

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра

«Промышленная электроника»

(наименование)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроника и робототехника

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Автоматическое зарядное устройство для свинцово-кислотной АКБ 12 В

Обучающийся

Н. О. Меркулов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А. В. Прядилов

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

Консультант

О. А. Головач

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

Тольятти 2024

Аннотация

Тема данной дипломной работы - «Автоматическое зарядное устройство для свинцово-кислотных аккумуляторов напряжением 12 В».

Дипломная работа состоит из введения, шести частей, заключения, таблиц, списка литературы, включая зарубежные источники, и графической части на 6 листах формата А1.

Ключевым вопросом дипломной работы является решение проблемы отсутствия зарядного устройства, которое было бы идеальным решением для зарядки аккумулятора без вмешательства пользователя.

Целью работы является разработка полностью автоматического зарядного устройства. Проектируемое зарядное устройство будет оснащено передовыми технологиями для оптимизации процесса зарядки и продления срока службы автомобильного аккумулятора. Его интуитивно понятный интерфейс и надежная работа сделают процесс зарядки максимально удобным и безопасным.

Работа затрагивает следующие вопросы: в специальной части проекта подробно рассказывается о структуре, рассматриваются процессы зарядки аккумуляторов указанного типа, выделяются основные параметры, обеспечение которых позволит добиться эффективного заряда аккумулятора.

Затем анализируются основные типы зарядных устройств, доступных на рынке. Далее разрабатывается структурная схема и схема электрическая принципиальная.

Наконец, представляется готовая работа, посвященная созданию собственного зарядного устройства. Среди доступных опций: режим настройки, режим зарядки со световой индикацией напряжения и тока зарядки в соответствии с безопасной траекторией зарядки.

ABSTRACT

The topic of the given graduation work is «Automatic Charger for 12V Lead Acid Battery».

The senior paper consists of an introduction, six parts, a conclusion, tables, list of references including foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The key issue of the thesis is to solve the problem of the lack of a charger, which would be an ideal solution for charging a battery without user intervention.

The aim of the work is to develop a fully automatic charger. The projected charger will be equipped with advanced technologies to optimize the charging process and extend the service life of the car battery. Its intuitive interface and reliable operation will make the charging process as convenient and safe as possible.

The work touches upon the following issues: the special part of the project gives details about the structure, the charging processes of the specified type of batteries are being considered, the main parameters are highlighted, the provision of which will allow to achieve an effective battery charge.

Then we analyze the main types of chargers available on the market. Next, we develop a block diagram and an electrical schematic diagram.

Finally, we present a finished work dedicated to creating our own charger. Among the available options: setting mode, charge mode with light indications of voltage and charge current in compliance with a safe charge trajectory.

In conclusion we'd like to stress this work is emphasized that the work done to develop an automatic charger circuit for lead-acid batteries is an important step in the field of electrical engineering.

Содержание

Введение	5
1 Состояние вопроса	6
1.1 Технические условия эксплуатации свинцово–кислотных АКБ различных типов.	11
1.1.1 Жидкостные аккумуляторы.....	11
1.1.2 EFB–аккумуляторы.....	12
1.1.3 Гелевые аккумуляторы	14
1.1.4 AGM	15
1.1.5 AGM+	16
1.2 Обзор и анализ существующих зарядных устройств, их электрических схем и возможностей.	17
1.2.1 Зарядные устройства с постоянным током и постоянным напряжением (CC/CV).....	17
1.2.2 Универсальные зарядные устройства.....	20
1.2.3 Интеллектуальные зарядные устройства.....	23
2 Основная часть	27
2.1 Выбор схемотехнического решения, подбор элементной базы, расчет основных параметров узлов.	27
2.2 Схема электрическая принципиальная зарядного устройства.....	34
2.3 Конструирование устройства.....	40
3 Инструкция по эксплуатации устройства	45
Заключение	47
Список используемой литературы	48

Введение

Аккумулятор представляет собой источник тока, способный многократно преобразовывать энергию из химической в электрическую, а также запасать ее на долгое время. Автомобильные аккумуляторы 12 вольт используются в автомобилях для запуска двигателя, питания электроники и освещения.

Разработка зарядного устройства для аккумуляторных батарей является значимой задачей в области электроники и энергетики. Зарядное устройство играет ключевую роль в обеспечении долговечности и производительности аккумуляторов. В данном дипломе рассматриваются аспекты разработки зарядного устройства, включая выбор компонентов, схемотехнические решения и разработка печатной платы. Проводится анализ существующих зарядных устройств и их недостатков, что позволяет выявить основные требования к новому устройству.

Основной задачей автоматических зарядных устройств является выполнение заряда аккумулятора по определенному профилю изменения зарядного тока и зарядного напряжения. Как правило, эти профили максимально оптимального вида предлагаются разработчиками аккумуляторных батарей. Зарядные устройства играют значительную роль в инфраструктуре систем с подобными аккумуляторами.

На сегодняшний день существуют зарядные устройства различных типов. Некоторые из них генерируют фиксированное зарядное напряжение на протяжении всего процесса зарядки аккумуляторов, в то время как другие – автоматически подстраиваются под тип заряжаемого устройства для оптимальной зарядки.

1 Состояние вопроса

Французский инженер Гастон Планте создал первый свинцово–кислотный аккумулятор в 1859 году, используя две свинцовые полоски, разделенные тканевой прокладкой и обмотанные вокруг деревянного цилиндра.

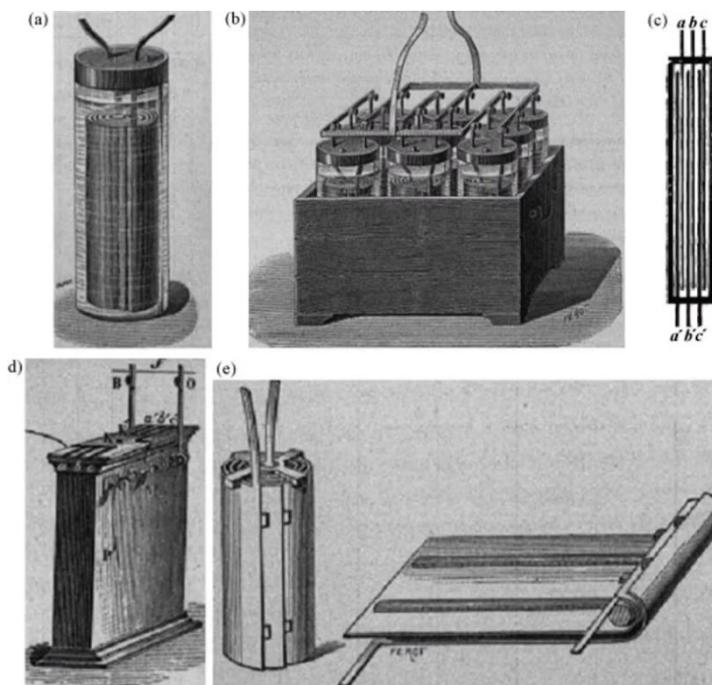


Рисунок 1 – Внешний вид первого аккумулятора

Ленты помещались в сосуд с разбавленной серной кислотой. При погружении свинцовых пластин в кислоту, металл покрывается нерастворимой пленкой сульфата двухвалентного свинца, которая защищает поверхность электрода и поэтому свинец в разбавленной серной кислоте не растворяется. Само по себе такое устройство электричества не производит, однако, если пропустить через него ток от внешнего источника, то на свинцовых пластинах будут происходить химические реакции, накапливающие энергию в виде образующихся на электродах веществ.

Этот процесс называется зарядкой аккумулятора. На электроде, подключенном к положительному полюсу внешнего источника энергии – аноде, образуется слой оксида свинца IV бурого цвета. Здесь двухвалентные ионы свинца из сульфата под действием электрического поля катода, покрытого сульфатной пленкой, отдают пару электронов источнику внешней

ЭДС и превращаются в четырехвалентный ион свинца. Происходит процесс окисления двухвалентного свинца до четырехвалентного. В ходе этой реакции на образование оксида свинца IV расходуются молекулы воды, а сам сульфат распадается с образованием катионов водорода и сульфат-анионов. На электроде, подключенном к отрицательному полюсу внешнего источника энергии – катоде, электроны соединяются с двухвалентным ионом свинца из сульфатной пленки и образуется металлический свинец, а сульфат-анион попадает в электролит.

Множество инженеров и ученых работали над улучшением характеристик свинцово-кислотной АКБ. Современное их производство – сложный процесс, в котором применяются самые передовые технологические решения, защищающие здоровье людей и окружающую среду от токсического воздействия свинца и серной кислоты.

На рисунке 2 представлена конструкция обычного обслуживаемого аккумулятора. «Свинцово-кислотный аккумулятор является вторичным гальваническим элементом, где электроды изготовлены из свинца, а электролитом служит разведенный раствор серной кислоты (H_2SO_4) с содержанием около 35% объема в полностью заряженном состоянии. Плотность этого раствора составляет приблизительно 1,27 г/см³. Такие аккумуляторы популярны из-за доступной цены, хорошей долговечности (более 500 циклов зарядки) и высокой энергетической плотности. Они широко применяются в стартерных батареях для транспортных средств, аварийных источниках питания и резервных энергосистемах. Хотя термин "аккумулятор" официально относится к одному элементу батареи, в повседневной речи под ним понимается целая батарея (независимо от количества элементов). АКБ (автомобильная кислотная батарея) – это сокращенное название аккумуляторной батареи на основе свинцово-кислотных аккумуляторов» [13].

Каждый аккумулятор в составе АКБ батареи содержит два типа пакетов пластин: пакет свинцовых пластин и пакет пластин из диоксида свинца.

Эти пакеты пластин чередуются друг с другом и разделены сепаратором, который предотвращает короткое замыкание между ними. Сепаратор, материал которого пропускает кислоту и воду, но не позволяет пластинам соприкасаться, обеспечивает изоляцию пластин друг от друга, что способствует сохранению электрической емкости аккумулятора [15].

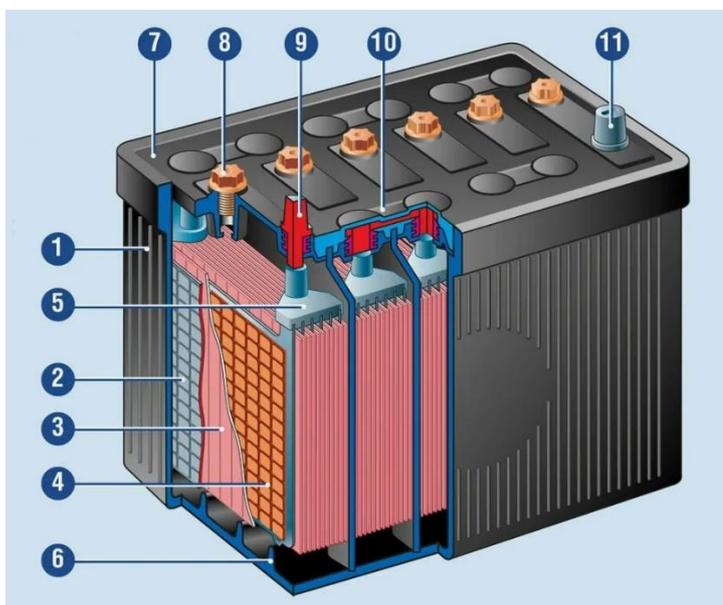


Рисунок 2 – Структура свинцово–кислотной АКБ

«Компоненты аккумулятора:

1 – корпус,

2 –отрицательный электрод (пластина),

3 – сепаратор,

4 – положительный электрод (пластина),

5 – мостик (токоведущая часть) / баретка

6 – опорная призма,

7 –крышка

8 – пробка заливного отверстия

9 – положительный вывод

10 – межэлементная перемычка (соединительный мостик)

11 – отрицательный вывод» [42].

Корпус аккумулятора (1) предназначен для защиты внутренних компонентов от негативных воздействий окружающей среды, таких как влага, пыль и механические повреждения. Он также обеспечивает безопасное использование аккумулятора, исключая возможность контакта с электродами и химическими веществами. Мостик (5) в аккумуляторе соединяет пластины для передачи электрического тока между ними. Баретка, в свою очередь, обычно применяется для удобного и надежного подключения внешних проводов или устройств к аккумулятору. Обе части играют ключевую роль в обеспечении надлежащей работы аккумулятора и эффективной передаче электричества. Опорная призма (6) поддерживает пластины в правильном положении, предотвращая их смещение или деформацию во время зарядки и разрядки. Положительные и отрицательные выводы (9, 11) используются для соединения внешних устройств с аккумулятором, обеспечивая передачу электричества. Межэлементная перемычка (10) соединяет элементы аккумулятора для равномерного распределения заряда и разряда между ними, обеспечивая необходимое напряжение. Напряжение одного элемента свинцово–кислотной АКБ обычно составляет от 2,11 до 2,17 вольт, и при последовательном соединении 6 элементов получается общее напряжение 12,6 вольт. [14]

Далее всё закрывается крышкой (7) для обеспечения герметичного покрытия, защищающего внутренние компоненты от внешних воздействий. Кроме того, крышка обеспечивает доступ к элементам аккумулятора для обслуживания, проверки уровня электролита и возможной замены. Для доступа к отсекам каждой батареи используется вывинчивающаяся пробка, через отверстия которой выводятся газы, образующиеся в основном при заряде аккумулятора.

«Принцип функционирования свинцово–кислотных аккумуляторов основан на электрохимических процессах, происходящих между свинцом и диоксидом свинца в растворе серной кислоты. При подключении внешней нагрузки начинается реакция между оксидом свинца и серной кислотой,

приводящая к окислению металлического свинца до сульфата свинца. Исследования, проведенные в прошлом в СССР, выявили более 60 различных реакций в процессе разряда аккумулятора, где около 20 из них происходят без участия кислотного электролита. Во время разряда диоксид свинца восстанавливается на катоде, а свинец окисляется на аноде, а при заряде происходят обратные процессы. При перезарядке аккумулятора, после истощения сульфата свинца, начинается электролиз воды: на аноде выделяется кислород, а на катоде – водород» [37].

Переработка свинцовых аккумуляторов, являющихся самыми распространенными в мире, достигает 99% в глобальном масштабе, и на самом деле их использование представляет собой экономику замкнутого цикла. Наоборот, утилизация аккумуляторов достигает всего 1% в мире. Свинцово–кислотные аккумуляторы содержат около 85 % всего используемого в мире свинца, из–за чего представляют значительную опасность.

1.1 Технические условия эксплуатации свинцово–кислотных АКБ различных типов.

Сегодня в промышленности производятся различные виды свинцово–кислотных аккумуляторов, которые в основном подразделяются на жидкостные (требующие обслуживания) и герметичные (с клапанным регулированием) типы.

«При эксплуатации обслуживаемых аккумуляторов (с открываемыми пробками на банках) на автомобиле при движении по неровной дороге неизбежно происходит просачивание электролита из–под пробок на корпус аккумулятора.

Постепенный саморазряд аккумулятора происходит из–за гигроскопичности электролита, который не высыхает благодаря электропроводной плёнке. Для предотвращения глубокого саморазряда рекомендуется периодически нейтрализовать электролит, протирая корпус аккумулятора раствором пищевой соды или разведенным хозяйственным мылом. Важно также следить за уровнем воды в электролите, так как ее испарение в жаркую погоду или электролиз при перезаряде аккумулятора могут привести к уменьшению количества воды, увеличивая плотность электролита. Это, в свою очередь, может вызвать оголение пластин, увеличивая саморазряд и риск сульфатации батареи. Необходимо следить за уровнем электролита и при необходимости доливать дистиллированную воду. Существует четыре основных типа современных свинцово–кислотных аккумуляторов: жидкостные, гелевые, AGM и EFB» [21].

1.1.1 Жидкостные аккумуляторы

Жидкостные аккумуляторы (изображены на рисунке 3) представляют собой наиболее распространенный и экономичный тип свинцово–кислотных аккумуляторов. Они включают в себя раствор жидкого электролита с плотностью от 1,2 до 1,3 г/см³ (отсюда их название "жидкостные"), который требует обслуживания после циклов зарядки и разрядки. Для большинства

жидкостных аккумуляторов рекомендуется проводить обслуживание электролита каждые 3–6 месяцев.



Рисунок 3 – Жидкостный аккумулятор

Аккумуляторы данного типа имеют ограничение в 250–500 циклов зарядки и разрядки. Глубокая разрядка аккумулятора ниже 1,75 вольт на ячейку не рекомендуется из-за риска сульфатации пластин, что может привести к снижению его емкости. Для оптимальной работы жидкостного аккумулятора рекомендуется разряжать его не более чем на 50% емкости в рабочем цикле. В случае перезаряда жидкостного аккумулятора можно добавить электролит, чтобы обеспечить его стабильность при неправильной зарядке. Для зарядки жидкостного аккумулятора используется напряжение 14,4–14,5 вольт, и его следует устанавливать вертикально. Необходимо быть осторожным, чтобы избежать контакта с аккумуляторной кислотой. Жидкостные аккумуляторы работают наилучшим образом при температуре окружающей среды от +10°C до +30°C.

1.1.2 EFB–аккумуляторы

EFB–аккумуляторы / Enhanced Flooded Battery (рисунок 4) – это экономичные аккумуляторы, которые используются в микрогибридных автомобилях. Они способны выдерживать более тяжелые и частые циклические нагрузки «старт–стоп», чем обычные жидкостные аккумуляторы.

Рабочий ресурс здесь вдвое больше, чем у обычных жидкостных, – он может достигать до 1000 циклов. Напряжение зарядного устройства – такое же, как у обычных жидкостных, – 14,4–14,5 вольт. Допускается разрядка аккумулятора до 40% емкости.



Рисунок 4 – Аккумулятор типа EFB

EFB–аккумуляторы имеют сходство с жидкостными аккумуляторами за счет наличия жидкого электролита. В отличие от обычных жидкостных батарей, усовершенствованный вариант имеет более толстые пластины и плотный сепаратор, который может быть изготовлен из стекловолокна.

EFB–аккумуляторы обладают увеличенной способностью выдерживать двукратную циклическую нагрузку и имеют на 16% более длительный рабочий цикл. Несмотря на улучшенные параметры, необходимые для функционирования в системах старт–стоп, зарядка EFB–аккумуляторов аналогична стандартным жидкостным аккумуляторам, и они устанавливаются вертикально. Рекомендуемый диапазон рабочих температур EFB–аккумуляторов обычно составляет от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Эти аккумуляторы обладают хорошей термической устойчивостью, однако рекомендуется избегать экстремальных температур для обеспечения наилучшей производительности.

1.1.3 Гелевые аккумуляторы

Гелевые аккумуляторы были созданы как бесобслуживаемая альтернатива жидкостным свинцово–кислотным батареям. Их изображение представлено на рисунке 5. Они относятся к герметичному типу и имеют сходное строение с жидкостными батареями, за исключением того, что содержат кальций вместо сурьмы в свинцовых пластинах, а также добавляются соединения кремния в электролит для образования неподвижного раствора. Это делает их безопаснее в использовании, с минимальными потерями жидкости, что устраняет необходимость в регулярном доливании воды, так как гель стабилен и не испаряется. Такие аккумуляторы обладают увеличенным сроком службы, устойчивостью к вибрациям и ударам. Однако для зарядки требуется специальный режим, который обеспечивает равномерное распределение заряда по всему объему геля.



Рисунок 5 – Гелевый аккумулятор

Гелевые аккумуляторы отличаются тем, что их можно наклонять и устанавливать в различных положениях без опасений, в отличие от жидкостных аккумуляторов. Они также более устойчивы к экстремальным температурам и обычно могут работать в диапазоне от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$. В настоящее время они все еще используются в коммерческих целях, однако их применение ограничено из-за развития технологии AGM–аккумуляторов.

1.1.4 AGM

AGM или абсорбирующее стекловолокно, – это одна из самых долговечных версий герметичных необслуживаемых свинцово–кислотных аккумуляторов (рисунок 6). В них электролит, хоть и жидкий, поглощается матами из стекловолокна за счет капиллярных сил. Эти маты также выполняют функцию сепараторов.

Благодаря своей высокой проводимости, данный аккумулятор обладает возможностью передавать зарядный и разрядный токи в 5 раз больше, чем обычная жидкостная батарея. Пористая структура материала позволяет газам, образующимся в процессе работы, безопасно улетучиваться, не нарушая состав электролита, а система клапанов поддерживает стабильное давление внутри корпуса аккумулятора.



Рисунок 6 – Аккумулятор типа AGM

AGM–аккумуляторы имеют высокую устойчивость к положению в пространстве, обладают длительным сроком службы до 1000 рабочих циклов. Эти аккумуляторы могут быть разряжены до 20% своей емкости. Для зарядки необслуживаемых AGM–аккумуляторов требуется напряжение 14,7–14,8 вольт, а для предотвращения перезаряда необходимо использовать автоматическое зарядное устройство. Контроль заряда осуществляется путем наблюдения за напряжением на клеммах аккумулятора. Рабочий диапазон температур для AGM аккумуляторов обычно составляет от –20°C до +50°C.

Важно помнить, что корпуса батарей не должны быть полностью герметичными, чтобы предотвратить взрыв из-за накопления давления внутри в результате выделения водорода при перезарядке.

AGM аккумуляторы не требуют значительного обслуживания, однако регулярные проверки и тестирование в соответствии с инструкциями производителя могут увеличить их срок службы.

1.1.5 AGM+

AGM+ и улучшенные AGM-аккумуляторы подобны обычным AGM-аккумуляторам, но обладают более высокой долговечностью и меньшим внутренним сопротивлением, что делает их идеальным выбором для микрогибридных автомобилей с технологией старт-стоп.

Аккумуляторы AGM+ – это улучшенная версия предыдущего типа, обладающая увеличенным ресурсом работы (до 800–1200 циклов) и сниженным внутренним сопротивлением. Они идеально подходят для использования в микрогибридных транспортных средствах с системой старт-стоп. Стандартное напряжение зарядки составляет 15,2–15,3 вольта, а также они могут быть заряжены до 20% своей емкости.

Важными техническими особенностями таких аккумуляторов могут быть высокая плотность энергии, низкая саморазрядность, бесподдерживаемая конструкция, устойчивость к вибрациям и ударам, а также Широкий температурный диапазон эксплуатации.

Таким образом, были рассмотрены различные виды свинцово-кислотных батарей, каждая из которых предназначена для определенных систем с их собственными преимуществами, недостатками и характеристиками.

1.2 Обзор и анализ существующих зарядных устройств, их электрических схем и возможностей.

Разберем виды зарядных устройств для свинцово–кислотных аккумуляторов 12V. Наиболее распространенными из них являются:

1.2.1 Зарядные устройства с постоянным током и постоянным напряжением (CC/CV):

Эти зарядные устройства предназначены для эффективной зарядки свинцово–кислотных аккумуляторов. Сначала они обеспечивают постоянный ток (CC) для быстрой зарядки аккумулятора до определенного уровня, после чего переключаются на постоянное напряжение (CV) для поддержания стабильного напряжения и предотвращения перезарядки. Простейшая схема изображена на рисунке 7.

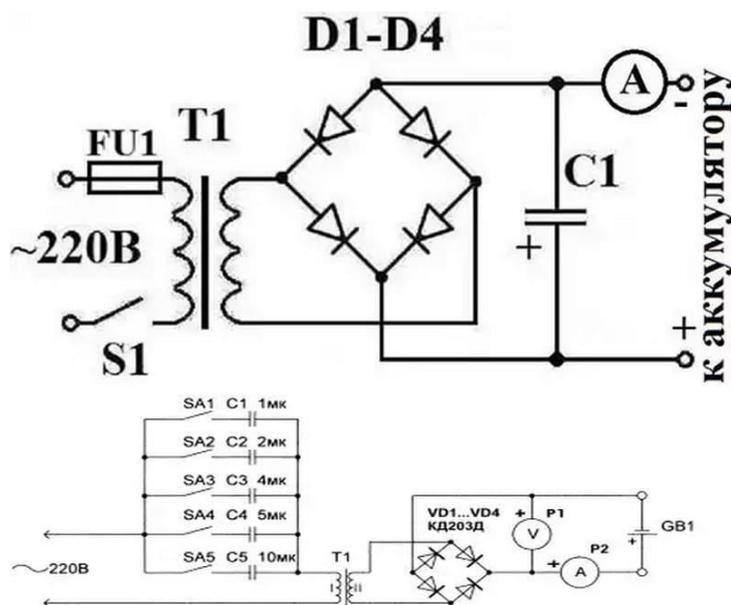


Рисунок 7 – Схема простейшего зарядного устройства

Обратив внимание на ЗУ Bosch C7 (рисунок 8).

BOSCH C7 (018999907M) – полностью автоматическое зарядное устройство для АКБ 12\24В, позволяющее заряжать даже сильно разряженные аккумуляторы.

«Устройство сконструировано для заряда открытых и множества закрытых свинцово–кислотных аккумуляторов, которые используются в легковых автомобилях, мотоциклах и некоторых других транспортных средствах – например, аккумуляторы WET (с жидким электролитом), GEL (с гелеобразным электролитом) или AGM (с абсорбирующим стекловолокном). Емкость аккумулятора при этом составляет от 12В (14Ач) до 12В (230Ач) или от 24В (14Ач) до 24В (120Ач)» [7].



Рисунок 8 – Внешний вид ЗУ BOSCH C7

«Специальная концепция устройства обеспечивает повторный заряд аккумулятора на 100% его емкости. В отличие от обычных изделий, данное зарядное устройство имеет специальную функцию (импульсный заряд), которая позволяет зарядить почти полностью разряженный аккумулятор. Для оптимизированной зарядки аккумуляторной батареи при глубоком разряде, автоматически активирует при напряжении батареи между 7,5В и 10,5В в режиме 12V и между 14В и 21В в режиме 24V. Чтобы сохранить полную степень заряженности аккумулятора, зарядное устройство может быть подключенным длительное время. После заряда зарядное устройство автоматически переключается в режим постоянного подзаряда» [7].

Виды заряжаемых батарей:

Гелевые аккумуляторные;

Свинцово–кислотные аккумуляторные;

Свинцово–кислотные АКБ с абсорбированным электролитом (AGM).

«Зарядное устройство имеет в общей сложности 6 режимов заряда для различных аккумуляторов в различных состояниях. Таким образом обеспечивается эффективный и надежный заряд.

Высокоэффективные защитные меры, предотвращающие неправильное использование и возникновение короткого замыкания, обеспечивают безопасную работу. В случае возникновения данной ситуации загорается сигнальный светодиод и зарядное устройство автоматически отключается. Благодаря интегрированной схеме зарядное устройство начинает заряд лишь через несколько секунд после выбора режима заряда. За счет этого предотвращаются искры, часто возникающие во время подключения» [7].

Технические характеристики:

Входное напряжение: 220 – 240V ~50/60Hz. / Выходное напряжение: 12/24V.

Текущий заряд: 7A или 3,5% ±10%.

Тип батареи: 12V + 24V свинцовые (WET, AGM, GEL, VRLA).

Емкость батареи: 12V = 14 А/ч –230 А/ч, 24V = 14 А/ч –120 А/ч.

Режимы:

- Режим 1 «12 V» – заряд – авто/мотоциклетные батареи (14,4 V / 7 A);
- Режим 2 «12 V» – заряд – Зима/AGM (14,7 V / 7 A);
- Режим 3 «12 V» – режим регенерации после глубокой разрядки (16,5 V / 1,5 A);
- Режим 4 «12 V» – режим «источник питания» (13,6 V / 5 A);
- Режим 5 «12 V» – заряд – грузовые автомобили (28,8 V / 3,5 A);
- Режим 6 «12 V» – заряд – грузовые автомобили – холодн. время года/AGM (29,4 V / 3,5 A).

1.2.2 Универсальные зарядные устройства:

Эти зарядные устройства обладают возможностью работы с различными типами аккумуляторов, включая свинцово–кислотные. Они предоставляют широкий диапазон параметров зарядки, проверку работоспособности и емкости что делает их удобным выбором для использования с различными устройствами, работающими на аккумуляторах 12V.

Рассмотрим зарядное устройство ОРИОН 325 (рисунок 9). Зарядное устройство для автомобилей Орион 325 (Вымпел 325) предназначено подзарядки и зарядки полностью разряженных 12В автомобильных аккумуляторных батарей любой емкости в автоматическом режиме (автоматическое уменьшение тока в конце заряда). «Прибор не требует отключения аккумуляторов от бортовой сети. Модель рекомендуется использовать только внутри помещений (например: гараж, закрытая площадка). Степень защиты от воды – IP20. Дополнительной функцией устройства является возможность предпускового заряда аккумулятора (5 – 30 мин)» [6].



Рисунок 9 – Внешний вид ЗУ ОРИОН 325

Данная модель имеет три режима работы в зависимости для каких целей вы будете его использовать. Возможно использовать устройство в качестве блока питания, как предпусковое устройство для облегчения запуска

двигателя транспортного средства и в качестве зарядного устройства для аккумуляторной батареи. Номинальное значение электрического тока осуществляется путем подключения устройства к сети с напряжением 220 Вольт с частотой 50 Гц.

Стоит учитывать минимальное значение, потому что «безопасным для аккумуляторных батарей является ток, равный 10% от общей емкости аккумулятора. Поэтому не рекомендуется производить зарядку небольших АКБ, ёмкость которых не превышает 8 Ампер/ч. Так как максимальное значение тока заряда составляет 20 ампер, то и максимальная емкость аккумуляторной батареи не должна быть более 200 Ампер/ч» [6]. Устройство имеет защиту от короткого замыкания, переплюсовки и двойную защиту от перегрева (электронная схема и микровентилятор).

Технические данные:

Алгоритм заряда: плавное уменьшение тока

Номинальное напряжение АКБ: 12 В

Максимальный зарядный ток, А: 20

Регулировка тока: плавная

Минимальный зарядный ток, А: 0,8

Регулировка напряжения: нет

Напряжение заряда, В: 15

Индикатор заряда: стрелочный амперметр

Охлаждение: активное (микровентилятор)

Электронная защита от: короткого замыкания, перегрева, переплюсовки

Заряд полностью разряженного аккумулятора: да

Использование в качестве блока питания: да

Использование в качестве предпускового устройства: да

Габариты, мм: 155x85x200

Напряжение питания: 220В / 50Гц AC

Тип заряжаемых АКБ: PbSO4

Вес, кг: 1,0

Совместимость с АКБ:

Заряд автомобильных АКБ Заряд мотоциклетных АКБ

Заряд мотоциклетных АКБ Номинальное напряжение 12В

Номинальное напряжение 12В Емкость АКБ

Емкость АКБ от 8 до 200 Ач Стартерные АКБ

Подходит для стартерных АКБ АКБ с технологией EFB

Для АКБ с технологией EFB АКБ с технологией Ca/Ca

Для АКБ с технологией Ca/Ca (кальциевые) АКБ с технологией Ag

Для АКБ с технологией Ag (серебряные)

На рисунке 10 представлена принципиальная схема данного устройства.

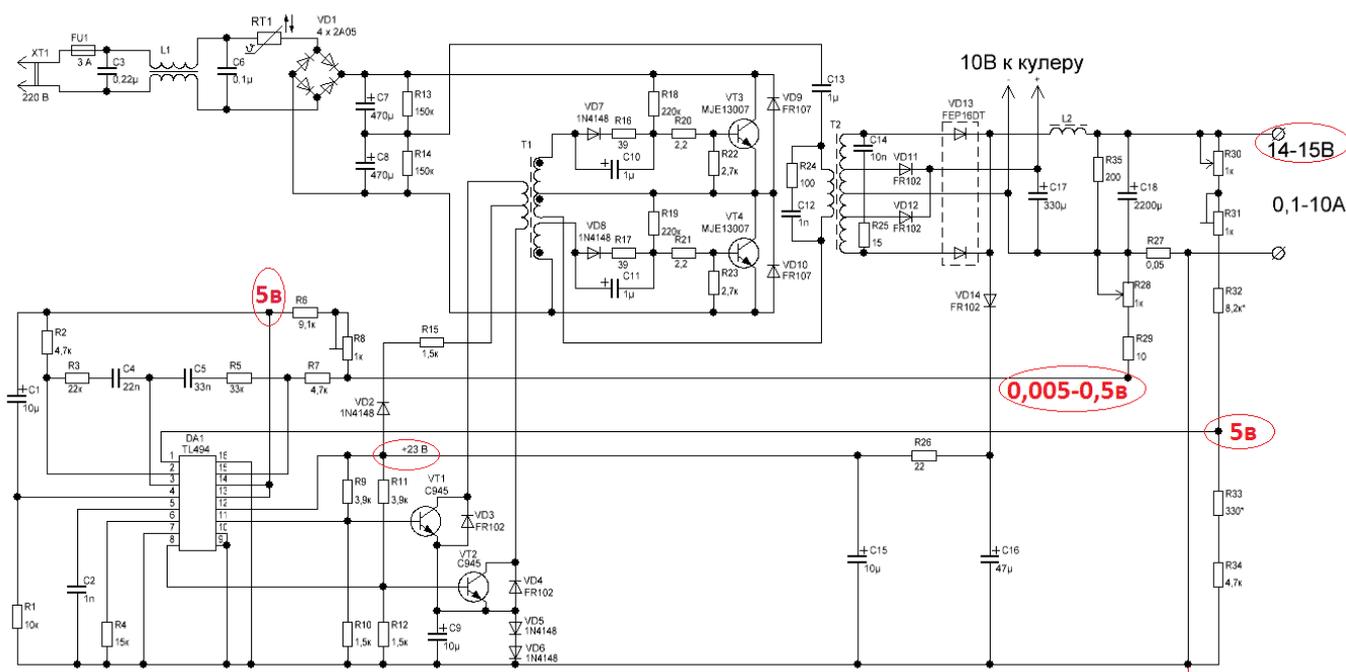


Рисунок 10 – Схема электрическая принципиальная ЗУ Орион 325

1.2.3 Интеллектуальные зарядные устройства:

Эти современные устройства способны автоматически определять состояние аккумулятора и настраивать параметры зарядки соответственно. Они обеспечивают оптимальную процедуру зарядки, что увеличивает срок службы аккумулятора и предотвращает его повреждение. Обладают такими полезными функциями, как: проверка емкости, работоспособности, наличие режима десульфатации, возможность заряда AGM, GEL кальциевых батарей (16,5 вольт), программируемый заряд.

Рассмотрим в качестве примера ЗУ "Вымпел 55" (рисунок 11). Зарядное устройство производится на территории Российской Федерации, в Санкт-Петербурге.



Рисунок 11 – Внешний вид ЗУ Вымпел 55

«Зарядное устройство "Вымпел-55" – компактный универсальный прибор для зарядки аккумуляторов на 6 В и 12 В с хорошим функционалом, которое очень гибко настраивается при помощи кнопок управления. Он прост в эксплуатации и не требует сложного технического обслуживания. Имеется плавная регулировка выходного тока и напряжения. Прибор способен заряжать огромное количество аккумуляторных батарей с емкостью от 5 до 150 ампер/часов и напряжением от 3 до 12 Вольт» [5].

Работает от сети переменного тока с напряжением 220 Вольт. Рекомендуется эксплуатировать зарядное устройство при температуре от –10 до +40 градусов Цельсия.

Возможно использовать ЗУ в качестве предпускового устройства. Устройство сохраняет в памяти до трёх алгоритмов заряда. Присутствует таймер. ЗУ используется в качестве многоцелевого источника питания. С помощью него также можно осуществить заряд АКБ полностью разряженной до нуля.

«Аппарат оснащается информативным жидкокристаллическим дисплеем с подсветкой, позволяющим подробно и наглядно осуществлять настройку и контроль за прибором. Имеется возможность настройки времени включения или выключения приспособления по таймеру» [5].

«Заряд осуществляется в автоматическом режиме. Контроль заряда на заряжаемой батарее, исключает интенсивное газообразование (кипение). В не автоматическом режиме ЗУ используется для заряда АКБ любой электрохимической системы с максимальным напряжением в конце заряда менее 18 В.

Виды заряжаемых аккумуляторных батарей:

6 – вольтовые кислотные АКБ,

12 – вольтовые кислотные автомобильные АКБ,

12 – вольтовые кислотные автомобильные AGM АКБ,

кислотные лодочные и тяговые АКБ,

кислотные кальциевые АКБ,

щелочные АКБ,

герметичные кислотные АКБ» [5].

На рисунке 12 изображена неполная схема электрическая принципиальная ЗУ выпел 55 V1.07.

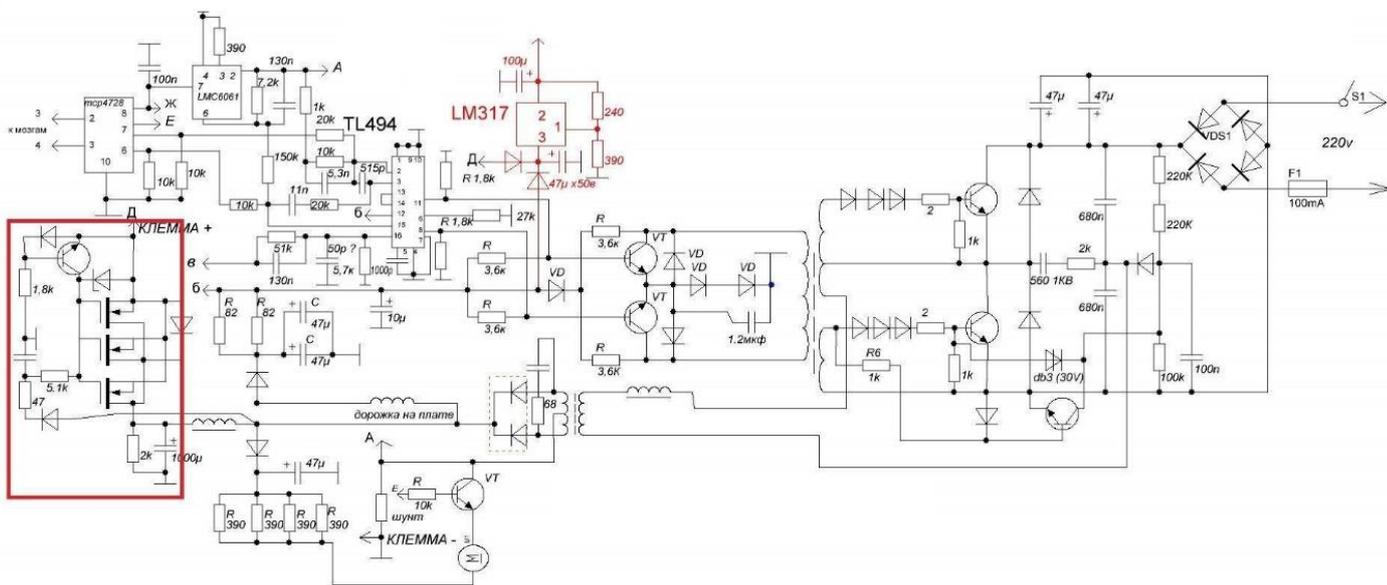


Рисунок 12 – Неполная схема электрическая принципиальная ЗУ "Вымпел 55"

"Вымпел–55" обладает следующими заводскими характеристиками:

1. Регулировка тока заряда – ручная.
2. Максимальный ток заряда – 15 Ампер.
3. Минимальный ток заряда – 0.5 Ампер.
4. Защита устройства от перегрева – есть.
5. Защита устройства от короткого замыкания – есть.
6. Защита устройства от переплюсовки – есть.
7. Напряжение питания – 220 Вольт.
8. Минимальная температура эксплуатации: –10 °С.
9. Максимальная температура эксплуатации: +40 °С.
10. Напряжение автомобильного аккумулятора – 3В, 3.7В, 6В и 12В.
11. Тип индикации – дисплей

«Технические данные:

Алгоритм заряда: импульсное отключение, плавное уменьшение тока, программируемые алгоритмы

Номинальное напряжение АКБ: 6 В, 12 В, 3,7 В, 4 В

Максимальный зарядный ток, А: 15

Регулировка тока: дискретная

Минимальный зарядный ток, А: 0,5

Регулировка напряжения: дискретная

Напряжение заряда, В: 0,5, 4,2, 5,5, 7,4, 7,5, 12, 13,6, 14,1, 14,2, 14,4, 14,6, 14,8, 15, 16, 18

Индикатор заряда: матричный ЖК дисплей

Охлаждение: активное (микровентилятор)

Электронная защита от: короткого замыкания, перегрева, переплюсовки

Заряд полностью разряженного аккумулятора: да

Использование в качестве блока питания: да

Использование в качестве предпускового устройства: да

Габариты, мм: 155x85x200

Напряжение питания: 220В / 50Гц AC

Тип заряжаемых АКБ: Li-ion, Li-pol, Ni-Cd, Ni-MH, PbSO₄

Вес, кг: 1,0» [5].

Таким образом, в разделе были изучены технические характеристики применения разнообразных свинцово-кислотных аккумуляторов, проанализированы доступные зарядные устройства вместе с их электрическими схемами и функциональными возможностями.

2 Основная часть

2.1 Выбор схемотехнического решения, подбор элементной базы, расчет основных параметров узлов.

Базовое зарядное устройство состоит из понижающего трансформатора и выпрямителя. Трансформатор понижает напряжение с 220 В до 13,8 В, что является оптимальным напряжением для зарядки аккумуляторов. Однако, в то время как трансформатор только снижает напряжение, преобразование переменного тока в постоянный осуществляется другим компонентом устройства – диодным мостом, который выпрямляет ток и разделяет его на положительный и отрицательный полюса. Изображение траектории заряда 12–вольтовых свинцово–кислотных АКБ показано на рисунке 13.

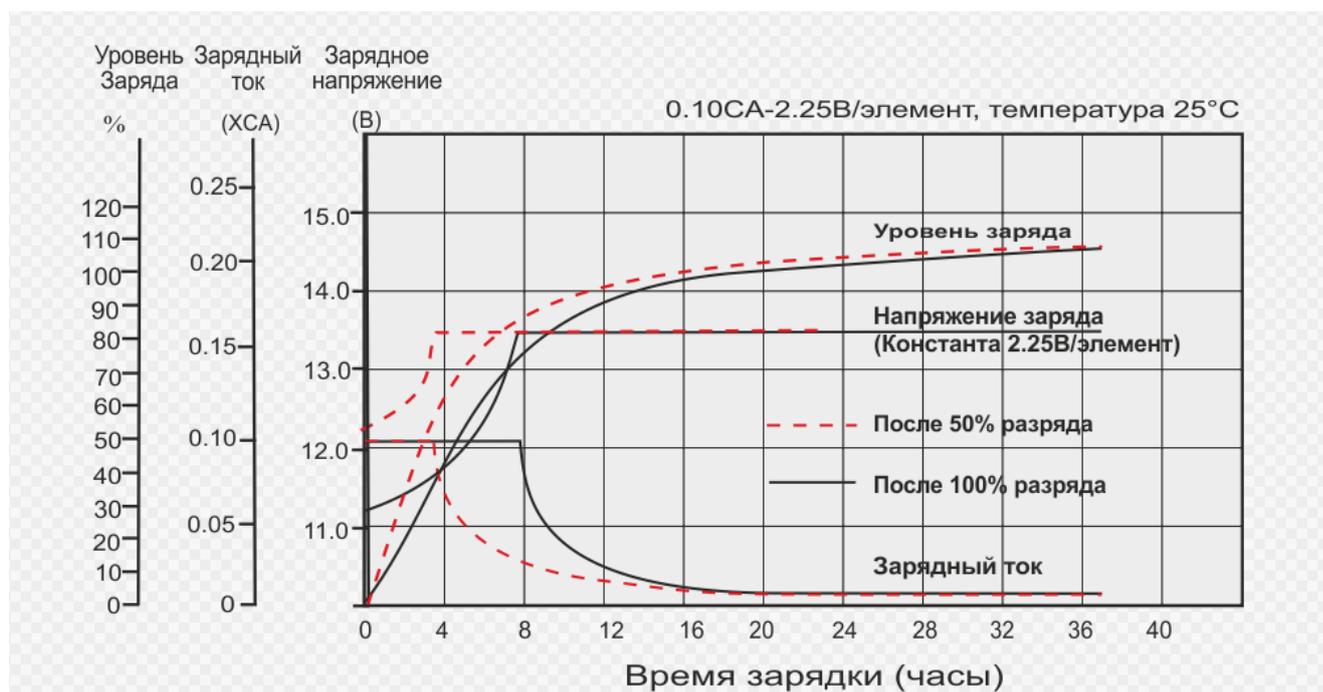


Рисунок 13 – Траектория заряда 12–вольтовых свинцово–кислотных АКБ.

Выберем алгоритм CC–CV в качестве основного метода работы зарядного устройства. Для использования указанного метода зарядки от стационарного источника переменного тока с напряжением 220 В и частотой 50 Гц необходимо провести снижение и выпрямление напряжения с последующим сглаживанием.

Для этих целей потребуется входной трансформатор, работающий на частоте 50 Гц и имеющий напряжение 220 В на первичной обмотке. Выпрямитель должен быть подключен к его вторичной обмотке. Для настройки этой системы наиболее эффективно мы выбрали схему мостового выпрямителя с использованием диодов.

Далее подключаем к выходу выпрямителя сглаживающий конденсатор, а параллельно ему включаем стабилизатор тока и схему стабилизатора напряжения.

Необходимо дать возможность выбора тока заряда для 12-вольтовых свинцово-кислотных аккумуляторов.

Структурная схема проиллюстрирована на рисунке 14.

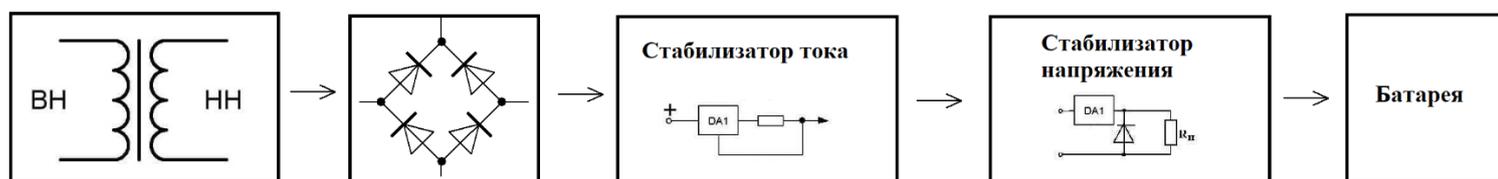


Рисунок 14 – Структурная схема зарядного устройства

Для упрощения конструкции зарядного устройства предлагается использовать комплексные решения для стабилизации тока и напряжения. В качестве стабилизатора была выбрана микросхема LM396 от Linear Technology [29]. Данная микросхема представляет собой трехконтактный регулируемый регулятор тока/напряжения. Расположение контактов микросхемы соответствует указанному на рисунке 15 и в таблице 1.

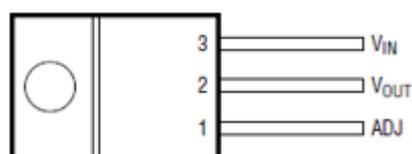


Рисунок 15 – Выводы микросхемы LM396 в корпусе ТО–220

Таблица 1 – Назначение выводов микросхемы LM396

Номер вывода	Обозначение вывода	Функция вывода
1	Adj	Регулировка
2	Out	Выход
3	In	Вход
Фланец	Соединен с Out (вывод 2)	

В соответствии с поставленным техническим заданием, данная микросхема является подходящим выбором. С учетом максимального выходного напряжения 15 В и максимально допустимого тока нагрузки 10 А.

Типовая схема включения микросхемы LM396 показана на рисунке 16.

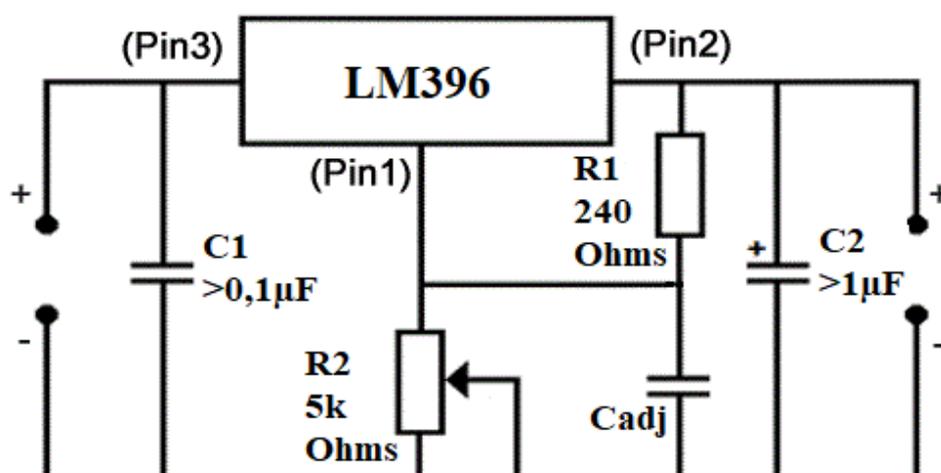


Рисунок 16 – Типовая схема включения микросхемы LM396

Для снижения колебаний входного и выходного напряжения используются конденсаторы C1 и C2. Резисторы R1 и R2 составляют делитель напряжения, который используется для измерения выходного напряжения регулятора и обратной подачи на управляющий вход. Рекомендуемое значение сопротивления для R1 – 240 Ом. Переменный резистор R2 может использоваться для предварительной регулировки напряжения или для регулировки в режиме реального времени в процессе эксплуатации изделия. Сопротивление R1 может находиться в диапазоне от 100 до 1000 Ом.

Данные элементы представляют собой основные компоненты схемы. Кроме того, на схеме также присутствует дополнительный конденсатор C_{adj} . Установка рекомендуется в случае значительных колебаний выходного напряжения, которые требуется дополнительно уменьшить. Его емкость намного ниже, чем у C_2 (как рекомендовано в техническом паспорте), а сам конденсатор выполнен из керамики.

Технические характеристики микросхемы сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Основные технические характеристики LM396

Параметр	Значение
$U_{опорн}$	$1,2 \pm 0,05В$
$U_{вых}$	$1,25 - 15В$
$I_{вых, макс}$	10А
$I_{вых, мин}$	10 мА
$P_{макс}$ (с теплоотводом)	70 Вт
Диапазон температур кристалла	$0 \dots +125^{\circ}C$
Аналог	LM196

Схема, иллюстрирующая узел стабилизации тока, изображена на рисунке 17.

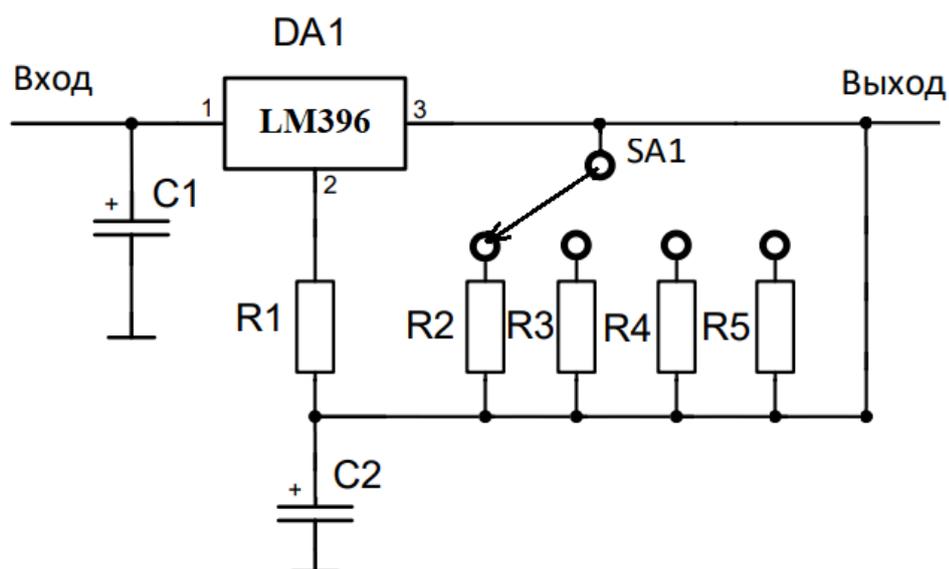


Рисунок 17 – Схема узла стабилизации тока на микросхеме LM396

Схема узла стабилизации тока использует микросхему LM396. Резистор R1 играет роль сопротивления обратной связи, устанавливая разность потенциалов между выходом DA1 3 и регулируемым контактом 2. Резисторы R2–R5 подключаются параллельно R1 с помощью переключателя SA1, в зависимости от требуемого выходного тока, который должен поддерживать стабилизатор. C2 служит фильтром высокочастотных импульсов и предотвращает скачки тока на нагрузке узла стабилизации во время фазы запуска схемы.

Схема узла стабилизации напряжения показана на рисунке 18.

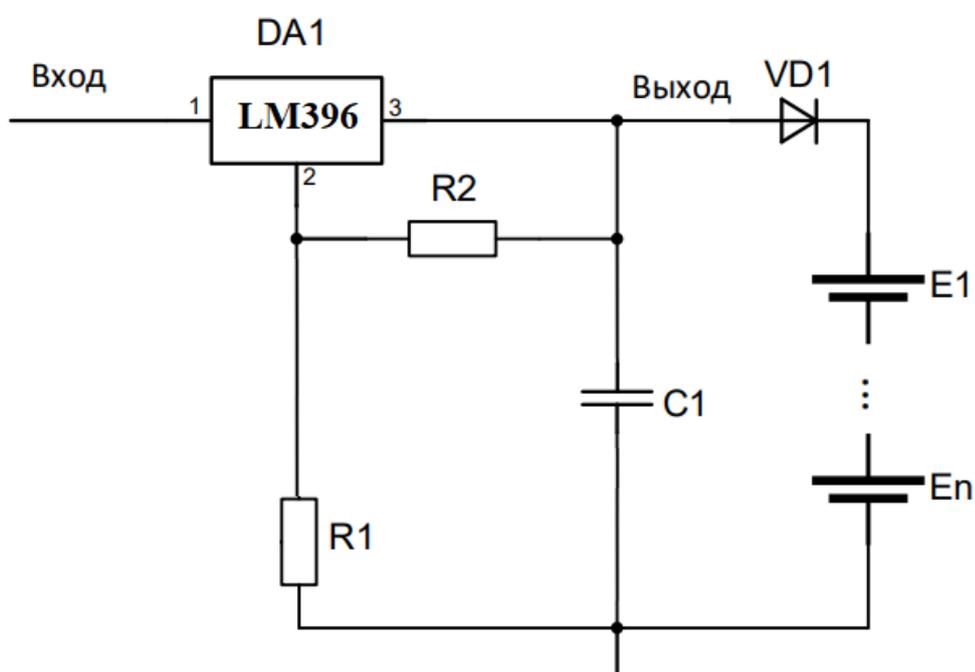


Рисунок 18 – Схема узла стабилизации напряжения на микросхеме LM396

Устройство регулирования напряжения выполнено в соответствии с нормами LM396. Для уменьшения вероятных флуктуаций на выходе применяется конденсатор C1. Диод VD1 защищает микросхему DA1 от обратной полярности напряжения. Компоненты E1 – En моделируют основные характеристики перезаряжаемой батареи.

Для создания схемы понижающего выпрямительного узла мы будем использовать двухобмоточный трансформатор и мостовой выпрямитель.

Схема выпрямителя показана на рисунке 19.

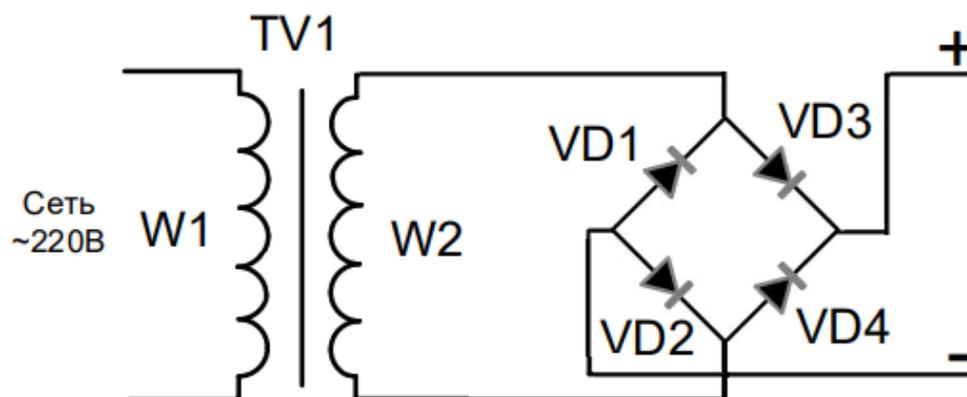


Рисунок 19 – Схема выпрямительного узла

Для создания понижающего электрического преобразователя мы планируем использовать двухобмоточный трансформатор ТПА–165–15 с вторичной обмоткой, которая работает на напряжении 220/15; обладает мощностью 165 Вт 14. Трансформатор способен выдерживать нагрузку до 10А, имеет габариты 96x80x96 мм, монтируется в виде навеса, а его вес составляет 3 кг. Контакты первичной обмотки обозначены номерами 2–5, а вторичной – 8–9. Магнитопровод трансформатора имеет типоразмер EL96, выполнен из пластинчатой электротехнической стали, а исполнение – открытое. Внешний вид данного трансформатора представлен на рисунке 20.

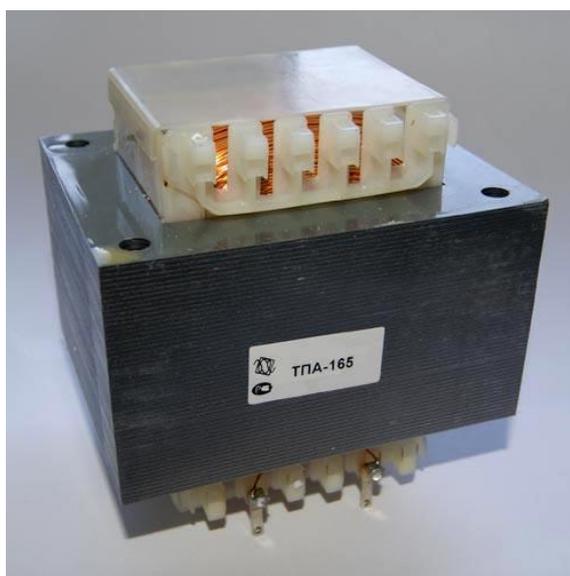


Рисунок 20 – Внешний вид трансформатора ТПА–165–15в

Габаритные размеры показаны на рисунке 21.

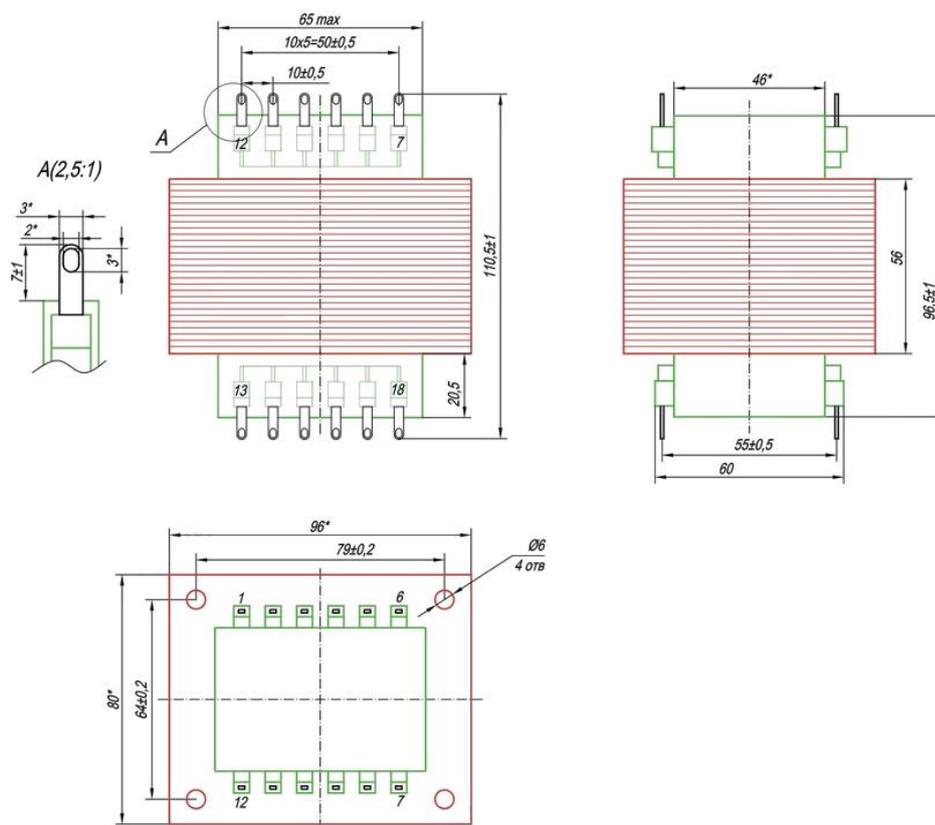


Рисунок 21 – Габаритные размеры трансформатора

Таким образом, в разделе разработана структурная схема ЗУ, созданы схемы узла стабилизации тока и напряжения. Отобран подходящий трансформатор для наших целей.

2.2 Схема электрическая принципиальная зарядного устройства.

Соберём полную схему зарядного устройства (рисунок 22).

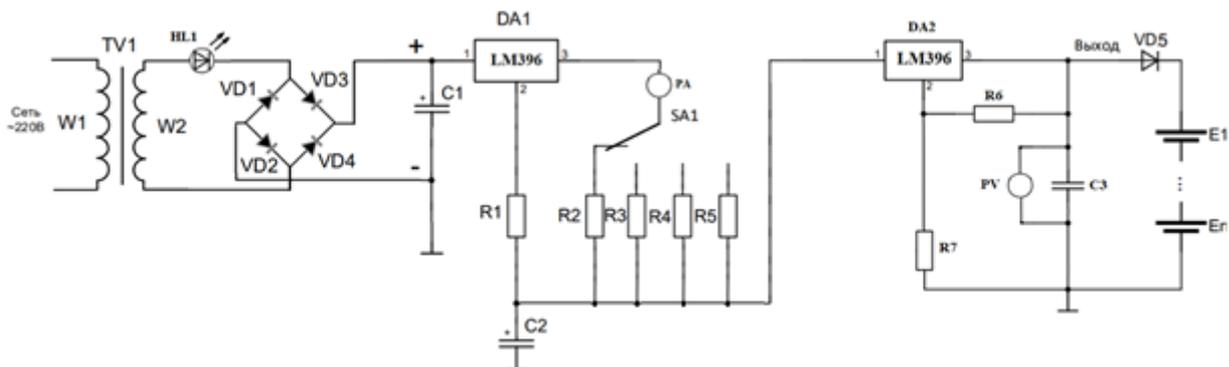


Рисунок 22 – Схема электрическая принципиальная ЗУ

Зарядка аккумуляторов номинальным напряжением 12В производится обмоткой W2. Как было указано выше, в качестве трансформатора TV1 выбрана модель ТПА–165–15в.

Добавим светодиод HL1 для индикации включения устройства. Подойдет XRGBWT-UE-0000-00EE8, Светодиод повышенной яркости, XLamp XP-G2, Теплый Белый, 125 °, 114 лм, 2700 К, 2 А, [36]. Для наглядной демонстрации тока заряда внедрен амперметр, для напряжения – вольтметр.

Для отслеживания тока заряда добавим SAN0012G-50, Цифровой встраиваемый амперметр (до 50А) [32], а для напряжения заряда вольтметр DMS-20LCD-0-DCM-C, Вольтметр цифровой [22].

Для использования в выпрямительном мосте VD1–VD4 будем использовать силовые диоды, способные пропускать прямой ток до 10А и выдерживать обратное напряжение не менее 100В. Предпочтем отечественные диоды в металлическом корпусе Д112–16–12 3 [3], так как они отличаются высокой теплоотдачей, обеспечиваемой металлическим корпусом.

Эти диоды имеют следующие характеристики:

– максимальное постоянное обратное напряжение – 1200В;

- максимальный (средний) прямой ток – 16А;
- максимальное прямое падение напряжения – 1,35В;
- максимальный обратный ток – 3мА;
- рабочая температура – (–50)...+150 °С;
- тип корпуса – КМДШ–12;
- масса – 10г.
- максимально допустимый прямой импульсный ток, А – 25А
- максимальное время восстановления, мкс– 8
- рабочая частота, кГц – 1,5

Для уменьшения колебаний выпрямленного напряжения используется электролитический конденсатор С1. Необходимую емкость этого конденсатора определяем в соответствии с [8]. Автор предлагает следующее выражение для расчета емкости сглаживающего конденсатора, установленного между выпрямителем с двумя полупериодами и другим полупроводниковым преобразователем – стабилизатором тока в данном случае:

$$C = \frac{I_{\text{н}}}{6,28 * U_{\text{н}} * F * K_{\text{п}}} = \frac{10}{6,28 * 15 * 50 * 0,1} = 21333 \text{ мкФ}$$

где

$I_{\text{н}}$ (номинальный ток нагрузки)

$U_{\text{н}}$ (номинальное выходное напряжение БП)

F (частота промышленной сети в герцах) 50Гц

$K_{\text{п}}$ (коэффициент пульсаций)

Выбираем модель CGS213U035V3C, Aluminum Electrolytic Capacitors – Screw Terminal LYTIC 35V 21000uF [24]. Этот конденсатор имеет следующие параметры

- номинальное напряжение 40В,
- номинальную емкость 21000 мкФ,
- допуск номинальной емкости 10% +75%,
- максимальная рабочая температура 85 °С,
- пульсирующий ток – 7,3 А,

Для определения значений сопротивлений резисторов R2-R5, которые управляют зарядным током, мы учитываем способ регулировки выходного напряжения микросхемы LM396. Этот способ заключается в том, что выходное напряжение будет корректироваться таким образом, чтобы поддерживать разницу потенциалов между выходным и регулирующим выводами на уровне 1.25В. Для использования данной микросхемы в качестве стабилизатора тока необходимо обеспечить протекание тока нагрузки через резистор, установленный между выходным выводом и выводом регулировки. Эту цель можно достичь правильным подключением резисторов R1-R5, как показано на схеме 17.

Другими словами, переключая положение переключателя SA1, мы меняем значение эквивалентного сопротивления между выходным и регулировочным выводом, на котором падает 1,25В.

Можем записать

$$I_{H1} * \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = 1,25$$

$$I_{H2} * \frac{R_1 * R_3}{R_1 + R_3} = 1,25$$

$$I_{H3} * \frac{R_1 * R_4}{R_1 + R_4} = 1,25$$

$$I_{н4} * \frac{R_1 * R_5}{R_1 + R_5} = 1,25$$

Обеспечим вариант выбора токов заряда. Пусть они будут 2А, 4А, 6А, 8А. В соответствии с этим

$$\frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = 0,625$$

$$\frac{R_1 * R_3}{R_1 + R_3} = 0,3125$$

$$\frac{R_1 * R_4}{R_1 + R_4} = 0,208$$

$$\frac{R_1 * R_5}{R_1 + R_5} = 0,1563$$

Примем значение $R_1=12$ Ом. Исходя из этого значения рассчитаем сопротивления остальных резисторов и рассеиваемую ими мощность:

$$R_1 = 12 \text{ Ом}$$

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{1,25^2}{12} = 0,13 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор CF-100 (C1-4)– 1 Вт– 12 Ом, 5% [23],

Подставив (1) в (2), получим

$$R_2 = 0,659 \text{ Ом}$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{1,25^2}{0,659} = 2,38 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор SQP-5, 5 Вт, 0,68 Ом, 5% [33],

$$R_3 = 0,321 \text{ Ом}$$

$$P_3 = \frac{U_3^2}{R_3} = \frac{1,25^2}{0,321} = 4,87 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор SQP 5 Вт, 0,33Ом, 5% [34],

$$R_4 = 0,212 \text{ Ом}$$

$$P_4 = \frac{U_4^2}{R_4} = \frac{1,25^2}{0,212} = 7,37 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор SQP 10Вт, 0,22 Ом, 5% [35],

$$R_5 = 0,158 \text{ Ом}$$

$$P_5 = \frac{U_5^2}{R_5} = \frac{1,25^2}{0,158} = 9,89 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор CRL10W–R16, 10 Вт– 0,16 Ом, 5% [27],

В качестве галетного переключателя SA выбираем 4–х полюсный переключатель RCL371–1–3–4 (SRL38–1–3–4–7–16F–2–0) [31], Переключатель галетный 16F.

Для задания фиксированного напряжения заряда используется делитель на резисторах R6, R7 для заряда аккумуляторов номинальным напряжением 12 В.

На резисторе R6 должно падать напряжение 1,25В. Исходя из этого, определим напряжение, которое должно падать на резисторе R7.

Для аккумуляторов с номинальным напряжением 12В требуется подача напряжения 13,8В на выходе зарядного устройства. Следовательно, напряжение, которое должно падать на резисторе R7, составляет:

$$U_{R7} = 13,8 - 1,25 = 12,55\text{В}$$

В соответствии с техническими данными производителя микросхемы, ток через делитель можно принять равным 10 мА.

Тогда можно определить сопротивление резистора R6:

$$R_6 = \frac{1,25}{10 * 10^{-3}} = 125 \text{ Ом}$$

Мощность рассеяния резистора будет равна

$$P_{R6} = (10 * 10^{-3})^2 * 125 = 0,0125 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор CMF55125R00BEEB, Metal Film Resistors - Through Hole 1/2W 125 Ом .1% [25],

Для резистора R7, как указано выше, необходимо, чтобы напряжение составляло 12,55 В при протекании через него тока 10 мА. Найдем значение сопротивления:

$$R_7 = \frac{12,55}{10 * 10^{-3}} = 1255 \text{ Ом}$$

При расчетном сопротивлении 1255 Ом потери мощности на резисторе будут:

$$P_{R7} = (10 * 10^{-3})^2 * 1255 = 0,1255 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор MFR-25F52-1K21, 1210 Ом 5% [30],

Согласно рекомендациям производителя микросхемы LM396, для выхода микросхемы рекомендуется применять электролитический конденсатор. Например, для данного случая можно выбрать конденсатор емкостью от 1000 мкФ до 4700 мкФ, учитывая зарядный ток до 10А.

Выбираем в качестве C3 конденсатор электролитический алюминиевый EEUFP1E202, 2000 мкФ, 25 В, 105°C, 12,5x25 [28].

Также, в целях единообразия комплектующих, в качестве VD5 выберем диод Д112–16–12.

На данном этапе завершен выбор всех компонентов для принципиальной схемы зарядного устройства для аккумуляторов с номинальным напряжением 12В. Теперь перейдем к разработке конструкции устройства.

Таким образом, в разделе разработана схема электрическая принципиальная зарядного устройства, рассчитаны параметры элементов. Произведен выбор конкретных элементов, доступных на рынке.

2.3 Конструирование устройства

IPC-2152 – это исходный пункт для определения размеров дорожек и сквозных отверстий. Формулы, представленные в этих стандартах, позволяют удобно определить диапазон тока при изменении температуры, хотя не предназначены для прокладки с постоянным сопротивлением. Тем не менее, таблица, отображающая зависимость ширины дорожек от тока, является отличным исходным пунктом для определения ширины и площади поперечного сечения дорожек печатной платы. Она облегчает определение верхнего предела допустимого тока для дорожек, что поможет выбрать подходящий размер для прокладки с постоянным сопротивлением.

При значительном увеличении температуры в плате с высоким током возможно изменение электрических характеристик подложки. Под воздействием тепла как электрические, так и механические свойства подложки меняются, и при длительном воздействии тепла плата теряет целостность и становится хрупкой. Именно поэтому инженеры выбирают определенные размеры проводников, чтобы предотвратить превышение роста температуры более чем на 10 °C. Это необходимо, чтобы плата могла работать не только при определенной температуре, но и в широком диапазоне окружающей среды.

Таблица 3 демонстрирует, как ширина дорожек питания на печатной плате зависит от тока. В этой таблице содержатся конкретные значения ширины дорожек и соответствующие значения тока, при которых увеличение температуры не превысит 10 °C при весе меди 1 унция на квадратный фут (305 грамм на квадратный метр). Эти данные помогут определить необходимый размер дорожек на печатной плате.

Таблица 3 – Зависимость ширины дорожки от тока

Ток (А)	Ширина дорожки (мм)
1	10
2	30
3	50
4	80
5	110
6	150
7	180
8	220
9	260
10	300

Переданная в таблице информация применима к большому количеству печатных плат, изготовленных с использованием стандартных технологий, и ориентирована на очень консервативное увеличение температуры (10 °С). Она также подходит для большинства ламинатов, содержащих стандартную медную фольгу (1 унция на квадратный фут).

Ниже приведен рисунок 23 для определения внутренних дорожек.

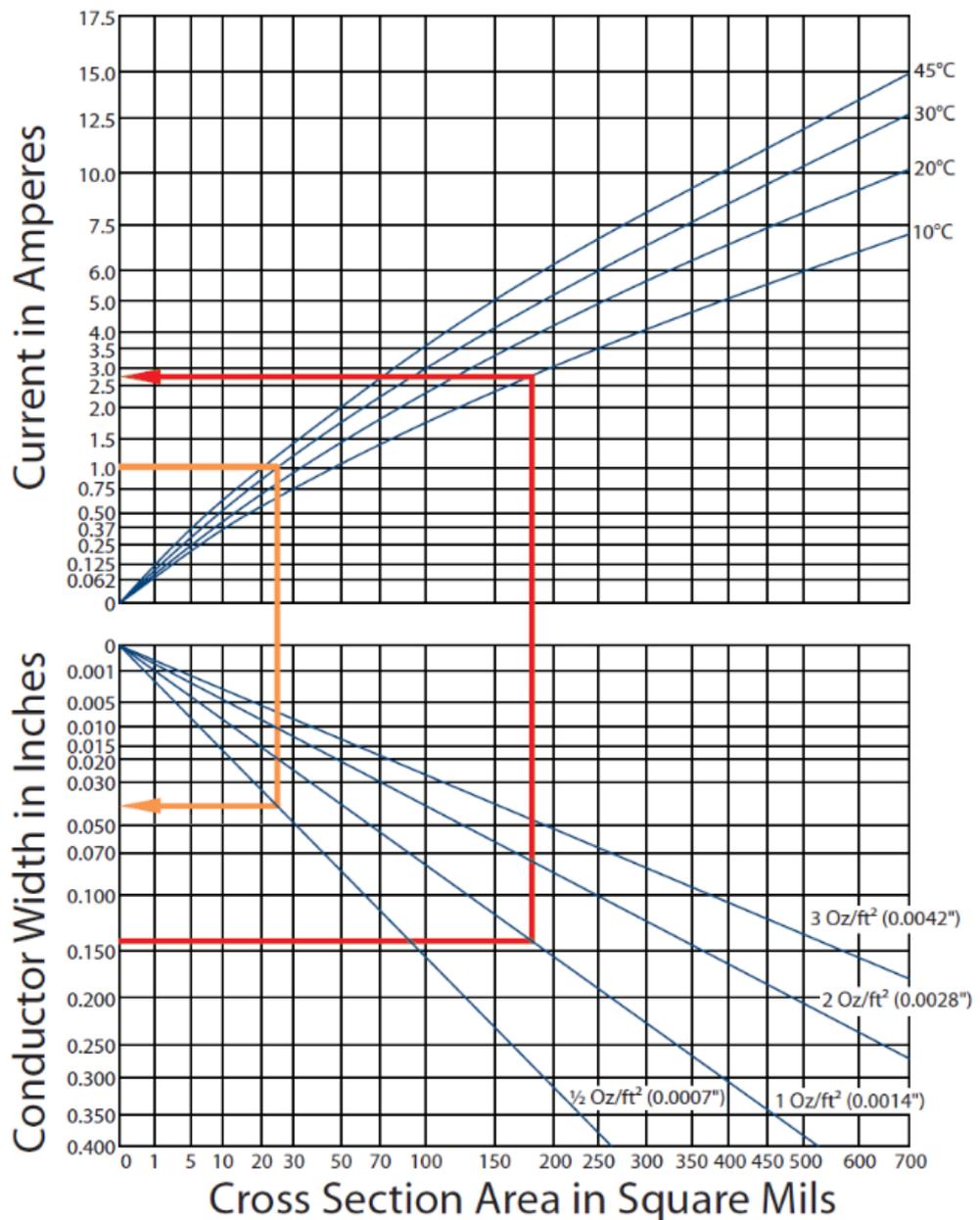


Рисунок 23 – Инструкция по определению максимального тока

На рисунке отображена инструкция по определению максимального тока для заданных значений ширины дорожки питания, веса меди и роста температуры. Для этого используется красная стрелка, которая визуальнo связывает указанные параметры. Например, начиная с выбора ширины проводника в 140 мил, вы проводите красную стрелку к желаемому весу меди (1 унц./кв. фут). Затем проводится вертикальная линия к желаемому росту температуры (10 °C), и горизонтальная линия к оси Y, где можно найти соответствующий предел тока, около 2,75 А.

Оранжевая стрелка указывает в противоположном направлении. Мы начали с тока 1 А и отследили желаемое увеличение температуры на 30 °С по горизонтали. Затем мы провели линию вниз, чтобы определить ширину проводника. В данном примере предположим, что вес меди составляет 0,5 унц./кв. фут (305 г/кв. м). Следуя вниз по этой линии, затем мы движемся горизонтально к оси Y и определяем ширину проводника приблизительно в 40 мил. Предположим, что мы хотим использовать медь весом 1 унц./кв. фут. В таком случае мы увидим, что необходимая ширина дорожки питания составит 20 мил.

Если работать с Altium Designer®, можно воспользоваться инструментами маршрутизации, включая IPC-2221 калькулятор, который определяет максимальный ток дорожки для достижения целевого повышения температуры на 20 °С. Мощные функции Altium Designer для разводки и маршрутизации дорожек заданной ширины используют общую модель проектирования, что позволяет задавать нужные параметры дорожек и размеры с помощью правил проектирования.

Готовая печатная плата представлена на рисунке 24. Её размеры 125x75 мм.

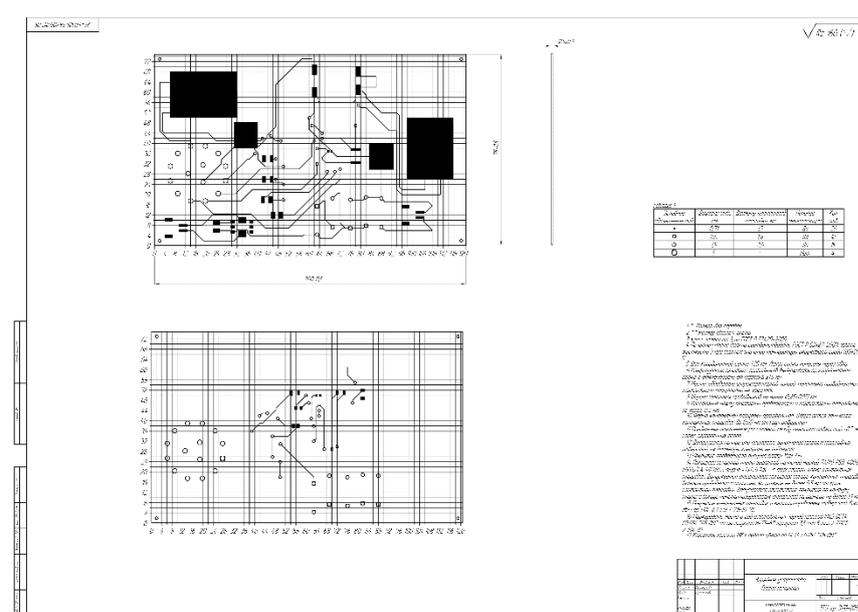


Рисунок 24 – Вид на печатную плату
43

Сборочный чертеж изображен на рисунке 25.

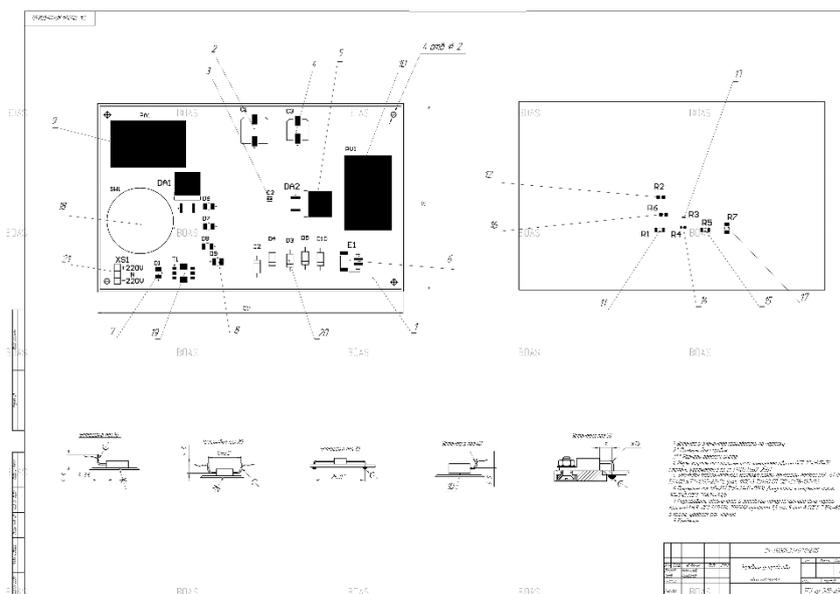


Рисунок 25– Эскиз сборочного чертежа

Таким образом, в разделе произведен выбор материала печатной платы, выбрана ширина дорожек печатной платы в соответствии с регламентирующими документами, разработан топология печатной платы.

3 Инструкция по эксплуатации устройства

Для правильной эксплуатации зарядных устройств следует учитывать несколько важных моментов. Перед использованием устройства рекомендуется внимательно ознакомиться с инструкцией по эксплуатации. При возникновении любых неисправностей или аномалий в работе зарядного устройства, рекомендуется обратиться к специалистам для профессиональной проверки и ремонта. Сама инструкция представлена ниже.

1. Подключение: Подключите зарядное устройство к источнику питания согласно инструкции производителя.
2. Выбор режима: Выберите нужный режим зарядки - постоянный ток (CC) или постоянное напряжение (CV).
3. Подключение аккумулятора: Подключите аккумулятор к зарядному устройству, обеспечив правильную полярность.
4. Начало зарядки: Запустите процесс зарядки, следуя инструкции устройства. Обычно зарядка начинается с постоянного тока (CC).
5. Мониторинг зарядки: Внимательно следите за процессом зарядки, чтобы избежать перегрева аккумулятора или неисправностей.
6. Переключение на режим CV: Когда аккумулятор подходит к полной зарядке, зарядное устройство автоматически переключится на режим постоянного напряжения (CV).
7. Завершение зарядки: После того как зарядка завершена, отключите аккумулятор и зарядное устройство от источника питания.
8. Безопасность: Не используйте зарядное устройство вблизи воды, не перегревайте и не перегружайте аккумулятор, следите за правильной вентиляцией.

Во время хранения устройства, важно следовать нескольким простым правилам, чтобы обеспечить его безопасность и долгий срок службы. Во-первых, не допускать перегрева зарядного устройства, поэтому не закрывать его тканевыми материалами или другими предметами, которые могут затруднить циркуляцию воздуха. Также избегать хранения зарядного устройства под прямыми солнечными лучами или рядом с источниками тепла. Кроме того, убедиться, что кабель зарядного устройства не перекручен или поврежден, так как это может привести к неисправности устройства или даже к возгоранию. Хранить зарядное устройство необходимо в сухом месте, чтобы избежать попадания влаги, которая также может вызвать короткое замыкание. И помнить, что регулярная проверка состояния зарядного устройства и его кабеля поможет предотвратить неприятные сюрпризы. Следуя этим простым рекомендациям, можно продлить срок службы зарядного устройства и обеспечить его безопасное использование.

Таким образом, в разделе описаны правила эксплуатации зарядного устройства. Кроме того, приведены рекомендации по безопасному его хранению.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрены различные виды свинцово-кислотных батарей. Изучены технические характеристики применения свинцово-кислотных аккумуляторов.

Проанализированы доступные зарядные устройства вместе с их электрическими схемами и функциональными возможностями, сформулированы задачи на бакалаврскую работу.

В процессе исследования была разработана схема электрическая принципиальная автоматического зарядного устройства для аккумуляторов с напряжением 12 вольт с возможностью выбора зарядного тока. Проведен расчет параметров компонентов схемы и их выбор среди доступных элементов на рынке.

Для улучшения конструкции был выбран материал для печатной платы. В соответствии с нормами, определена ширина дорожек на основе регламентирующих документов. Разработана топология печатной платы с двусторонним расположением элементов и проводящих дорожек, а также описана процедура изготовления печатной платы.

Был проведен обзор по безопасному хранению данного зарядного устройства. Предложено словесное описание рекомендаций по его эксплуатации.

Таким образом, задачи, поставленные в задании на выполнение ВКР выполнены полностью. Заданные технические параметры достигнуты.

Список используемой литературы

1. Автоматическое зарядное устройство для аккумуляторных батарей Андреева Л.П.
2. ГОСТ 2.105–95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. – Введ. 1996–07–01. – М.: Госстандарт РФ: Изд–во стандартов, 1994.– 19с.: ил.
3. Д112-16-12, Диод силовой 16А 1200В [КМДШ-12]_[Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product/d112-16-12> (дата обращения 11.04.2024)
4. Деордиев С.С. Аккумуляторы и уход за ними: (Пособие аккумуляторщику) – 1985. 137с.
5. Зарядно-предпусковое устройство Вымпел-55 [Электронный ресурс] URL: <https://orionspb.ru/charger/1051/> (дата обращения 18.03.2024)
6. Зарядное устройство Орион 260/265/325 [Электронный ресурс] URL: <https://mobilradio.ru/information/manuals/orion-260-265-325.htm> (дата обращения 18.03.2024)
7. Зарядное устройство Bosch C7 [Электронный ресурс] URL: https://auto3n.ru/catalog/zaryad-ustr-dlya-akb-018999907M-BOSCH-48003845?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=mobile_page&products&yclid=16945169854887886847 (дата обращения 18.03.2024)
8. Как рассчитать емкость сглаживающего конденсатора для диодного выпрямителя, моста по формуле для БП [Электронный ресурс] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vhNIIWkzBrg> (дата обращения 11.04.2024)
9. Классификация свинцово–кислотных аккумуляторов [Электронный ресурс] URL: <https://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/2618–tipy–svincovo–kislotnyh–akkumulyatorov.html> (дата обращения 15.03.2024)
10. Печатные платы. Конструкции и материалы –А.Медведев 2005. – 155 с.

11. Различия между жидкостными, гелевыми, EFB– и AGM–аккумуляторами [Электронный ресурс] URL: <https://www.jumpstarters.ru/blogs/Stati/differences-battery> (дата обращения 15.03.2024)
12. Расчет сглаживающего фильтра БП за 5 минут | Ruslan Tarasevich [Электронный ресурс] URL: <https://dzen.ru/a/YCKtY57u92ppg5Mz> (дата обращения 22.02.2024)
13. Свинцово–кислотный аккумулятор [Электронный ресурс] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Свинцово–кислотный_аккумулятор](https://ru.wikipedia.org/wiki/Свинцово-кислотный_аккумулятор) (дата обращения 11.04.2024).
14. Свинцово кислотные аккумуляторы, конструкция, принцип работы [Электронный ресурс] URL: https://www.youtube.com/watch?v=GrSS5D_71hc (дата обращения 15.03.2024)
15. Свинцово–кислотные аккумуляторы: устройство, принцип действия, применение [Электронный ресурс] URL: [https://power-e.ru/hit/svinczovo–kislotnye–akkumulyatory/](https://power-e.ru/hit/svinczovo-kislotnye-akkumulyatory/) (дата обращения 11.04.2024)
16. Типы свинцово–кислотных аккумуляторов [Электронный ресурс] URL: [https://sacred-sun.com/stati/typy–svintsovo–kislotnykh–akkumulyatorov](https://sacred-sun.com/stati/typy-svintsovo-kislotnykh-akkumulyatorov) (дата обращения 11.04.2024)
17. ТПА–165–15в однофазный трансформатор 220/15 В, 165 Вт [Электронный ресурс] URL: [https://tw-power.ru/transformers/ТПА–165–15В](https://tw-power.ru/transformers/ТПА-165-15В) (дата обращения 25.05.2024)
18. Изучение устройства свинцово–кислотного аккумулятора [Электронный ресурс] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=9l4dQatKwRM> (дата обращения 11.04.2024)
19. Инструкция по эксплуатации свинцово–кислотных батарей [Электронный ресурс] URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/b90/4294844790.pdf> (дата обращения 22.02.2024)

20. Эксплуатация аккумуляторных батарей [Электронный ресурс] URL: https://www.ruscable.ru/articles/doc/tekhnicheskaya_dokumentatsiya/instruktsii/instruktsii_po_ekspluatatsii_oborudovani/ikspluatatsiya_akkumulyatornykh_batarey (дата обращения 22.02.2024)
21. Эксплуатация АКБ, инструкция [Электронный ресурс] URL: <https://nashevsie.ru/wp-content/uploads/2020/05/opzs-ekspluatatsiya-instruktsiya.pdf> (дата обращения 03.03.2024)
22. DMS-20LCD-0-DCM-C, Вольтметр цифровой, измерительная головка 6,5-18В [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product/dms-20lcd-0-dcm-c> (дата обращения 11.04.2024)
23. CF-100 (C1-4) 1 Вт, 12 Ом, 5%, Резистор углеродистый, Тайвань | купить в розницу и оптом (chipdip.ru) [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product0/46271> (дата обращения 11.04.2024)
24. CGS213U035V3C, Конденсатор: электролитический, 21000мкФ, | купить в розницу и оптом (chipdip.ru) [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8004883609> (дата обращения 11.04.2024)
25. CMF55125R00BEEB, Металлопленочные резисторы, 125 Ом [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8005500201> (дата обращения 15.05.2024)
26. СК1060, Переключатель: поворотный, Пол: 6, 0,15А/250ВDC, Кол-во секций: 2 [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8027716856> (дата обращения 11.04.2024)
27. CRL10W-R16, Резистор: проволочный, керамический, ТНТ, 160мОм, 10Вт, ±5%, SR Passives | (chipdip.ru) [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8002615932> (дата обращения 25.05.2024)
28. EEU-FP1E202, Алюминиевые электролитические конденсаторы - 25 В постоянного тока 2000 мкФ 20% [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8005168939> (дата обращения 11.03.2024)

- 29.LM396 Datasheet (PDF) - Полупроводник (ТИ)_[Электронный ресурс]
URL:<https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/8699/NSC/LM396.htm>
1 (дата обращения 25.05.2024)
- 30.MFR-25FBF52-1K21, резистор 1210 Ом [Электронный ресурс] URL:
<https://www.chipdip.ru/product0/8003770707>
- 31.RCL371-1-3-4 (SRL38-1-3-4-7-16F-2-0), Переключатель галетный
16F, Well Buying | купить в розницу и оптом (chipdip.ru) [Электронный
ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product/rc1371-1-3-4> (дата
обращения 25.05.2024)
- 32.SAH0012G-50, Цифровой встраиваемый амперметр (до 50А)
постоянного тока (без шунта) [Электронный ресурс] URL:
<https://www.chipdip.ru/product/sah0012g-50> (дата обращения 11.04.2024)
- 33.SQP-5, 0,68ом 5% CRL-5W, резистор, цементный, Тайвань | купить в
розницу и оптом (chipdip.ru) [Электронный ресурс] URL:
<https://www.chipdip.ru/product0/8015374529> (дата обращения 11.04.2024)
- 34.SQP 5 Вт 0.33 Ом, 5%, Резистор проволочный мощный (цементный),
Тайвань | купить в розницу и оптом (chipdip.ru) [Электронный ресурс]
URL: <https://www.chipdip.ru/product/sqp-5w-0.33-om-5> (дата
обращения 25.05.2024)
- 35.SQP 10 Вт 0.22 Ом, 5%, Резистор проволочный мощный (цементный),
Тайвань | купить в розницу и оптом (chipdip.ru) [Электронный ресурс]
URL: <https://www.chipdip.ru/product/sqp-10w-0.22-om-5> (дата
обращения 11.04.2024)
- 36.XPGBWT-UE-0000-00EE8, Светодиод повышенной яркости, XLamp XP-
G2, Теплый Белый, 125 °, 114 лм, 2700 К, 2 А [Электронный ресурс]
URL: <https://www.chipdip.ru/product/xpgbwt-ue-0000-00ee8> (дата
обращения 13.04.2024)
- 37Automatic Battery Charger [Электронный ресурс] URL:
[https://www.ijert.org/research/automatic-battery-charger-
IJERTV3IS052111.pdf](https://www.ijert.org/research/automatic-battery-charger-IJERTV3IS052111.pdf) (дата обращения 18.05.2024)

38. Automotive Electrical and Electronic Systems by Tom Denton 1995. - P. 234-250
39. AVR450: Battery Charger for SLA, NiCd, NiMH and Li-Ion Batteries [Электронный ресурс] URL: https://professordan.com/avr/techlib/techlib8/appnotes/pdf_avr/AVR450.pdf (дата обращения 25.05.2024)
40. Battery Charger [Электронный ресурс] URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/battery-charger> (дата обращения 25.05.2024)
41. Lead-acid battery [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Lead-acid_battery (дата обращения 12.06.2024)
42. Lead Acid Battery Charger Circuit [Электронный ресурс] URL: <https://www.electronicshub.org/lead-acid-battery-charger-circuit/> (дата обращения 11.04.2024)
43. Lead–Acid Batteries: Science and Technology by D.P.H. Hassett and M. Foulkes 2011. - P. 135-140.
44. Past, present, and future of lead–acid batteries [Электронный ресурс] URL: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.abd3352?cookieSet=1> (дата обращения 12.06.2024)
45. Printed Circuit Boards: Design and Technology – Author: Albert J. Baker. 1983. - P. 411.
46. Recently Published Documents [Электронный ресурс] URL: <https://www.sciencegate.app/keyword/1154157> (дата обращения 21.05.2024)
47. What is lead acid battery [Электронный ресурс] URL: <https://www.elprocus.com/what-is-lead-acid-battery-types-working-its-applications/> (дата обращения 11.04.2024)