

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Сәтбаев Университеті

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматки»

Василенко Андрей Сергеевич

Контроллер зарядной станции для электромобиля

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к дипломной работе

5В071600 – Приборостроение

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Сәтбаев Университеті

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизики»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой РТиТСА  
кандидат техн. наук  
  
К.А. Ожикенов  
« 20 » 05 2019 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
к дипломной работе

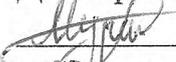
Тема: «Контроллер зарядной станции для электромобиля»

по специальности 5В071600 – Приборостроение

Выполнил

Василенко Андрей

Рецензент  
Доктор PhD

  
Муратов М.М.  
« 23 » 06 2019 г.

Научный руководитель  
Кандидат технических наук

  
Утебаев Р.М.  
« 23 » 05 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Сәтбаев Университеті

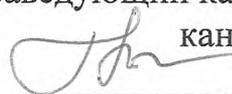
Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматике»

5B071600 – Приборостроение

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РТиТСА

 кандидат техн. наук  
К.А. Ожикенов

« 20 » 05 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Василенко Андрею Сергеевичу

Тема: Контроллер зарядной станции для электромобиля

Утверждена приказом Ректора Университета №252-п от «26»11 2018 г.

Срок сдачи законченной работы «24» 05 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: Стандарты согласования связи в электромобилях.

Перечень подлежащих разработке вопросов в дипломной работе:

- а) *выбор платформы для разработки прототипа;*
- б) *программное обеспечения управлением заряда для контроллера;*
- в) *реализовать конкретную модель контроллера зарядной станции по стандарту SAE J1772;*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

*представлены 15 слайдов презентации работы*

Рекомендуемая основная литература: из 20 наименований 21

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологическая часть	15.01 – 05.02.2019 г.	<i>Выполнено</i>
Программная часть	02.03 – 20.04.2019 г.	<i>Выполнено</i>

**Подписи**  
консультантов и нормоконтролера на законченный проект  
с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормконтролер	Ж.С.Бигалиева, магистр технических наук, лектор	20.05.2019 г.	

Научный руководитель  Утебаев Р.М.

Задание принял к исполнению обучающийся  Василенко А.С.

Дата « 20 » 05 2019 г.

## АҢДАТПА

Тақырыбы: "Электромобильге арналған зарядтау станциясының контроллері"

Автор: Андрей Василенко, аспап жасау инженерінің 4 курс студенті.

Түйінді сөздер: электр машиналары, зарядтау станциялары, инфрақұрылым, контроллер, микроконтроллер, Arduino.

Жұмыс кіріспеден, екі бөлімнен, қорытындыдан, әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады.

Кіріспе бөлімінде таңдалған тақырыптың өзектілігі анықталған, осы бітіру жобасының мақсаттары мен міндеттері сипатталған

Электромобильдер мен зарядтау станцияларының теориялық және әдіснамалық негіздерінің негізгі бөлігінде, соның ішінде электр машинасын зарядтау және автомобильде қолданылатын аккумулятор түрлерін білу.

Екінші бөлікте контроллерді құру қағидаты, жабдықтардың лайықты үлгілерін таңдау қарастырылған.

Қорытынды жасалған жұмыстарды қорытындылайды және жұмыс барысында қойылған мақсаттарға қатысты қорытындылар шығарады.

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект на тему: «Контроллер зарядной станции для электромобиля»

Автор: Василенко Андрей Сергеевич, студент 4 курса приборостроения.

Ключевые слова: электромобиль, зарядные станции, инфраструктура, контроллер, микроконтроллер, Arduino.

Работа состоит из введения, двух частей, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Во введении раскрывается актуальность выбранной темы, описываются цели и задачи данного дипломного проекта

В основной части изложены теоретико-методологические основы о электромобилях и зарядных станциях, включающие также знания о способах заряда электромобиля и типах батарей, используемых в машинах.

Во второй части излагаются принципы построения контроллера, выбор подходящих моделей оборудования.

В заключении обобщается проделанная работа и формулируются выводы по поставленным целям в ходе работы.

## ANNOTATION

Graduation project on the topic: "The controller charging station for an electric vehicle"

Author: Andrey Vassilenko, 4th year student of engineering.

Keywords: electric car, charging stations, infrastructure, controller, microcontroller, Arduino.

The work consists of introduction, two parts, conclusion, list of references and applications.

In the introduction reveals the relevance of the chosen topic, describes the goals and objectives of this graduation project

In the main part of the theoretical and methodological foundations of electric vehicles and charging stations, including knowledge of how to charge an electric car and the types of batteries used in cars.

The second part outlines the principles of building a controller, the choice of suitable models of equipment.

The conclusion summarizes the work done and draws conclusions on the goals set during the work.

## СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	9
1	Основная часть	11
1.1	Принципы взаимодействия зарядных станций с электромобилем	11
1.2	Типы аккумуляторов	12
1.3	Типы станций зарядки электромобилей	13
1.3.1	Зарядные станции 1 уровня	14
1.3.2	Зарядные станции 2 уровня	14
1.3.3	Быстрые зарядные устройства (3 уровень)	14
1.4	Установка зарядных устройств	15
2	Техническая часть	18
2.1	Выбор платформы для создания контроллера	18
2.2	Процесс согласования между станцией и электромобилем	18
2.3	Линия Pilot	20
2.4	Операционный усилитель AD 823	22
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ	
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	

## ВВЕДЕНИЕ

Будущее транспорта за электрическим, но при этом возникает вопрос - как энергосистема справится с дополнительным спросом на электроэнергию? Это большой вопрос, учитывая, как быстро производители автомобилей переходят на электрические. Только недавно Volvo объявила, что к 2019 году прекратит производство автомобилей, оснащенных только двигателями внутреннего сгорания, а Mercedes к 2022 году обязался производить электрические версии всех своих автомобилей.

Глобальный толчок к сокращению выбросов углерода означает, что к 2040 году продажи чисто дизельных и бензиновых автомобилей будут запрещены в таких странах, как Франция и Великобритания.

Электромобили работают хотя бы частично на электричестве. В отличие от обычных транспортных средств, в которых используется бензиновый или дизельный двигатель, в электромобилях и грузовиках используется электромотор, работающий на электричестве от аккумуляторов или топливного элемента.

Не все электромобили работают одинаково. «Подключаемые гибриды» предлагают, как бензиновый или дизельный двигатель, так и электрический двигатель: двигатель приводится в действие от аккумулятора, который можно заряжать, подключив его к сети. Другие электромобили полностью отказываются от жидкого топлива, работая исключительно на электричестве (автомобили с «электрическим аккумулятором»). Третьи приводят в действие электродвигатель путем преобразования газообразного водорода в электричество (автомобили с «водородными топливными элементами»).

Обычные гибридные автомобили также имеют электродвигатель, но не считаются электромобилями, поскольку их нельзя подключить к сети.

С точки зрения загрязнения воздуха и выбросов парниковых газов электромобили и грузовики зачастую чище, чем даже самые эффективные обычные автомобили. Точность очистки зависит от типа автомобиля и источника электричества. Когда электромобили с батарейным питанием питаются от электрических сетей, выбросы парниковых газов от электромобилей сопоставимы с автомобилем, проезжающим более 100 миль на галлон. При зарядке исключительно с использованием возобновляемых источников энергии, таких как солнечная или ветровая энергия, зарядка и эксплуатация электромобиля могут быть практически свободными от выбросов.

На сегодняшний день курсом всех стран планируется перейти на электрическое топливо и отказаться от ископаемого топлива во всех используемых областях. Непосредственно во всех промышленно развитых странах наблюдается отказ от двигателей внутреннего сгорания. 5 лет назад это казалось фантастическим, но теперь стало ясно, что переход будет происходить поэтапно всего за десятилетие - с 2030 по 2040 год. Если мы посмотрим на планы развития автопроизводителей, к середине следующего

десятилетия можно ожидать огромное количество различных моделей. электромобилей. Можно предположить, что двигатели на горючем топливе к этому моменту начнут исчезать как класс.

Массовый переход на электромобили позитивен для всех стран благодаря наличию такого важного преимущества, как уменьшение загрязнения окружающей среды. Эта инициатива также поможет улучшить качество жизни и здоровье населения.

Глобальная инфраструктура давно нуждается в стимуле для модернизации; электромобили могут стать тем самым стимулом.

В развитии электронной промышленности и создании инфраструктуры необходимо применять методы государственного планирования.

Для реализации технического задания, прежде всего, необходимо ознакомиться со стандартами зарядки для всех моделей автомобилей и гибридных автомобилей.

На текущий момент в Казахстане используются зарубежные устаревшие зарядные станции. Разработка контроллера на новых микроконтроллерах позволит улучшить системы зарядных станций и даже выйти на международный рынок.

В будущем, с развитием инфраструктуры зарядных станций, станет возможным подключение всех станций с использованием технологии IoT.

По данным агентства статистики РК, на момент 1.03.2019 года в стране зарегистрировано более 600 электромобилей [1].

# 1 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Принципы взаимодействия зарядных станций с электромобилем

Во всем мире при использовании бортовой зарядки обычно применяется стандарт IEC 61851 и IEC 62196. Стандартом IEC 61851 определяется общее требование и функциональность оборудования для зарядки, а стандарты IEC 62196 устанавливают требования к разъемам [2]. Зарядка может осуществляться путем прямого подсоединения электромобиля к штепсельным розеткам общих сетей. Некоторые виды зарядки требуют специальных источников питания и зарядного оборудования, включающего цепи управления и коммуникации. Данный стандарт формулирует электрические, механические требования и требования к рабочим характеристикам специальных вилок, штепсельных розеток, переносных розеток и вводов для транспортных средств для связи между специальным зарядным оборудованием и электромобилями. Стандарт IEC 61851-21 (серия 1.0) в настоящее время пересматривается и будет разделен на стандарты IEC 61851-21-1 (для встроенного зарядного устройства электромобиля) и IEC 61851-21-2 (требования для небортовых систем зарядки электромобилей). IEC 62196-2 предусматривает совместимость и взаимозаменяемость трех типов соединительных систем. Тип 1 совмещается с SAE J1772 и широко используется в США и Японии. Тип 2 используется в качестве разъема для подключения к автомобилю штекерного разъема. Тип 3 используется в европейских странах в качестве штепсельного разъема. Китай использует руководящие стандарты, касающиеся зарядки на борту. К ним относятся китайские национальные стандарты (GB / T 20234.1-2011, GB / T 20234.2-2011), которые рассматриваются для включения в нормативные акты, и стандарт автомобильной промышленности (QC / T 895 2011). Страны ЕС, как правило, на добровольной основе придерживаются определений, содержащихся в этих стандартах IEC (европейское сцепное устройство Mennekes). Входит и Япония (сцепное устройство типа 1 / SAE J1772). Южная Корея, действуя в соответствии с Законом о промышленных стандартах, установила руководящие стандарты для зарядки на борту (KS C IEC 61851-1, KS C IEC 61851-22) на основе ранее упомянутых стандартов МЭК. Швейцария, как и ЕС в целом, придерживается Правил на стадии разработки. Правила рекомендаций Правила рекомендаций на стадии разработки в США также стремятся придерживаться вышеупомянутых стандартов IEC (тип разъема 1 / SAE J1772). В Калифорнии транспортные средства с нулевыми выбросами и HEV-OVC должны соответствовать требованиям SAE 1772 (подключение переменного тока), чтобы соответствовать требованиям для получения кредитов в форме разрешенных выбросов загрязняющих веществ. В настоящее время нет никаких требований к зарядке на борту в Канаде и Индии. Подробнее ознакомиться с разъемами в ПРИЛОЖЕНИИ А.

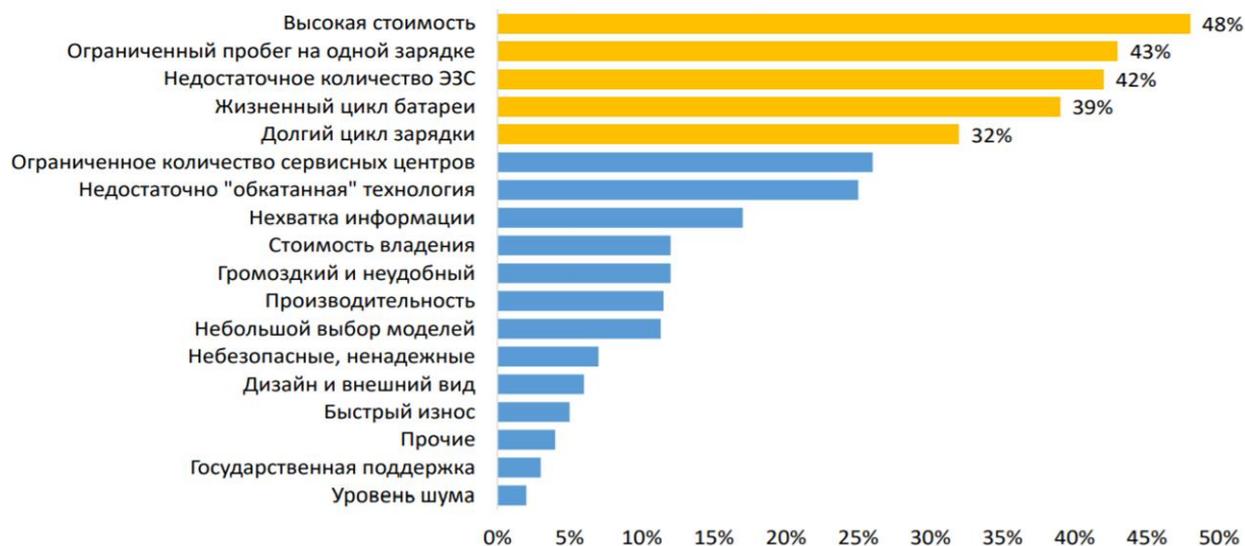


Рисунок 1 - Главные барьеры для покупки электромобиля

## 1.2 Типы аккумуляторов электромобилей

Система накопления энергии в электромобилях имеет форму аккумулятора. Тип аккумулятора может варьироваться в зависимости от того, является ли автомобиль полностью электрическим (AEV) или подключаемым гибридным электрическим (PHEV). Современная технология аккумуляторов рассчитана на длительный срок службы (обычно около 8 лет или 100 000 миль). Некоторые батареи могут работать от 12 до 15 лет в умеренном климате или от 8 до 12 лет в экстремальном климате[3]. В электромобилях используются четыре основных типа батарей: литий-ионные, никель-металлогидридные, свинцово-кислотные и суперконденсаторы.

Как свинцово-кислотные аккумуляторы, так и никель-металлогидридные (NiMH)[4] аккумуляторы являются довольно известными технологиями аккумуляторов. Эти типы батарей первоначально использовались в ранних электромобилях, таких как EV1 от General Motor. Однако теперь они считаются устаревшими в отношении их использования в качестве основного источника накопления энергии в BEV. Свинцово-кислотные аккумуляторы использовались в обычных транспортных средствах с бензиновым двигателем и являются относительно недорогими. Однако этот тип батареи имеет низкую удельную энергию (34 Втч / кг). NiMH батареи считаются лучшими, так как они могут иметь удвоенную удельную энергию (68 Вт / кг) по сравнению со свинцово-кислотными батареями. Это позволяет электрическим транспортным средствам, использующим никель-металлогидридные батареи, быть значительно легче, что приводит к снижению затрат на энергию для приведения в действие аккумуляторного электромобиля. Аналогично, никель-металлогидридные аккумуляторы также имеют более высокую плотность энергии по сравнению со свинцово-кислотными аккумуляторами, что позволит разместить аккумуляторную систему в меньшем пространстве. Тем не менее, NiMH

аккумуляторы имеют некоторые недостатки, такие как более низкая эффективность зарядки, чем у других аккумуляторов. Существует также серьезная проблема с саморазрядом (до 12,5% в день при нормальных условиях комнатной температуры), который усугубляется, когда батареи находятся в условиях высокой температуры. Это делает никель-металлогидридные батареи менее идеальными для жарких условий. Кроме того, были правовые споры относительно NiMH аккумуляторов большого формата, что повлияло на использование NiMH аккумуляторов в электромобилях с аккумулятором.

Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы в настоящее время считаются стандартом для современных аккумуляторных электромобилей. Существует много типов литий-ионных аккумуляторов, каждый из которых имеет различные характеристики, но производители автомобилей представляют собой специализированные варианты, которые имеют отличную долговечность. По сравнению с другими зрелыми технологиями аккумуляторов, Li-ion предлагает много преимуществ. Например, он обладает превосходной удельной энергией (140 Вт / кг) и плотностью энергии, что делает его идеальным для электромобилей с аккумуляторным питанием. Литий-ионные аккумуляторы также отлично сохраняют энергию, скорость саморазряда (5% в месяц) на порядок ниже, чем у NiMH аккумуляторов. Однако литий-ионные аккумуляторы также имеют некоторые недостатки. Для сравнения, литий-ионные аккумуляторы были очень дорогой аккумуляторной технологией. Существуют также серьезные проблемы безопасности, связанные с перезарядкой и перегревом этих батарей. Литий-ионный может испытать тепловое убегание, которое может вызвать пожары или взрывы транспортного средства. Были серьезные случаи, когда Tesla Model S, в которой использовались литий-ионные аккумуляторы, пострадали от пожара из-за проблем с неустойчивой зарядкой или повреждением аккумулятора. Тем не менее, были предприняты большие усилия, чтобы помочь повысить безопасность транспортных средств, которые используют литий-ионные аккумуляторы.

Аккумуляторные электромобили стали значительным сегментом автомобильного рынка. Обладая превосходной удельной энергией и низкой скоростью саморазряда, кажется, что варианты литий-ионных батарей в настоящее время являются доминирующим типом, которые в настоящее время используются в BEV. Между тем, свинцово-кислотные и никель-металлогидридные батареи больше не подходят для использования, хотя эти батареи до сих пор часто используются в автомобильной промышленности[5].

### 1.3 Типы станций зарядки электромобилей.

Зарядка электромобиля - это простой процесс: вы просто подключаете свой автомобиль к зарядному устройству, которое подключено к электросети[6]. Однако не все станции зарядки электромобилей (также

известные как оборудование для подачи электромобилей или EVSE) созданы равными. Некоторые могут быть установлены простым подключением к стандартной розетке, в то время как другие требуют специальной установки. Время зарядки вашего автомобиля также зависит от используемого вами зарядного устройства.

Зарядные устройства ЭМ обычно подпадают под одну из трех основных категорий: зарядные станции уровня 1, зарядные станции уровня 2 и быстрые зарядные устройства постоянного тока (также называемые зарядными станциями уровня 3).

### 1.3.1 Зарядные станции уровня 1

Зарядные устройства уровня 1 используют штепсельную вилку 120 В переменного тока и могут быть подключены к стандартной розетке. В отличие от других зарядных устройств, зарядные устройства уровня 1 не требуют установки какого-либо дополнительного оборудования. Эти зарядные устройства обычно обеспечивают расстояние от двух до пяти миль в час зарядки и чаще всего используются дома.

Зарядные устройства 1-го уровня являются наименее дорогой опцией EVSE, но они также требуют больше времени для зарядки аккумулятора вашего автомобиля. Домовладельцы обычно используют эти типы зарядных устройств для зарядки своих автомобилей на ночь.

Производители зарядных устройств ЭМ уровня 1 включают AeroVironment, Duosida, Leviton и Orion.

### 1.3.2 Зарядные станции уровня 2

Зарядные устройства уровня 2 используются как для жилых, так и для коммерческих зарядных станций. Они используют штепсельную вилку на 240 В (для жилых помещений) или на 208 В (для коммерческих), и, в отличие от зарядных устройств уровня 1, их нельзя подключить к стандартной настенной розетке. Вместо этого они обычно устанавливаются профессиональным электриком. Они также могут быть установлены как часть системы солнечных батарей.

Зарядные устройства для электромобилей уровня 2 обеспечивают дальность от 15 до 100 километров в час зарядки. Они могут полностью зарядить аккумулятор электромобиля всего за два часа, что делает их идеальным вариантом как для домовладельцев, которым нужна быстрая зарядка, так и для предприятий, которые хотят предлагать зарядные станции клиентам.

Многие производители электромобилей, такие как Nissan, имеют собственные продукты для зарядных устройств 2-го уровня. Другие производители второго уровня EVSE включают ClipperCreek, Chargepoint, JuiceBox и Siemens.

### 1.3.3 Быстрые зарядные устройства.

Быстрые зарядные устройства постоянного тока, также известные как зарядные станции уровня 3 или CHAdeMO, могут предложить расстояние от 100 до 160 километров для вашего электромобиля всего за 20 минут зарядки. Однако они обычно используются только в коммерческих и промышленных приложениях - для их установки и обслуживания требуется высокоспециализированное высокопроизводительное оборудование.

Не все электромобили можно заряжать с помощью быстрых зарядных устройств постоянного тока. Большинство подключаемых гибридных электромобилей не имеют такой возможности зарядки, а некоторые полностью электромобили нельзя заряжать с помощью быстрого зарядного устройства постоянного тока. Mitsubishi «i» и Nissan Leaf - это два примера электромобилей, в которых включено быстрое зарядное устройство постоянного тока.

Возможность зарядки вашего электромобиля дома имеет решающее значение для обеспечения того, чтобы вы заправились и были готовы ехать, когда вам это нужно. Существует три типа станций зарядки электромобилей. У каждого свой процесс установки.

### 1.4 Установка зарядных устройств

Установка зарядного устройства для электромобилей 1-го уровня происходит следующим образом. Зарядные устройства EV уровня поставляются с вашим электромобилем и не требуют специальной установки - просто подключите зарядное устройство 1-го уровня к стандартной настенной розетке на 120 В, и вы готовы к работе. Это самая большая привлекательность системы начисления платы 1-го уровня: вам не нужно иметь дело с какими-либо дополнительными расходами, связанными с установкой, и вы можете настроить всю систему начисления платы без помощи специалиста[7].

Установка зарядного устройства для электромобилей 2-го уровня происходит следующим образом.

Зарядное устройство ЭМ уровня 2 потребляет 240 вольт электричества. Это дает преимущество, заключающееся в более быстром времени зарядки, но требует особой процедуры установки, поскольку стандартная настенная розетка обеспечивает только 120 вольт. Приборы, такие как электрические сушилки или духовки, также потребляют 240 вольт, и процесс установки очень похож[8].

Зарядное устройство ЭМ уровня 2: особенности установки. Для установки уровня 2 требуется напряжение 240 вольт от панели выключателя к месту зарядки. «Двухполюсный» автоматический выключатель должен быть подключен сразу к двум 120-вольтным шинам, чтобы удвоить напряжение цепи до 240 вольт, используя 4-жильный кабель. С точки зрения проводки это включает в себя подключение провода заземления к шине заземления, общий провод к шине провода и два горячих провода к двухполюсному

выключателю. Возможно, вам придется полностью заменить блок выключателя, чтобы иметь совместимый интерфейс, или вы можете просто установить двухполюсный выключатель в имеющуюся панель. Важно убедиться, что вы отключили все электропитание, поступающее в коробку выключателя, выключив все выключатели, а затем отключив главный выключатель[9].

После того, как вы правильно подключите автоматический выключатель к домашней проводке, вы можете подключить только что установленный 4-жильный кабель к месту зарядки. Этот 4-х жильный кабель должен быть надлежащим образом изолирован и закреплен, чтобы предотвратить повреждение ваших электрических систем, особенно если он прокладывается вне помещения в любой точке. Последний шаг - это установить зарядное устройство там, где вы будете заряжать автомобиль, и подключить его к 240-вольтному кабелю. Зарядное устройство действует как безопасное место для удержания тока зарядки и не пропускает электричество, пока не обнаружит, что ваше зарядное устройство подключено к зарядному порту вашего автомобиля[10].

Учитывая техническую природу и риски, связанные с самостоятельной установкой зарядного устройства EV уровня 2, всегда полезно нанять профессионального электрика для установки зарядной станции. Местные строительные нормы и правила часто требуют разрешений и осмотров профессионалом в любом случае, а ошибка в электрической установке может привести к материальному ущербу для вашего дома и электрических систем. Электромонтажные работы также представляют опасность для здоровья, и опытным профессионалам всегда безопаснее выполнять электромонтажные работы.

Профессиональная установка может стоить от 60000 до 500000 тенге в зависимости от компании или электрика, с которым вы работаете, и эта стоимость может возрасти при более сложных установках.

Установка зарядного устройства ЭМ с вашей системой солнечных батарей. Соединение вашего электромобиля с солнечной батареей на крыше - отличное решение для комбинированной энергетики. Иногда солнечные инсталляторы даже предлагают варианты покупки пакета, включающего полную установку EV зарядного устройства с вашей солнечной установкой. Если вы планируете перейти на электромобиль когда-нибудь в будущем, но хотите перейти на солнечную энергию сейчас, есть несколько соображений, которые облегчат процесс. Например, вы можете инвестировать в микроинверторы для вашей фотоэлектрической системы, чтобы, если вы покупаете энергию, когда вы покупаете электромобиль, вы могли легко добавить дополнительные панели после первоначальной установки[11].

Установка зарядного устройства для электромобилей 3-го уровня

Зарядные станции уровня 3, или быстрые зарядные устройства постоянного тока, в основном используются в коммерческих и промышленных условиях, поскольку они, как правило, непомерно дороги и требуют для работы специального и мощного оборудования. Это означает,

что быстрые зарядные устройства постоянного тока недоступны для домашней установки[12].

Большинство зарядных устройств 3-го уровня обеспечивают совместимые транспортные средства с зарядом около 80 процентов за 30 минут, что делает их более подходящими для придорожных зарядных станций. Для владельцев Tesla Model S доступна опция «наддув». Нагнетатели Tesla способны вывести на модель S радиус действия около 170 миль за 30 минут. Важное замечание о зарядных устройствах уровня 3 заключается в том, что не все зарядные устройства совместимы со всеми транспортными средствами. Убедитесь, что вы понимаете, какие зарядные станции общего пользования можно использовать с вашим электромобилем, прежде чем полагаться на зарядные устройства 3-го уровня для зарядки в дороге.

Стоимость зарядки на общественной станции зарядки электромобилей также разнообразна. В зависимости от вашего провайдера, ваши тарифы могут сильно варьироваться. Плата за зарядную станцию ЭМ может быть структурирована как фиксированная ежемесячная плата, поминутная плата или комбинация обоих[13].

Уровень 1 (Level 1)	Уровень 2 (Level 2)	Уровень 3 (Level 3)
<p>Время зарядки – <b>8 часов</b> Напряжение – <b>220В</b> Ток: <b>3-16А</b> Мощность – <b>2 кВт</b> Стоимость – <b>500\$</b></p> 	<p>Время зарядки: от <b>4 до 1 час</b> Напряжение – <b>220/380 В (~)</b> Ток: <b>6-30А</b> Мощность: <b>3-22 кВт</b> Стоимость до <b>5000\$</b></p> 	<p>Время зарядки <b>30 мин</b> Напряжение <b>300 -600В (=)</b> Ток до <b>100А</b> Мощность от <b>20 - 50 кВт</b> Стоимость до <b>15000\$</b></p> 

Рисунок 2 - Стоимость заряда электромобиля на различных типах станций

## 2 Техническая часть

### 2.1 Выбор платформы для создания контроллера

Первоочередной целью стал выбор платформы для выполнения поставленного технического задания.

После детального анализа и изучения сопутствующих материалов было принято решение использовать общеизвестный микроконтроллер Arduino Nano[14].

Преимуществами являются следующие качества:

- Отличная платформа для начинающих.
- Крошечный размер делает его идеальным для компактных проектов.
- Функциональный уровень такой же, как и у более крупных аналогов.
- Устанавливается на макете, что облегчает создание прототипов.

Недостатки выбранного микроконтроллера:

- Отсутствие встроенного подключения ограничивает возможное использование Интернета вещей (IoT).
- Ограниченная встроенная память может усложнять сложные программы.

Arduino Nano является младшим братом Arduino Uno и разделяет большинство его функций. Основным отличием, кроме его меньшего размера, является порт USB, при котором Nano подключается к вашему компьютеру через кабель micro USB. Это идеальный микроконтроллер для обучения хобби электронике и программированию, а его размер отлично подходит для встраивания в проекты, требующие небольшого форм-фактора[15].

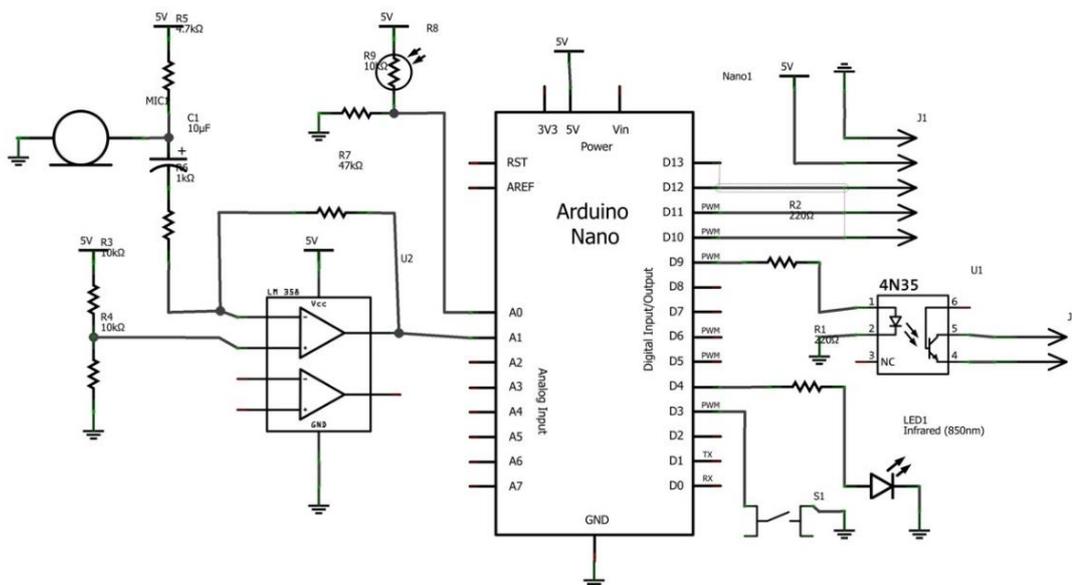


Рисунок 3 - Принципиальная схема Arduino Nano

Настоящий Arduino Nano стоит 22 доллара в магазине Arduino, что делает его дешевле, чем Uno. Как вы можете видеть из официальной сравнительной

таблицы на сайте Arduino, Nano обладает точно такими же возможностями, что и его более крупный брат.

Стоит отметить, что все платы Arduino Nano поставляются с чипом ATmega328p, а это означает, что максимальное входное напряжение Nano немного ниже, чем у предыдущих моделей.

Одним из преимуществ Arduino в целом является огромное сообщество, стоящее за ним. Что бы вы ни хотели сделать, скорее всего, кто-то другой попробовал это первым. Если вам нужна помощь с кодом или указатели для создания правильной электронной схемы для вашей сборки, пользователи Arduino по всему миру всегда готовы помочь[16]. На официальном сайте Arduino есть краткое руководство по началу работы с Nano, и платформа может быть запрограммирована непосредственно из вашего браузера с помощью Arduino Web Editor.

Мы в первую очередь должны помнить и знать о стандарте IEC 61851. Этим стандартом регулируется способ передачи энергии между станцией и электромобилем. Также наш контроллер должен обладать доступными в экономическом плане компонентами для создания и дальнейшего обслуживания.

Контроллер на Arduino Nano позволяет достигнуть малых размеров платы и отвечает минимальными стандартами для передачи тока (ГОСТ IEC 61851-1-2013). Номинальное напряжение составляет 220/380 В. Номинальный ток позволяемый к передаче составляет – 6/16/32А. Большую роль сыграли обширные знания о проверенном микроконтроллере, и главной проблемой стало написание алгоритма программы для него.

J1772 используется в нынешнем поколении электромобилей и плагинов, таких как Nissan LEAF и Chevy Volt[17].

## 2.2 Процесс согласования между станцией и электромобилем

Оборудование электромобиля объявляет максимальный ток, доступный для ЭМ, с пилот-сигналом 1 кГц. Рабочий цикл Pilot устанавливает доступный ток, который может потреблять ЭМ. Оборудование для электроснабжения также функционирует как защитное устройство, линии 240 В переменного тока штекера J1772 не передают напряжение до тех пор, пока не поступит сигнала от машины и от станции на начало зарядки. Электромобильное оборудование также функционирует как устройство прерывания замыкания на землю.

Пилот J1772 требует сигнала 1 кГц[18], который колеблется от -12 В до + 12 В. Прямоугольная волна +/- 12 В создается путем подачи на операционный усилитель источника питания +/- 12 В, создаваемого модулем преобразователя постоянного тока в постоянный ток от источника 12 Вольт. Выход операционного усилителя буферизируется R1 (что позволяет ЭМ понижать напряжение без чрезмерной нагрузки на выходной каскад усилителя) и подается на автомобиль. Пилотный вывод также подается обратно на АЦП1 ЦПУ, что позволяет ЦП измерять напряжение. Процессор

обнаружит, что отрицательная часть сигнала не находится полностью на -12 В, как условие отсутствия диода, и будет использовать измеренный уровень напряжения (и, следовательно, сопротивление, предлагаемое ЭМ на пилот-сигнале), чтобы выбрать состояния от А до. На этапе А процессор установит постоянный выходной сигнал +12 В, а в других состояниях, кроме состояний Е и F (Ошибка с указанным выходным сигналом -12 В).

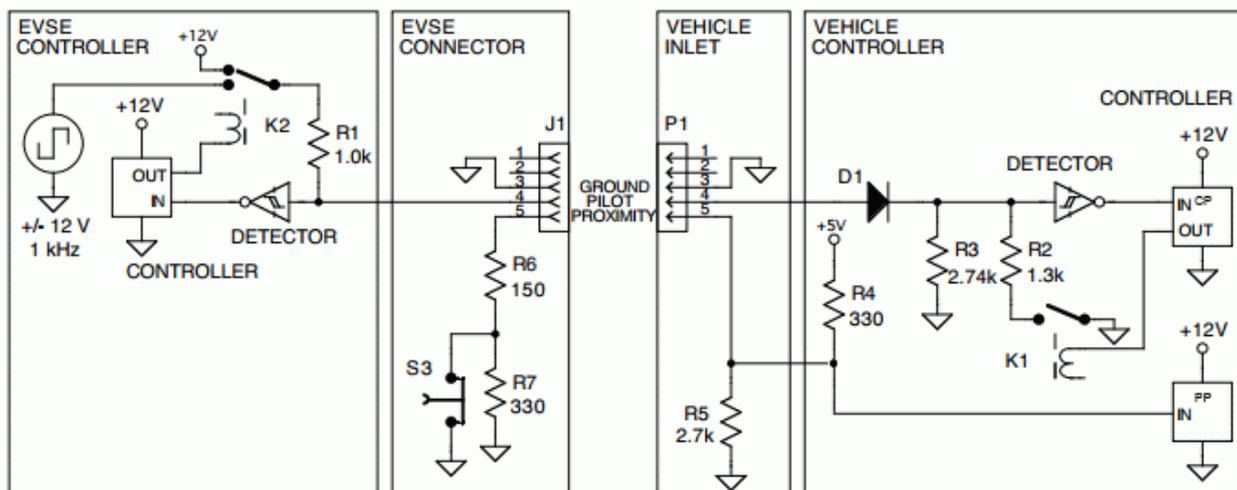


Рисунок 4 – Принципиальная схема взаимодействия (J1772)

### 2.3 Линия Pilot

Прямоугольная волна создается путем подачи на операционный усилитель источника питания +/- 12 В, создаваемого модулем преобразователя постоянного тока в постоянный ток от источника 12 Вольт. Выход операционного усилителя буферизируется R1 (что позволяет EV понижать напряжение без чрезмерной нагрузки на выходной каскад усилителя) и подается на автомобиль. Пилотный вывод также подается обратно на АЦП ЦПУ, что позволяет АЦП измерять напряжение. Зарядная станция и машина общаются с пилотом. Зарядная станция должна считывать напряжение, чтобы она могла правильно реагировать.

Эта схема работает, обеспечивая делитель напряжения для снижения уровня от -12В до -12В. И также обеспечивает смещение для поддержания положительного напряжения, Arduino не допускает отрицательных напряжений на аналоговых входах.

Следующий шаг это прерывание замыкания на землю. Это очень важный шаг, так как прерывание является важной частью зарядной станции. В этот момент измеряется разницу между током входа и токами выхода. Если есть различие, цепь отключается. Стандартные отключения происходят при 5 мА, однако для электромобилей требуется менее чувствительная точка срабатывания. Большинство коммерческих прерывателей используют 20 мА. Трансформатор тока создает небольшое напряжение в случае неисправности. Небольшое напряжение от ТТ сначала усиливается на первом этапе, а затем сравнивается с опорным напряжением на втором этапе. Если усиленное напряжение трансформатора выше, чем эталонное значение, операционный

усилитель получает повышенное напряжение и заставляет Arduino зарегистрировать входной сигнал на выводе Arduino.

Пилот J1772 представляет собой прямоугольную волну от 1 кГц + 12 В до -12 В, напряжение определяет состояние, а коэффициент заполнения определяет ток, доступный для ЭМ. Электромобильное оборудование устанавливает рабочий цикл, а ЭМ добавляет сопротивление Pilot на землю для изменения напряжения. Внутреннее оборудование ЭМ считывает напряжение и соответственно изменяет состояние[19]. Состояния приведены в таблице 1.

Таблица 1- Состояния контроллера при подключении

Состояние	Напряжение на Pilot(В)	Сопротивление ЭМ (кОм)	Описание
Состояние А	12	Нет	Не подключен
Состояние В	9	2.74	Подключено
Состояние С	6	0.882	Зарядка
Состояние D	3	0.246	Требуется вентиляция
Состояние Е	0	Нет	Нет питания
Состояние F	-12	Нет	Ошибка подключения

Состояние А - Чтобы проверить состояние А, включите контроллер. Он должен перейти в состояние готовности. Светодиод должен светиться зеленым.

Состояние В - Чтобы проверить состояние В, при включенном оборудовании зарядки подключите ЭМ (или диод и резистор) с сопротивлением 2,74 кОм. станция должна перейти в готовое состояние. Светодиод должен гореть желтым.

Состояние С - Чтобы проверить состояние С, при включенной станции подключите ваш электромобиль (или диод и резистор) с сопротивлением 882 Ом. Произойдет переход в состояние готовности. Светодиод должен светиться синим.

Состояние D - Чтобы проверить состояние D, подключите к зарядному устройству электромобиль (или диод и резистор) с сопротивлением 246 Ом. Зарядка покажет ошибку вентиляции. Светодиод должен гореть красным.

Состояние Е - Чтобы проверить состояние F, станция должна быть отключена от питания. Светодиод должен погаснуть.

Состояние F -Для проверки состояния F с включенной станцией подключите ваш электрокар (только резистор) с сопротивлением 2,74 кОм. Контроллер перейдет в состояние «Ошибка проверки диода». Светодиод должен гореть красным.

Частота. Pilot должен иметь частоту 1 кГц (1000 Гц). Допустимый допуск J1772 от 980 до 1020 Гц. Проверьте частоту, подключив имитатор EV в состоянии С «Режим зарядки» (или диод и резистор 882 Ом). Подключите мультиметр или осциллограф от Pilot к заземлению EVSE[20].

## 2.4 Операционный усилитель AD823

Так же был задействован операционный усилитель AD823, который является ни чем иным как операционным усилителем.

Особенности технического процесса данного драйвера позволяют создавать высокочастотные, низкие операционные усилители искажения с входными токами  $\rho\text{isoamp}$ . Драйвер использует дифференциальный выходной каскад, чтобы максимизировать пропускную способность и запас.

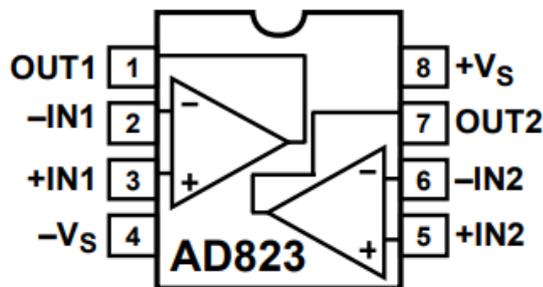


Рисунок 5 - Принципиальная схема усилителя AD823

AD823 может управлять 20 мА с выходами в пределах 0,6 В. AD823 также предлагает выдающуюся точность для быстродействующих операционных усилителях. Максимальное входное напряжение смещения 1 мВ и смещение дрейфа 2 мкВ / С достигается за счет использования аналоговым устройством передовых технологий тонких пленок.

Если вы используете микроконтроллер для своей прямоугольной волны, просто сгенерируйте свой рабочий цикл из своего микроконтроллера[21]. Большинство микроконтроллеров имеют средства для генерации ШИМ-сигнала с выбранной частотой и рабочим циклом. С помощью него происходит обратная связь по каналу Pilot.

Программа управления была написана на Arduino IDE и вследствие протестирована в полевых условиях. Ознакомьтесь с кодом программы можно в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

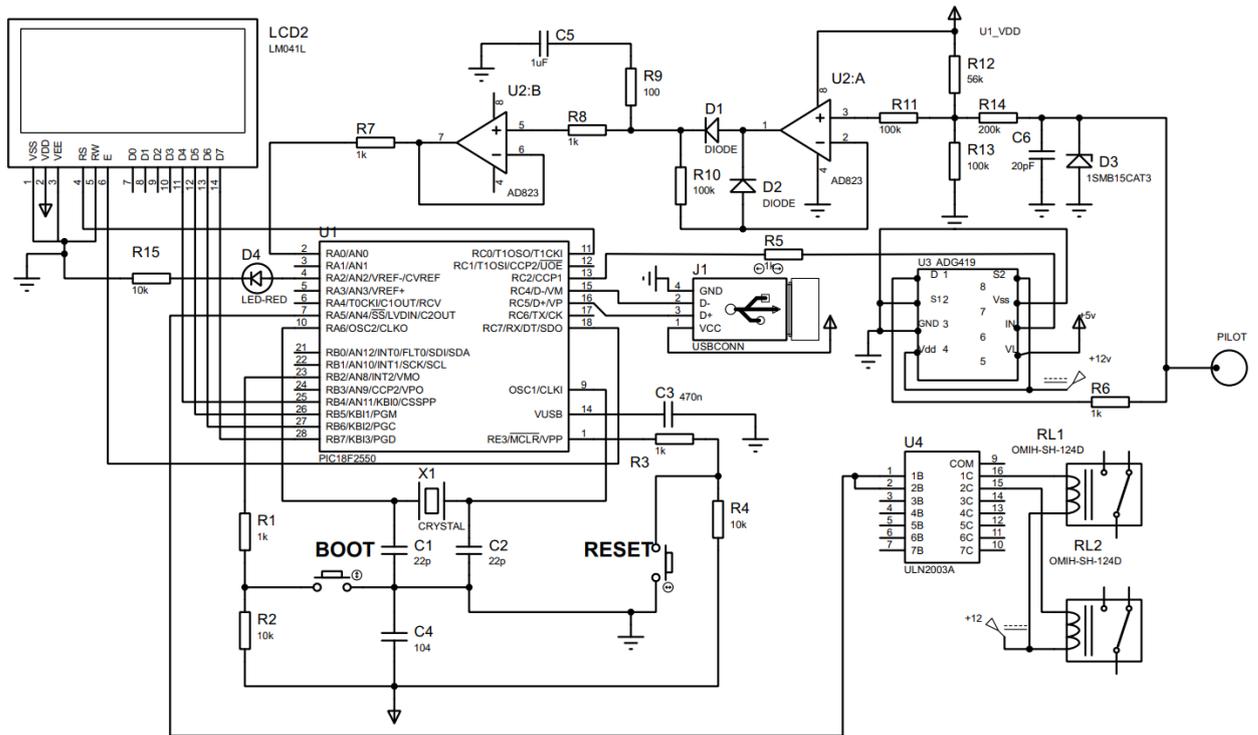


Рисунок 6 – Принципиальная схема контроллера

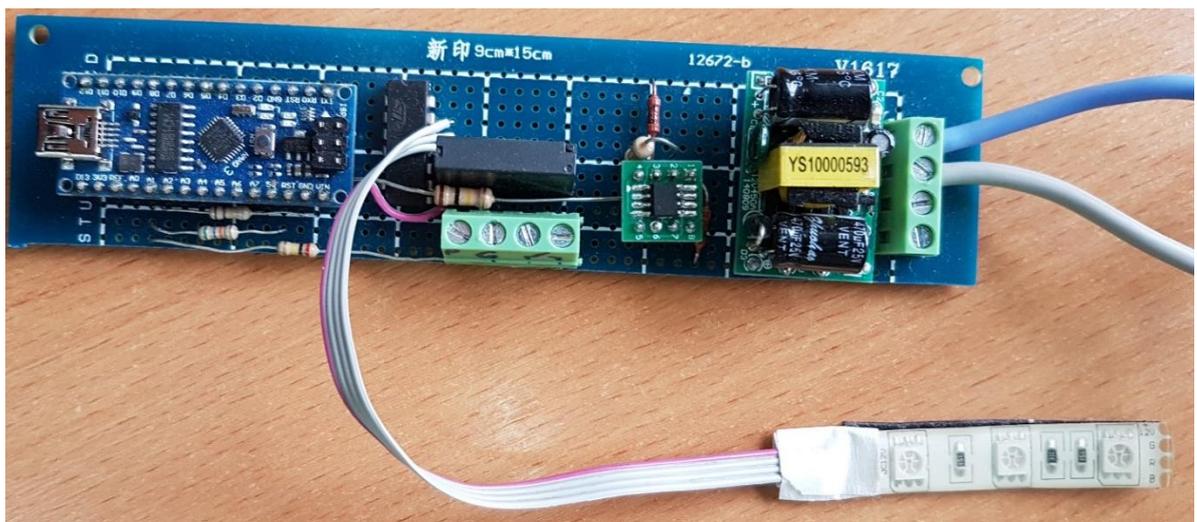


Рисунок 7 - Прототип контроллера зарядной станции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы решены поставленные задачи:

Во-первых - произведен выбор подходящей платформы. Из большого количества производимых промышленностью устройств были выбраны модули пригодные для построения контроллера, который отвечает всем необходимым запросам.

Во-вторых - разработано программное обеспечение для управления контроллера зарядной станции.

В-третьих - реализована конкретная модель контроллера зарядной станции для электромобиля поддерживающая стандарт SAE J1772.

В работе рассмотрены вопросы конструирования контроллеров зарядных станций. Исходя из конкретной конструкции, целей применения и условий эксплуатации были выбраны модули, выпускаемые различными фирмами, пригодными для использования в нашем контроллере.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.stat.gov.kz>
2. <http://www.ev-volumes.com/>
3. Электромобили. Отроша И. С. 1969.
4. Электромобиль. Техника и экономика. Щетина В. А. 1987.
5. Электромобили. Ставров О.А. 1968.
6. Электромобили. Методы расчета. Бусыгин Б. Л. 1979.
7. Современные электромобили. Андрей Кашкаров. 2018.
8. Виды альтернативной энергии. <http://ria.ru/documents/20091113/193404769.html#ixzz3mfRLfVaT>.
9. История электромобиля. Режим доступа: [http://autoeco.info/hist\\_ev.php](http://autoeco.info/hist_ev.php)].
10. Принцип работы электромобиля <http://www.electra.com.ua/elektroavtomobil/163-kak-rabotaetelektricheskij-avtomobil.html>
11. <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>
12. [www.eon.com/en/private-customers/emobility/insights-electric-cars.html](http://www.eon.com/en/private-customers/emobility/insights-electric-cars.html)
13. <https://www.dw.com/cda/en/how-eco-friendly-are-electric-cars/a-19441437>
14. <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles>
15. <https://cleantechnica.com/2019/05/17/whos-behind-the-war-on-electric-cars/>
16. [www.topgear.com/car-news/electric/electric-cars-are-solid-state-batteries-future](http://www.topgear.com/car-news/electric/electric-cars-are-solid-state-batteries-future)
17. <https://miraman.ru/posts/1940>
18. Begun, Daniel A. "Hawaii Says Aloha to an Electric Charging Network." Hot Hardware. Dec. 3, 2008. (Feb. 25, 2010) <http://hothardware.com/News/Hawaii-Says-Aloha-to-an-Electric-Car-Network/>
19. Better Place. (Feb. 25, 2010) <http://www.betterplace.com/> Coulomb Technologies.
20. "Electric Vehicle Charging Station Infrastructure." (Feb. 25, 2010) <http://www.coulombtech.com/>
21. The EV Project. (Feb. 25, 2010) <http://www.theevproject.com/>