

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 микроэлектроника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроника и робототехника
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Автоматическое зарядное устройство для свинцово-кислотного аккумулятора 12В.»

Обучающийся

А.В. Андреев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.К. Кудинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит разработку автоматического зарядного устройства для свинцово-кислотного аккумулятора. В работе рассмотрены физико-химические процессы заряда свинцово-кислотных аккумуляторов, основные типы зарядных устройств, описаны процессы заряда аккумуляторов и необходимые условия и решения для автоматического заряда свинцово-кислотных аккумуляторов.

В первом разделе произведен обзор структуры и физико-химических процессов, протекающих в свинцово-кислотных аккумуляторах, рассмотрен процесс заряда указанного типа аккумуляторов, выделены основные параметры, обеспечение которых позволит достичь эффективного заряда аккумуляторов.

Во втором разделе проведен обзор основных типов зарядных устройств, представленных на рынке и сформулированы задачи бакалаврской работы.

В четвертом разделе разработана структурная схема автоматического зарядного устройства для свинцово-кислотных аккумуляторов. Разработана электрическая принципиальная схема и рассчитаны основные параметры элементов схемы.

В пятом разделе проведена разводка печатной платы и предложены основные конструкционные решения зарядного устройства.

В шестом разделе проведены экономические расчеты, а в седьмом – рассмотрены вредные и опасные факторы при производстве электронных устройств.

Выполнено 6 чертежей на формате А1. Объем работы 50 листов.

Содержание

Введение.....	4
1 Обзор структуры и физико-химических процессов, протекающих в свинцово-кислотных аккумуляторах.....	6
1.1 Структура свинцово-кислотных аккумуляторов.....	6
1.2 Химико-физические процессы в аккумуляторах.....	10
1.3 Задачи бакалаврской работы.....	13
2 Основные типы зарядных устройств.....	14
3 Разработка схемы автоматического зарядного устройства для свинцово-кислотных аккумуляторов.....	19
4 Разработка конструкции зарядного устройства.....	37
5 Экономическая часть.....	43
6 Безопасность и экологичность работы.....	45
Заключение.....	47
Список используемой литературы.....	48

Введение

Свинцово-кислотные аккумуляторы занимают доминирующее положение при использовании в автомобильном транспорте с двигателями внутреннего сгорания всех типов.

Они используются как стартерные для запуска двигателя и как источники электрической энергии в автономных системах электроснабжения. При этом до сих пор на рынок автомобилей с двигателями внутреннего сгорания никаких альтернатив свинцово-кислотным аккумуляторам не выведено.

Кроме автомобильного транспорта и стартерной роли, эти аккумуляторы в различных модификациях используются в технологическом электрическом транспорте. В этом случае они уже играют роль тяговых аккумуляторов и являются источниками энергии для различных видов электромобилей, подъемников, погрузчиков и т.п.

С развитием различных видов преобразователей энергии возобновляемых источников энергии, таких как ветровые, солнечные и т.п., в качестве резервных накопителей электрической энергии, работающих в те интервалы времени, когда не происходит воздействие основного физического параметра также используются свинцово-кислотные аккумуляторы. И уже их энергия передается в сеть полупроводниковыми преобразователями.

Соответственно, важным инфраструктурным компонентом в системах с такими аккумуляторами являются зарядные устройства.

На сегодняшний день существуют зарядные устройства как простейшего типа, генерирующие фиксированное зарядное напряжение на протяжении всего заряда аккумуляторов, так и автоматические зарядные устройства различного типа.

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.

Однако, существует наиболее общий вид зарядного профиля, который может реализовать автоматическое зарядное устройство. Он характеризуется изменением зарядного тока и зарядного напряжения в зависимости от текущей стадии процесса заряда.

Подобные алгоритмы реализуются разными схемотехническими способами. Это могут быть решения на основе специализированных микросхем заряда аккумуляторов, которые, однако, в настоящее время в связи с экспортными ограничениями стран-производителей малодоступны на рынке и имеют высокую стоимость. Также, типовые алгоритмы заряда аккумуляторов можно реализовать на интегральных стабилизаторах напряжения/тока, которые выпускаются в виде отечественных микросхем, доступны на рынке и обладают доступной стоимостью.

Данная работа посвящена разработке автоматического зарядного устройства для свинцово-кислотных аккумуляторов. Работа содержит обзор физико-химических процессов, протекающих в свинцово-кислотных аккумуляторах, обзор основных типов аккумуляторов и зарядных устройств для них.

1 Обзор структуры и физико-химических процессов, протекающих в свинцово-кислотных аккумуляторах

Одним из наиболее распространенных типов аккумуляторов являются свинцово-кислотные. Наиболее широкое распространение они нашли в автомобильной технике в качестве элементов первичного электропитания, предназначенных для запуска двигателей внутреннего сгорания. Также свинцово-кислотные аккумуляторы используют в производственном технологическом транспорте в качестве тяговых батарей как источники электрической энергии для приводных механизмов цехов погрузчиков, транспортеров, буксиров.

В связи с этим вопросы обеспечения процессов управляемого заряда - свинцово-кислотных аккумуляторов являются актуальными.

Рассмотрим основные аспекты, связанные с аккумуляторами, такие как структуру аккумуляторов и физико-химические процессы, протекающие в них.

1.1 Структура свинцово-кислотных аккумуляторов

Типовой свинцово-кислотный аккумулятор имеет структуру, представленную на рисунке 1 [21].

Аккумулятор имеет пластиковый корпус 1, обладающий стойкостью к кислотной среде и имеющий высокие диэлектрические свойства. Внутри корпуса располагается несколько секций элементарных энергетических ячеек соединенных последовательно. Напряжение таких ячеек суммируется и образует полное напряжение аккумуляторной батареи. Элементарная ячейка состоит из отрицательного решетчатого электрода, выполненного чаще всего из пористого свинца – 2, положительного решетчатого электрода из двуокиси свинца – 4, расположенного между электродами сепаратора 3, соединителя параллельных пластин, называемого бареткой – 5, ячеистой конструкции опорных элементов на дне корпуса аккумуляторной батареи, в которые осе-

дают отслаивающиеся частицы решеток – 6, крышки корпуса аккумулятора 7, заливного отверстия для дистиллированной воды с заглушкой – 8, положительного вывода – 9, соединяющей пластины положительной полярности перемычки 10 и отрицательного вывода 11.

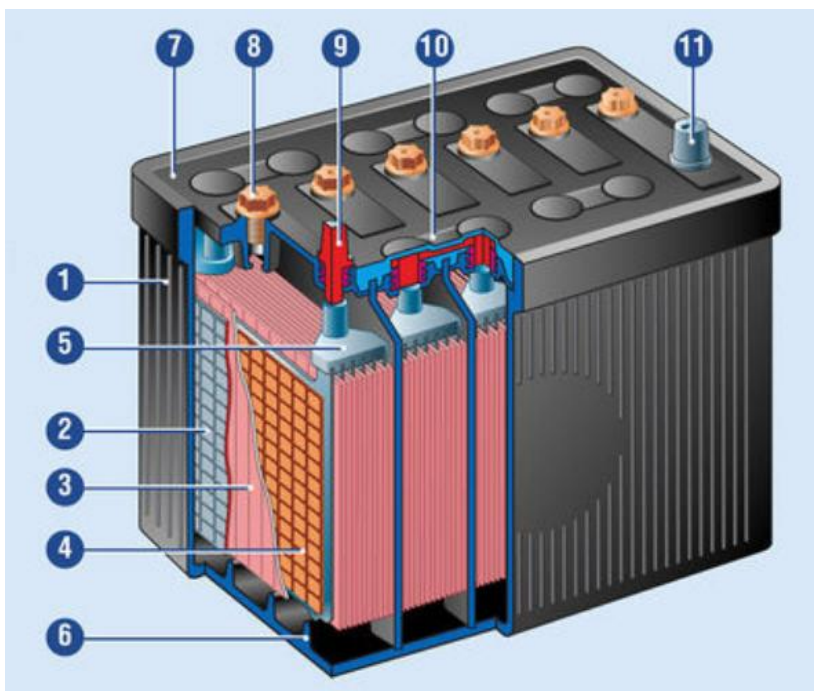


Рисунок 1 – Структура свинцово-кислого аккумулятора

Основное внимание при усовершенствовании аккумуляторов в настоящее время [25] уделяется составу электролита и его консистенции. Также проводятся экспериментальные работы по подбору степени пористости и конфигурации сетчатых электродов элементарных ячеек, но в целом конструкция типового аккумуляторного блока кислотно-свинцового типа считается устоявшейся.

Различают обслуживаемые и необслуживаемые конструкции аккумуляторных батарей.

В обслуживаемых аккумуляторных батареях кислород, образующийся в процессе заряда выделяется через специальные вентиляционные отверстия, которые не позволяют сделать корпус батареи герметичным и накладывают

особые требования к условиям эксплуатации таких батарей. Подобные аккумуляторы требуют периодического долива дистиллированной воды.

В необслуживаемых аккумуляторах выделяющиеся в процессе заряда газы рекомбинируют в металлических пластинах за счет наличия в них микроскопических пор, полученных при изготовлении металла электродов. Это позволяет уже избегать вентиляционных отверстий и использовать герметичные корпуса. В необслуживаемых аккумуляторах практически нет испарения электролита, в них нет нужды доливать воду в процессе эксплуатации, а корпуса можно изготавливать герметичными.

Отдельной ветвью развития свинцово-кислотных аккумуляторов можно считать так называемые гелевые аккумуляторные батареи. Их особенностью является использование электролита в состоянии геля. Это позволяет добиться повышенной безопасности эксплуатации тяговых аккумуляторных батарей в транспортных приложениях. В настоящее время на рынке представлено очень большое количество свинцово-кислотных аккумуляторов с гелевым электролитом. Наибольшее распространение такие аккумуляторы нашли использование в качестве тяговых на транспорте различного типа.

Основное отличие аккумуляторов с гелевым электролитом заключается в том, что гель позволяет эффективно удерживать газы, выделяющиеся в процессе эксплуатации аккумуляторов. В качестве сепаратора в таких аккумуляторах используется силикагель. Находясь в жидкой фазе на этапе изготовления аккумулятора и заливки, силикагель в конце процесса изготовления аккумуляторов отвердевает, превращаясь в сильнопористый материал. В порах силикагеля и удерживается электролит. Поскольку силикагель переходит в твердую фазу, в таких аккумуляторах становится невозможным осыпание материала электродов на дно аккумулятора, соответственно исключается такая причина выхода аккумуляторов из строя, как образование проводящих островков на дне корпуса и короткое замыкание между собой электродов разной полярности. Такие виды аккумуляторов содержат в обозначении сокращение GEL.

Кроме исключения выхода из строя аккумуляторов вследствие закорачивания, использование селикагеля позволяет увеличить число циклов заряда-разряда в среднем на 50% в каждом интервале глубины разряда, а также повышает устойчивость аккумуляторов к глубокому разряду.

Наряду с аккумуляторами типа GEL, также имеются аккумуляторы, в которых в составе сепараторов используется стекломат – пористое стекловолокно [14]. Такие аккумуляторы получили в своем описании аббревиатуру AGM - Absorbent Glass Mat. Технологически элементарные ячейки таких аккумуляторов могут быть или спиральной или плоской конфигурации.

При этом в обоих видах аккумуляторов – и GEL и AGM в качестве основного реагента продолжается использование серной кислоты.

Кроме влияния гелевого сепаратора и сепаратора со стекловолокном на электрические характеристики аккумуляторов, сепараторы такого вида позволяют эксплуатировать аккумуляторы с допущением их расположения с разной геометрической ориентацией – электролит не переливается, проводящие островки не образуются.

Отметим положительные и отрицательные стороны свинцово-кислотных аккумуляторов с GEL и AGM сепараторами по сравнению с классическими свинцово-кислотными аккумуляторами и между собой.

Положительные стороны AGM и GEL аккумуляторов:

- высокая токоотдача;
- быстрый заряд – возможно полностью зарядить AGM аккумулятор от генератора автомобиля во время движения;
- увеличенный срок эксплуатации;
- меньшее влияние отрицательных температур на емкость аккумуляторов (электролит не замерзает);
- допускают установку на бок.

Отрицательные стороны AGM и GEL аккумуляторов:

- увеличенная цена
- повышенная масса при той же емкости.

1.2 Химико-физические процессы в аккумуляторах

Рассмотрим процессы, протекающие в свинцово кислотных аккумуляторах.

Электролит, содержащий серную кислоту, воздействует материал отрицательного электрода. Этот материал постепенно распадается, в результате чего образуются ионы свинца и свободные электроны.

При подключении внешней цепи свободные электроны начинают движение через нагрузку в сторону положительного электрода. В это же время образовавшиеся ранее ионы свинца взаимодействуют с электролитом, в результате чего образуется сульфат свинца, оседающий на отрицательном электроде в силу своей малой растворимости.

Основная составляющая положительного электрода - оксид свинца реагирует с водой, входящей в состав электролита и распадается на ионы. Получившиеся положительные ионы на положительном электроде рекомбинируют с электронами, пришедшими на положительный полюс из внешней цепи. В ходе этой реакции получается двухвалентный ион свинца, реагирующий в последующем с электролитом и скапливается на решетке положительного электрода в виде сульфата свинца.

Описанные процессы при работе на электрическую нагрузку, можно изобразить в виде совокупности химических реакций, показанных на рисунке 2. [21]

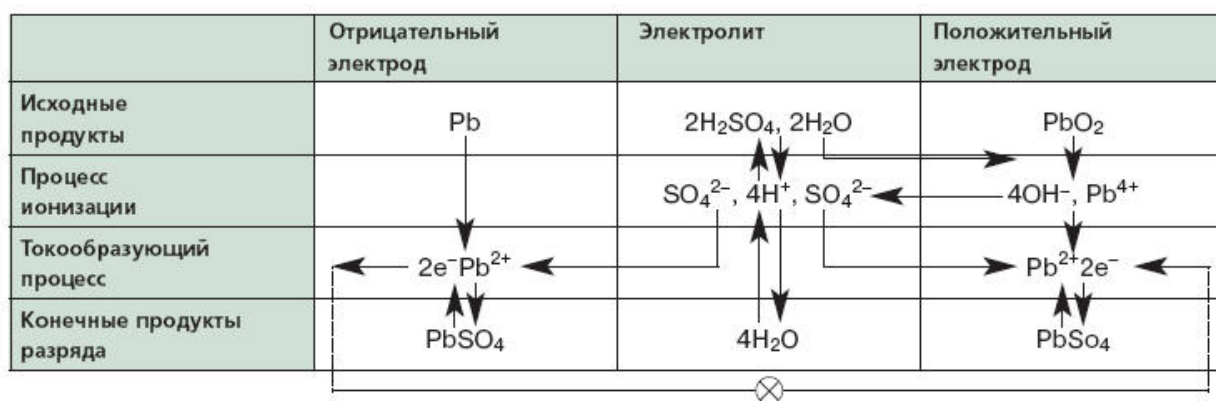


Рисунок 2 – Химические процессы в свинцово-кислом аккумуляторе на различных стадиях работы на нагрузку

Заряд свинцово-кислых аккумуляторов происходит следующим образом. Зарядное устройство подключается положительным полюсом к положительному электроду аккумулятора, а отрицательным – соответственно к отрицательному. Содержащаяся в составе электролита вода является носителем положительных ионов H^+ , отрицательных OH^- , положительных ионов Pb^{2+} и отрицательных $(\text{SO}_4)^{2-}$. Электроны, в процессе зарядки движутся внутри объема аккумулятора от положительного к отрицательному полюсу. При этом движении электронов происходит восстановление свинца отрицательного электрода. После восстановления свинца в воде остаются отрицательные ионы $(\text{SO}_4)^{2-}$ и положительные ионы водорода H^+ , которые соединяясь дают H_2SO_4 . Приходящие на положительный полюс из зарядного устройства электроны взаимодействуя со свинцом окисляют его до 4 валентного иона, который взаимодействуя с ионами кислорода восстанавливает материал плюсового электрода. Оставшиеся после описанных реакций ионы реагируют между собой в электролите и поддерживают тем самым его плотность.

Описанные процессы можно изобразить так, как показано на рисунке 3.

	Отрицательный электрод	Электролит	Положительный электрод
Продукты разряда	PbSO ₄	4H ₂ O	PbSO ₄
Процесс ионизации	Pb ²⁺ , SO ₄ ²⁻	2H ⁺ , 4OH ⁻ , 2H ⁺	SO ₄ ²⁻ , Pb ²⁺
Использование зарядного тока	2e ⁻		Pb ⁴⁺ , 2e ⁻
Конечные продукты разряда	PbSO ₄	H ₂ SO ₄ 2H ₂ O H ₂ SO ₄	PbO ₂

Рисунок 3 – Процессы в аккумуляторе при его заряде

В совокупности процессы заряда-разряда можно представить так, как показано на рисунке 4 [22].

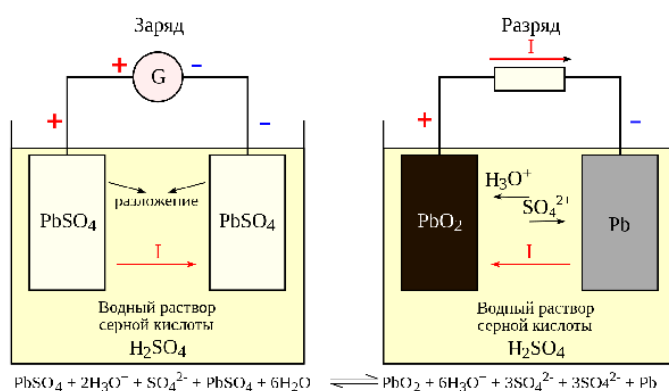


Рисунок 4 – Совокупность процессов заряда-разряда в кислотном свинцовом аккумуляторе

Процесс заряда свинцово-кислотного аккумулятора производится током, составляющим, в зависимости от рекомендаций производителя, от 20 до 30% числового значения емкости аккумуляторной батареи. Например, для емкости в 75Ач зарядный ток будет составлять от 15 до 22,5 А. Снижение величины зарядного тока позволяет снизить интенсивность химических процессов в аккумуляторе и тем самым уменьшить температуру электролита и количество выделяющихся газов, тем самым продлить ресурс аккумулятора. Однако, при этом заметно увеличивается время заряда аккумулятора.

Если ставить целью щадящий заряд со снижением скорости деградации аккумуляторов, соблюдая при этом необходимый для пользователя временной режим, то необходимо искать точку оптимума, отличающуюся для разных типов аккумуляторов и разных режимов работы.

Улучшения ресурсных показателей с соблюдением приемлемых временных интервалов можно добиться, создавая сложный профиль зарядного тока. Типовой профиль, в таком случае, будет выглядеть следующим образом: аккумулятор заряжают током, составляющим 20% от номинального в течение 5-6 часов, при этих условиях батарея зарядится примерно до уровня 90%. После этого ток снижают до значения около 5% от номинального и заряжают таким током около 20 часов. Напряжение на клеммах зарядного устройства зависит от числа элементарных ячеек (секций) в составе аккумуляторной батареи. Считают, что на каждую секцию приходится 2,3 В. Тогда, например, для автомобильных аккумуляторов, рассчитанных на номинальное напряжение в бортовой сети 12В и состоящих из 6 секций, суммарное напряжение не должно превышать 13,8В.

1.3 Задачи бакалаврской работы

Задачей бакалаврской работы является разработка схемы электрической принципиальной зарядного устройства свинцово-кислотных аккумуляторов напряжением 12В с возможностью выбора зарядного тока из нескольких возможных значений. Схема должна иметь защиту от короткого замыкания по вторичной стороне и подключаться к питающей сети 220В.

Выводы

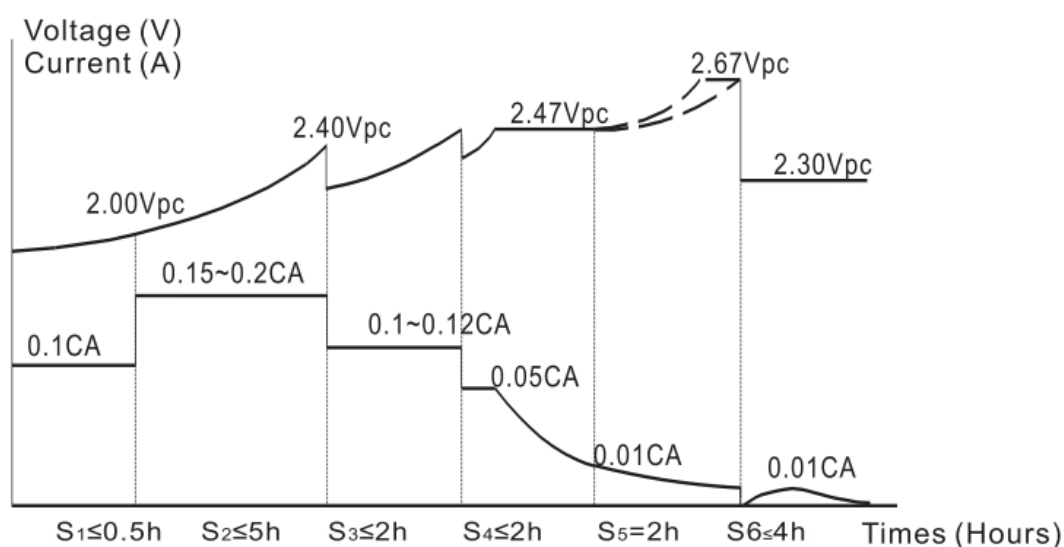
В разделе произвели обзор имеющихся на рынке типов свинцово-кислотных аккумуляторов, описали физико-химические процессы, происходящие в аккумуляторах и сформулировали задачи на бакалаврскую работу.

2 Основные типы зарядных устройств

Процессы, протекающие в свинцово-кислотных аккумуляторах и описанные в предыдущих параграфах накладывают определенные особенности на функционирование зарядных устройств.

Существуют идеальные с теоретической точки зрения профили заряда, предлагаемые разными производителями аккумуляторных батарей. Например, в [5] приводятся кривые напряжения и тока, как показано на рисунке 5.

Charge Characteristics (20°C)



The above charge voltage is based on 20°C(68°F), for other temperature, the temperature coefficient should be adopted. Temps coefficient: -3mV/°C/cell.

Рисунок 5 – Профили зарядного напряжения и тока для свинцово-кислотных аккумуляторов TN-power

На рисунке 5 видно, что напряжения на каждой ячейке, входящей в состав аккумулятора должно увеличиваться с течением времени и меняться нелинейно на каждом из выделенных временных интервалов. Видно, что при переходе к каждому последующему интервалу, напряжение сначала резко

должно снижаться на некоторую величину, а потом опять начинать расти. И только на последнем этапе заряда напряжение на аккумуляторе должно оставаться постоянным.

Кривая тока, же меняется по другому характеру. На первом этапе происходит заряд постоянным током величиной, равной 0,1 от численного значения емкости аккумулятора в ампер*часах, и такой заряд должен длиться до получаса. На следующем этапе, длительностью 5 часов значение тока неизменно и должно иметь значение в диапазоне 0,15-0,2 от емкости аккумулятора. На третьем интервале, длящемся до 2-х часов, уровень неизменного тока должен быть на уровне 0,1-0,12 от емкости, на четвертом и пятом интервале начинается экспоненциальное снижение величины зарядного тока, при этом на четвертом интервале при экспоненциальном снижении тока напряжение должно оставаться неизменным. Четвертый и пятый интервалы длятся по 2 часа. И в конце пятого интервала уровень зарядного тока достигает величины в 0,01 от емкости аккумулятора. На последнем, шестом этапе S6 при постоянном напряжении уровня 2,3 В на элементарную ячейку, входящую в состав аккумулятора, токовая кривая определяется характеристиками материалов аккумулятора, но не превышает значения в 0,01С.

Реализация такого профиля на практике затруднена.

Более распространены профили тока и напряжения заряда, показанные на рисунке 6 и сокращенно обозначаемые CC-CV (constant current – constant voltage).



Рисунок 6 – Профиль CC-CV заряда аккумулятора

Зарядные устройства, с момента своего появления прошли некоторый эволюционный путь.

Первые зарядные устройства представляли собой простейшую схему из понижающего трансформатора, подключаемого к сетевому напряжению и выпрямителя на диодах, подключенного ко вторичной обмотке трансформатора, как показано на рисунке 7.

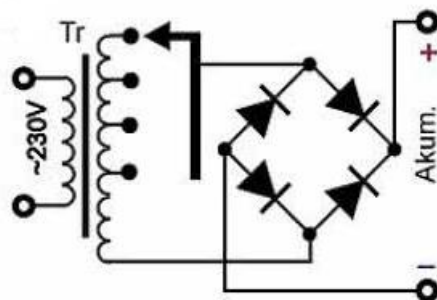


Рисунок 7 – Схема простейшего зарядного устройства

В подобных схемах регулирование тока и напряжения на аккумуляторе осуществлялось коммутацией отводов от вторичной обмотки трансформатора. В некоторых случаях использовали проволочные резисторы на большую рассеиваемую мощность, включаемых последовательно с отводами вторичной обмотки трансформатора. Параллельно с таким процессом заряда было необходимо подливать дистиллированную воду в аккумуляторы.

Как видно из профиля на рисунке 6, выделяют два обязательных этапа работы зарядного устройства, которые помогают проводить процесс заряда свинцово-кислотного аккумулятора не ускоряя процессы его выхода из строя – этап заряда постоянным током и этап заряда постоянным напряжением.

Фактически, подобный профиль можно реализовать с помощью схемы, показанной на рисунке 8.

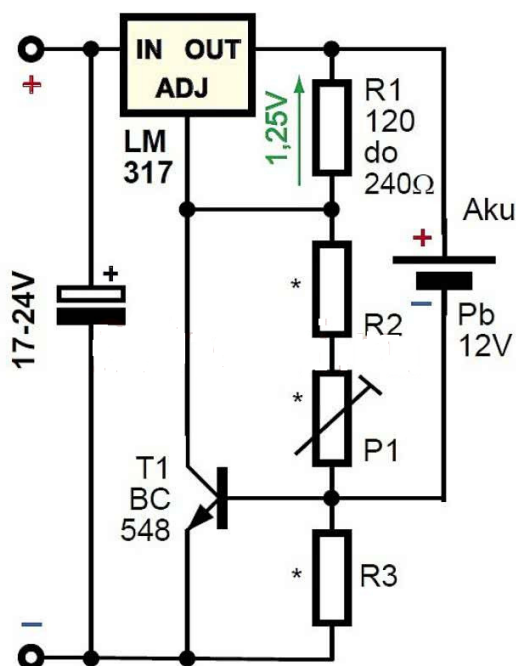


Рисунок 8 – Схема фрагмента зарядного устройства с ограничителем тока

Схема реализует следующий алгоритм заряда: на этапе заряда постоянным током напряжение на аккумуляторе недостаточно для открывания тран-

зистора T1 и он находится в закрытом состоянии. Сопротивление резистора R3 подбирают таким образом, чтобы падение напряжения на нем достигало величины около 0,7В тогда, когда необходимо понизить величину тока через аккумулятор за счет шунтирующего действия открывающегося T1. При этом, за счет нелинейности характеристик эмиттерного перехода удастся поддерживать зарядный ток через аккумулятор практически неизменным. По мере заряда аккумулятора, растет напряжение на его выводах, а следовательно растет падение напряжения на резисторах, образующих делитель на R1,R2,P1. Как только падение напряжения на R1 достигает величины 1,25 В, стабилизатор LM317 начинает работать как стабилизатор напряжения и выходное напряжение зарядного устройства не увеличивается. Это означает, что ток заряда сначала перестает увеличиваться, а потом начинает уменьшаться, стремясь, в итоге, к нулю.

Таким образом, даже указанная схема дает возможность реализовать типовой профиль заряда свинцово-кислотных аккумуляторов, показанный на рисунке 6.

За счет того, что во втором этапе работы схемы перестает нарастать зарядное напряжение и напряжение на аккумуляторе, предотвращается образование газов на электродах аккумуляторной батареи.

Если позволяют технические характеристики аккумулятора, опубликованные производителем, то можно сократить время заряда аккумулятора за счет увеличения зарядного тока и интенсификации реакций в аккумуляторе. При этом надо следить за тем, чтобы не пересечь черту интенсивного газообразования внутри аккумулятора [24].

Выводы.

В разделе рассмотрели более детально процесс заряда кислотных свинцовых аккумуляторов и имеющиеся схемные реализации зарядных устройств.

3 Разработка схемы автоматического зарядного устройства для свинцово-кислотных аккумуляторов

Выберем в качестве основного алгоритма работы зарядного устройства типовое, описанное выше решение – алгоритм CC-CV.

Для реализации этого алгоритма заряда от стационарной сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50Гц необходимо реализовать понижение напряжения и его выпрямление с последующим сглаживанием. Для выполнения этих действий необходим входной понижающий трансформатор на частоту 50Гц, и напряжение на первичной обмотке 220В. К его вторичной обмотке должен подключаться выпрямитель. Как наиболее эффективную схему выберем мостовой выпрямитель на диодах.

Далее, к выходу выпрямителя подключим сглаживающий конденсатор и уже параллельно ему – схему стабилизатора тока и стабилизатора напряжения.

Нам необходимо также предусмотреть возможность выбора тока заряда и предусмотреть вариант выбора напряжения заряда свинцово-кислотных аккумуляторов и на 6В номинального напряжения.

Таким образом, мы можем изобразить структурную схему нашего зарядного устройства на рисунке 9.

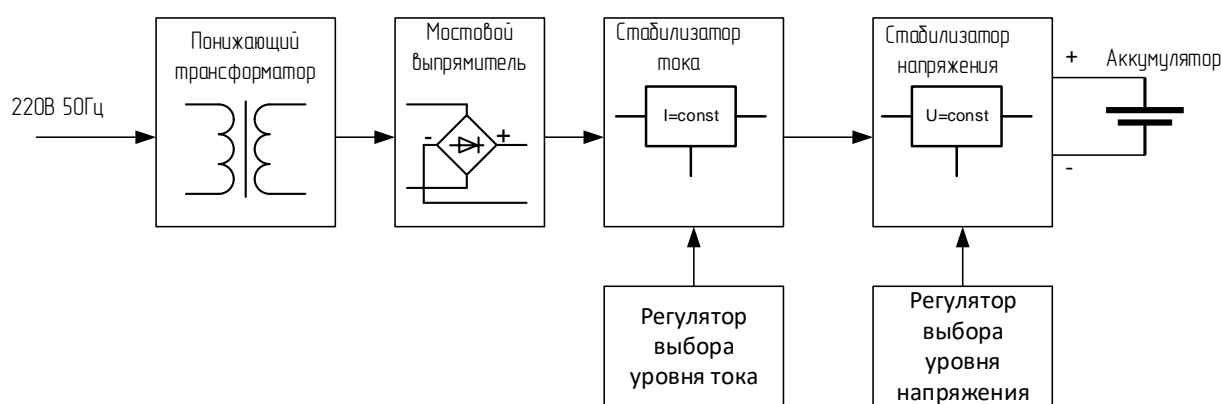


Рисунок 9 – Структурная схема зарядного устройства

Для упрощения конструкции зарядного устройства выберем интегральные решения для стабилизации тока и напряжения. В качестве стабилизатора выберем отечественную микросхему КР142ЕН22, которая является аналогом микросхемы LT1083 производства Linear Technology. Это трехвыводный регулируемый стабилизатор тока/напряжения. Выводы этих микросхем распределены так, как показано на рисунке 10 и указано в таблице 1.

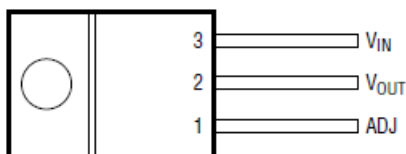


Рисунок 10 – Выводы микросхемы КР142ЕН22 в корпусе ТО-220

Таблица 1 – Назначение выводов микросхемы КР142ЕН22

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

В данной серии микросхем есть несколько модификаций, отличающихся максимальным выходным током:

КР142ЕН22 – 5А,

КР142ЕН22А – 7,5А,

КР142ЕН22Б – 35А,

КР142ЕН22В – 10А.

Для модификаций КР142ЕН22/22А/22Б выходное напряжение 35В, для 22В – 7В.

В соответствии с техническим заданием нам подходит модификация КР142ЕН22А, имеющая максимальное выходное напряжение 35В и максимально допустимый ток нагрузки 7,5А.

Типовая схема включения микросхемы КР142ЕН22А показана на рисунке 11.

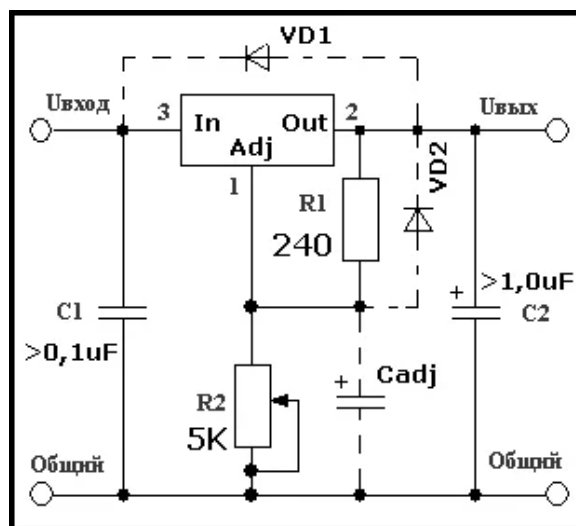


Рисунок 11 – Типовая схема включения микросхемы КР142ЕН22А

Конденсаторы С1 и С2 служат для сглаживания входных и выходных пульсаций напряжения, Резисторы R1 и R2 образуют делитель напряжения, предназначенный для измерения выходного напряжения регулятора и подачи его на вход регулировки. При этом, типовое значение резистора R1 рекомендуется величиной 240 Ом. С помощью переменного резистора R2 осуществляется или предварительная подстройка напряжения, или регулировка непосредственно при эксплуатации готового изделия. Для расчета величины выходного напряжения используется выражение

$$V_{out}=1,25*(1+R1/R2)+I_{ref}*R2, \quad (1)$$

где 1,25 - опорное напряжение в вольтах,

I_{ref} – ток в регулирующей цепи вывода Adj.

Максимальное значение I_{ref} – 100мкА.

Величина сопротивления резистора R1 может принимать значения в диапазоне 100-1000 Ом.

Это основные элементы схемы. Кроме этих элементов на рисунке показаны дополнительные элементы. Конденсатор C_{adj} устанавливается, если в выходном напряжении наблюдаются значительные пульсации и их надо снизить дополнительно. Его емкость много меньше емкость C2 (рекомендации из технического паспорта) и конденсатор C2 по типу является керамическим.

В соответствии со сведениями из технического паспорта, микросхема КР142ЕН22А имеет защиту от кратковременного замыкания выходных контактов, но при этом защита от замыкания входных контактов отсутствует. Кроме этого, превышение выходного напряжения над входным, приводит к выходу микросхемы из строя.

Для того, чтобы избежать этой ситуации, устанавливают защитный диод VD1, особенно, если емкость конденсатора C2 превышает емкость конденсатора C1.

Для защиты стабилизатора от процессов при разряде дополнительного конденсатора C_{adj} устанавливают диод VD2.

Металлическая часть корпуса микросхемы соединен электрически с выходным выводом, поэтому его необходимо изолировать от общей точки схемы.

Ограничение выходного тока кроме максимального паспортного значения, происходит также и из-за ограничения максимальной рассеиваемой мощности в 30Вт, Это приводит к тому, что необходимо предварительно вычислять максимально допустимое значение тока при заданной мощности нагрузки по выражению 2:

$$I_{вых} < P_{max} / (U_{in} - U_{out}), \quad (2)$$

Основные технические характеристики микросхемы сведены в таблицу 2 [12].

Таблица 2 – Основные технические характеристики КР142ЕН22А

Параметр	Значение
U _{опорн}	1,25±0,05В
U _{вых} -U _{вх}	30В
U _{вых}	1,25-28,5В
I _{вых, макс}	7,5А
I _{вых, мин}	10 мА
I _{регул.}	<120мкА (тип.55мкА)
P _{макс} (с теплоотводом)	30 Вт
K _{под.пульс.}	>60дБ
U _{вых} -U _{вх} (мин)	1,3 В
Диапазон температур кристалла	0...+150°С
Аналог	LT1083СТ, КР1195ЕН1Б

Стоимость микросхемы 490р.

Схема узла стабилизации тока показана на рисунке 12.

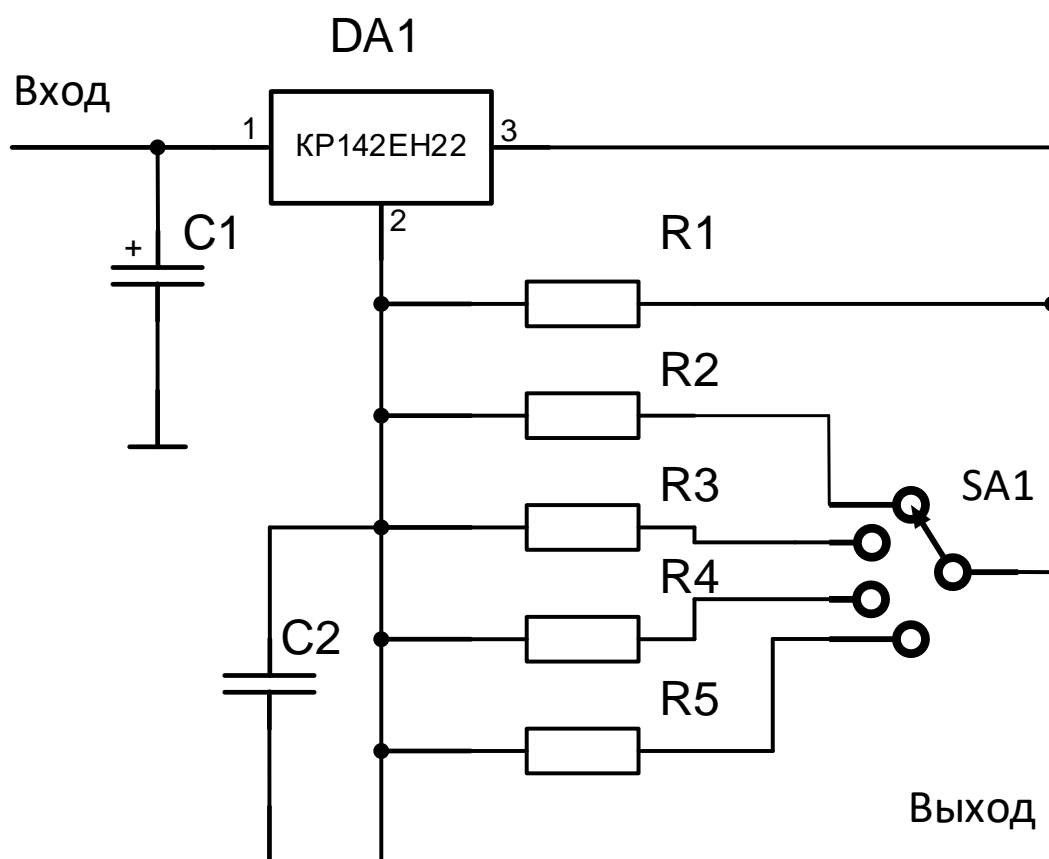


Рисунок 12 – Схема узла стабилизации тока на микросхеме
KP142EH22A

Схема узла стабилизации тока собирается на основе микросхемы KP142EH22A. Резистор R1 выполняет роль резистора обратной связи и фиксирует разность потенциалов между выходом DA1 3 и выводом регулировки 2. С помощью переключателя SA1 параллельно ему подключаются резисторы R2-R5, в зависимости от того, какую величину выходного тока должен удерживать стабилизатор. C2 выполняет функции фильтра высокочастотных пульсаций и на этапе включения схемы предотвращает появление броска тока на нагрузке узла стабилизации. Для удобства использования, SA1 выбирают галетного типа.

Схема узла стабилизации напряжения показана на рисунке 13.

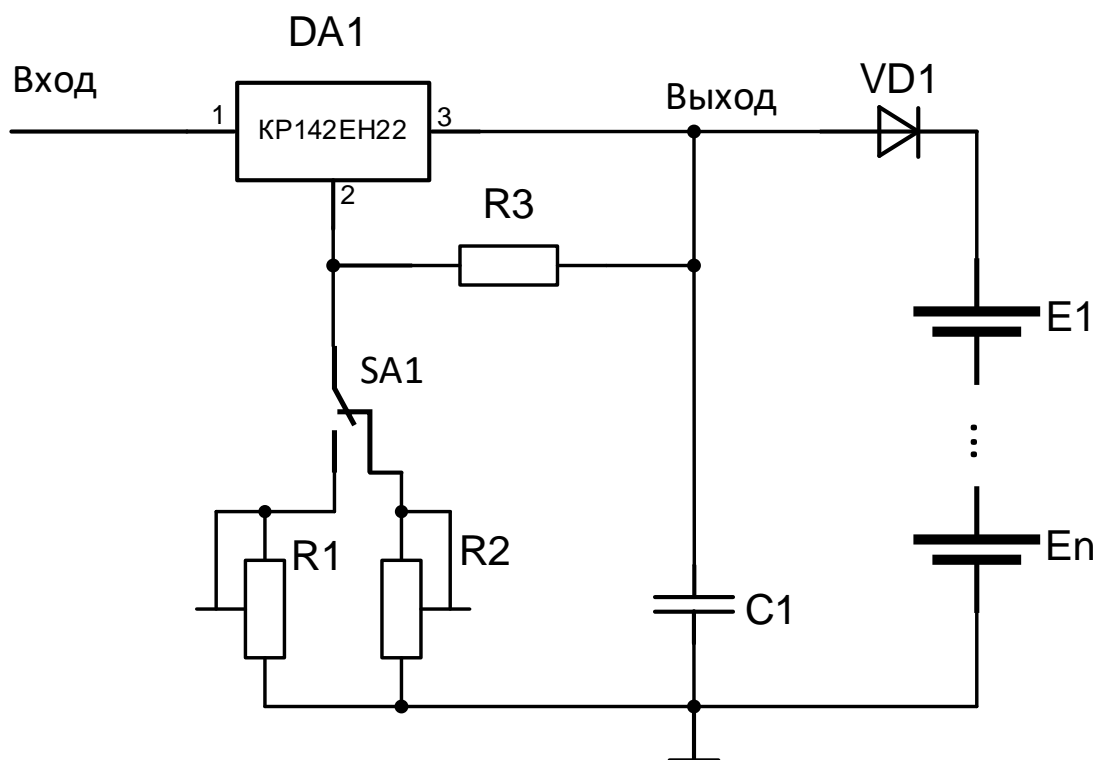


Рисунок 13 – Схема узла стабилизации напряжения на микросхеме
KP142EH22A

Схема узла стабилизации напряжения является типовой для KP142EH22. С помощью трехполосного переключателя SA1 выбирается величина выходного напряжения – для заряда аккумулятора на номинальное напряжение 6В или на номинальное напряжение 12 В. Соответственно положению этого переключателя, образуется делитель напряжения либо на основе R1-R3, либо на R3-R2. Конденсатор C1 сглаживает возможные пульсации выходного напряжения. Диод VD1 защищает микросхему DA1 от напряжения обратной полярности. E1 – En имитируют собой элементарные ячейки аккумуляторной батареи.

Для построения понижающе-выпрямительного узла воспользуемся трехобмоточным трансформатором и мостовым выпрямителем. Схема выпрямительного узла показана на рисунке 14.

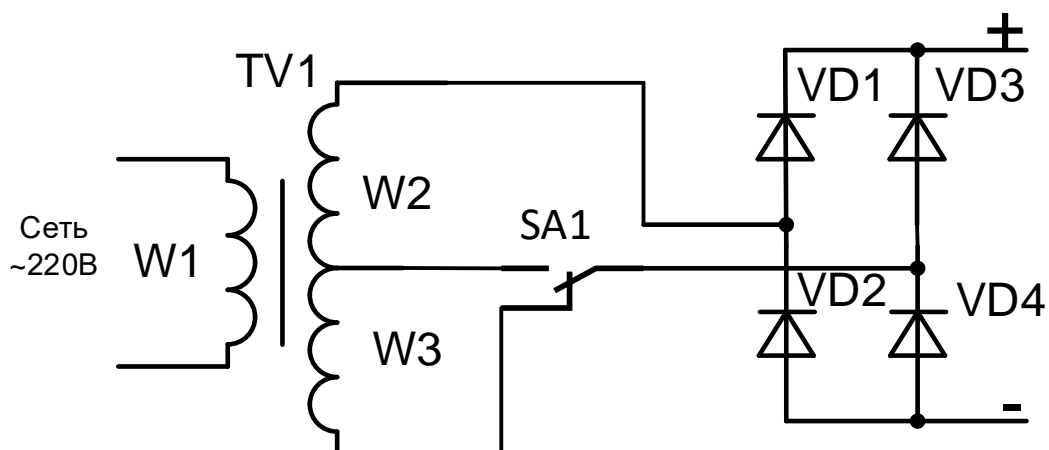


Рисунок 14 - Схема выпрямительного узла

В качестве понижающего трансформатора будем использовать трехобмоточный трансформатор ТПА-180-2х12в трансформатор с двумя вторичными обмотками 220/12; 12 В, 180 Вт [26]. Его нагрузочная способность – 7,5А с каждой вторичной обмотки, габаритные размеры: 96x80x101 мм, навесной тип монтажа, масса 3.5 кг. Контакты первичной обмотки имеют номера 2-5, номера вторичных обмоток 8-9 и 11-12. Типоразмер Ш-образного магнитопровода - EL96, магнитопровод из пластинчатой электротехнической стали, климатическое исполнение - открытое. Внешний вид трансформатора показан на рисунке 15.

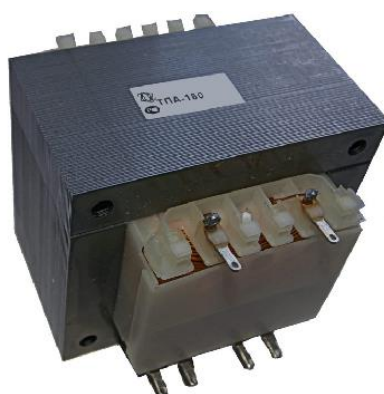


Рисунок 15 – внешний вид трансформатора ТПА-180-2х12в

Габаритные размеры показаны на рисунке

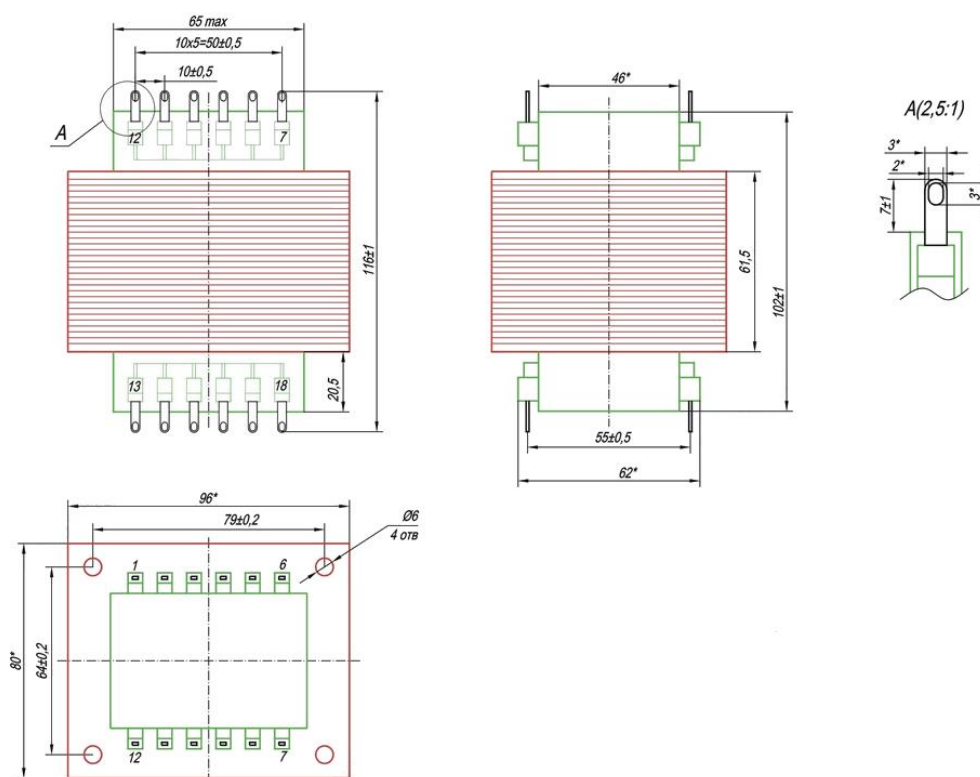


Рисунок 16 – Габаритные размеры трансформатора

Полная схема зарядного устройства показана на рисунке 17.

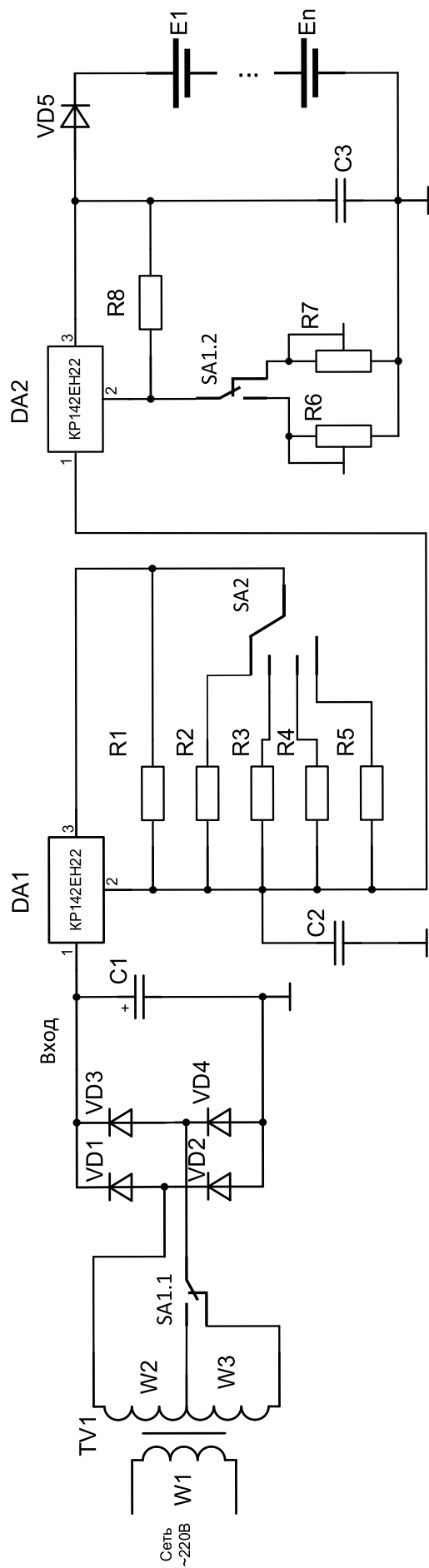


Рисунок 17 – Схема электрическая принципиальная зарядного устройства

Произведем подбор и расчет элементов схемы.

Зарядка аккумуляторов номинальным напряжением 6В производится от одной обмотки W2, а на напряжение 12В – суммарно обмотками W2 и W3. Как было указано выше, в качестве трансформатора TV1 выбрана модель ТПА-180-2х12в, стоимость которого 4450 руб [26].

Для коммутации обмоток W2 и W3 и одновременно с этим переключения нижних резисторов R6,R7 делителя, задающего напряжение стабилизации DA2 выберем двухполюсный тумблер KN3(B)-201A-A1 [4] стоимостью 170 руб.

Этот тумблер имеет две группы контактов на замыкание, рабочее напряжение до 250В, Рабочий ток до 10А, способ монтажа – на панель, алгоритм работы: вкл-выкл.

Для использования в выпрямительном мосте VD1-VD 4 выберем силовые диоды, которые пропускают прямой ток не менее 6А и выдерживают обратное напряжение, равное сумме напряжений вторичных обмоток трансформатора $2*12В*1,41=34В$. В качестве этих диодов выберем отечественные диоды в металлическом корпусе Д242 [8]. За счет металлического корпуса можно получить лучшую теплоотдачу прибора.

Эти диоды имеют следующие характеристики:

- максимальное постоянное обратное напряжение – 100В;
- максимальный (средний) прямой ток – 10А;
- максимальное прямое падение напряжения – 1,25В;
- максимальный обратный ток при 25 °С – 3мА;
- рабочая температура – (-60)...+130 °С;
- тип корпуса – КДЮ-11-4;
- масса – 14,48г.

Стоимость этих диодов 250р/шт.

Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения используется электролитический конденсатор С1. Определим его необходимую емкость на

основании сведений, изложенных в [13]. Автор предлагает следующее выражение для нахождения емкости сглаживающего конденсатора, устанавливаемого между двухполупериодным выпрямителем и другим полупроводниковым преобразователем – стабилизатором тока в нашем случае:

$$C = \frac{1}{\left[\arccos\left(1 - \frac{2U_{\sim}}{\sqrt{2}U_{\text{вх}}}\right)\right]^2 fR}, \quad (3)$$

где U_{\sim} - величина допустимых пульсаций в кривой напряжения, В,

$U_{\text{вх}}$ – напряжение на входе двухполупериодного выпрямителя – напряжение со вторичной обмотки сетевого трансформатора,

f – частота сетевого напряжения 50Гц,

R – входное сопротивление нагрузки двухполупериодного выпрямителя - стабилизатора тока.

Частота сетевого напряжения 50Гц.

Величина R вычисляется по выражению:

$$R = \eta \frac{(\sqrt{2}U_{\text{вх}} - U_{\sim})^2}{P_{\text{нагр}}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{нагр}}$ – мощность, потребляемая нагрузкой,

η – коэффициент полезного действия, берется ориентировочное желаемой значение.

Будем считать, что мощность, потребляемая стабилизатором тока ограничивается величиной 30Вт – максимальной допустимой мощностью микросхемы КР142ЕН22, КПД примем равным 0.8, $U_{\text{вх}}$ – напряжение на входе выпрямителя, примем равным сумме напряжений вторичных обмоток $2 \cdot 12 = 24\text{В}$, уровень пульсаций напряжения U_{\sim} примем равным 10% от уровня 24В или 2,4 В.

Тогда R будет равняться

$$R = 0,8 \frac{(\sqrt{2} \cdot 24 - 2,4)^2}{30} = 26,53 \text{ Ом.}$$

Подставив найденное значение в (3), получим:

$$C = \frac{1}{\left[\arccos\left(1 - \frac{2 \cdot 2,4}{\sqrt{2} \cdot 24}\right) \right]^2 \cdot 50 \cdot 26,53} = 0,0026 \text{ Ф.}$$

Получено значение емкости конденсатора 2600 мкФ. Округляем до ближайшего большего номинального значения 3300 мкФ.

Максимальное напряжение на конденсаторе $1,41 \cdot 24 \text{ В} = 34 \text{ В}$. Принимаем номинальное напряжение 50 В.

Из [11] выбираем модель ЕСАР (К50-35), 3300 мкФ, 50 В. Этот конденсатор имеет следующие параметры:

- номинальное напряжение 50 В,
- номинальную емкость 3300 мкФ,
- допуск номинальной емкости 20%,
- тангенс угла диэлектрических потерь 0,1%,
- рабочая температура $-40 \dots 105 \text{ }^\circ \text{C}$,
- ток утечки макс. – 0.01 мкА,
- выводы/корпус – радиальный,
- проволочный, диаметр корпуса 18 мм,
- длина корпуса 35 мм.

Его стоимость 89 рублей.

Для расчета значения сопротивления резисторов R1-R5, задающих значение зарядного тока, примем во внимание способ регулировки выходного напряжения микросхемы КР142ЕН22. Он заключается в том, что выходное напряжение будет изменяться таким образом, чтобы удерживать разность потенциалов между выходным и регулирующим выводами равной 1.25 В. Применительно к включению этой микросхемы в роли стабилизатора тока, необ-

ходимо, чтобы через резистор, установленный между выходным выводом и выводом регулировки протекал ток нагрузки. Это достигается включением резисторов R1-R5 таким образом, как показано на рисунке 12.

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

Т.е. можно записать:

$$I_{н1} * \frac{R1 * R2}{R1 + R2} = 1,25,$$

$$I_{н2} * \frac{R1 * R3}{R1 + R3} = 1,25,$$

$$I_{н3} * \frac{R1 * R4}{R1 + R4} = 1,25,$$

$$I_{н4} * \frac{R1 * R5}{R1 + R5} = 1,25.$$

В соответствии с техническим заданием, токи заряда аккумуляторов должны иметь значения 0,5А, 1А, 2А, 4А. В соответствии с этими условиями

$$\frac{R1 * R2}{R1 + R2} = 2,5,$$

$$\frac{R1 * R3}{R1 + R3} = 1,25,$$

$$\frac{R1 * R4}{R1 + R4} = 0,625,$$

$$\frac{R1 * R5}{R1 + R5} = 0,3125.$$

Примем значение R1=12 Ом. Исходя из этого значения рассчитаем сопротивление остальных резисторов и рассеиваемую ими мощность:

$$R1=12 \text{ Ом.}$$

$$P=1,25^2/12= 1,5625/12=0,13\text{Вт}$$

Выбираем резистор CF-25 (C1-4)- 0.25 Вт- 12 Ом, 5% [19], стоимостью 6 руб.

$$R2=3.3 \text{ Ом}$$

$$P=1,25^2/3.3= 1,5625/3.3=0,47\text{Вт}$$

Выбираем резистор MF (C2-23) - 3,3 Ом – 2Вт 5% [18] стоимостью 27 руб.

$$R3=1,3 \text{ Ом.}$$

$$P=1,25^2/1.3= 1,5625/1.3=1,2 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор [19] MF (C2-23) – 1,3 Ом – 2Вт – стоимостью 27 руб.

$$R4=0,62 \text{ Ом}$$

$$P=1,25^2/0,62= 1,5625/0,62=2,52 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор [3] CR-L05R0R68JP 0,68ом 5% CRL-5W стоимостью 10 руб.

$$R5=0,33 \text{ Ом}$$

$$P=1,25^2/0.33= 1,5625/0.33= 4,73 \text{ Вт}$$

Выбираем резистор [2] CR-L05R0R33JP 0,33ом 5% CRL-5W проволочный резистор, цементный AXIAL вывод стоимостью 10 руб..

В качестве галетного переключателя SA2 выбираем 4-х полюсный переключатель RS003-3-4-P-20-KQ, переключатель галетный 20KQ (SR25P-1-3-4) [15]. Его стоимость 300р.

Для задания фиксированного напряжения заряда используется делитель на резисторах R8, R6 – для аккумуляторов номинальным напряжением 6В и R8, R7 для заряда аккумуляторов номинальным напряжением 12 В. Рассчитаем среднее сопротивление подстроечных резисторов R6 и R7, а затем для введения запаса на регулирование увеличим полное сопротивление этих резисторов.

На резисторе R8 должно падать напряжение 1,25В. Исходя из этого, определим напряжение, которое должно падать на резисторах R6 и R7.

Для аккумуляторов номинальным напряжением 12В на выходе зарядного устройства должно быть напряжение 14.9 В. Это значит, что на резисторе R7 должно падать напряжение

$$U_{R7} = 14,9 - 1,25 = 13,65\text{В.}$$

В соответствии с техническими данными производителя микросхемы прототипа [12,1], ток через делитель можно принять равным 10 мА.

Тогда можно определить сопротивление резистора R8:

$$R8 = \frac{1,25}{10 \cdot 10^{-3}} = 125\text{Ом.}$$

Мощность рассеяния этого резистора

$$P_{R8} = 125 \cdot (10 \cdot 10^{-3})^2 = 0,00125\text{Вт.}$$

Принимаем мощность рассеяния резистора R8 равной 0,125Вт.

На резисторе R7 должно, как было показано выше, падать напряжение 13,65 В. С учетом протекания через него тока 10мА, определим сопротивление:

$$R7=13,65\text{В}/10\text{мА}=1365 \text{ Ом.}$$

Принимаем его сопротивление равным 2,2 кОм.

При расчетном сопротивлении 1365 Ом потери мощности на резисторе будут

$$P_{R7}=(10*10^{-3})^2*1365=0,1365 \text{ Вт.}$$

Выберем многооборотный подстроечный резистор 3296W222 BARONS 2,2к\25об\3P [16]. Этот резистор имеет 25 оборотов и монтируется на плату. Его стоимость 160 руб.

Для зарядки аккумуляторов с номинальным напряжением 6В на выходе зарядного устройства на холостом ходу должно быть установлено напряжение 7,45В. Соответственно на резисторе R6, предназначенном для настройки должно падать напряжение

$$U_{R6} = 7,45 - 1,25 = 6,2\text{В.}$$

При токе 10мА сопротивление этого резистора можно вычислить как

$$R6=6,2\text{В}/10\text{мА}=620 \text{ Ом.}$$

На нем будет выделяться мощность

$$P_{R6}=(10*10^{-3})^2*600=0,06 \text{ Вт.}$$

Для сокращения номенклатуры элементной базы выберем резистор с такими же параметрами, что и R7, т.е. 3296W222 BARONS 2,2к\25об\3P [26].

Таким образом, произведя предварительную подстройку сопротивлений подстроечных резисторов можно получить два варианта выходного напряжения, выбираемые переключателем SA1 одновременно и коммутированные вторичные обмотки трансформатора и подстроечные резисторы.

В соответствии с рекомендациями производителя микросхемы КР142ЕН22 на выход микросхемы подключим электролитический конденсатор емкостью 150мкФ с учетом зарядного тока до 6А. Максимальное напряжение на этом конденсаторе не превысит 15В, соответственно с учетом запаса выберем конденсатор на номинальное напряжение 50В. Выбираем в качестве С3 конденсатор электролитический алюминиевый ЕСАР (К50-35), 150 мкФ, 50 В, 105°С, 10x12,5, В41858С6157М000 [10] стоимостью 46руб.

Также, в целях единообразия комплектующих, в качестве VD5 выберем диод Д242 [28] Стоимостью 250р.

На этом этапе будем считать, выбор всех элементов для схемы электрической принципиальной зарядного устройства для аккумуляторов с номинальными напряжениями 6В и 12В произведен. Перейдем к разработке конструкции устройства.

Выводы.

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

4 Разработка конструкции зарядного устройства

Разработку конструкции печатного узла зарядного устройства начнем с распределения коммутационных элементов. Будем считать в рамках выполняемой ВКР, что сдвоенный тумблер SA1, предохранитель FU1 и галетный переключатель с вращающейся ручкой SA2 располагаются на корпусе зарядного устройства и с печатной платой соединяются с помощью запаиваемых проводов.

Поскольку трансформатор TV1, как было отмечено выше, имеет массу более 3 кг, будем считать, что он крепится к несущим элементам корпуса зарядного устройства. Соединение с печатной платой также будет осуществляться с помощью впаиваемых проводов.

Рассчитаем рассеиваемую на стабилизаторах напряжения KP142EH22 мощность. Для этого надо определить падение напряжения на каждом из последовательно включенных стабилизаторов.

На аккумулятор должно поступать максимальное напряжения 14,9 В. В соответствии с законом Кирхгофа можно записать следующее выражение:

$$U_{\text{выпр}} = U_{DA1} + U_{R1} + U_{DA2} + U_{VD5} + U_{\text{акк.}} \quad . \quad (5)$$

При этом, будем считать, что максимальная мощность рассеивается при заряде аккумуляторов с напряжением 12В и токе 4А. Примем, в этом случае $U_{\text{выпр}} = 24\text{В}$, $U_{R1} = 1.25\text{В}$, $U_{VD5} = 1.2\text{В}$. В соответствии с техническими данными на микросхему KP142EH22, минимальное падение напряжения при протекании тока 4А будет 1.2В, соответственно, примем падение напряжения на DA1 равным 1.1В. Тогда из (5) можно выразить падение напряжения на DA2.

$$U_{DA2} = U_{\text{выпр}} - U_{DA1} - U_{R1} - U_{VD5} = 24 - 1.2 - 1.25 - 14.9 = 6.55\text{В}.$$

Тогда потери мощности на DA1 будут

$$P_{DA1} = U_{DA1} * I_{DA1} = 1.2 * 4 = 4.8 \text{ Вт.}$$

В этом случае, максимальные потери мощности на DA2 в начале процесса заряда:

$$P_{DA2} = U_{DA2} * I_{DA2} = 6.55 * 4 = 26,2 \text{ Вт}$$

$$T_J = T_A + P_D (\theta_{\text{HEAT SINK}} + \theta_{\text{CASE-TO-HEAT SINK}} + \theta_{\text{JC}}), \quad (6)$$

Тепловое сопротивление от кристалла к корпусу $\theta_{\text{JC}} = 0.6^\circ \text{C}$. Выберем радиатор HS114 с тепловым сопротивлением $R_{\theta} = 1.9^\circ \text{C/W}$.

Выполним проверку по (6) температуры кристалла, считая температуру окружающей среды равной 50°C и сопротивление перехода от корпуса к радиатору $0,2^\circ \text{C/W}$:

$$T_J = 50 + 26,2(1,9 + 0,2 + 0,6) = 120,74^\circ \text{C}$$

Это ниже максимальной допустимой температуры кристалла 125°C .

Внешний вид радиатора показан на рисунке 18.

$R_{\theta} = 1,9$
 $W_T = 3,3$ **HS 114-xx'**

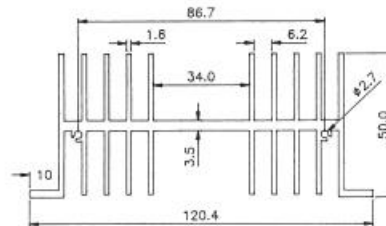
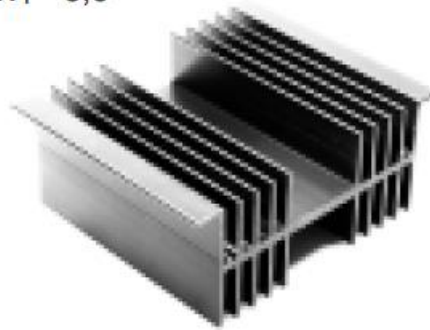


Рисунок 18 - Внешний вид и размеры радиатора HS114

Выполним разводку печатной платы в программном пакете Altium Designer. Будем считать, что микросхемы стабилизаторов напряжения крепятся к радиаторам, которые монтируются к корпусу зарядного устройства и трансформатор располагаются вне печатной платы. Печатную плату выполним из стеклотекстолита фольгированного толщиной 1.5 мм с двухсторонним расположением фольги толщиной 35 мкм. Для определения ширины печатных дорожек воспользуемся графиком, регламентированным Руководящим документом РД50-708-91 «Инструкция. Платы печатные. Требования к конструированию» [20] и показанным на рисунке 19.

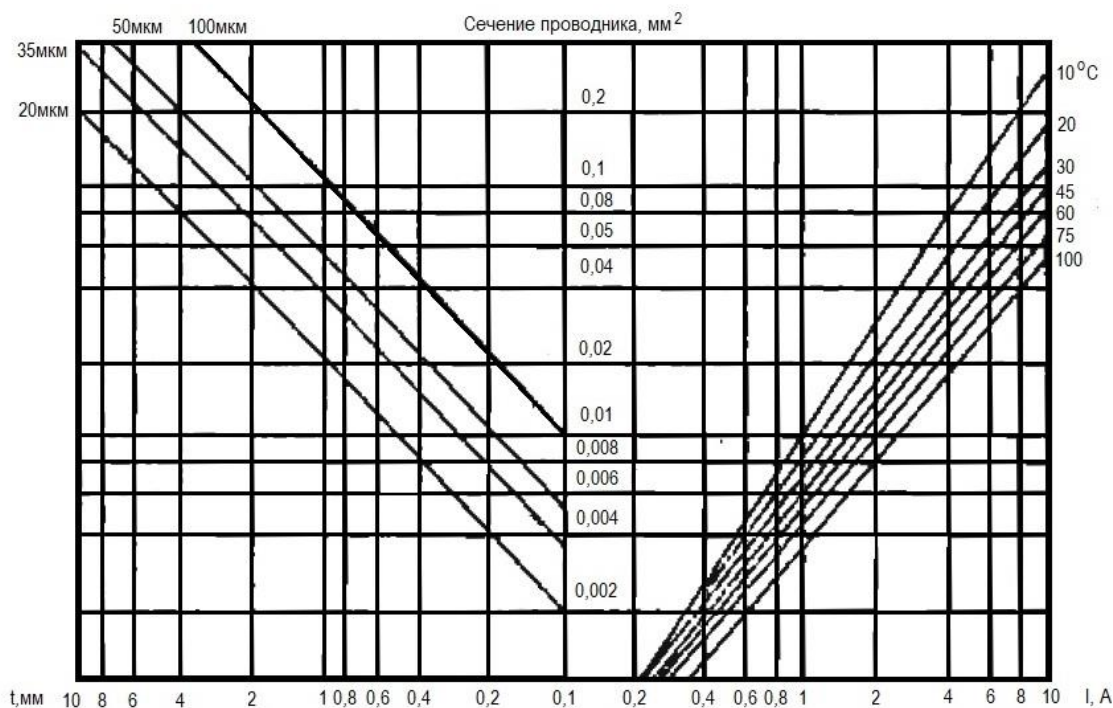


Рисунок 19 - Графики для определения ширины печатных дорожек

Для определения ширины печатной дорожки зададимся максимальным током 4А (максимальный ток заряда), поднимемся до наклонной прямой допустимой температуры в 75 °С, из нее опустим горизонтальный перпендикуляр на ось сечения проводника, от нее проведем горизонтальную прямую до пересечения наклонной прямой, соответствующей толщине фольги 35мкм и опустим перепендикуляр на ось ширины дорожки. Получим минимальную ширину не менее 0,6мм.

С учетом допустимого тока для печатных проводников 15-20А/мм² выбрали ширину проводящих дорожек на максимальный ток 4А равной 2.5-3мм. Остальные дорожки считаем информационными и их ширину принимаем равной 1...1,5 мм.

Получившиеся виды с верху и снизу печатной платы показаны на рисунках 20 и 21.

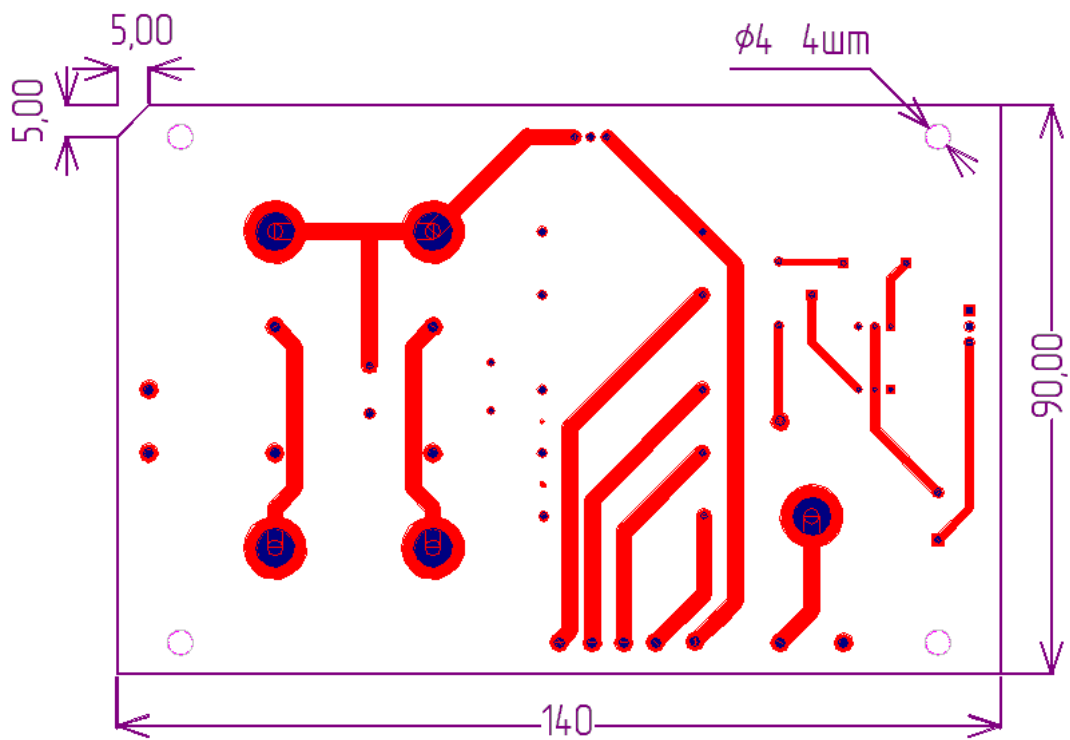


Рисунок 20 – Вид на печатную плату сверху

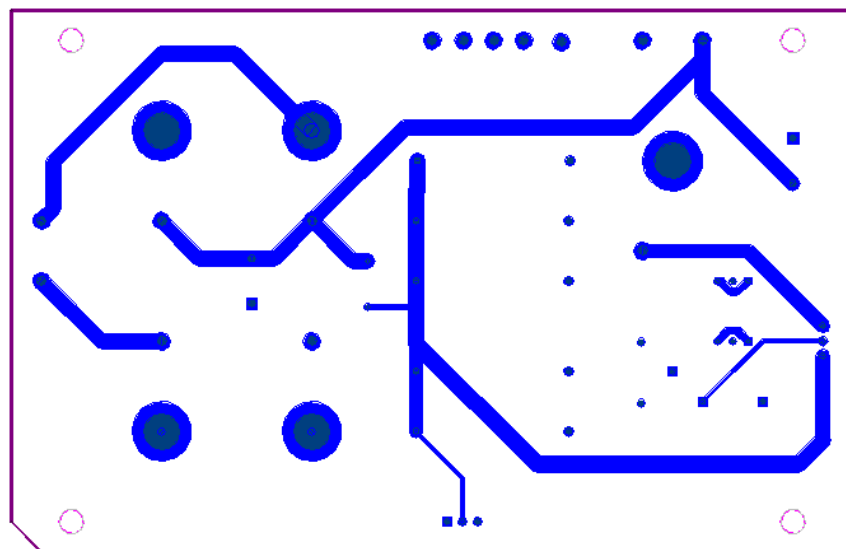


Рисунок 21 – Вид на печатную плату снизу

Расположение элементов на поле печатной платы, а также габаритные размеры печатного узла в сборе показаны на рисунке 22.

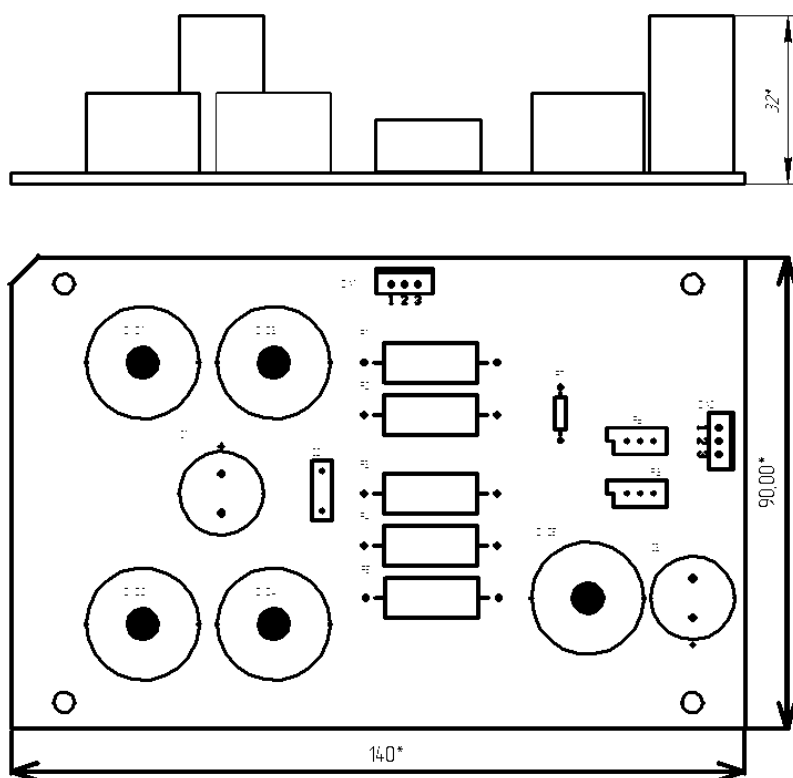


Рисунок 22 – Эскиз сборочного чертежа печатной платы

Будем считать, что изготовление печатной платы проводится электрохимическим методом: производится химическое травление медной фольги в соответствии с нанесенным рисунком проводящих дорожек с последующим нанесением металлизации на внутреннюю поверхность монтажных и переходных отверстий.

После травления хлорным железом необходимо провести промывку печатной платы, лужение поверхности проводников и покрытие не попадающих под пайку поверхностей защитным лаком. Поверх лака необходимо нанести методом шелкографии позиционные обозначения элементов схемы.

Выводы.

В разделе произведен выбор материала печатной платы, выбрана по номограмме ширина дорожек печатной платы в соответствии с регламентирующими документами, разработан топология печатной платы, описана процедура изготовления печатной платы.

5 Экономическая часть

Для понимания уровня стоимости готового изделия, необходимо вычислить суммарную стоимость использованных в проекте материалов и комплектующих.

Стоимость материалов для изготовления печатной платы с учетом распространения материалов упаковками сведена в таблице 3.

Таблица 3 – Стоимость материалов

Материал	Марка	ГОСТ, ТУ	Ед. изм.	Норма расхода шт.	Цена за единицу (руб.)	Затраты (руб.)
Флюс	Спиртовой раствор сосновой канифоли	19113-84	шт.	1	25	25
Припой	ПОС60	48-0220-57-93	шт.	1	90	90
Стеклотекстолит 2х-сторонний	СФ-2-35-1,5	10316-78	шт.	1	62	62
Хлорное железо	FeCl ₃	6-00-05763458-129-91	шт.	1	68	68
Итого						245

Стоимость покупных изделий и узлов сведена в таблице 4

Таблица 4. – Стоимость покупных изделий.

Наименование изделия	Марка, размер	Количество, шт.	Цена за единицу (руб.)	Затраты (руб.)
Микросхемы	КР142ЕН22А, 1.2В...34В, 5А (LT1083)	2	490	960
Диоды	Д242	5	242	1230
Резисторы	CF-25 (C1-4)- 0.25 Вт- 12 Ом, 5%	1	6	6
	MF (C2-23) - 3,3 Ом – 2Вт 5%	1	27	27
	MF (C2-23) – 1,3 Ом – 2Вт	1	27	27
	CR-L05R0R68JP 0,68ом 5% CRL-5W	1	10	10
	Вт CR-L05R0R33JP 0,33ом 5% CRL-5W	1	10	10
	3296W222 BARONS 2,2к\25о6\3P	2	160	320
Конденсаторы	ЕСАР (К50-35), 3300мкФ, 50В	1	89	89
	алюминиевый ЕСАР (К50-35), 150 мкФ, 50 В, 105°С, 10х12,5, В41858С6157М000	1	46	46
Трансформатор	ТПА-180-2х12в	1	4450	4450
Тумблер	KN3(В)-201А-А1	1	170	170
Галетный переключатель	RS003-3-4-Р-20-КQ	1	300	1
Провода	SG6301, 3м	3,5м	1,0р/м	5
Итого				7349,5

Суммарная стоимость материалов и комплектующих:

Сполн=7349,5+245=7594,5 руб.

Выводы.

В разделе вычислена стоимость материалов и комплектующих, необходимых для изготовления зарядного устройства, исключая затраты на корпус изделия.

6 Безопасность и экологичность работы

Рассмотрим опасные и вредные факторы на производстве при изготовлении печатных плат.

При выполнении работ по изготовлению, монтажу и сборке печатных узлов, включая пайку элементов, на работников действуют следующие вредные и опасные производственные факторы:

- повышенная загазованность и запыленность рабочего места;
- электрическое напряжение высокого или опасного уровней;
- электромагнитные излучения различных длин волн;
- статическая нагрузка на костно-мышечный аппарат в процессе выполнения производственно-технологических действий.
- пары припоев, испарения флюсов во время паячно-монтажных работ.

В каждом конкретном случае состав вредных веществ определяется видом флюса и припоя. Как правило, припои относят к токсичным веществам, вызывающим острые или хронические профзаболевания.

Во время монтажа, рабочий персонал потенциально может подвергнуться поражению электрическим напряжением, статическим электричеством, поражению активными химическими веществами, используемыми в процессе производства. Существуют риски разгерметизации или разрушения емкостей, содержащих такие химические вещества.

Отдельным типом вредных факторов являются травмы механического характера, получаемые при неосторожном обращении с колюще-режущим монтажным инструментом: кусачками, ножами, отвертками, пинцетами и т.п.

Таблица 5 – Перечень опасных и вредных факторов производства

Наименование опасного и вредного производственного фактора	Виды работ, оборудование, технологические операции при которых встречается данный производственный фактор
Поражение химическими веществами	Пайка (аэрозоль флюс и припой), травление печатных плат (раствор хлорного железа) нарушение герметизации приборов (электrolитические конденсаторы)
Поражение электрическим током и статическим электричеством	Изготовление электронных схем. электрооборудование (неисправности, повышенные значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека)
Ожоги	Пайка (ожоги раскаленным припоем и паяльником)
Порезы и уколы	Изготовление печатных плат, монтаж элементов (острые части элементов схем)

Выводы

В разделе проведен обзор опасных и вредных факторов, возникающих при производстве печатных узлов для зарядных устройств.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы произведен обзор имеющихся на рынке типов свинцово-кислотных аккумуляторов, описаны физико-химические процессы, происходящие в аккумуляторах и сформулированы задачи на бакалаврскую работу.

Описан процесс заряда кислотных свинцовых аккумуляторов, различные по уровню сложности профили заряда и имеющиеся схемные реализации зарядных устройств.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы разработана электрическая принципиальная схема автоматического зарядного устройства для заряда аккумуляторов с номинальным напряжением 12 вольт, которая позволяет заряжать и аккумуляторы с номинальным напряжением 6 вольт, рассчитаны параметры элементов схемы. Произведен выбор конкретных элементов, доступных на рынке.

В качестве конструкторской проработки произведен выбор материала печатной платы, выбрана по номограмме ширина дорожек печатной платы в соответствии с регламентирующими документами, разработана топология печатной платы с односторонним расположением элементов и двусторонним расположением проводящих дорожек, описана процедура изготовления печатной платы.

В экономической части вычислена стоимость материалов и комплектующих, необходимых для изготовления зарядного устройства, на основе актуальных на момент написания работы рыночных предложений, исключая затраты на корпус изделия.

Проведен обзор типовых опасных и вредных факторов, возникающих при производстве печатных узлов для зарядных устройств и воздействующих на производственный персонал.

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

Список используемой литературы

1. 108345fd LT/TP 0200 2K REV D // LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 1994 [Электронный ресурс], URL: https://ekits.ru/published/publicdata/SHOPEKITEKITS/attachments/SC/products_docs/lt1083.pdf
2. CRL-5W 0,33ом проволочный резистор [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8001873178>
3. CRL-5W 0,68ом проволочный резистор, цементный [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8001592459>
4. KN3(B)-201A-A1, Тумблер [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product/kn3-b-201a>
5. LEAD ACID BATTERY. TIANNENG INTERNATIONAL CO.,LIMITED [Электронный ресурс], URL:https://tiannenggroup-es.com/content/File_Rar/2016-09-19/201609190810370066558.pdf
6. Батарейки и аккумуляторы, НИЦ «Наука и Техника» Выпуск 1, В.С. Лаврус
7. Выпрямительный диод [Электронный ресурс], URL: https://www.chipdip.ru/product/d242?from=suggest_product
8. Выпрямительный диод Д242 [Электронный ресурс], URL: https://www.chipdip.ru/product/d242?from=suggest_product
9. Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом. Бас А.А., Миловзоров В.П., Мусолин А.К. М.: Радио и Связь, 1987. 160 с.
10. Конденсатор электролитический алюминиевый ЕСАР (К50-35) [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product/b41858c6157m000>
11. Конденсаторы электролитические [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/aluminum-electrolytic-capacitors?x.358=XuW&x.359=aFU&ps=x3>

12. КР142ЕН22А, Регулируемый линейный стабилизатор напряжения [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product/kr142en22a-1083>
13. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.
14. Первый отечественный автомобильный AGM аккумулятор — АККОМ ULTIMATUM. Большой безжалостный тест : [арх. 15 июля 2021] // Блог компании RUVDS.com. — 2021. — 15 июля.
15. Переключатель галетный 20КQ [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product/rs003-3-4-p-20-kq>
16. Резистор подстроечный 2,2к [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8008841259>
17. Резистор постоянный мощный 2,7 Ом [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8010361734>
18. Резистор постоянный мощный 3,3 Ом [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8010358975>
19. Резистор углеродистый CF-25 (С1-4) [Электронный ресурс], URL: <https://www.chipdip.ru/product0/768>
20. Руководящий документ РД50-708-91 «Инструкция. Платы печатные. Требования к конструированию». Госстандарт СССР 1992г.
21. Свинцово кислотный аккумулятор [Электронный ресурс] URL: <https://batteryzone.ru/accumulator/svincovo-kislotnyj-akkumuljator>
22. Свинцово-кислотный аккумулятор. [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80
23. Химические источники тока. М.: Энергоиздат, 1981. 360 с.

24. Свинцовые аккумуляторы: зарядка и правильное обслуживание АКБ авто [Электронный ресурс], URL: <https://2shemi.ru/svintsovye-akkumulyatory-zaryadka-i-pravilnoe-obsluzhivanie-akb-avto/>
25. Теоретические основы решения проблемы увеличения сроков службы аккумуляторных батарей при хранении и повышения эффективности способов их восстановления [Текст]: монография/ А.А. Кочуров, В.Ю. Гумелев, Н.П. Шевченко; под общ.ред. А.А.Кочурова. – Рязань: Ряз.высш.возд.-дес. ком. уч-ще (воен. ин-т), 2012. – 252 с.
26. ТПА-180-2х12в трансформатор с двумя вторичными обмотками [Электронный ресурс], URL: <https://tw-power.ru/transformers/%D0%A2%D0%9F%D0%90-180-2%D1%8512%D0%B2>
27. Андреев Ю.Н., Антонян А.И., Иванов Д.М. и др.; Под ред. Четверткова И.И. Резисторы(справочник) – М. Энергоиздат, 1981.- 352 с.