

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР / ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ /
TECHNICAL SCIENCES

DOI 10.54596/2958-0048-2025-1-194-200

УДК 621.311

МРНТИ 45.53.39

АНАЛИЗ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ
ЭЛЕКТРОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Курмашев А.Н.¹, Петров П.А.^{1*}, Гаголина О.С.¹

¹* НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»
Петропавловск, Казахстан

*Автор для корреспонденции: paolo1988@mail.ru

Аннотация

В статье предложены инновационные схемотехнические решения в области электромобилестроения. Существующие электрические и функциональные схемы электрокаров подразумевают наличие дорогостоящих электронных компонентов, как в блоке управления, так и в блоке беспроводной подзарядки. Анализ существующих электрокаров малой и средней массы позволяет сделать вывод о том, что существующие электронные схемы можно модернизировать, заменив дорогостоящие элементы на более доступные электронные компоненты.

В частности, предлагается внедрить в систему управления и подзарядки электрокаров микроконтроллер STM32, активно использующийся в технических проектах малой и средней сложности. Также управление электрокаром малой массы допустимо осуществлять с помощью радиомодулей KYL-300L, работающих в мегагерцовом диапазоне.

Предложенные в исследовании электрические структурные схемы позволят реализовать упрощенные схемотехнические решения для проектирования электрокаров малой и средней массы. В дальнейшем, авторами планируется создание макета малого электрокара, реализованного на основе предложенных схем.

Ключевые слова: электромобили, беспроводная зарядка, зарядные устройства, экология, микроконтроллер STM32, радиомодуль KYL-300L, электрокар, транспорт.

ОБЛЫСТАҒЫ СХЕМАЛЫҚ ШЕШІМДЕРДІ ТАЛДАУ
ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ ЖАСАУ

Курмашев А.Н.¹, Петров П.А.^{1*}, Гаголина О.С.¹

¹* «Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті» КЕАҚ
Петропавл, Қазақстан

*Хат-хабар үшін автор: paolo1988@mail.ru

Аңдатпа

Мақалада электромобиль жасау саласындағы инновациялық схемалық шешімдер ұсынылған. Электр машиналарының қолданыстағы электрлік және функционалды схемалары басқару блогында да, сымсыз зарядтау блогында да қымбат Электронды компоненттердің болуын білдіреді. Қолданыстағы шағын және орта салмақтағы Электр машиналарын талдау қымбат элементтерді қол жетімді электронды компоненттерге ауыстыру арқылы қолданыстағы электрондық схемаларды жаңартуға болады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Атап айтқанда, шағын және орташа күрделіліктегі техникалық жобаларда белсенді қолданылатын STM32 микроконтроллерін электрокарларды басқару және қайта зарядтау жүйесіне енгізу ұсынылады. Сондай-ақ, аз массалы электр көлігін басқаруды мегагерц диапазонында жұмыс істейтін KYL-300L радио модульдерінің көмегімен жүзеге асыруға болады.

Зерттеуде ұсынылған электрлік құрылымдық схемалар шағын және орта салмақтағы Электр машиналарын жобалауға арналған жеңілдетілген схемалық шешімдерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Болашақта авторлар ұсынылған схемалар негізінде іске асырылған шағын электр көлігінің макетін жасауды жоспарлап отыр.

Кілт сөздер: электромобильдер, сымсыз зарядтау, зарядтағыштар, экология, STM32 микроконтроллері, KYL-300L радио модулі, электрокар, көлік.

ANALYSIS OF CIRCUIT DESIGN SOLUTIONS IN THE FIELD OF ELECTRIC CAR INDUSTRY

Kurmashev A.N.¹, Petrov P.A.^{1*}, Gagolina O.S.¹

^{1*}«Manash Kozybayev North Kazakhstan University» NPLC, Petropavlovsk, Kazakhstan

*Corresponding author: paolo1988@mail.ru

Abstract

The article offers innovative circuit engineering solutions in the field of electric vehicles. The existing electrical and functional circuits of electric cars imply the presence of expensive electronic components, both in the control unit and in the wireless charging unit. An analysis of existing low- and medium-weight electric cars suggests that existing electronic circuits can be upgraded by replacing expensive elements with more affordable electronic components.

In particular, it is proposed to introduce the STM32 microcontroller into the control and charging system of electric cars, which is actively used in technical projects of small and medium complexity. It is also acceptable to control a low-mass electric car using KYL-300L radio modules operating in the megahertz range.

The electrical structural schemes proposed in the study will make it possible to implement simplified circuit design solutions for small and medium-weight electric cars. In the future, the authors plan to create a mock-up of a small electric car based on the proposed schemes.

Keywords: electric vehicles, wireless charging, chargers, ecology, STM32 microcontroller, KYL-300L radio module, electric car, transport.

Введение

Существует два больших разделения электрокаров по виду подзарядки – классические проводные решения (с использованием зарядного кабеля) и модернизированные беспроводные варианты (парковка электрокара над катушкой). Каждый из этих двух видов делится на свои подвиды, отличающиеся по мощности, скорости зарядки, сложности внедрения и иногда – по цене [1-3].

По инфраструктуре для парковок электрокаров есть существуют проекты как с размещением катушки в бетоне, так и покрытием ее слоем пропитанной смолой подложки. Однако, такие принципы проектирования пригодны для мягкого климата с небольшими минусовыми температурами. До сих пор не сформированы единые стандарты, как правильно нагревать поверхность, встраивать катушки, защищать провода от наледи и как это всё протестировать на практике.

В условиях резкоконтинентального климата (там, где зимой и -40°C не редкость, а летом все $+50^{\circ}\text{C}$) приходится ставить подогрев вокруг катушки, следить за температурой в аккумуляторе, защищать электронику от промерзания. При планировании инфраструктуры нужно учитывать пункт о периодическом ее ремонте. Поэтому актуальным становится вопрос разработки такого подзарядного метода, который позволит эксплуатировать станцию зарядки и электрокар в экстремальных климатических условиях.

Однако не только вопросы подзарядки электромобилей являются приоритетными, хотя, безусловно, имеют инновационную составляющую. Методы управления также

предоставляют простор для творчества и научного исследования, т.к. существующие схемы управления базируются на дорогих электронных компонентах.

Следовательно, актуальность и задачи проведенного исследования сводятся к разработке и апробации двух видах функциональных схем: как управляющей части (приоритетно с дистанционным управлением), так и подзарядной части.

Методы исследования

В процессе написания статьи были использованы следующие методы исследования:

1. применение схемотехнических методов построения электронных схем;
2. метод сравнения;
3. аналитический и синтезирующие методы.

Новизна исследования заключается в надёжном и удобном управлении моделью электромобиля, а также высокой степенью автоматизации процессов мониторинга и защиты элементов модели. Кроме того, данная система обеспечивает безопасную и автоматическую беспроводную зарядку в условиях сложной окружающей среды, например, при подземной установке.

Теоретическая значимость базируется на предложенных схемотехнических решениях, реализуемых на практике за счет выбора дешевых электронных компонентов.

Практическим результатом исследования являются результаты предварительных экспериментов, готовые алгоритмы и программы для работы управляющей и зарядной частью электрокара малой массы.

Результаты исследования

Авторами, ранее, уже были предложены схемы для проектирования малых электрокаров [4, 5]. Схема управления базировалась на простом драйвере двигателей, а схема подзарядки на таймере NE555. Такие схемотехнические решения не отличаются гибкостью, хоть и просты в реализации.

На основе экспериментально-исследовательской части, было принято решение отказаться от непрограммируемых цифровых микросхем. Конструкторская основа для блоков управления и беспроводной подзарядки удобнее разрабатывать на основе доступного микроконтроллера STM32.

После анализа и подборки предварительных схем, был остановлен выбор на трех микроконтроллерах STM32 необходимых для передающей части, приемной части и схемы подзарядки. Для каждого контроллера составлен отдельный алгоритм и написана отдельная программа. Тем не менее, такой подход дает гибкость для конструкторской реализации, т.к. технология STM дает возможность оперативно и гибко перепрошивать чип и, соответственно, изменять программу работы управления и подзарядки.

На рисунках 1 и 2 представлены структурные схемы управляющей и подзарядной частей электрокара.

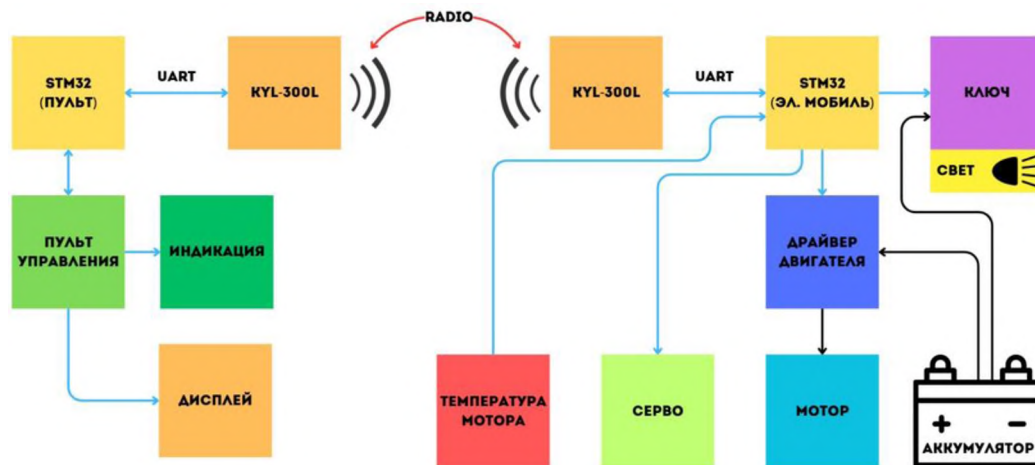


Рисунок 1. Структурная схема управляющей и приёмной частей беспроводной системы управления

Данная структурная схема описывает работу системы управления электромобилем масштаба 1:10, которая состоит из передающей части (пульта управления) и приёмной части, расположенной на модели электромобиля. Основой системы является взаимодействие двух микроконтроллеров STM32 посредством радиоканала через модули KYL-300L.

Передающая часть включает в себя следующие элементы:

- STM32: основной контроллер, осуществляющий сбор и обработку данных от пульта управления;
- радиомодуль KYL-300L: обеспечивает передачу данных по радиоканалу;
- пульт управления: интерфейс взаимодействия с пользователем, содержащий:
- индикацию: отображение текущего состояния системы;
- дисплей: визуализация параметров, таких как скорость, температура и уровень заряда.

STM32 передающей части через интерфейс UART обменивается данными с радиомодулем KYL-300L. Этот радиомодуль, в свою очередь, передаёт данные на аналогичный модуль на приёмной части.

Приёмная часть включает:

- STM32: основной контроллер приёмной части, который управляет всеми исполнительными элементами модели;
- радиомодуль KYL-300L: принимает данные от передающего радиомодуля и передаёт их микроконтроллеру STM32 через UART;
- драйвер двигателя: управляет работой электромотора в зависимости от команд, полученных от STM32;
- электромотор: отвечает за движение модели;
- сервопривод: используется для управления направлением движения модели;
- датчик температуры: измеряет температуру мотора и драйвера двигателя для предотвращения перегрева;
- освещение: управляется STM32 для обеспечения видимости и сигнализации;
- аккумулятор: снабжает энергией всю систему, а также контролируется STM32 для предотвращения переразряда или перегрузки.

Пользователь вводит команды через пульт управления. STM32 обрабатывает эти команды и передаёт данные на радиомодуль KYL-300L. Радиомодуль KYL-300L

отправляет данные на приёмный радиомодуль на модели электромобиля. STM32 приёмной части обрабатывает полученные данные и выполняет соответствующие действия, такие как:

- управление мотором для движения;
- управление сервоприводом для направления модели;
- включение или выключение освещения.

При этом STM32 также следит за состоянием температуры мотора и драйвера двигателя. В случае перегрева система может автоматически снизить нагрузку. Контроль уровня заряда аккумулятора осуществляется для предотвращения переразряда.

Преимущества такого схемотехнического решения в сравнении с аналогами:

- беспроводное управление обеспечивает свободу передвижения;
- индикация и дисплей на пульте управления позволяют отслеживать ключевые параметры в реальном времени;
- надёжная связь между передающей и приёмной частями благодаря радиомодулям KYL-300L;
- защита аккумулятора и управление температурой увеличивают долговечность системы.

Данная система обеспечивает надёжное и удобное управление моделью электромобиля, а также высокую степень автоматизации процессов мониторинга и защиты элементов модели.

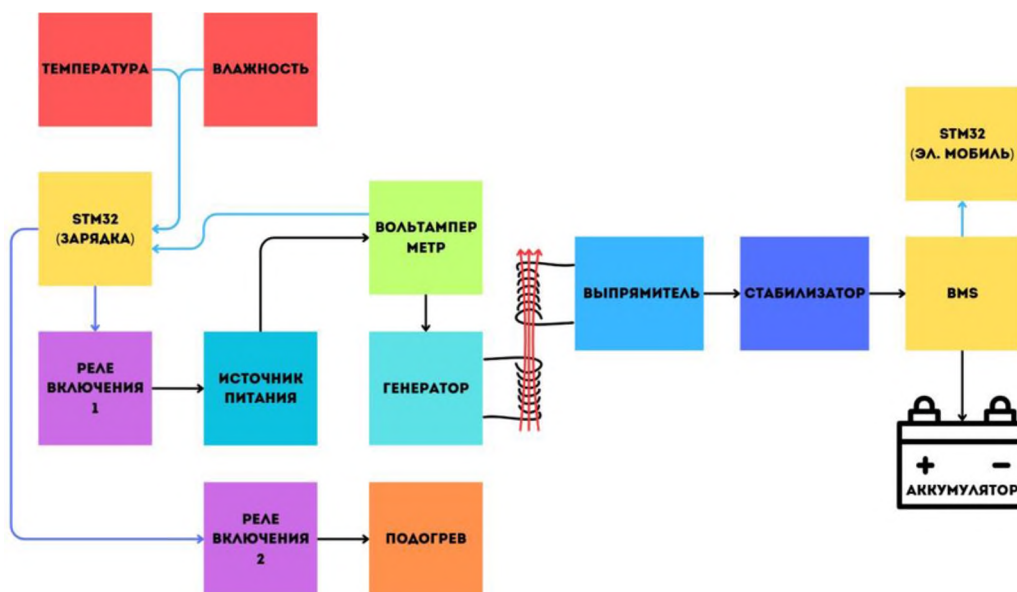


Рисунок 2. Структурная схема беспроводной зарядки

Данная структурная схема описывает работу системы беспроводной зарядки, функционирующей с использованием двух катушек индуктивности для передачи энергии. Главным управляющим элементом системы является микроконтроллер STM32, который выполняет функции управления процессом зарядки и контроля параметров работы системы.

К STM32 подключены два датчика:

- датчик температуры;
- датчик влажности.

Эти датчики осуществляют мониторинг климатических условий внутри блока беспроводной зарядки, который находится под землёй. Если температура опускается ниже установленного порога, STM32 активирует подогрев через соответствующее силовое реле. Это позволяет поддерживать оптимальные условия работы системы.

При обнаружении нагрузки, например, автомобиля с приёмной катушкой на борту, система сообщает контроллеру STM32 о её наличии. После этого STM32 подаёт управляющий сигнал на силовое реле, которое включает беспроводную зарядку.

Передающая часть включает следующие основные элементы:

- источник питания: обеспечивает энергией всю систему;
- ВольтАмперметр: контролирует параметры тока и напряжения;
- генератор: генерирует переменный ток для передачи энергии;
- передающая катушка: индуктивно передаёт энергию на приёмную часть.

Приёмная часть системы содержит следующие элементы:

- приёмная катушка: принимает энергию, переданную индуктивным способом;
- выпрямитель: преобразует переменный ток, полученный от катушки, в постоянный;
- стабилизатор: выравнивает постоянное напряжение и преобразует его в 5 В, которые используются для зарядки аккумулятора электромобиля;
- BMS (система управления батареями): защищает аккумулятор от перегрузок и обеспечивает его безопасную эксплуатацию;
- STM32 на приёмной стороне: контролирует процесс заряда аккумулятора и параметры напряжения.

Система автоматически активируется при обнаружении нагрузки (автомобиля с приёмной катушкой). Передатчик начинает передавать энергию на приёмник через индуктивные катушки. Приёмная часть преобразует энергию в постоянный ток с необходимыми параметрами, стабилизирует её и направляет на зарядку аккумулятора, защищая его с помощью BMS. Микроконтроллер STM32 на обеих сторонах системы обеспечивает управление процессами зарядки и контроль параметров, таких как температура, влажность и состояние аккумулятора.

Данная система обеспечивает безопасную и автоматическую беспроводную зарядку в условиях сложной окружающей среды, например, при подземной установке.

Дискуссия

Предложенные функциональные схемы позволяют проектировать электрокары малой и средней массы, как с дистанционным управлением через приемо-передающее оборудование, так и с автономным движением.

Применение радиосвязи на основе модулей KYL-300L позволит оперативно управлять малым электрокаром, а реализация базовой схемотехники электромобиля на основе микроконтроллеров STM32 даёт возможность упростить составление алгоритмов и программ управления и подзарядки электрокара.

Заключение

Предложенные схемотехнические решения позволят в будущем спроектировать макет малого электрокара, управляемого по радиосвязи. Кроме того, планируется дополнительное исследование о влиянии экстремальных климатических условий на эффективность работы электрокара и качества его подзарядки.

Представленное исследование может стать основой для экспериментальных конструкторских работ в области построения электрокаров малой и средней массы.

Литература:

1. Тенишев, Э.Р. Электрокары в наши дни. Тесла моторс / Э.Р. Тенишев, В.Ю. Стоякина, Н.Х. Хаким // Инновационное развитие экономики: российский и зарубежный опыт: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Стерлитамак, 24 октября 2017 года. – Стерлитамак: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2017. – С. 246-249.
2. Шаварин, П.М. Место электрокаров в современном транспорте / П.М. Шаварин, А.С. Смирнов, Букатин В.С. // Современные научные исследования и разработки. – 2017. – №8(16). – С. 606-608.
3. Неведин, Н.А. Что такое электромобили и почему все машины еще не электромобили? / Н.А. Неведин, О.И. Дубинина // Сборник статей студенческих научно-практических конференций факультета агротехники и энергообеспечения кафедры инженерной графики и механики 2014-2015 г., Орел, 12 апреля 2015 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет, 2015. – С. 34-38. – EDN YNHRNZ.
4. Курмашев, А.Н. Основные направления в автомобилестроении / А.Н. Курмашев, П.А. Петров, В.В. Семенюк // Молодежь и наука-2023: Материалы международной научно-практической конференции, Петропавловск, 12 апреля 2023 года. – Петропавловск: Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева, 2023. – С. 265-268.
5. Курмашев, А.Н. Анализ и модернизация беспроводных зарядных устройств для электромобилей / А.Н. Курмашев, П.А. Петров // Молодежь и наука-2024: двигатель настоящего и залог успешного будущего: Материалы Международной научно-практической конференции, Петропавловск, 10 апреля 2024 года. – Петропавловск: Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, 2024. – С. 222-226.

References:

1. Tenishev, E`R. E`lektrokary` v nashi dni. Tesla motors / E`R. Tenishev, V.Yu. Stoyakina, N.X. Hakim // Innovacionnoe razvitie e`konomiki: rossijskij i zarubezhny`j opy`t: sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Sterlitamak, 24 oktyabrya 2017 goda. – Sterlitamak: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost`yu "Agentstvo mezhdunarod-ny`x issledovaniy", 2017. – S. 246-249.
2. Shavarin, P.M. Mesto e`lektrokarov v sovremennom transporte / P.M. Shavarin, A.S. Smirnov, Bukatin V.S. // Sovremennyye nauchny`e issledovaniya i razrabotki. – 2017. – №8(16). – S. 606-608.
3. Nevedin, N.A. Chto takoe e`lektromobili i pochemu vse mashiny` eshhe ne e`lektromobili? / N.A. Nevedin, O.I. Dubinina // Sbornik statej studencheskix nauchno-prakticheskix konferencij fakul`teta agrotexniki i e`nergoobespecheniya kafedry` inzhenernoj grafiki i mexaniki 2014-2015 g, Orel, 12 aprelya 2015 goda. – Orel: Orlovskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet, 2015. – S. 34-38. – EDN YNHRNZ.
4. Kurmashev, A.N. Osnovny`e napravleniya v e`lektromobilestroenii / A.N. Kurmashev, P.A. Petrov, V.V. Semenyuk // Molodezh` i nauka-2023: Materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Petropavlovsk, 12 aprelya 2023 goda. – Petropavlovsk: Severo-Kazaxstanskij universitet imeni Manasha Kozy`baeva, 2023. – S. 265-268.
5. Kurmashev, A.N. Analiz i modernizaciya besprovodny`x zaryadny`x ustrojstv dlya e`lektro-mobilej / A.N. Kurmashev, P.A. Petrov // Molodezh` i nauka-2024: dvigatel` nastoyashhego i zalog uspeshnogo budushhego: Materialy` Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Petropavlovsk, 10 aprelya 2024 goda. – Petropavlovsk: Severo-Kazaxstanskij universitet im. M. Kozy`baeva, 2024. – S. 222-226.

Information about the authors:

Petrov P.A. – corresponding author, Associate Professor of the Department of Energetic and radioelectronics, PhD, Kozymbayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan, e-mail: paolo1988@mail.ru;
Gagolina O.S. – M.Sc., senior lecturer of the Department of Energetic and radioelectronics, Kozymbayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan, e-mail: osgagolina@ku.edu.kz;
Kurmashev A.N. – master's student, Kozymbayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: kasymov.adil@list.ru.