в Северной Америке, Европе и Китае. Но не только в этом заключается различие - также имеется отличие в конструкции штекера для зарядки переменным током в режиме 3, вариантах В и С, от штекера для

зарядки постоянным током. (режим 4). Основные типы разъемов приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Основные стандарты разъемов зарядки электромобилей

Самый популярный тип разъема – Type 1, разработанный для японских автомобилей, но сейчас применяется и в других. «Type 1 поддерживает зарядку однофазным током и обеспечивает мощность заряда до 7 кВт» [24].

Type 2 предназначен для использования в Европе и поддерживает как однофазную, так и трехфазную зарядку. Type 2 позволяет достичь более высоких уровней мощности, обеспечивая быструю зарядку до 43 кВт.

GB/t – тип разъема, созданный для китайских электромобилей, различают GB/t AC – аналог type 1 с идентичными характеристиками и GB/t DC – зарядка постоянным током обеспечивает высокую скорость заряда на высоких мощностях (до 180 кВт).

С CSS COMBO 1 и CSS COMBO 2 – специальные разъемы зарядной инфраструктуры, развиваемой в Европе, представляют собой стандарт для быстрой зарядки электромобилей. CSS COMBO 1 предоставляет возможность для зарядки постоянным током до 200 кВт, а CSS COMBO 2 может обеспечить зарядку до 350 кВт.

CHADeMO – этот разъем является стандартом для быстрой зарядки и позволяет достичь высоких мощностей до 62,5 кВт. Получил широкое использование по всему миру.

Как можно заметить, зарядка электромобилей может происходить как от сетей переменного, так и постоянного тока. Следует отметить, что зарядка аккумуляторных батарей всегда осуществляется постоянным током, что делает зарядку постоянным током более предпочтительной по сравнению с переменным током.

Рассмотрим принципиальные отличия этих двух способов.

1.3.1 Зарядка переменным током

Электромобили получают переменный ток (AC) от электросети через специальные зарядные станции и кабели. Обратим внимание, что в этом процессе первоначально не происходит никакого преобразования тока. Это означает, что электромобили принимают электричество прямо из сети, сохраняя его в переменном виде.

Чтобы зарядить аккумуляторы электромобилей, требуется постоянный ток (DC). Именно для выполнения этой конверсии используется встроенный в электромобиль преобразователь AC/DC, он же Onboard-Charger. Он преобразует переменный ток, поступающий от зарядной станции, в постоянный ток, который уже используется для зарядки аккумуляторов электромобиля.

Зарядные станции переменного тока обладают преимуществами перед зарядными устройствами постоянного тока. Одно из основных преимуществ состоит в том, что зарядным станциям переменного тока не требуется дополнительное преобразование тока. Это значит, что зарядные станции переменного тока являются более экономичным и привлекательным вариантом для использования в домашних условиях и в личных автомобилях.

Мощность зарядки электромобилей может достигать 22 кВт, и она зависит от параметров зарядной станции, используемого кабеля и Onboard-Charger в электромобиле. Это позволяет заряжать аккумуляторы в более мягком режиме, особенно тогда, когда электромобиль не используется более 30 минут. Такие случаи включают ночное время, когда электромобиль стоит

под навесом или в гараже, а также дневное время, когда электромобили паркуются у ресторанов и супермаркетов. В таких ситуациях зарядка переменным током является наиболее эффективным и деликатным режимом для сохранности аккумуляторов электромобилей.

1.3.2 Зарядка постоянным током

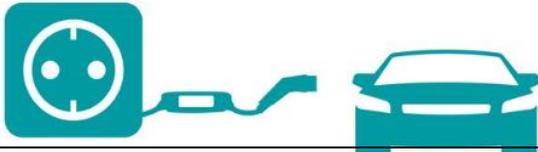
В этом случае говорят о быстрой или ультрабыстрой зарядке, так как электромобиль может быть полностью заряжен за несколько минут. Однако, зарядка постоянным током требует наличия специальной силовой электроники на зарядной станции, что делает этот тип зарядки более сложным и дорогим вариантом. В сравнении с зарядкой переменным током, зарядный кабель и штекер кратно дороже ввиду большего сечения проводника и наличия систем охлаждения кабеля.

В основном, зарядка постоянным током используется в коммерческих целях, так как электрические станции и заправки на автомагистралях обеспечивают непрерывную подзарядку электромобилей на дальних дистанциях. Это особенно удобно в зонах отдыха на автомагистралях, где водители могут быстро подзарядить свой аккумулятор во время коротких остановок.

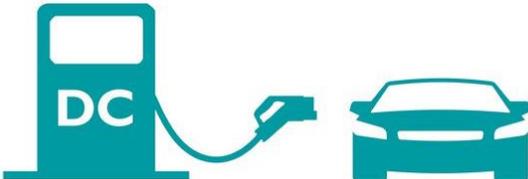
Эта технология зарядки постоянным током обладает высокой эффективностью и простотой в использовании, делая ее привлекательной для владельцев электромобилей. Однако, она требует специального оборудования и инфраструктуры, что может быть ограничивающим фактором для широкого распространения данного типа зарядки.

Процесс зарядки может осуществляться различными способами, рассмотрим их в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы зарядки

Род тока 1	Режим 2	Описание режима 3	Условное изображение 4
Переменный	1	<p>Автомобиль заряжается переменным током от бытовой розетки. Согласно ГОСТ 32144-2013, «в однофазной сети допускается напряжение в диапазоне от 207 В до 253 В, в трехфазной – от 360 В до 440 В» [6].</p> <p>Максимальный зарядный ток составляет 16 А.</p> <p>Между автомобилем и зарядной точкой не происходит коммуникация. Защита оборудования является обязательной и обеспечивается путем установки устройства дифференциального тока (FI).</p>	
	2	<p>Отличается от режима 1 более высоким зарядным током (32 А), зарядный кабель оснащен так называемым встроенным устройством контроля и защиты (IC-CPD), включающее в себя устройство дифференциального тока.</p>	
	3	<p>В режиме 3 автомобиль заряжается переменным током от зарядной станции или бытового зарядного устройства, в которое уже встроено необходимое устройство дифференциального тока (FI). Допустима зарядка как от однофазной сети (230 В ±10%), так и от трехфазной (400 В ±10%).</p> <p>Максимальный зарядный ток – до 63 А.</p>	
	3-А	<p>Вариант А описан в нормативных документах, однако на практике встречается редко.</p> <p>Инфраструктурный зарядный штекер, который вставляется в зарядную розетку зарядной станции, имеет штекерное соединение для подключения к зарядной станции. Другой конец кабеля постоянно присоединен к автомобилю.</p>	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
	3-В	<p>В варианте В на обоих концах кабеля расположено штекерное соединение</p> <p>Вариант В преимущественно встречается на зарядных станциях общего пользования.</p>	
	3-С	<p>Вариант С противоположен варианту А: постоянное присоединение имеет кабель на зарядной станции, а штекерное – устанавливается в зарядную розетку на электромобиле.</p>	
Постоянный	4	<p>Данный режим является единственным с зарядкой непосредственно постоянным током на станциях быстрой зарядки.</p> <p>Зарядный кабель постоянно подсоединен к зарядной колонке, а зарядные токи достигают значений в 500 А.</p> <p>Штекерное соединение предусмотрено только со стороны автомобиля.</p> <p>Для такого режима характерные повышенные требования к безопасности, защитным функциям, требуется контроль температуры силовых контактов.</p>	

1.3.3 Преимущества и недостатки разного рода тока

Устройство станции для зарядки электромобилей с использованием переменного тока предельно просто, однако важно не забывать про системы защиты как для электромобиля, так и для электрической сети, которые предотвратят возникновение аварийных ситуаций. Более того, для продажи услуг зарядки требуется установить биллинговую систему.

При частичном размещении зарядного устройства в автомобиле, возникает проблема с ограничением скорости заряда аккумуляторной батареи.

Увеличивая скорость заряда АКБ, а именно ток и напряжение, увеличивается габариты и масса электронных компонентов зарядной станции, что в свою очередь негативно сказывается на запасе автономного хода в виду повышения массы автомобиля. Также увеличивая ток и напряжение, необходимо не забывать об охлаждении, что в свою очередь повышает массу, стоимость и сложность автомобиля.

Основываясь на вышеперечисленном, ограничим предельный ток заряда аккумуляторной батареи в 32 А. Данное решение популярно среди мировых автопроизводителей ввиду своего компромисса между скоростью зарядки и массогабаритными характеристиками.

Существует эффективный способ ускорить процесс зарядки электромобиля - прямое подключение к аккумулятору на станции. Этот метод позволяет избавиться от ограничений по размерам и массе зарядного устройства, так как его компоненты находятся вне автомобиля. Однако следует учитывать, что возможно подавать только постоянный ток на аккумуляторы.

Необходимо отметить, что использование постоянного тока имеет свои недостатки, включая высокую стоимость зарядной станции, включая кабель, которая может достигать 500000 рублей. В сравнении с этим, цены на зарядные станции, работающие на переменном токе, начинаются от 150000 рублей, включая кабель.

Несмотря на то, что прямое подключение к аккумулятору может повысить скорость зарядки, оно также обладает дополнительными преимуществами. Например, такой подход позволяет использовать более компактные и легкие зарядные устройства, ведь все его узлы находятся вне кузова автомобиля. Кроме того, подача постоянного тока никак не ограничивает возможности зарядки, в отличие от переменного тока, который может потребовать определенные адаптации и ограничения.

Однако следует отметить, что использование постоянного тока также имеет свои финансовые недостатки. Установка и обслуживание зарядной станции, поддерживающей прямое подключение, обычно требует больших инвестиций. В противоположность этому, зарядные станции, работающие на переменном токе, как правило, имеют более доступные цены и предлагают более гибкие варианты подключения.

1.3.2 Пилотный эксперимент по созданию инфраструктуры для электротранспорта

Создание инфраструктуры для электрического транспорта предусмотрено утверждённой Правительством «дорожной картой» по развитию производства и использования электрического транспорта. С 2021 года в России началась реализация проекта по внедрению инфраструктуры для электротранспорта. Предполагается, что «к 2030 году доля выпускаемых электромобилей в общем объёме производства транспортных средств достигнет 10%. Кроме того, к этому времени в России будет запущено не менее 72 тысяч зарядных станций, из которых не менее 28 тысяч – быстрые зарядные станции» [19].

Первый этап реализации (2022 год) затрагивает федеральную трассу М-4 «Дон», а так же следующие регионы:

- Краснодарский край,
- Республика Крым и город Севастополь,
- Ленинградская область,
- Московская область,

- Нижегородская область,
- Сахалинская область,
- Республика Татарстан.

По итогам данного периода, аналитики отмечают, что «объём рынка зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России оценивается практически в 1 млрд.р. с перспективами роста до 8 млрд.р на горизонте 2030 года, демонстрируя совокупные среднегодовые темпы роста в 30%. Стадия зрелости рынка – рост» [23].

К концу 2023 года проект реализовывается уже в 41 регионе и 8 декабря 2023 подписан указ о расширении числа регионов – участников пилотного проекта по созданию зарядной инфраструктуры для электротранспорта. В итоге, перечень территорий и дорог федерального значения, определенных в качестве пилотных для создания зарядной инфраструктуры для электротранспортных средств стал выглядеть так:

- «Республика Адыгея;
- Республика Алтай;
- Республика Башкортостан;
- Республика Бурятия;
- Республика Дагестан;
- Республика Ингушетия;
- Кабардино-Балкарская Республика;
- Карачаево-Черкесская Республика;
- Республика Карелия;
- Республика Коми;
- Республика Крым;
- Республика Марий Эл;
- Республика Саха (Якутия);
- Республики Северная Осетия – Алания;
- Республика Татарстан;
- Республика Тыва;

Удмуртская Республика;
Республика Хакасия;
Чеченская Республика;
Чувашская Республика;
Забайкальский край;
Камчатский край;
Краснодарский край;
Красноярский край;
Пермский край;
Приморский край;
Ставропольский край;
Амурская область;
Белгородская область;
Брянская область;
Владимирская область;
Волгоградская область;
Вологодская область;
Воронежская область;
Ивановская область;
Иркутская область;
Калининградская область;
Калужская область;
Кемеровская область – Кузбасс;
Кировская область;
Костромская область;
Курская область;
Ленинградская область;
Липецкая область;
Магаданская область;
Московская область;

Нижегородская область;
Оренбургская область;
Орловская область;
Пензенская область;
Псковская область;
Ростовская область;
Рязанская область;
Самарская область;
Саратовская область;
Сахалинская область;
Свердловская область;
Тамбовская область;
Тверская область;
Томская область;
Тульская область;
Ульяновская область;
Челябинская область;
Ярославская область;
Город Санкт-Петербург;
Город Севастополь;
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра;
Автомобильная дорога общего пользования федерального значения М-4 "Дон"» [19].

Как видно из списка, география проекта многократно выросла при его реализации (с 16 территорий до 67), что дополнительно подтверждает актуальность.

1.3.3 Зарядные станции ПАО «Россети»

В настоящее время, получило широкое распространение сеть зарядных станций для электромобилей в регионах России от компании ПАО «Россети» в рамках реализации пилотного проекта по внедрению зарядной

инфраструктуры. В зарядных станциях предусмотрено несколько типов зарядки для электромобилей:

Создание, развитие и расширение сети зарядных станций для электромобилей входит в число приоритетных направлений деятельности Группы компаний ПАО «Россети».

Зарядные станции для легкового и легкого коммерческого транспорта, внедряемые в рамках пилотного проекта, разделяются по типам зарядных устройств:

«← Зарядные станции стандарта МЭК 62196 (Mode 3 – медленная зарядка);

– Зарядные станции стандартов CHAdeMO и COMBO (Mode 4 – быстрая зарядка)» [18].

В рамках реализации Всероссийской программы развития зарядной инфраструктуры в регионах присутствия ПАО «Россети Волга» на территории семи филиалов Общества («Саратовские сети», «Самарские сети», «Ульяновские сети», «Пензаэнерго», «Оренбургэнерго», «Мордовэнерго» и «Чувашэнерго») проводится пилотное внедрение зарядных станций для электромобилей типов Mode 3 и Mode 4.

Тип mode 3 реализован двумя способами:

- на переменном токе, разъем Type 2 Shko 220В;
- на постоянном токе разъем CHAdeMO «А».

Система типа «А» имеет уставку ограничения в 500В постоянного тока на выходе, подходит как для заряда автомобилей, так и грузовиков. Общая схема типа «А» показана на рисунке 2.

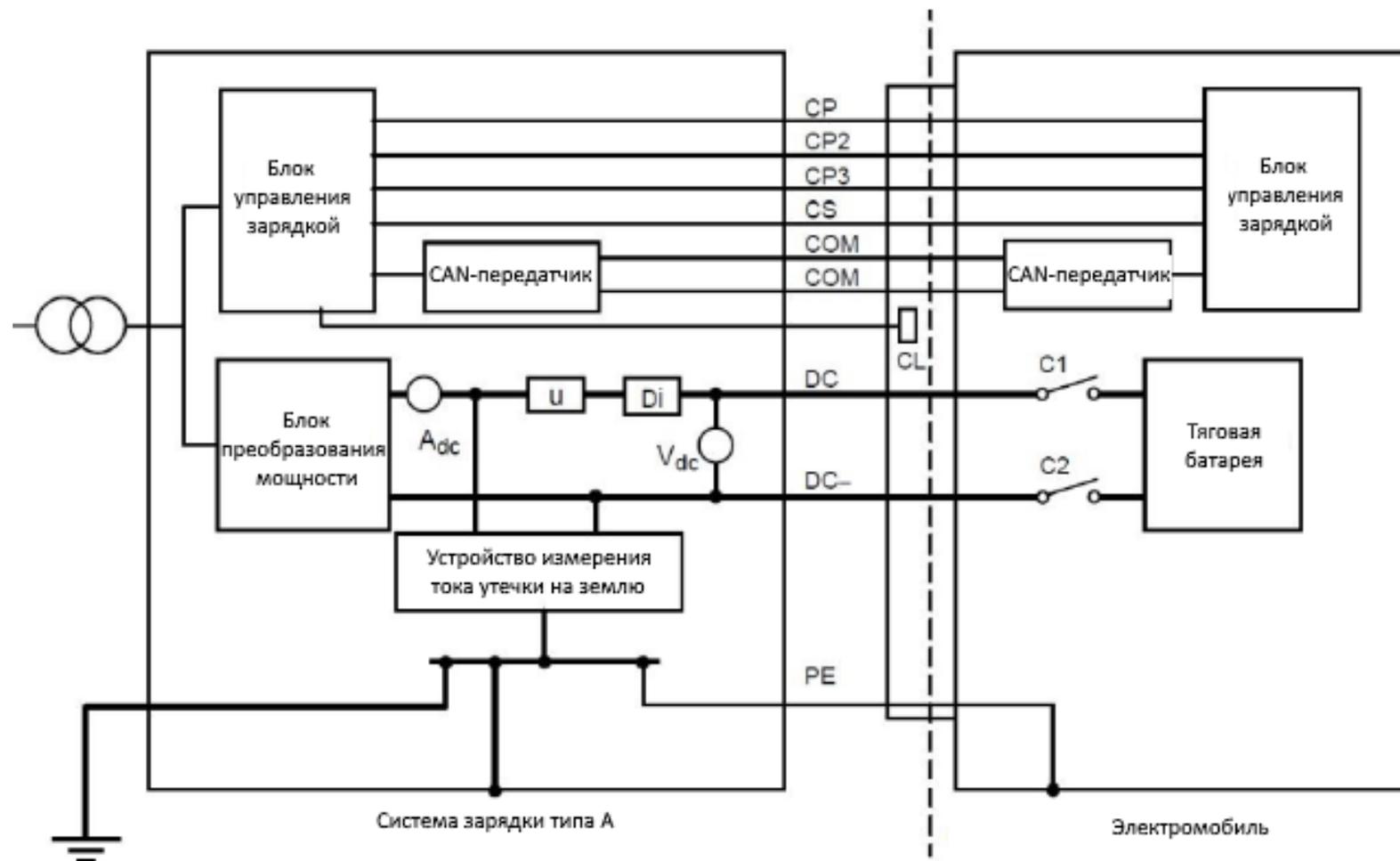


Рисунок 2 – Общая схема типа «А»

Описание элементов схемы:

- Di – устройство предотвращения обратного тока (например, диод: катод на стороне электромобиля, анод на боковой стороне станции);
- Vdc – устройство измерения напряжения;
- Adc – устройство измерения тока;
- U – устройство защиты от короткого замыкания (например, предохранитель ограничения тока);
- C1, C2 – переключатель разъединения для электропередач постоянного тока (контакты электромобиля);
- DC+, DC- – Источник питания постоянного тока (положительная и отрицательная клеммы);
- PE – защитный провод между станцией и электромобилем для обнаружения первого замыкания на землю постоянного тока;
- CL – соединитель-защелка – механизм блокировки электромобиля.

Контрольные сигналы:

- CP, CP2 – контрольный сигнал, который показывает состояние заряда/остановки станции;
- CS – контрольный сигнал, который показывает состояние подключения разъема электромобиля;
- CP3 – контрольный сигнал, который подтверждает, что электромобиль готов к заряду;
- COM1, COM2 – пара сигнальной линии для цифровой связи.

Такая схема должна обладать следующими защитами:

- защита от короткого замыкания батареи электромобиля;
- защита контактора электромобиля;
- отключение пускового тока в цепи электроавтомобиля;
- защита от перенапряжения;
- сброс нагрузки.

Тип Mode 4 разъем CCS «С» комбинированный на выходном напряжении до 1000В. Общая схема типа «С» показана на рисунке 3.

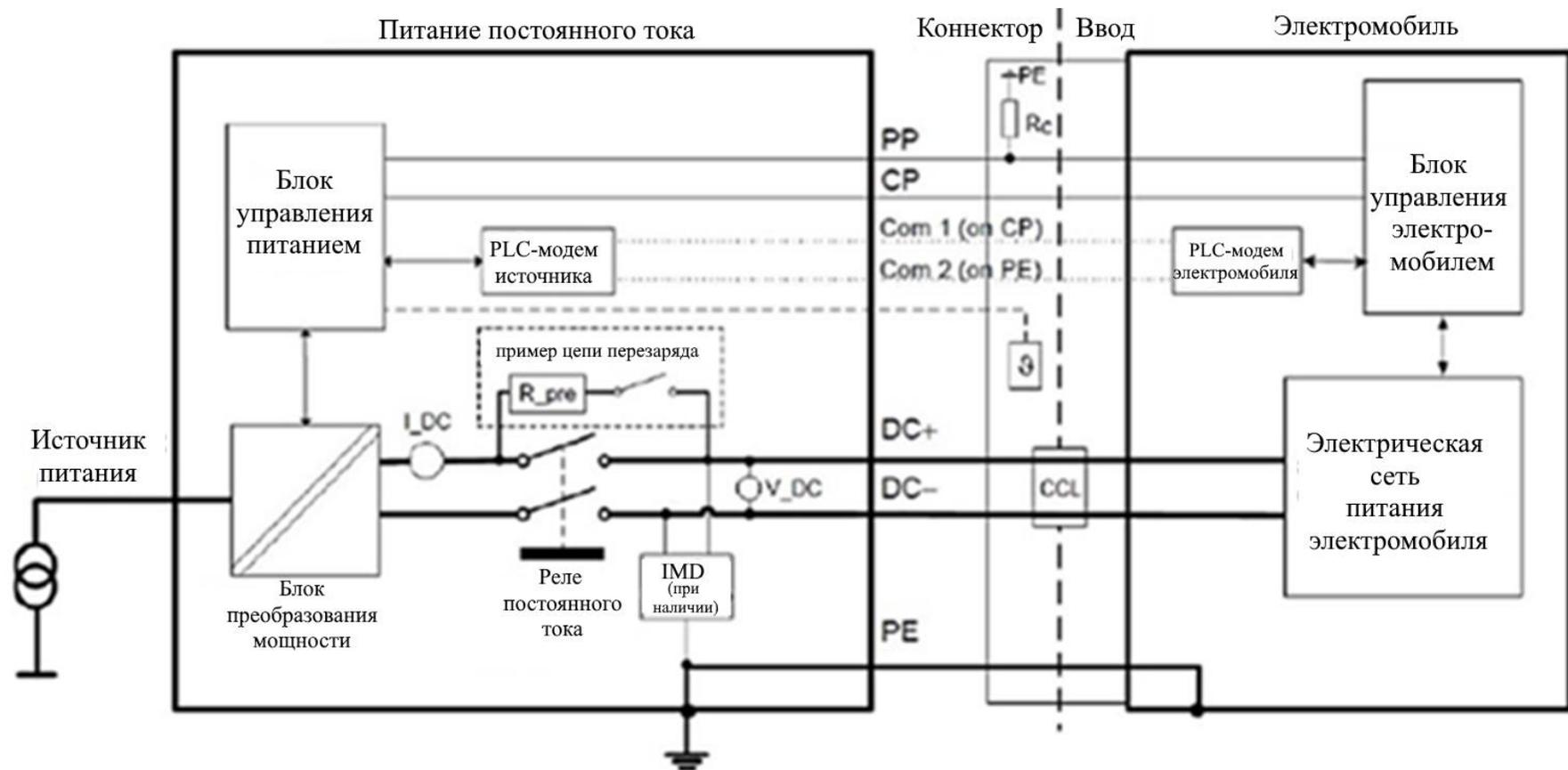


Рисунок 3 – Общая схема типа «С»

Описание элементов схемы:

- V_DC – измеренное напряжение на выходе источника питания;
- I_DC – измеренный ток на выходе источника питания (DC+/DC- или оба в зависимости от настроек);
- блок преобразования энергии – гальванически изолированный силовой каскад;
- реле постоянного тока – реле для подключения выхода источника питания постоянного тока к блоку преобразования энергии;
- PLC-модем – интерфейс обмена данными;
- блок контроля питания – блок управления процессом заряда;
- DC+, DC- – Источник питания постоянного тока (положительная и отрицательная клеммы);
- PE – защитный провод между станцией и электромобилем для обнаружения первого замыкания на землю постоянного тока.

Контрольные сигналы:

- COM1, COM2 – пара сигнальной линии для цифровой связи;
- CP – контрольный сигнал, который показывает состояние заряда/остановки станции;
- CL – соединитель-защелка – механизм блокировки электромобиля;
- ϑ – контроль температуры.

При использовании станций типа «С» режим CCS (комбинированная система заряда) для заряда постоянным током должна быть установлена цифровая связь (PLC), которая фиксирует факт подключения электромобиля к зарядной станции.

Такая схема должна обладать следующими защитами:

- защита от перенапряжения;
- защита от бросков постоянного тока.

Для таких зарядных станций потребляемая мощность в режиме заряда тип Mode 3 (медленная зарядка) составляет не более 22кВт; в режиме заряда

тип Mode 4 (быстрая зарядка) составляет не более 58кВт. Максимальный ток заряд составляет 32А при 1 типе и 125А при 2 типе заряда.

Общий вид зарядной станции показан на рисунке 4, а станция в разрезе на рисунке 5.

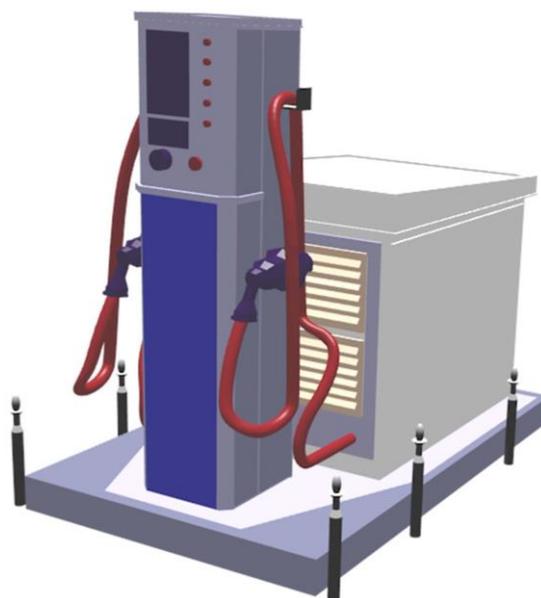


Рисунок 4 – Общий вид зарядной станции

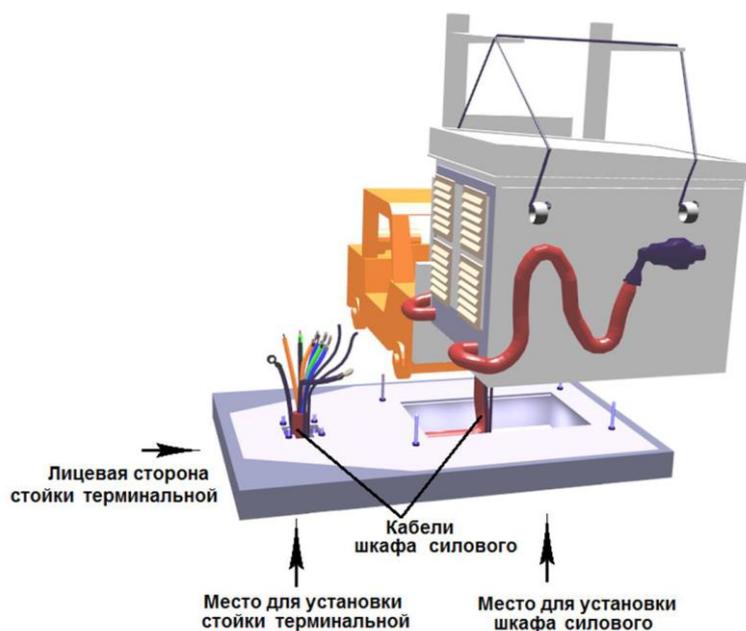


Рисунок 5 – Зарядная станция в разрезе

Зарядные станции постоянного тока с возможностью быстрой зарядки могут быть реализованы либо на тиристорных модулях, либо на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT транзисторах).

Тиристоры – это полупроводниковые устройства, которые обеспечивают плавное управление потоком энергии и способны работать при высоких температурах. Они также обладают высокой надежностью и долговечностью, что делает их привлекательным выбором для зарядных станций электромобилей. Тиристоры имеют простую схему управления и малое количество деталей, что облегчает их техническое обслуживание.

С другой стороны, IGBT транзисторы – это мощные транзисторы, которые характеризуются высокой скоростью переключения и высокой энергоэффективностью. Они часто используются для управления мощными электромоторами и имеют широкий спектр применения в электронных устройствах. Однако, их сложная схема управления и большее количество деталей могут сделать их менее надежными и долговечными в сравнении с тиристорами.

Краткий сравнительный анализ двух технологий позволяет выделить несколько ключевых преимуществ тиристорного модуля перед IGBT транзистором в контексте зарядных станций для электромобилей. Одним из основных преимуществ является высокая надежность и долговечность тиристоров, что обеспечивает стабильную работу зарядной станции на протяжении длительного времени без необходимости частой замены деталей. Это также позволяет снизить затраты на техническое обслуживание и увеличить срок службы устройства.

Другим важным преимуществом тиристоров является простота схемы управления, что облегчает их интеграцию в систему зарядной станции и уменьшает вероятность возникновения сбоев в работе. Это упрощает процесс эксплуатации зарядной станции и увеличивает удобство использования для конечных пользователей.

Кроме того, тиристорный модуль обладает высокой энергоэффективностью и способен обеспечить быструю и эффективную зарядку электромобилей, что является важным критерием при выборе зарядной станции. Благодаря своей высокой производительности, тиристоры позволяют сократить время зарядки и обеспечить пользователю быстрый доступ к заряженному автомобилю.

Таким образом, сравнительный анализ тиристорного модуля и IGBT-транзистора дает явное преимущество в пользу первого в контексте зарядных станций для электромобилей. Высокая надежность, долговечность, простота управления и энергоэффективность делают тиристоры оптимальным выбором для обеспечения стабильной и эффективной зарядки электромобилей.

В работе рассмотрено применение следующего поколения устройств – двунаправленных преобразователей.

Далее составим проект станции на номинальную мощность 240 кВт. Такая станция подходит под критерии объектов для получения субсидии от государства на покупку и монтаж быстрых зарядных станций.

Выводы по главе 1

В главе рассмотрены факторы, приводящие к росту числа электромобилей и, соответственно, росту количества инфраструктуры для их обслуживания, например, зарядных станций.

Для последующего проектирования безопасной и отвечающей всем современным требованиям электрочарядной станции выделены необходимые нормативные документы, которым должны соответствовать электромобили, а также зарядные станции для них.

Далее рассмотрены особенности зарядки аккумуляторных батарей для электромобилей, определены принципиальные отличия двух способов – зарядка с помощью переменного и постоянного токов, проанализированы их достоинства и недостатки.

Приведено описание действующей на сегодняшний день в России пилотной программы по внедрению зарядной инфраструктуры.

Кроме того, показан опыт внедрения зарядных станций в России в рамках реализации проекта по созданию зарядной инфраструктуры для электротранспорта на базе зарядной станции от ПАО «Россети».

На заключительном этапе выделены принципиальные архитектуры зарядных станций и определена мощность проектируемой далее станции – 240 кВт.

2 Выбор оборудования

2.1 Внешнее электроснабжение зарядной станции

Внешнее электроснабжение станции осуществляется от существующей трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ до силового шкафа, от которого осуществляется непосредственное подключение станции. Точка присоединения – шины РУ-0,4 кВ ТП, подключение выполняется кабельной линией, проложенной в земле. Согласно ПУЭ, «При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака. Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки должна быть не менее 0,7 м; при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения 1 м» [17]. Что касается защиты проектируемых кабельных линий – «Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия плитами или глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей; при рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля - вдоль трассы кабельной линии. Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается» [17]. Стоит также отметить, что «кабели до 1 кВ должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения. Асфальтовые покрытия улиц и т. п. рассматриваются как места, где разрытия производятся в редких случаях. Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1 кВ, питающих электроприемники I категории, допускается в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты» [17].

Кроме того, «кабели необходимо укладывать с запасом по длине, достаточным для компенсации температурных деформаций кабеля и конструкций» [17], а также возможных смещений слоев грунта.

Рассчитаем приблизительный запас кабеля:

– 5%, учитывающий изгибы на углах и поворотах, перепады отметок по кабельной трассе, петли при пересечении потоков кабелей и выходе с трассы к оборудованию, строительные отклонения от проектных отметок, обходы выступающих частей строительных конструкций, санитарно-технических устройств и других коммуникаций;

– 3% в соответствии с СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства»;

– 2% на разделки.

Итого 10% запаса.

Для электроснабжения силового шкафа для зарядной станции общей мощностью 240 кВт примем кабель марки ВБбШв – это силовой бронированный лентами кабель, с медной жилой, изоляцией и защитным шлангом из ПВХ. Сечение кабеля определим исходя из следующих условий:

– По условиям прохождения длительно-допустимого тока:

Рассчитаем максимальное значение рабочего тока по формуле 1:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{240}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,85} = 408 \text{ А}, \quad (1)$$

где P – активная мощность, кВт;

U – напряжение, кВ;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности.

По условиям прохождения длительно-допустимого тока подходят кабели сечением 4х240 ($I_{\text{дл}}=438$ А). Предварительный выбор – ВБбШв 4х240

Выполним проверку сечения кабеля по термической стойкости к токам КЗ по формуле 2:

$$S = \frac{I_{\text{кз}} \cdot t}{C} = \frac{4400 \cdot 0,3}{94} = 14 \text{ мм}, \quad (2)$$

где $I_{\text{кз}}$ – ток КЗ, по данным заказчика $I_{\text{кз}}=4,4$ кА;

t – время срабатывания основной защиты, $t=0,3$ с;

C – постоянная времени, зависящая от вида изоляции и материала жил кабеля, для кабеля ВБбШв $C=94 \text{ А}\cdot\text{с}^{1/2}/\text{мм}^2$.

Ближайшее сечение – 25 мм. Предварительный выбор – ВБбШв 4х25.

Также, согласно ПУЭ, «Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение S , мм², определяется из соотношения» [17] по формуле 3:

$$S = \frac{I_p}{J_{\text{эк}}} = \frac{408}{2,5} = 163,2 \text{ мм}^2, \quad (3)$$

где $J_{\text{эк}}$ – Экономическая плотность тока, в рассматриваемом случае $J_{\text{эк}}=2,5 \text{ А}/\text{мм}^2$.

Ближайшее сечение – 185 мм. Предварительный выбор – ВБбШв 4х185.

Сравнив значения, выберем наибольшее. Предварительный выбор – ВБбШв 4х240.

Выполним проверку на возгорание (расчет выполнен на основании циркуляра РАО "ЕЭС России" номер Ц-02-98).

Необходимые расчетные параметры:

1. Значение начальной температуры жилы до КЗ определим по формуле 4:

$$\Theta_{\text{н}} = \Theta_0 + (\Theta_{\text{дд}} - \Theta_{\text{окр}}) \left(\frac{I_p}{I_{\text{дд}}} \right)^2 = 15 + (60 - 15) \left(\frac{408}{438} \right)^2 = 54 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (4)$$

где « Θ_0 – фактическая температура окружающей среды во время КЗ

$$\Theta_0 = 15^\circ\text{C};$$

$\Theta_{\text{дд}}$ – значение расчётной длительной допустимой температуры жилы кабеля, $\Theta_{\text{дд}} = 70^\circ\text{C}$;

$\Theta_{\text{окр}}$ – значение расчётной температуры окружающей среды, $\Theta_{\text{окр}} = 15^\circ\text{C}$;

I_p – значение тока в кабеле перед КЗ» [25].

2. Тепловой импульс от тока КЗ определим по формуле 5:

$$\begin{aligned} B_{\text{тер}} &= I_{\text{кз}}(t + T_{\text{аэ}}) + (0,3I_{\text{кз}} + I_{\text{по,а.д.}} + 0,1I_{\text{по,а.д.}})t = \\ &= 4,4(0,3 + 0,1) + (0,3 \cdot 4,4 + 0 + 0)0,3 = 2,056 \text{ кА} \cdot \text{с}, \end{aligned} \quad (5)$$

где « $I_{\text{кз}}$ – ток КЗ, по данным заказчика $I_{\text{кз}}=4,4$ кА;

t – время срабатывания защиты, $t=0,3$ с;

$T_{\text{аэ}}$ – эквивалентная постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ от удалённых источников, $T_{\text{аэ}} = 0,02$ с для сети 0,4 кВ.

$I_{\text{по,а.д.}}$ – начальное значение периодической составляющей тока подпитки от асинхронных электродвигателей. В рассматриваемом случае $I_{\text{по ад}} = 0$ кА» [25].

3. Температура жилы непосредственно после КЗ определяется по формуле 6:

$$\Theta_k = \Theta_n \cdot e^k + a \cdot (e^k - 1), \quad (6)$$

где $a = 228,00$ °С - величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0 °С,

k – коэффициент теплового импульса,

$$k = \frac{b \cdot B_{\text{тер}}}{S},$$

где b – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы кабеля. Для меди $b = 19,58$ мм⁴/(кА²·с)

S – сечение жилы кабеля.

$$k = \frac{19,58 \cdot 2,056}{240^2} = 0,0007,$$

$$\Theta_k = 54 \cdot e^{0,0007} + 45,65 \cdot (e^{0,0007} - 1) = 59,62$$

$$\Theta_k = 59,62^\circ\text{C} < \Theta_{\text{доп}} = 350^\circ\text{C}$$

$\Theta_{\text{доп}} = 350^\circ\text{C}$ - значение расчётной допустимой температуры нагрева жил кабеля.

Выполним проверку по потерям напряжения по формуле 7.

$$\Delta U = \frac{P \cdot L}{k \cdot S} = \frac{240 \cdot 200}{72 \cdot 240} = 2,78\%, \quad (7)$$

где L – длина линии, в рассматриваемом случае $L = 200$ м;

k – коэффициент, учитывающий материал проводника, в рассматриваемом случае $k=72$;

S – сечение жилы кабеля, в рассматриваемом случае $S = 240$ мм².

Согласно РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей «значения предельных потерь напряжения в нормальном режиме в сетях 0,38 кВ (от ТП до вводов) не более 4-6%» [20], поэтому кабель ВБбШв 4х240 удовлетворяют условиям по потерям напряжения.

Кабели ВБбШв:

«– Пригодны для прокладки без ограничения разности уровней по трассе прокладки, в том числе на вертикальных участках.

– Применяются для эксплуатации в электрических сетях переменного напряжения с заземлённой или изолированной нейтралью, в которых продолжительность работы в режиме однофазного короткого замыкания на землю не превышает 8 часов, а общая продолжительность работы в режиме однофазного короткого замыкания на землю не превышает 125 часов за год.

– Класс пожарной опасности по ГОСТ 31565-2012: О1.8.2.5.4.

–Применяются при наличии опасности механических повреждений кабеля» [9].

Ближайшими альтернативами выбранному кабелю являются аналогичные кабели с алюминиевыми жилами (АВБбШв) и кабель, в изоляции из сшитого полиэтилена с медными и алюминиевыми жилами (ПвБбШнг(А)-LS и АПвБбШнг(А)-LS соответственно). Выбор медных жил обусловлен большим значением длительно допустимых токов при меньшем сечении кабеля. Что касается кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, несмотря на тот факт, что они обладают еще большими значениями длительно допустимых токов и более высокой надёжности в эксплуатации, от них также решено отказаться при реализации проекта электроснабжения зарядной станции по причине высокой стоимости строительства, недостаточного опыта в эксплуатации такого типа кабелей, неготовности оперативного обслуживания в современных реалиях, а также из-за наличия токов в экранах кабелей, которые по своим значениям очень близки к токам, протекающим в токопроводящих жилах.

Из рассмотрения так же исключены кабели с бумажной пропитанной изоляцией. При более низкой стоимости, у них есть ряд существенных недостатков: высокая повреждаемость, ограничения по нагрузочной способности, ограничения по разности уровней прокладки, низкая технологичность монтажа муфт.

Перейдем к рассмотрению силового шкафа – он представляет из себя металлический корпус в антивандальном исполнении степенью защиты не ниже IP54.

Силовой шкаф оборудован аппаратами защиты – автоматическими выключателями. К установке приняты выключатели DPX³ 630 3П 400А 36кА характеристика срабатывания В производства Legrand [2]. В шкафу также размещаются узлы коммерческого учета электрической энергии (приборы учета с трансформаторами тока).

Выбор времятоковой характеристики типа В обусловлено тем, что в линии нет высоких пусковых токов, наличие которых приводило бы к ложным срабатываниям аппаратов, при этом такие устройства обладают высокой чувствительностью – электромагнитный расцепитель срабатывает при превышении номинального тока на 200%, а время на срабатывание составляет 0,015 сек. Срабатывание биметаллической пластины занимает 4-5 сек. Сравнение времятоковых характеристик показано на рисунке 6.

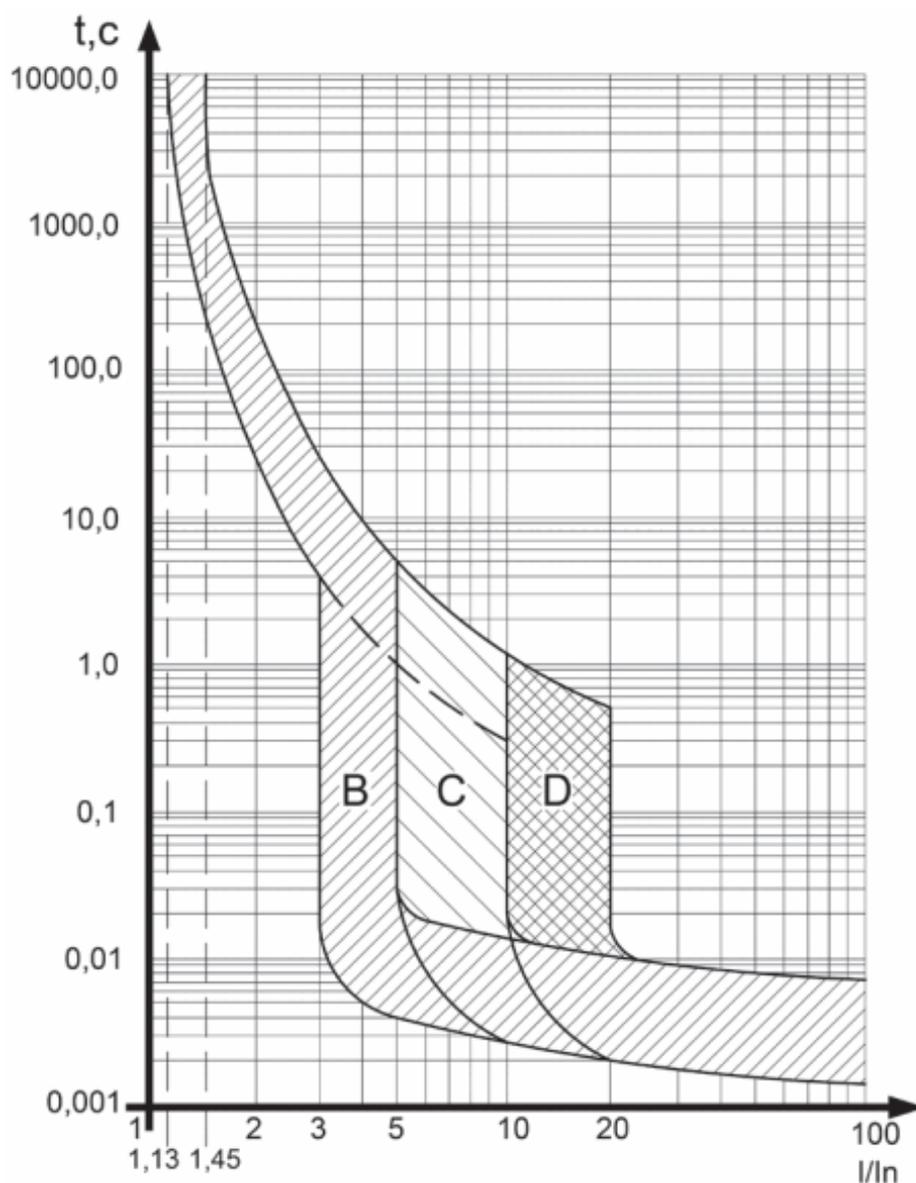


Рисунок 6 – Сравнение времятоковых характеристик автоматического выключателя

Для быстрого перевода нагрузки на резервное питание в случае возникновения аварийной ситуации необходимо предусмотреть блок автоматического ввода резерва, в качестве которого выбран блок автоматического ввода резерва OptiSave H-243-УЗ [4].

«Блок автоматического ввода резерва состоит из нескольких функциональных устройств, которые осуществляют измерение параметров сети, сравнение их с необходимыми уставками и выдачу управляющих сигналов при помощи релейных контактов.

Как самостоятельное устройство БАВР включает в себя корпус, изготовленный из негорючего термопластичного материала, размещенные внутри него печатные платы с электронными компонентами, и крепежные элементы.

Органы управления и индикации размещены на лицевой панели, а разъемы для подключения внешних устройств размещены на коммутационных панелях» [4].

Однолинейная схема электроснабжения показана на рисунке 7.

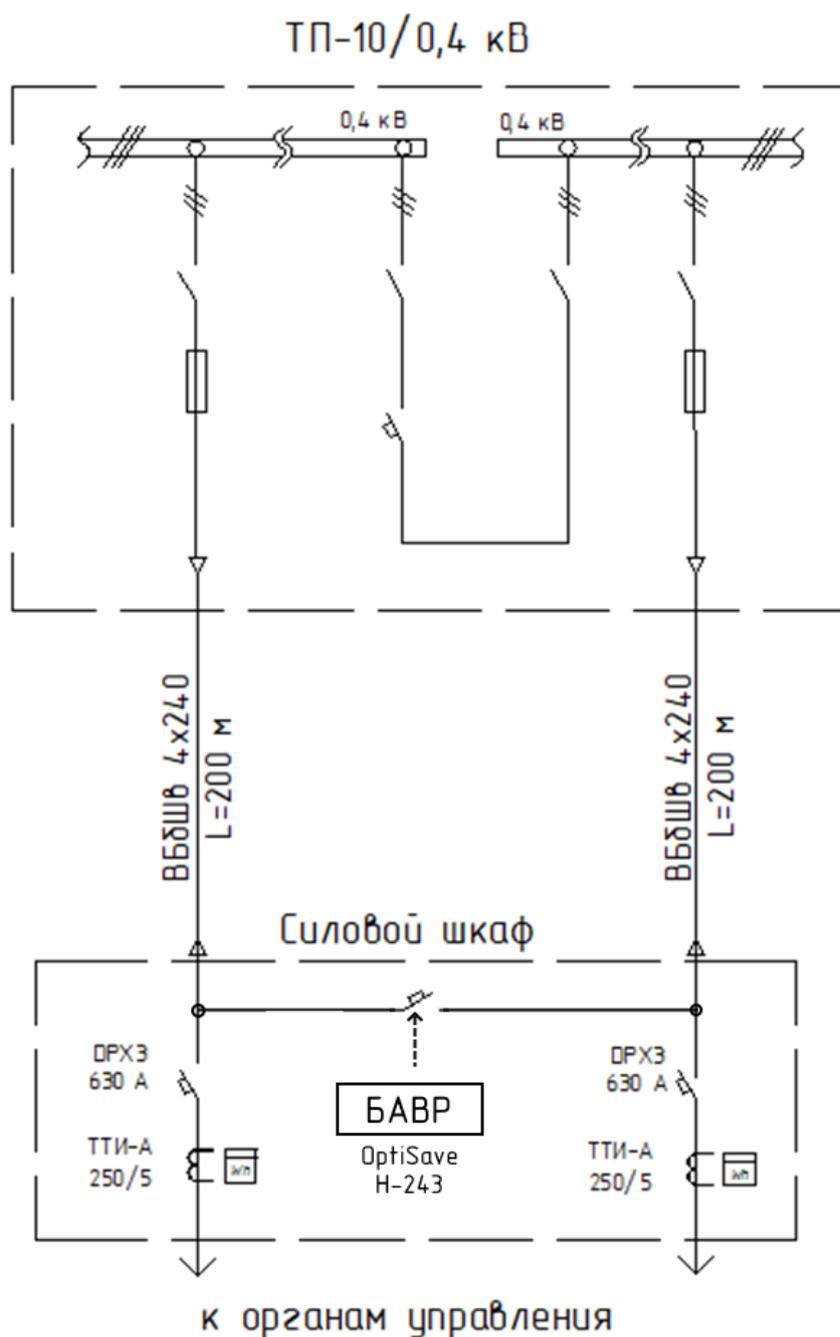


Рисунок 7 – Принципиальная однолинейная схема электроснабжения

Дополнительно, по заданию заказчика, силовой шкаф должен быть оборудован дополнительными защитами от несанкционированного доступа.

Защитное реле PILZ PNOZ s4 24VDC 3 n/o 1 n/c, которое показано на рисунке 8, служит для «контроля аварийного останова и защитных ограждений [8]». Иными словами, с помощью этого устройства происходит

аварийное отключение присоединений при несанкционированном доступе в силовой шкаф.



Рисунок 8 – Защитное реле PILZ PNOZ s4

В паре с защитным реле работает и защитный датчик, работающий по технологии FID (англ. Radio Frequency IDentification, радиочастотная идентификация) – «способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах (или RFID-метках)» [8].

В качестве защитного датчика принято устройство PILZ PSEN cs4.1a /PSEN cs4.1 1unit.

2.2 Оборудование и компоненты зарядной станции

Типовая зарядная станция для электромобилей состоит из:

- модуля управления HMI,

- RFID-считывателя для контроля доступа,
- счётчика электрической энергии,
- менеджера нагрузки,
- коннектора для подключения зарядных кабелей,
- силовых компонентов.

Концепция автомобильной зарядной станции показана на рисунке 9.

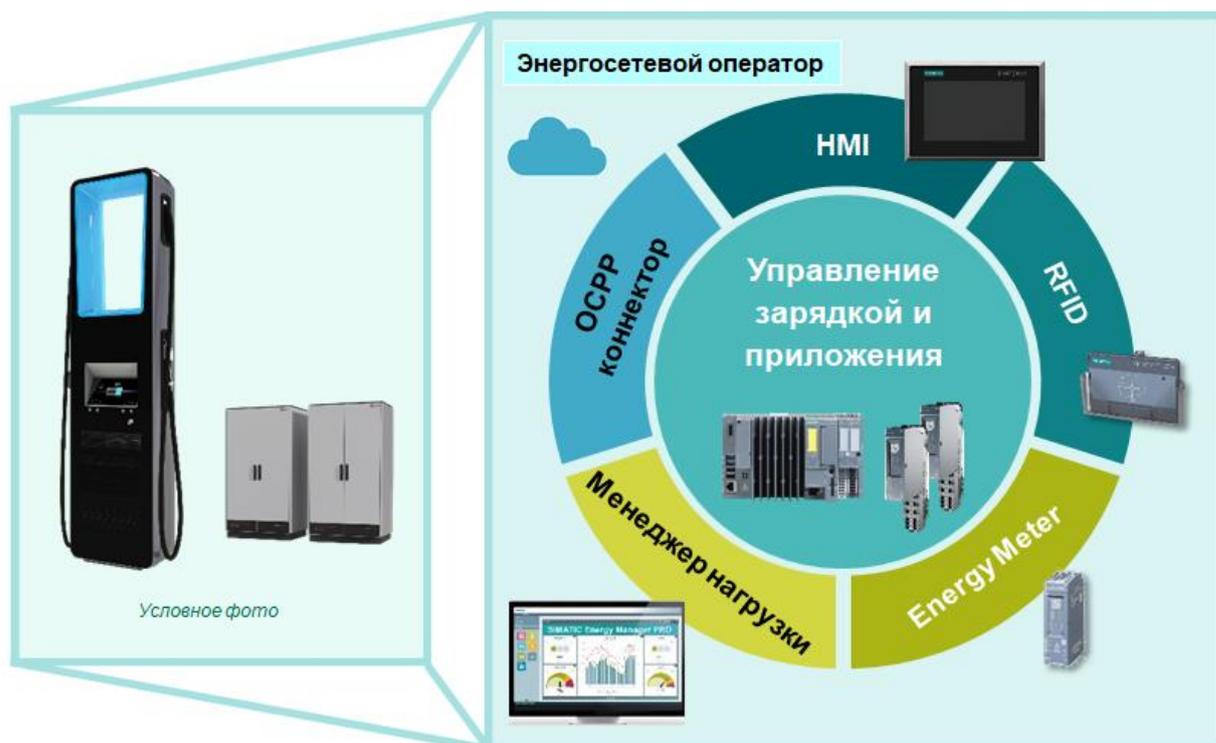


Рисунок 9 – Концепция автомобильной зарядной станции

Типовая зарядная станция включает в себя несколько ключевых узлов, которые обеспечивают её эффективную и надёжную работу. Рассмотрим подробно каждый компонент, используемый в работе.

Модуль управления HMI (Human-Machine Interface, человеко-машинный интерфейс) – «интерфейс между оператором и зарядной станцией. Модуль предоставляет оператору возможность контролировать и управлять станцией, отображая информацию о зарядных процессах, текущем статусе станции, доступных опциях и других параметрах» [29]. HMI обеспечивает

удобство использования и позволяет оператору легко манипулировать функциями зарядной станции, например определять необходимое количество энергии для зарядки.

RFID-считыватель (радиочастотная идентификация) является важным компонентом зарядной станции, используемым для контроля доступа. Он позволяет идентифицировать и автоматически распознавать пользователей, основываясь на RFID-метках или картах, что обеспечивает безопасность использования станции и предотвращает несанкционированный доступ.

Счётчик электрической энергии необходим для измерения и учёта энергопотребления зарядной станции. Он отслеживает количество потребляемой энергии во время зарядки автомобилей и обеспечивает точные данные о затратах электроэнергии. С помощью таких данных можно контролировать затраты на энергию, оптимизировать использование ресурсов и проводить анализ энергоэффективности зарядной станции. Также с помощью счётчика рассчитывается стоимость зарядки для пользователя.

Следующий компонент – менеджер нагрузки, он управляет и балансирует нагрузку на зарядной станции. Также он определяет, какие автомобили имеют приоритет в зарядке, основываясь на различных факторах, таких как доступность мощности, приоритетные задачи и другие факторы. Менеджер нагрузки гарантирует оптимальное использование ресурсов и предотвращает перегрузку электросети.

Коннектор для подключения зарядных кабелей является физическим интерфейсом, который позволяет подключать электромобили к зарядной станции. Коннекторы обычно соответствуют различным стандартам зарядки, таким как CCS (Combined Charging System), CHAdeMO или Type 2. Они обеспечивают надёжное и безопасное соединение между автомобилем и зарядной станцией.

При выборе производителя компонентов для разрабатываемой зарядной станции выбран Siemens. Siemens известен своим высоким качеством и надёжностью продукции в области автоматизации и

энергетического оборудования. Модульность компонентов Siemens позволяет легко решать интеграционные вопросы и собирать конфигурацию точно под нужды клиента. Благодаря высокому уровню функциональности, гибкости и надёжности продукции Siemens обеспечивается эффективная и безопасная работа зарядной станции.

Произведя анализ каталога компонентов и модулей, решено использовать следующие компоненты.

В качестве главного модуля выбран SIMATIC ET 200SP Open Controller + ECC TM. Он изображен на рисунке 10. Это «интеллектуальный контроллер, разработанный компанией Siemens, специально для использования в зарядных станциях электромобилей. Он предоставляет гибкую и эффективную платформу для программирования и автоматизации работы зарядной станции, поддерживает разработку программного обеспечения с использованием стандартных языков программирования, таких как SCL, LAD, FBD и STL, что обеспечивает гибкость и удобство в работе. Контроллер имеет встроенный ECC TM (Energy Control Center Traffic Management)» [28], который обеспечивает эффективное управление энергией и позволяет балансировать нагрузку зарядной станции. Он также обеспечивает безопасность операций зарядки, предотвращая перегрузку и несоответствие электрических параметров.



Рисунок 10 – Главный модуль управления Siemens

В качестве модуля управления HMI выбран SIMATIC HMI Comfort Panel. Визуально он представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Панель управления Siemens

SIMATIC HMI Comfort Panel – это «перспективная серия панелей операторов для решения широкого круга задач человеко-машинного интерфейса. Отсутствие вращающихся частей, небольшая монтажная глубина, высокая стойкость к вибрационным и ударным, а также электромагнитным воздействиям позволяют использовать панели этой серии в жёстких промышленных условиях, успешно решать задачи оперативного управления и мониторинга на уровне производственных машин и установок» [29]. Панели Comfort имеют стандартное промышленное исполнение и фронтальную часть корпуса с классом защиты IP65.

В качестве RFID-считывателя выбран RF1060R. «RFID-считыватель Simatic RF1060R – это высокотехнологическое устройство, предназначенное для чтения и записи информации с использованием технологии радиочастотной идентификации (RFID). Этот считыватель может работать с RFID-метками, основанными на стандартах ISO 15693 и ISO 14443A/B» [30]. RF1060R обладает высокой производительностью и обеспечивает быструю и точную идентификацию меток RFID. Аппарат показан на рисунке 12.



Рисунок 12 – Считыватель меток RF1060R

В качестве счётчика электрической энергии непосредственно зарядной станции выбран SM 1238 Energy Meter 480 V AC – это «современное устройство, предназначенное для точного измерения электроэнергии в

системах переменного тока» [27]. Устройство показано на рисунке 13. «SM 1238 Energy Meter обладает высокой точностью и надёжностью измерения, что позволяет обеспечить точный учёт и контроль потребления электроэнергии» [27]. Он предлагает широкий диапазон измеряемых параметров, включая активную и реактивную мощность, напряжение, ток, частоту и многое другое. Этот счётчик имеет компактный и прочный корпус, который обеспечивает защиту от внешних воздействий и долгий срок службы устройства.



Рисунок 13 – Счетчик электрической энергии SM 1238 Energy Meter

Так как расчетный (коммерческий учет) счетчик установлен на границе балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности, данный счетчик будем считать узлом технического учета электроэнергии.

В качестве менеджера нагрузки выбран SIMATIC Energy Suite – это «программное обеспечение, разработанное компанией Siemens, которое предоставляет мощные инструменты для управления энергопотреблением и оптимизации энергоэффективности в промышленных системах» [31].

Это программное обеспечение позволяет пользователям мониторить, анализировать и обрабатывать данные о потреблении энергии в режиме реального времени. Оно предоставляет подробную информацию о энергетических потоках, а также позволяет отслеживать параметры, такие как активная и реактивная мощность, напряжение, ток и многое другое.

SIMATIC Energy Suite обеспечивает возможность создания гибких отчетов и дашбордов, а его интерфейс показан на рисунке 14.



Рисунок 14 – ПО SIMATIC Energy Suite

Коннектор для подключения может быть любым, и его выбор зависит от автопарка используемых автомобилей.

Помимо управляющих компонентов, для работы автомобильной зарядной станции требуются силовые компоненты – рассмотрим их подробнее.

Как было сказано ранее, вместо архитектуры на тиристорах или биполярных транзисторах с изолированным затвором в качестве преобразователя рассматривается двунаправленный преобразователь DC/DC.

Для этих целей выбран SINAMICS DCP – «специальный двунаправленный преобразователь постоянного тока DC/DC с понижением и повышением напряжения. Предназначен для систем резервного питания с аккумуляторами, систем альтернативной энергетики (например, солнечных электростанций) и систем заряда электромобилей» [32]. Он показан на рисунке 15.



Рисунок 15 – Преобразователь тока Siemens

Основные характеристики: 120 кВт, 200 А при 600 В, изменение напряжения от 30 В DC - 800 В DC.

Для станции с номинальной мощностью 240 кВт предлагается использовать 7 модулей DCP по 120 кВт каждый. Это связано с особенностями премиум станции, которая имеет большие возможности по силовой части и может работать на выходное напряжение до 920 В.

Модули DCP могут работать параллельно на нагрузку, что позволяет гибко подключать необходимую мощность. Однако, при повышении напряжения выходная мощность блока DCP падает. Например, при напряжении 1000 Вольт выходная мощность будет нулевой.

Использование семи модулей DCP с мощностью 120 кВт каждый обеспечивает достаточную гибкость и надежность для работы станции с высокими требованиями. Это позволяет работать с напряжением до 920 В и обеспечивает надежность работы при различных условиях сети.

Таким образом, выбор 7 модулей DCP соответствует спецификации премиум станции с возможностью работы на высоком напряжении до 920 В и обеспечивает надежность и гибкость в работе с мощной нагрузкой.

Схематично структуру автомобильной зарядной станции изобразим на рисунке 16, а базовую архитектуру на рисунке 17.

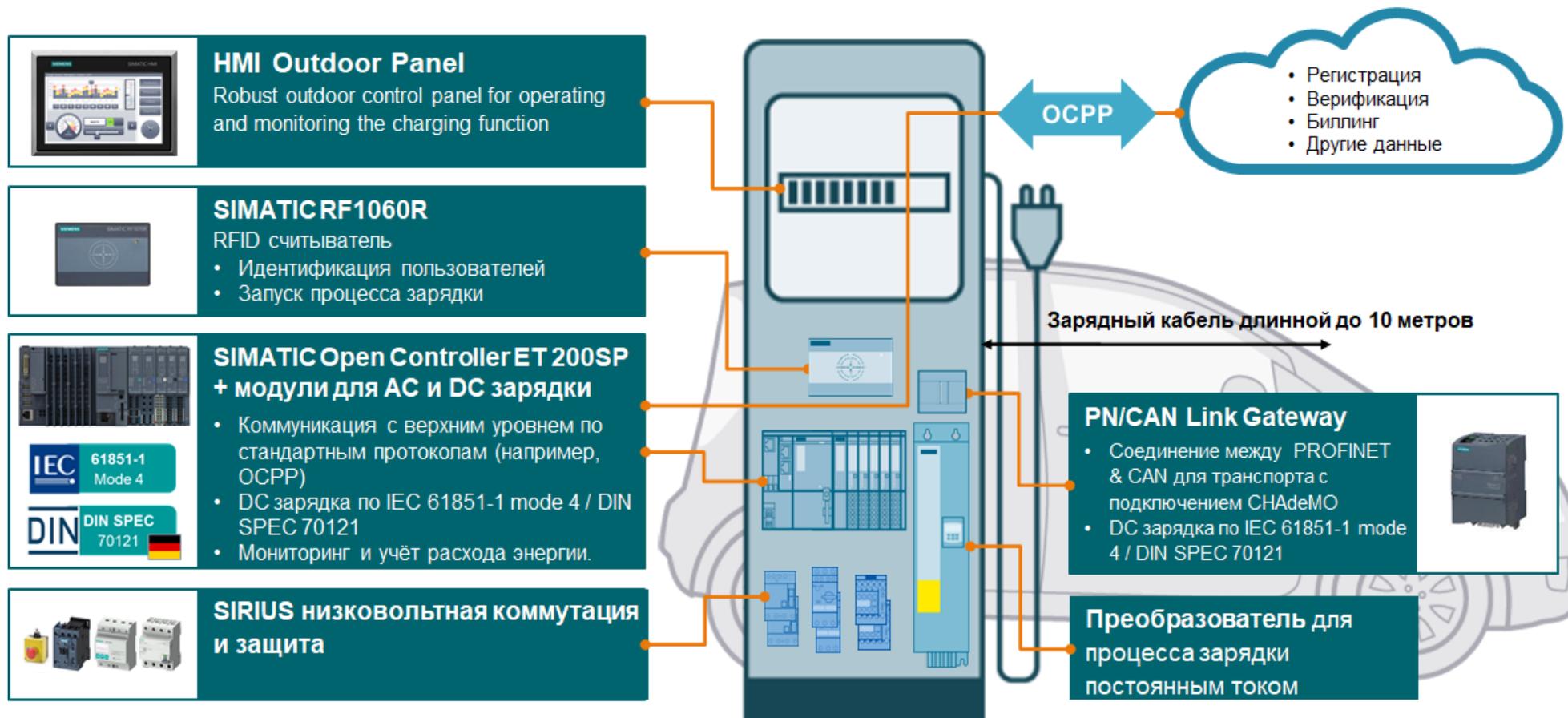


Рисунок 16 – Структура зарядной станции

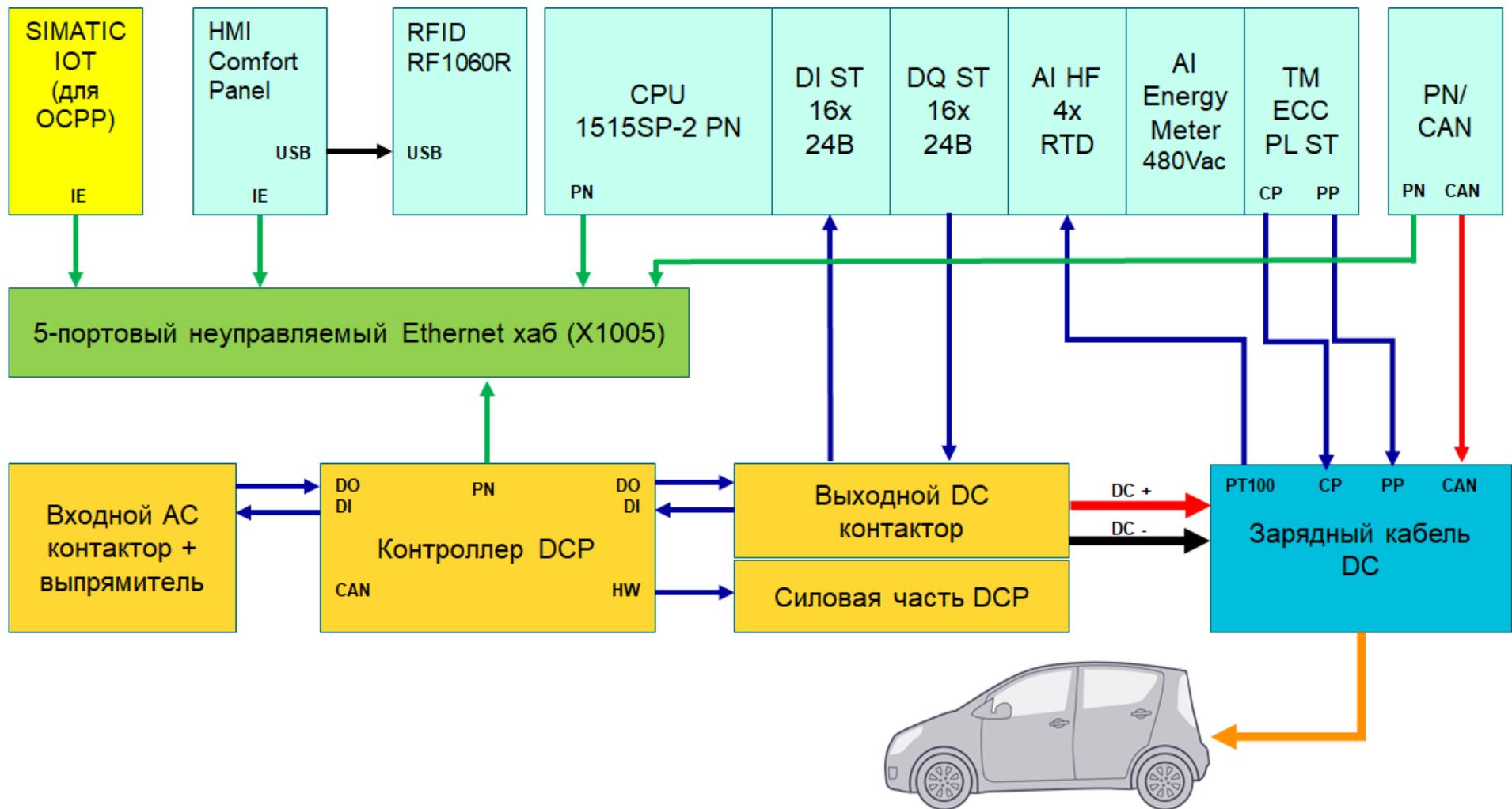


Рисунок 17 – Базовая архитектура зарядной станции

Представленная базовая архитектура зарядной станции постоянного тока показывает структуру основных компонентов и их базовые взаимосвязи для зарядной станции.

Здесь необходимо отметить, что зарядная станция может иметь различные дополнения и функциональность, поэтому структура может быть расширена и дополнена различными другими компонентами.

2.3 Дополнительное оборудование

Функционирование зарядной станции невозможно без вспомогательного оборудования:

- система охлаждения и обогрева;
- зарядный пистолет.

2.3.1 Система охлаждения

Системы кондиционирования зарядных станций для электромобилей играют важную роль в обеспечении надежной работы и продолжительного срока службы зарядной инфраструктуры. Одним из эффективных и надежных устройств для кондиционирования зарядных станций является кондиционер Pfannenberг DTS 3141.

«Кондиционер Pfannenberг DTS 3141 представляет собой высокотехнологичное устройство, специально разработанное для обеспечения оптимальной работы оборудования в широком диапазоне температурных условий» [15]. Он обладает продвинутыми функциями и возможностями, которые делают его идеальным выбором для использования в зарядных станциях электромобилей.

Одним из ключевых преимуществ кондиционера Pfannenberг DTS 3141 является его надежность и долговечность. Благодаря высококачественным материалам и компонентам, а также тщательному контролю качества производства, этот кондиционер обеспечивает непрерывную и стабильную работу даже при экстремальных условиях эксплуатации. Это позволяет

снизить вероятность выхода оборудования из строя и увеличить его срок службы.

Еще одним важным плюсом кондиционера Pfannenberг DTS 3141 является его эффективность. Устройство оснащено интеллектуальной системой управления, которая автоматически регулирует работу кондиционера в зависимости от изменений внешних условий. Это позволяет оптимизировать энергопотребление и снизить эксплуатационные расходы, что является важным и практичным решением для владельцев зарядных станций.

Кроме того, кондиционер Pfannenberг DTS 3141 предлагает широкий спектр функций и возможностей, которые обеспечивают полную защиту оборудования от внешних воздействий. Он обладает защитой от пыли и влаги, а также способен работать в условиях высокой влажности и температуры. Это обеспечивает надежную защиту от коррозии и износа, что продлевает срок службы оборудования.

Кондиционер Pfannenberг DTS 3141 также отличается простотой установки и обслуживания. Благодаря компактным размерам и легкой конструкции, его можно установить на любой тип зарядной станции без необходимости проведения дополнительных модификаций. Кроме того, устройство не требует специальной обслуживающей команды и может легко быть настроено и настроено вручную.

2.3.2 Система обогрева

Наравне с системами кондиционирования, важная роль отводится и системам обогрева. Аналогично системам кондиционирования в данном разделе предпочтение так же отдается компании Pfannenberг и к установке принят компактный нагреватель с вентилятором PFN 1000 – «это надежное и компактное устройство, способное обеспечить эффективный обогрев зарядных станций даже при экстремальных температурах» [14].

Благодаря высокой мощности и точному регулированию температуры, нагреватель PFN 1000 обеспечивает быстрый и равномерный нагрев

зарядных устройств, что позволяет оборудованию сохранять работоспособность в любых погодных условиях.

Одним из ключевых преимуществ нагревателя PFN 1000 является его компактный размер, который позволяет установить устройство даже в самых ограниченных пространствах. Это особенно важно для зарядных станций, которые часто располагаются на открытых площадках или в условиях ограниченного пространства.

Нагреватель PFN 1000 обладает высокой степенью защиты от пыли и влаги, что делает его идеальным выбором для использования в любых климатических условиях. Благодаря специальному корпусу из устойчивого к негативным внешним воздействиям материала, нагреватель PFN 1000 надежно защищает оборудование от влаги, грязи и других негативных воздействий.

Другим важным преимуществом нагревателя PFN 1000 является его высокая энергоэффективность. Устройство потребляет минимум электроэнергии, что позволяет существенно сократить эксплуатационные расходы зарядных станций и повысить общую эффективность работы системы.

Благодаря простой и интуитивно понятной системе управления, нагреватель PFN 1000 легко настраивается и изменяет температурные параметры в соответствии с требованиями пользователя. Пользовательский интерфейс оборудования интуитивно понятен даже для неопытных пользователей, что упрощает процесс настройки и обслуживания устройства.

Одним из основных вариантов применений нагревателя PFN 1000 является обогрев зарядных станций, установленных на открытых площадках или в условиях низких температур. В таких условиях зарядные устройства могут быстро охлаждаться и терять эффективность, что может привести к снижению скорости зарядки электромобилей и увеличению времени их простоя. Нагреватель PFN 1000 помогает избежать подобных проблем,

обеспечивая стабильную и эффективную работу зарядных устройств в любых условиях.

2.3.2 Зарядный кабель

Зарядный пистолет позволяет подключить электромобиль к зарядной станции. Зарядные пистолеты обычно оснащены различными механизмами защиты от перегрузок и коротких замыканий, что обеспечивает безопасность во время зарядки.

«Также специальный зарядный пистолет может иметь различные функции и возможности, такие как регулирование мощности зарядки, отображение уровня заряда аккумулятора и другие полезные опции» [7].

Для рассматриваемой станции выберем пистолет стандарта CHAdeMO, 200 А, 4 м. Эскиз разъема CHAdeMO показан на рисунке 18.



Рисунок 18 – Эскиз разъема CHAdeMO

Кроме того, чтобы участвовать в господдержке зарядных станций, необходимо оборудовать ее еще двумя коннекторами: GB/T и CCS2.

Китайский стандарт зарядки электромобилей Gb/T обладает следующими характеристиками: максимальная пропускная мощность Gb/T – 900 кВт/ч при токе 600 А и напряжении 1,4 кВ. С такими характеристиками

он может за 15 минут подзарядить транспорт до 80%. По такому протоколу может реализовываться зарядка как переменным током (медленная зарядка), так и постоянным током (быстрая зарядка).

Для рассматриваемой станции выберем пистолет стандарта GB/T, 200 А, 5 м. Эскиз разъема GB/T показан на рисунке 19.



Рисунок 19 – Эскизы разъемов GB/T
Слева – для постоянного тока, справа – для переменного

Разъем оснащен тройной системой блокировки, которая предотвращает случайное отключение от машины в ходе подзарядки.

«С этими разъемами совместимы исключительно электромобили и гибриды, которые сделаны для Китая. Среди них: Tesla Model 3, S и X; Chevrolet Volt, Mitsubishi OUTLANDER PHEV, Nissan Leaf, Renault Zoe, Hyundai Kona, Chery eQ EV, Volkswagen e-Golf и другие электрокары» [11].

Третий разъем проектируемой станции – CSS2. Обычно, зарядные станции оборудованы парой разъемов CSS2 в Gb/T, для видового

разнообразия разъемов в рассматриваемой проектируемой станции примем эту пару к установке.

CCS2 на данный момент является самым современным и быстрым стандартом зарядки машины в РФ и Европе

CCS2 поддерживает максимальную выходную мощность до 350 кВт. Полностью разряженную батарею электромобиля можно зарядить до 80 % емкости в течение 30 минут, максимальное напряжение – 1000 В, ток – 250 А.

Для рассматриваемой станции выберем пистолет стандарта CCS2, 200 А, 5 м. Эскиз разъема CCS2 показан на рисунке 20.

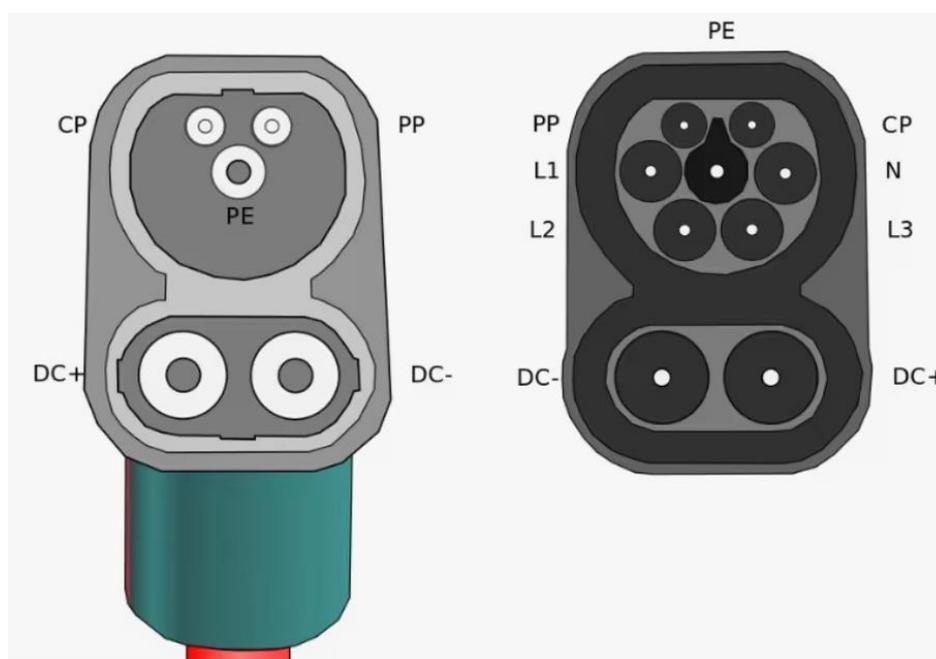


Рисунок 20 – Эскиз разъема CSS2

Выбор зарядных кабелей с такими характеристиками длины и тока обоснован несколькими факторами:

1. Это позволяет значительно сократить время зарядки автомобиля. Чем выше ток заряда, тем быстрее происходит заряд аккумулятора.

2. Максимальный ток зарядки 200-250 А обеспечивает эффективную зарядку батареи с большой ёмкостью. Современные электромобили имеют

все более емкие батареи, и для быстрой и эффективной зарядки им необходимы мощные зарядные устройства.

3. Длина кабеля 4-5 м также имеет значение при выборе зарядного пистолета. Она обеспечивает удобство при подключении автомобиля к зарядной станции, позволяя водителю маневрировать около автомобиля и выбирать наиболее удобное положение. Кроме того, достаточная длина кабеля позволяет избежать необходимости парковать автомобиль слишком близко к зарядной станции, что удобно в случае ограниченного пространства.

4. Таким образом, выбор специальных зарядных пистолетов с током 200-250 А и длиной кабеля 4-5 м обоснован не только потребностью в быстрой и эффективной зарядке электромобилей, но и удобством использования для водителя. Это позволяет сократить время зарядки, обеспечить эффективное заполнение батареи и удобное подключение к зарядной станции.

Выводы по главе 2

В главе для проектируемой станции мощностью 240 кВт определена схема внешнего электроснабжения станции – от существующей трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ до силового шкафа, от которого осуществляется непосредственное подключение станции.

Произведен выбор оборудования для сетей внешнего электроснабжения. Все выбранное оборудование отражено далее на принципиальной однолинейной схеме электроснабжения зарядной станции. Кроме того, по специальному заданию заказчика, предусмотрена усиленная защита силового шкафа от несанкционированного доступа на базе защитного реле и RFID-ключа марки PILZ.

Далее определен состав ключевых узлов станции, которые обеспечивают её эффективную и надёжную работу, это модуль управления НМІ, счётчик электрической энергии, менеджер нагрузки, коннектор для подключения зарядных кабелей, силовые компоненты.

Также выбрано и дополнительное оборудование зарядной станции: системы кондиционирования и обогрева, зарядные кабели 3 стандартов для разнообразия возможных подключаемых автомобилей.

На заключительном этапе получена структурная схема и показана базовая архитектура зарядной станции.

3 Определение технико-экономических показателей проекта системы электроснабжения модуля для зарядной станции электромобилей

В работе рассматривается зарядная станция с быстрой зарядкой –с зарядкой непосредственно постоянным током на станциях быстрой зарядки. Зарядный кабель постоянно подсоединен к зарядной колонке, а зарядные токи достигают значений более 200 А. Штекерное соединение предусмотрено только со стороны автомобиля, стандарты – CHAdeMO, Gb/T, CSS2.

Рассмотрим затраты на предлагаемый проект зарядной станции. Обоснование выбора оборудования приведено в главе 2 данной работы.

3.1 Внешнее электроснабжение зарядной станции

Как было отмечено ранее, внешнее электроснабжение станции осуществляется от существующей трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ кабельной линией до силового шкафа, от которого осуществляется непосредственное подключение станции.

Основные затраты в разделе «Внешнее электроснабжение зарядной станции» приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные затраты в разделе «Внешнее электроснабжение зарядной станции»

Наименование	Модель	Количество	Стоимость, т.р.
1	2	3	4
Силовой шкаф	ШТК-18.800-M-A ReDGeN	1 шт	36,9
Дополнительная защита от несанкционированного доступа для силового шкафа		комплект	
– Защитное реле	PILZ PNOZ s4 24VDC 3 n/o 1 n/c	1 шт	33,8

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
– Защитный датчик	PILZ PSEN cs4.1a /PSEN cs4.1 1unit	1 шт	25,5
Кабель силовой	ВБ6Шв 4х240	400 м	3200
Автоматический выключатель	DPX ³ 630 3П 400А 36кА Legrand	3 шт	136
Узел учета		2 комплекта	
- Счетчик электрической энергии	Меркурий 234 ARTM-03 DPBR.F04	2 шт	52,6
- Трансформаторы тока	ТТИ 450/5	6 шт	6
Блок автоматического ввода резерва	OptiSave H-243-У3	1 шт	87
Итого на внешнее электроснабжение			3577,8

Примечание: применение дополнительных защит от несанкционированного доступа для силового шкафа увеличивает стоимость объекта, но является обязательным требованием заказчика и не относится к избыточным затратам.

3.2 Оборудование и компоненты зарядной станции

Рассмотрим оборудование зарядной станции на 240 кВт. Это достаточно крупная и мощная станция, которую можно с удобством разместить в зонах высокого автомобильного трафика – в зонах отдыха на автомагистралях, автозаправочных станциях, станциях технического обслуживания и других объектах придорожного сервиса, где водители могут быстро подзарядить аккумулятор электромобиля во время остановок при путешествиях на дальние расстояния.

Перечень (спецификация) коммутационного оборудования показан в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень (спецификация) коммутационного оборудования

Название	Модель	Количество	Стоимость, т.р.
Контактор передзряда 132кВт 400V AC3	3RT1065-6AB36	2	5,46
Автоматический выключатель	3VA2716-5AC13-0AA0-Z T3O	1	65
Дополнительные аксессуары к автоматическому выключателю:	-	-	-
Дополнительные удлиненные контакты	3VW9011-0AL78	1	10
Лицевые панели	3VW9724-0WF40	1	
Устройства блокировки положения флажка	3VW9727-0LB10	1	
Выключатель нагрузки	3VA2463-5KP42-0AA0	1	32
Дополнительные аксессуары к выключателю нагрузки	-	-	-
Дополнительные клеммы	3VA9404-0JJ23	1	15
Модуль коммуникации	3VA9387-0TB10	1	
Концентратор данных	3VA9987-0TA10	1	
Кабели вторичных цепей	3VA9987-0TC10	1	
	3VA9987-0TC20	1	
Коммуникационный модуль Ethernet	7KM9300-0AE02-0AA0	1	26
Предохранители	3NH72604	4	17
Корпус для предохранителей	3NE12274D	4	10
Итого на коммутационное оборудование			175,46

Примечание: необходимость применения дополнительного оборудования продиктовано инструкциями производителя и строго отвечает всем требованиям безопасной эксплуатации совместно с выбранным оборудованием.

Перечень (спецификация) оборудования системы управления на основе программного контроллера SIMATIC и ET200SP показан в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень (спецификация) оборудования системы управления

Название	Модель	Количество	Стоимость, т.р.
1	2	3	4
Блок питания 10А	6EP3334-8SB00-0AY0	1	18

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
Процессор центральный SIMATIC ET 200SP Open Controller, CPU 1515SP PC2	6ES7677-2DB42-0GB0	1	97
Интерфейсный адаптер ET200	6ES7193-6AR00-0AA0	1	8
Модуль цифровых входов ET 200SP	6ES7131-6BH01-0BA0	1	9
	6ES7132-6BH01-0BA0	1	9
	6ES7134-6JD00-0CA1	2	16
Базовый блок ET200SP	6ES7193-6BP00-0BA0	2	3
	6ES7193-6BP00-0DA0	3	4,5
	6ES7193-6BP20-0BB1	5	7,5
Контроллер зарядки Simatic ET200SP TM ECC	6FE1242-6TM20-0BB1	2	137
Коммуникационный модуль ET 200SP. CM CAN Gateway Chademo	6ES7137-6EA00-0BA0	1	56
SIMATIC ET 200SP. релейный модуль выходов. RQ NO 4x 120V DC	6ES7132-6HD01-2BB1	10	4,5
SIMATIC ET 200SP. Аналоговый модуль входов. AI 2xU ST	6ES7134-6FB00-0BA1	1	26
Комплект интерфейсного модуля IM155-6PN	6ES7155-6AA01-0BN0	2	25
Панель оператора для внешнего использования HMI 15"	6AV2124-0QC13-0AX0	2	30
Коммутатор-свитчер на 5 портов	6GK5005-0BA10-1AA3	1	20
Шлюз для Profinet к полевой шине SIMATIC PN/CAN LINK	6BK1620-0AA00-0AA0	1	26
Итого на оборудование системы управления			496,5

Силовая часть – самая дорогая и тяжёлая часть зарядной станции. Далее в таблице 5 приведем спецификацию силовой части. Стоит обратить внимание, что рассматривается проектирование станции ультра-премиум класса с широкими возможностями в плане технической гибкости (расширение, увеличение постов) или увеличение выходного напряжения до значений 920 В для быстрой зарядки некоторых автомобилей, например, система как у станций SuperCharger (Tesla).

Таблица 5 – Перечень (спецификация) оборудования силовой части

Название	Модель	Количество	Стоимость, т.р.
DCP 120кВт 200А при 600В	6RP0010-1AA32-0AA0-Z G33 +S03	7	14000
ALM 120кВт 600В 200А Booksize (при параллельном использовании снижение характеристик на 5%)	6SL3130-7TE31-2AA3	2	220
ALM 120кВт интерфейсный модуль ALM	6SL3100-0BE31-2AB0	2	264
Итого на оборудование силовой части			14484

В силовой части в качестве выпрямителей представлены промышленные блоки питания 600В SINAMICS ALM и 7 модулей DCP, модули DCP могут работать на нагрузку параллельно, их каскады можно подключать на необходимую мощность. За счет количества модулей DCP можно увеличить выходное напряжение до 920 В.

Таким образом, расходы на оборудование зарядной станции составляют 15 242,96 т.р.

Не стоит забывать и про дополнительные затраты, без которых невозможно функционирование станции – зарядные кабели и системы охлаждения и кондиционирования. В таблице 6 приведем спецификацию дополнительного оборудования.

Таблица 6 – Перечень (спецификация) дополнительного оборудования

Название	Модель	Количество	Стоимость, т.р.
Система охлаждения	Pfannenberг DTS 3141	1	270
Система обогрева	Pfannenberг PFH 1000	1	23
Зарядный пистолет	CHAdEMO	1	165
	Gb/T	1	76,5
	CSS2	1	115
Итого на дополнительное оборудование			649,5

По статистике и прогнозам, «За 15 лет количество электромобилей в мире выросло в 7 тысяч. раз, а через 10 лет составит 30% от всего автотранспорта. Растет и смежный, обслуживающий его бизнес» [13].

В среднем, по данным аналитиков, «в России срок окупаемости зарядных станций для электромобилей составляет 5-7 лет при занятости около 30% времени» [3].

3.3 Прочие затраты

Помимо затрат на оборудование зарядного комплекса, необходимо также учесть затраты на технологическое присоединение, выкуп мощности, оформление и согласование документов.

Чтобы определить затраты на технологическое присоединение к электрическим сетям, воспользуемся калькулятором технологического присоединения от ПАО «Россети-Волга» [10]. Исходные данные для расчета приведены на рисунке 21.

Субъект РФ: Самарская область	Подключаемый объект: Энергопринимающее устройство	Уровень напряжения (кВ): 0.4
Сетевая организация: ПАО "Россети Волга"	Категория надежности: II	Территория расположения: Город
Категория потребителя: Юридическое лицо	Расстояние (м): 100.0	Максимальная мощность устройства (кВт): 240.0

Рисунок 21 – Исходные данные для расчета стоимости технологического присоединения

Согласно расчетам, ориентировочная стоимость технологического присоединения составит 82,3 т.р. «Ориентировочный расчет стоимости технологического присоединения производится в соответствии с Методическими указаниями по определению размера платы за

технологическое присоединение к электрическим сетям, утвержденными приказом ФАС России от 30.06.2022 № 490/22, на основании утвержденных органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов ставок платы за технологическое присоединение на текущий год» [10].

С другой стороны, можно определить выполнение мероприятий в части установки узлов коммерческого учета электроэнергии и строительства линий до силового шкафа силами сетевой организации в перечень мероприятий, выполняемых сетевой организацией. Тогда исходные данные для расчета приведены на рисунке 22.

Субъект РФ: Самарская область

Подключаемый объект: Энергопринимающее устройство

Уровень напряжения (кВ): 0.4

Сетевая организация: ПАО "Россети Волга"

Категория надежности: II

Территория расположения: Город

Категория потребителя: Юридическое лицо

Расстояние (м): 100.0

Максимальная мощность устройства (кВт): 240.0

Для расчета стоимости по стандартизированным ставкам укажите требуется ли строительство объектов электросетевого хозяйства (да/нет) и объем необходимых мероприятий. Технические условия для присоединения к электрическим сетям

Да Нет

Рисунок 22 – Исходные данные для расчета стоимости технологического присоединения

Соответствующие расходы, определенные с помощью калькулятора технологического присоединения показаны на рисунках 23-24.

Подключение средств коммерческого учета

Средства коммерческого учета

Однофазный

Трёхфазный

Тип

счётчик: 3Р полуковенного включения

Ставка, руб/шт

47 257,5

Количество, шт

1

Стоимость строительства, руб

47 257,5

Рисунок 23 – Определение стоимости подключения средств коммерческого учета

Мероприятия связанные со строительством последней мили

Строительство линий электропередачи (ЛЭП) 0,4 кВ и ниже (С2, С3 за исключением С3.6)

Строительство линий электропередачи (ЛЭП) 1-10 кВ (С3 за исключением С3.6)

Тип

КЛ: многожил. резин. или пластм. изол. от 100 до 200 мм² вкл. (2 кабеля в траншее)

Ставка, руб/км

13 617 182,9

Длина, м

200,00

Стоимость строительства, руб

2 723 436,6

Рисунок 24 – Определение стоимости мероприятий связанные со строительством линий

Таким образом, стоимость технологического присоединения «под ключ» 3,408 т.р.

Сравним это значение с ранее полученными значениями стоимости строительства силами заказчика. Результаты покажем в таблице Ы.

Таблица 7 – Сравнение строительства внешних сетей силами заявителя и сетевой организации

Строительство силами заказчика		Строительство силами сетевой организации	
Мероприятие	Стоимость, т.р.	Мероприятие	Стоимость, т.р.
Строительство КЛ-0,4 кВ	3200	Строительство КЛ-0,4 кВ	2 724
Установка узлов учета	145,6	Установка узлов учета	94,515
Выкуп мощности	82,3	Выкуп мощности	82,3
Работы подрядчика по строительству (50% от стоимости технологического присоединения)	1713,95	Работы сетевой организации по строительству	589,23
Итого	5141,85	Итого	3407,18

Как видно из таблицы, при выполнении полного перечня мероприятий по технологическому присоединению силами сетевой организации, разница в стоимости составит около 1,5 раз. Кроме того, при таком подходе возможно компенсировать затраты на технологическое присоединение к электросетям с помощью мер государственной поддержки, подробнее которые рассмотрены в соответствующем пункте.

Затраты на мероприятия по разработке и согласованию документации определим по «Методике определения стоимости работ по подготовке проектной документации» [12], данные для расчетов примем из «Сборника цен на проектные работы для строительства» [21].

Цена на проектные работы, выраженная в тысячах рублей, определяется по формуле 8.

$$C = (a + b \cdot X) \cdot K = (68 + 359 \cdot 0,2) \cdot 0,56 = 78,288, \quad (8)$$

где « a – параметр цены проектных работ: постоянная величина, выраженная в т.р., $a=68$;

b – параметр цены проектных работ: постоянная величина, имеющая размерность т.р. на единицу натурального показателя, $b=359$;

X – величина натурального показателя проектируемого объекта,
 $X=0,2$ км;
 K – коэффициент для кабельных линий электропередачи напряжением до 1 кВ» [4].

Таким образом, суммарные затраты на запуск зарядной станции электромобилей ультра-премиум класса составят 18960,628 т.р.

Данная сумма может быть уменьшена главным образом за счет уменьшения мощности станции – вследствие снижения токов, а значит и требований к оборудованию, величины выкупаемой мощности. С другой стороны, для уменьшения стоимости зарядной станции можно использовать меньше блоков DCP. Кроме уменьшения стоимости оборудования, также уменьшится и максимальное выходное напряжение (до 600 В).

В крайнем случае, можно отказаться от блоков DCP, основное преимущество которых – двунаправленность, и ограничиться более дешёвым управляемым тиристорным выпрямителем.

Стоит так же напомнить, что проектируемая станция – ультра-премиум класса, для быстрой зарядки электромобилей в зонах высокого автомобильного траффика. Рассмотренный вариант на компонентах марки Siemens нельзя назвать бюджетным, но он обладает высокой технической гибкостью и масштабируемостью, а главное – является одним из самых надежных. Кроме того, рассмотренный вариант зарядной станции долгое время будет сохранять свою актуальность даже в стремительно меняющемся мире.

3.4 Государственная поддержка

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 21.03.2022 № 431 "О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации "Развитие энергетики" Минэнерго

компенсирует затраты на строительство быстрых электрочарядных станций юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, которые:

«Устанавливают зарядные станции в регионах-участниках или на трассах федерального значения. Перечень городов и территорий ежегодно дополняется и анонсируется в соответствующих постановлениях и распоряжениях.

Приобретают зарядные станции (возможен вариант покупки в лизинг), соответствующие требованиям Минпромторга и осуществляют технологическое присоединение. Обратите внимание, что условие «станция плюс технологическое присоединение» обязательно. Таким образом, установка станции зарядки электрокаров на свободные и ранее подключенные мощности не попадает под условия программы.

Выполняют остальные нижеперечисленные требования к местам установки, работоспособности ЭЗС, отчетности» [5].

3.4.1 Требования к зарядной станции

Для получения субсидии от государства, зарядная станция должна отвечать следующим техническим требованиям:

- мощность не менее 149 кВт;
- возможность одновременной зарядки двух электромобилей;
- наличие трех коннекторов: GB/T (обязательно), CCS2 (обязательно), CCS2 или CHAdeMO (на выбор).
- длина зарядного кабеля не менее 4 метров.

3.4.2 Требования к месту расположения станции

Кроме технических требований необходимо также соблюдать и требования к месту, где будет расположена станция:

- без ограничений въезда (шлагбаумы, время работы локации);
- круглосуточный доступ к станции;
- организовано не менее 2-х парковочных мест у станции;
- при размещении на трассах должна быть стационарная точка общественного питания и туалет.

3.4.3 Требования к эксплуатации

В случае получения субсидии на установку зарядной станции, необходимо выполнение следующих условий эксплуатации:

обеспечить функционирование станции в течение не менее 5 лет;

предусмотреть круглосуточный режим эксплуатации в течение установленного срока службы;

«В населенном пункте объект зарядной инфраструктуры должен быть доступен для электромобилистов не менее 80 процентов времени в месяц. Время восстановления работоспособности в случае неисправности объекта зарядной инфраструктуры должно составлять не более 48 часов.

На автомобильной дороге общего пользования федерального и регионального значения объект зарядной инфраструктуры должен быть доступен для пользователя не менее 95 процентов времени в месяц. Время восстановления работоспособности в случае неисправности объекта зарядной инфраструктуры должно составлять не более 12 часов. [1]».

3.4.4 Размер субсидии

Согласно Постановлению от 15 апреля 2014 года N 321 об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие энергетики", для стоимости зарядного терминала «размер субсидий, предоставляемых из бюджетов субъектов Российской Федерации юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, в том числе являющимся производителями объекта зарядной инфраструктуры, реализующим инвестиционные проекты по строительству объектов зарядной инфраструктуры для быстрой зарядки электрического автомобильного транспорта, в связи с ранее осуществленными указанными лицами инвестициями на закупку или производство оборудования объектов зарядной инфраструктуры для быстрой зарядки электрического автомобильного транспорта, на один объект зарядной инфраструктуры определяется в размере 60 процентов от фактически понесенных затрат получателя средств

на закупку или производство оборудования объекта зарядной инфраструктуры, но не более 1860 т.р. [16]».

Дополнительно, в случае, если в состав платы за технологическое присоединение включаются расходы, связанные со строительством объектов электросетевого хозяйства, от существующих объектов электросетевого хозяйства до присоединяемых энергопринимающих устройств, «размер субсидий, предоставляемых из бюджетов субъектов Российской Федерации юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, реализующим инвестиционные проекты по строительству объектов зарядной инфраструктуры для быстрой зарядки электрического автомобильного транспорта, в связи с ранее осуществленными получателями средств инвестициями на технологическое присоединение объектов зарядной инфраструктуры к электрическим сетям, на технологическое присоединение одного объекта зарядной инфраструктуры определяется в размере 30 процентов фактических затрат получателя средств на технологическое присоединение объекта зарядной инфраструктуры к электрическим сетям, но не более 900 т.р.» [16].

Таким образом, общая сумма субсидии может составить до 2,76 млн.р.

Указанные фактические затраты должны быть документально подтверждены и представлены к возмещению получателем средств.

1.5 Общая сумма расходов на запуск зарядной станции

Исходя из вышеизложенного, на финальную стоимость запуска терминала быстрой зарядки электромобилей влияет множество факторов.

Применим положенные субсидии – 1860 т.р. на закупку оборудования и 900 т.р. на мероприятия по технологическому присоединению

Сведем затраты в ведомость, показанную в таблице 7.

Таблица 8 – Сводная ведомость затрат

Статья расходов	Сумма, т.р.	Процент от стоимости проекта
Оборудование для внешнего электроснабжения	319,2	1,63
Оборудование зарядного терминала, в том числе:	16124,66	82,23
коммутационное оборудование	175,46	0,89
оборудование системы управления	496,5	2,53
оборудование силовой части	14484	73,86
Дополнительное оборудование	649,5	3,31
Технологическое присоединение к электрическим сетям	3407,18	17,37
Проектные работы	78,288	0,40
Итого по проекту	19610,128	100
Размер субсидий	2760	–
Итого по проекту с учетом субсидий	16 850,128	–

Для наглядности распределения стоимости проекта приведем диаграмму на рисунке 25.



Рисунок 25 – Распределение стоимости проекта зарядной станции

Выводы по главе 3

В главе рассмотрены технико-экономические показатели предлагаемого проекта электроснабжения зарядной станции электромобилей. Проведен расчет стоимости двух основных частей проекта: сетей внешнего электроснабжения и оборудования и компонентов зарядной станции.

К основным затратам на внешнее электроснабжение относятся затраты на приобретение силового распределительного шкафа, систем его защиты от несанкционированного доступа, коммутационного и защитного оборудования. Стоимость раздела «Внешнее электроснабжение» составит 319,2 т.р.

К основным затратам на оборудование и компоненты зарядной станции относятся затраты на коммутационное оборудование, оборудования системы управления и оборудование силовой части. Стоимость раздела «Оборудование и компоненты зарядной станции» составит 16124,66 т.р.

Дополнительно учтены затраты на зарядные кабели (356,5 т.р), систему охлаждения и обогрева (293 т.р.), процедуры подключения к электрическим сетям (3407,18 т.р.) и разработку проектной документации (78,288 т.р.).

На заключительном этапе обоснована высокая стоимость полученного проекта: проектируемая станция – ультра-премиум класса, для быстрой зарядки электромобилей в зонах высокого автомобильного траффика. Рассмотренный вариант на компонентах марки Siemens нельзя назвать бюджетным, но он обладает высокой технической гибкостью и масштабируемостью, а главное – является одним из самых надежных и долгое время будет актуальным.

Дополнительно рассмотрены меры государственной поддержки, которые позволят снизить итоговую стоимость проекта: с их учетом общая стоимость проектируемого объекта составила 16 850,128 т.р.

Заключение

В работе рассмотрен проект современной зарядной станции для электромобилей.

Популярность электромобилей по всему миру постоянно растет и развитие этой сферы автомобилестроения невозможно без создания новых и модернизации существующих станций зарядки электромобилей. Также актуальность работы обусловлена тем, что с каждым днем в мире растет инфраструктура для электромобилей, строятся зарядные станции, предлагая для потребителей все новые возможности.

На начальном этапе работы определены объект и предмет исследования, проанализировано текущее состояние вопроса, и выдвинута цель – разработка системы электроснабжения модуля зарядной станции для электромобилей.

Для последующего проектирования безопасной и отвечающей всем современным требованиям электрочарядной станции выделены необходимые нормативные документы, которым должны соответствовать электромобили, а также зарядные станции для них.

Также рассмотрены особенности зарядки аккумуляторных батарей для электромобилей, определены принципиальные отличия двух способов – зарядка с помощью переменного и постоянного токов, проанализированы их достоинства и недостатки.

Кроме того, показан опыт внедрения зарядных станций в России в рамках реализации проекта по созданию зарядной инфраструктуры для электротранспорта на базе зарядной станции от ПАО «Россети».

Для проектируемой станции определена необходимая мощность – 240 кВт и выбрана схема внешнего электроснабжения станции – от существующей трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ до силового шкафа, от которого осуществляется непосредственное подключение станции.

Произведен выбор оборудования для сетей внешнего электроснабжения, ключевых узлов станции, которые обеспечивают её эффективную и надёжную работу, и дополнительное оборудование станции: системы кондиционирования и обогрева, зарядные кабели 3 стандартов для разнообразия возможных подключаемых автомобилей.

В итоге, получена структурная схема и показана базовая архитектура зарядной станции.

На заключительном этапе рассмотрены технико-экономические показатели предлагаемого проекта электроснабжения зарядной станции обоснована высокая стоимость полученного проекта: проектируемая станция – ультра-премиум класса, для быстрой зарядки электромобилей в зонах высокого автомобильного траффика. Рассмотренный вариант на компонентах марки Siemens нельзя назвать бюджетным, но он обладает высокой технической гибкостью и масштабируемостью, а главное – является одним из самых надежных и долгое время будет актуальным. С учетом мер государственной поддержки итоговая стоимость проектируемого объекта составила 16 850,128 т.р. Это всего лишь один из множества вариантов реализации электрочарядных станций. Тему архитектуры зарядной станции можно развивать в сторону IT-технологий: создание общих стандартов и протоколов, внедрение зарядных станций в единую информационную систему. Например, есть стандарт OpenADR, который позволяет удаленно управлять электроэнергией подключенных электроустройств – он балансирует всплески потребления электроэнергии, и зарядки в него отлично вписываются. Он является частью умного города, но решает конкретную задачу.

Список используемых источников

1. 8 актуальных вопросов о субсидии на зарядную станцию для электромобилей. Открытие своей электрозаправки [Электронный ресурс] : electro.cars URL: <https://electro.cars/tpost/tj1yjio4u1-8-aktualnih-voprosov-o-subsidii-na-zaryu> (дата обращения: 29.03.2024).

2. Автоматический выключатель DPX³ [Электронный ресурс] : Онлайн-каталог продукции Legrand URL: <https://e-catalogue.legrand.ru/catalog/silovoe-i-zashchitno-kommutatsionnoe-oborudovanie/dpx-sup3-dpx-avtomaticheskie-vyklyuchateli-v-litom-korpuse/dpx-sup3-termomagnitnye-ot-250-do-630-a/3p-dpx3-630-termomagnitnie/otklyuchayushchaya-sposobnost-icu-36-ka-3p-dpx3-630-termomagnitnie/422002/> (дата обращения: 29.10.2023).

3. Анализ рынка зарядных станций для электромобилей в России [Электронный ресурс] : ГидМаркет URL: <https://gidmark.ru/catalog/analiz-ryinka-zaryadnyih-stanczij-dlya-elektromobilej-v-rossii> (дата обращения: 17.02.2024).

4. Блок автоматического ввода резерва OptiSave H-243-U3 [Электронный ресурс] : КЭАЗ. Курский электроаппаратный завод URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/vbbshv/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/vbbshv/) (дата обращения: 29.03.2024).

5. "Быстро" зарядные станции [Электронный ресурс] : Министерство экономического развития Российской Федерации URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/vbbshv/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/vbbshv/) (дата обращения: 29.03.2024).

6. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введ. 2014-07-01. М.: Стандартиформ, 2014. 16 с.

7. Зарядный пистолет CHAdEMO [Электронный ресурс] : СОПТ комплект URL https://sopt-komplekt.ru/catalog/konnektor_chademo/7871/ (дата обращения: 17.02.2024).

8. Защитное реле (автономное) PNOZsigma [Электронный ресурс] : PILZ Russia. Pilz GmbH & Co. KG URL: <https://www.pilz.com/ru-RU/eshop/Реле-функциональной-безопасности/PNOZsigma-реле-безопасности/Контроль-Е-STOP-защитных-ограждений-световых-барьеров/PNOZ-s4-24VDC-3-n-o-1-n-c/p/750104> (дата обращения: 31.03.2023).

9. Кабель ВБШв [Электронный ресурс] : КПС URL: [https://kps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/vbbshv/](https://kps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/vbbshv/) (дата обращения: 29.03.2024).

10. Калькулятор стоимости технологического присоединения [Электронный ресурс] : Россети Портал электросетевых услуг URL: https://xn----7sb7akeedqd.xn--plai/platform/portal/tehprisEE_scientificcalculator (дата обращения: 17.02.2024).

11. Китайский стандарт зарядки электромобилей Gb/T [Электронный ресурс] : AutoCharger URL: https://www.rossetivolga.ru/ru/o_kompanii/razvitieza/ (дата обращения: 23.11.2023).

12. Методика определения стоимости работ по подготовке проектной документации [Электронный ресурс] : Минстрой России URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/138463/> (дата обращения: 19.02.2024).

13. На зарядку становись: как заработать на станциях для электромобилей [Электронный ресурс] : РБточкаРУ URL: <https://rb.ru/longread/electrocar-charge-business/> (дата обращения: 17.02.2024).

14. Нагреватель с вентилятором PFH 1000 [Электронный ресурс] : Скат-технолоджи URL: [hhttps://www.sktech.ru/shkafy/klimat/nagrevateli/pfh1000-17099610030-1000w-230vac/](https://www.sktech.ru/shkafy/klimat/nagrevateli/pfh1000-17099610030-1000w-230vac/) (дата обращения: 17.02.2024).

15. Охлаждающие устройства DTS 3141 [Электронный ресурс] : PFANNENBERG Электротехника для промышленности URL: <https://www.pfannenberg.com/ru/klimat-kontrol/okhlazhdajushchie-ustroistva/ustroistva-dlja-naruzhnogo-primenenija-3xxx/dts-314131613181/> (дата обращения: 17.02.2024).

16. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие энергетики». Система Гарант [электронный ресурс] URL: <https://base.garant.ru/12165555/> (дата обращения 29.03.2024).

17. Правила устройства электроустановок. М: Энергоатомиздат, 2015. 330 с.

18. Развитие зарядной инфраструктуры для электротранспорта [Электронный ресурс] : ПАО «Россети Волга» URL: https://www.rossetivolga.ru/ru/o_kompanii/razvitieza/ (дата обращения: 23.12.2023).

19. Распоряжение Правительства РФ "Изменения, которые вносятся в перечень территорий и дорог федерального значения, определенных в качестве пилотных для создания зарядной инфраструктуры для электротранспортных средств до 2024 года включительно" от 8 декабря 2023 г. № 3517-р [Электронный ресурс] : Правительство Российской Федерации URL: <http://static.government.ru/media/files/wmp13U3wJDbLAIIBkIPKw4foM421mnsA.pdf> (дата обращения: 23.12.2023).

20. РД 34.20.178 Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения. М.: ЦНИИПромзданий, 2015. 108 с.

21. Сборник цен на проектные работы для строительства [Электронный ресурс] : Минстрой России URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/6fb/sbornik_tsen_na_proektnye_raboty_dlya_stroitelstva_elektroenergetika.pdf (дата обращения: 19.02.2024).

22. Сколько в России электромобилей И как развивается инфраструктура для них [Электронный ресурс] : Тинькофф Журнал URL: <https://journal.tinkoff.ru/statistic-electrocars/> (дата обращения: 15.02.2024).

23. Состояние и перспективы развития рынка зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России и мире [Электронный ресурс] : аналитический отчет «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» URL: <http://vestnik-glonass.ru/news/intro/obyem-rossiyskogo-rynka-zaryadnoy-infrastruktury-dlya-elektrotransporta-sostavit-okolo-8-mlrd-rublej/> (дата обращения: 31.10.2023).

24. Типы разъемов электромобилей и зарядных станций [Электронный ресурс] : Parkcharge URL: <https://parkcharge.ru/typy-razemov-elektromobilej-i-zaryadnyh-stanczij/> (дата обращения: 29.10.2023).

25. Ц-02-98(Э) «О проверке кабелей на возгорание при воздействии тока короткого замыкания» [Электронный ресурс] : Циркуляр РАО ЕЭС России от 16.03.1998 URL: <https://gostrf.com/normadata/1/4293828/4293828958.pdf> (дата обращения: 29.03.2024).

26. Электромобили (мировой рынок) [Электронный ресурс] : TAdviser. Государство. Бизнес. Технологии : URL: [\(https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8\(%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8(%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA)) (дата обращения: 01.10.2023).

27. Reference manual. SIMATIC Energy Suite. 11/2016 –Copyright Siemens, 60 p. – Text (tactile) : unmediated.

28. Reference manual. SIMATIC ET 200SP Open Controller. 21.05.2020 – Copyright Siemens, 11 p. – Text (tactile) : unmediated.

29. Reference manual. SIMATIC HMI TP700 COMFORT. 12.02.2015 – Copyright Siemens, 10 p. – Text (tactile) : unmediated.

30. Reference manual. SIMATIC RF1000 A. 18.12.2019 –Copyright Siemens, 3 p. – Text (tactile) : unmediated.

31. Reference manual. SIMATIC S7-1200, A. 12.04.2017 –Copyright Siemens, 5 p. – Text (tactile) : unmediated.

32. Reference manual. SINAMICS DCP. 05/2016 –Copyright Siemens, 6 p. – Text (tactile) : unmediated.