

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)

11.3.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Измеритель емкости аккумуляторной батареи

Студент

Л.О. Землянский

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, М.В. Позднов

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

Консультант

к.т.н., доцент, А.В. Кириллова

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

Тольятти 2020

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

Машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»

(наименование)

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Землянский Леонид Олегович

1. Тема Измеритель ёмкости аккумуляторной батареи

2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 01.06.2020г.

3. Исходные данные к бакалаврской работе _____

Источник питания: внешний блок питания 220 В с выходом 5В DC

Тип предоставляемых измерений: емкость в А* час, мА*час

Диапазон измеряемой емкости: 0,6...60 А* час

Диапазон напряжения аккумулятора: 1,2...12 В

Ток разряда: 0,06...6 А

Наличие дисплея и графического интерфейса: да

Относительная точность измерителя:5%

4. Содержание бакалаврской работы _____

Аннотация _____

Введение _____

1. Состояние вопроса _____

2. Проектный раздел _____

3. Конструкторско-технологический раздел _____

Заключение _____

Список литературы _____

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1. Обзор существующих решений _____

2. Схема структурная устройства _____

3. Схема электрическая принципиальная устройства _____

4. Диаграммы работы устройства _____

5. Изометрия корпуса устройства _____

6. Элементы используемые при проектировании _____

6. Руководитель Позднов М.В.

7. Дата выдачи задания «26» Января 2020г.

Руководитель бакалаврской работы _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»

(наименование)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студент _____ Л.О. Землянский _____

по теме _____ Измеритель емкости аккумуляторной батареи _____

Наименование раздела (главы) ¹	Плановый срок выполнения раздела (главы) ¹	Фактический срок выполнения раздела (главы) ¹	Отметка о выполнении раздела (главы) ¹
Анализ актуальности проекта, Разработка структурной схемы.	28.02.2020	25.04.2020	Выполнено
Разработка электрической схемы. Написание остальных разделов работы.	25.04.2020	29.05.2020	Выполнено
Подготовка плакатов и пояснительной записки	30.05.2020	9.07.2020	Выполнено

Руководитель бакалаврской работы _____

Аннотация

Объем работы 41 стр., 16 рисунков, 20 источников, 1 приложений

Исследуемым объектом является устройство, позволяющее определить емкость аккумуляторной батареи.

Задачи работы:

1. Анализ первоначальных данных и существующих решений
2. Обозначение требований к разработке устройства
3. Подбор электронной компонентной базы для текущего решения
4. Разработка и расчет принципиальной схемы устройства
5. Разработка ПО для устройства
6. Разработка корпуса для устройства

Работа разделена на 3 главы, в которых идёт описание выполнения представленных задач

Для составления программы, управляющей работой устройства была выбрана среда разработки Arduino IDE.

В ходе выполнения дипломной работы был разработан «Измеритель емкости аккумуляторной батареи», характеризующийся простотой конструкции и широким диапазоном тестируемых устройств.

Разрабатываемое «Устройство для тестирования аккумуляторов» востребовано в сфере использования различной портативной радиоэлектронной аппаратуры, а также любых электронных систем, питающихся энергией от аккумуляторов, в качестве тестирующего устройства.

Abstract

The content of the final work includes, introduction, three chapters, conclusion, list of references, which includes foreign sources.

Thesis is devoted to devices that accumulate electrical energy, as well as methods that allow you to determine the amount of stored energy.

Graduate work can be divided into the following components: analysis of the characteristics of the batteries, analysis of existing solutions to measure the capacity of these batteries, the formulation of the necessary requirements for the device under development, the development of an electrical circuit, the selection of electronic components and writing program code.

At the end of the thesis, a battery capacity meter will be developed that will measure the capacity of new batteries, compare it with the capacity declared by the manufacturer and conclude on the quality of the product. The device also allows you to determine the wear of the battery.

At the end of the thesis, a battery capacity meter will be developed that will measure the capacity of new batteries, compare it with the capacity declared by the manufacturer and conclude on the quality of the product. The device also allows you to determine the wear of the battery.

The developed "Battery Testing Device" is in demand in the field of using various portable radio-electronic equipment, as well as any electronic systems powered by battery energy, as a testing device.

Содержание

Введение.....	3
1 Состояние вопроса.....	4
1.1 Анализ исходных данных и известных решений.....	4
1.2 Формулировка цели, задач и требований проекта по созданию устройства	21
2. Проектный раздел.....	22
2.1 Разработка структурной схемы.....	22
2.2 Подбор электронной компонентной базы для текущего решения.....	23
2.3 Разработка электрической схемы устройства.....	25
2.4 Разработка ПО для устройства.....	26
3. Конструкторско-технический раздел.....	36
3.1 Разработка корпуса устройства.....	36
Заключение.....	38
Список используемой литературы.....	39
Приложение А Перечень элементов к схеме принципиальной.....	41

Введение

Современную жизнь, в которую тесным образом вошли электротехнические устройства, просто невозможно представить без аккумуляторных батарей. Практически каждый человек использует устройство с аккумулятором и не раз замечал, что в процессе его использования он вырабатывает свой ресурс. Но если говорить о системах, в которых АКБ играет важную роль, то не стоит забывать о необходимости периодического контроля её электрической емкости. Такая емкость измеряется в Ампер-часах и указывается производителем на каждом изделии. Более того, на современном рынке, конкурентность которого только растёт, производители часто прибегают к обману своих покупателей, указывая на производимой продукции завышенные значения параметров и батареи здесь не исключение. Так, например есть реальные подтверждения, когда действительная емкость отличалась от заявленной вплоть до 20%. Если вы хотите определить такой параметр, то вам потребуется разрядить полностью заряженную батарею постоянным током и зафиксировать время, по прошествии которого ее напряжение уменьшится до порогового значения. Если есть необходимость в более точном определении емкости, то есть смысл в измерении ее емкости при разных значениях тока разрядки.

Сегодня пользователем доступен широкий выбор измерителей емкости аккумуляторных батарей различных конструкций, в то же время, многие из них обладают низким диапазоном измерения исследуемых элементов, а также имеют сложную конструкцию и, следовательно, - низкую надежность и высокую стоимость. Принимая это во внимание, можно сказать, что необходимость в продолжения работ по усовершенствованию измерителей емкости аккумуляторных батарей, использующих в своей основе метод длительного разряда, остаётся до сих пор.

1. Состояние вопроса

1.1 Анализ исходных данных и известных решений

Обратим внимание на основные виды аккумуляторов, на их обозначения, маркировку и типы клемм. У аккумуляторов, которые изготовлены, следуя различным стандартам, отличается конструктивное устройство. По европейскому стандарту одним из наиболее распространённых является конус «А». На рисунке 1 представлены типы клемм. Отрицательный токовывод имеет диаметр 17,9 мм, а положительный — 19,5 мм. Европейский тип клемм «Е» (винтовые). АКБ, выпускаемые в странах азиатского региона, имеют тип клемм конус «В». Отрицательный токовывод имеет диаметр 11,1 мм, а положительный — 12,7 мм.



Рисунок 1 – Виды клемм

Далее я перейду к рассмотрению видов аккумуляторов.

Одним из классических аккумуляторов можно назвать сурьмянистые, но в то же время они считаются устаревшими АКБ из-за повышенного состава сурьмы (приблизительно более 5%). Нельзя использовать свинец в чистом виде при производстве аккумуляторных батарей, поэтому в чтобы повысить прочность пластин добавляется сурьма. Подобная мера так же позволит ускорить процесс электролиза.

При работе батареи повышается температура электролита и вода начинает выкипать, что неизбежно вызывает падение уровня электролита в батарее. При обслуживании аккумуляторной батареи необходимо эпизодически добавлять дистиллят. По этой причине данный тип АКБ относят к классу обслуживаемых, поскольку в процессе эксплуатации необходимо периодически проводить проверку уровня и плотности электролита.

В настоящее время для автомобилей используются разнообразные типы аккумуляторов, которые имеют низкое содержание сурьмы или вовсе исключают её наличие. Однако от сурьмянистых аккумуляторов ещё не отказались полностью. Они применяются там, где работает квалифицированный персонал. К основным достоинствам сурьмяных батарей стоит отнести низкую стоимость, доступность в обслуживании. Тем не менее этих достоинств слишком мало, чтобы сохранить конкурентоспособность на рынке автомобильных батарей.

Чтобы компенсировать недостатки сурьмянистых батарей начался процесс создания малосурьмянистых аккумуляторов. Основным материалом для создания пластин является свинец с небольшой долей примеси сурьмы. Эти батареи универсальны и встречаются повсеместно на российском потребительском рынке. Во время разработки этого вида батарей была поставлена задача — как можно больше снизить процесс выкипания электролита. Значащим фактором малосурьмянистых АКБ является степень саморазряда, которая в свою очередь, значительно меньше, чем в сурьмянистых АКБ.

Малосурьмянистым батареям важно уделять время на обслуживание, хоть и с куда более меньшей периодичностью, чем сурьмянистым. Низкое испарение воды все же происходит, поэтому с определённой периодичностью

необходимо контролировать соответствия уровня и плотности, используя дистиллированную воду.

Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что малосурьмянистые аккумуляторы можно назвать мало обслуживаемыми. К их преимуществам можно отнести: малый уровень саморазряда во время хранения, невысокую цену, устойчивость к нестабильным параметрам мультимедийной сети автомобиля, длительный срок эксплуатации. Такой тип АКБ в силу своих преимуществ, нашёл широкое применения в отечественных автомобилях, недостатком которых является нестабильность бортовой сети.

“Следующим рассматриваемым видом будут Кальциевые аккумуляторы. При производстве кальциевых батарей свинцовые пластины легированы 0,07-0,1% кальцием. Они могут иметь различные заряды (отрицательный или положительный). Виды аккумуляторных батареи такого типа маркируются «Ca/Ca», что обозначает наличие кальция в составе пластин обоих полюсов. Кальций существенно снижает испарение воды из электролита, в связи с чем отпадает необходимость контроля соответствия уровня и плотности практически отпадает. За счет введения кальция батареи приобретают высокую виброустойчивость и повышается их коррозионная устойчивость. Положительный эффект достигается введением в материал пластин небольшого количества серебра. Это повышает КПД и энергоёмкость батареи” [14].

“Для кальциевых АКБ противопоказаны глубокие разряды. Настоятельно рекомендуется не разряжать Ca/Ca ниже границы в 70%. Кальциевые батареи теряют около 50% своей энергоёмкости даже после одного полного разряда (уровень ниже 10в). Данный тип АКБ рекомендуется тем, кто часто ездит на значительные расстояния, кому нужны

виброустойчивые аккумуляторы, хорошо переносящие постоянные перезаряды (ввиду длительности поездки)” [14].

Если вы планируете приобрести для своего автомобиля кальциевую батарею, то необходимо быть уверенным в исправности электроприборов и стабильности напряжения в бортовой сети автомобиля. Немаловажный минус данного типа аккумуляторов — более высокая стоимость в сравнении с сурьмянистыми АКБ. Однако данный недостаток нивелируется высокой степенью надежности и отличным качеством, а также отсутствием периодического контроля электролита.

“Гибридные аккумуляторы повсеместно вытесняют кальциевые. На рисунке 2 представлен пример гибридного аккумулятора. Конструктивные отличия состоят в том, что при их производстве объединили две технологии: одна, когда пластины формируются из сплава свинца и сурьмы (положительные электроды), другая же – из сплава свинца и кальция (отрицательные электроды). В результате это дало неоспоримое преимущество в сравнении с кальциевыми батареями” [14].



Рисунок 2 – Гибридный аккумулятор

“Для гибридной батареи глубокий разряд перестал быть губительным. Для тех автолюбителей, которые пользуются автомобилем круглогодично, это теперь позволяет значительно увеличить период службы АКБ. В связи с тем, что практически перестал выкипать электролит, такой тип батареи стал считаться полностью необслуживаемым” [14].

“Ключевая особенность гибридных аккумуляторов — лучшая виброустойчивость, которую высоко ценят водители. Такой результат достигнут благодаря толстым литым пластинам, применение которых позволило повысить срок эксплуатации до семи лет” [14].

“Ошибочно считать, что гибридные аккумуляторы являются лучшими и их следует применять без учета особенностей каждого автомобиля. К тому же гибридные АКБ до сих пор имеют довольно высокую цену. По гибридной технологии изготавливает автомобильные аккумуляторы компания A-Mega: Premium, Ultra+, Special. В результате автомобилисты получили батареи с разработками, которые применяются в АКБ более высокой ценовой категории. Маркируются данные аккумуляторы обозначением Ca+ или Ca/Sb” [14].

“В начале 21-го века на автомобильном рынке появился новый тип АКБ — гелевые автомобильные аккумуляторы. На рисунке 3 вы можете увидеть пример гелиевого аккумулятора. Отличительная особенность гелевых аккумуляторов — применение гелеобразного (кислородного) электролита. Данная технология позволила снизить текучесть электролита, в котором содержится агрессивная серная кислота” [14].



Рисунок 3 – Гелиевый Аккумулятор

“В случае небрежного обращения с аккумулятором возможны повреждения кожи от контакта с электролитом. Чтобы электролит приобрел гелеобразное состояние в него добавляют кремний. К преимуществам гелевых АКБ можно отнести низкую скорость саморазряда. Гелевые батареи относятся к необслуживаемым” [14].

Какие же недостатки имеют гелевые батареи?

- При заряде АКБ напряжение более 14в приводит к вспучиванию оболочки.
- Применение данного типа АКБ для автомобилей не рекомендуется, как и то, что для зарядки необходимы специальные ЗУ, имеющие функцию заряда в щадящем режиме.
- Гелевые батареи не переносят низких температур из-за загустения электролита и снижения ёмкости аккумулятора.

“К сожалению, не смотря на все достоинства, гелевые батареи не являются «вечными», наполненные гелеобразным электролитом они могут бесппроблемно работать от восьми до десяти лет, а при правильной эксплуатации и соответствующем обслуживании – и до двенадцати. На гелевые аккумуляторы наносится специальный знак, с включением в него аббревиатуры «GEL»” [14].

“EFB — «улучшенная жидкозаполненная батарея». Пример аккумулятора EFB приведён на рисунке 4. Свинцовые пластины в EFB аккумуляторах в два раза толще, чем у обычных, в следствии чего увеличивается их ёмкость. Каждая пластина запечатана в пакет из специальной ткани, который наполнен жидким сернокислотным электролитом” [14].



Рисунок 4 – Аккумулятор EFB

Преимущества аккумуляторов EFB:

- Способны работать в температурном диапазоне от -50 до +60°C;
- Способны без значительного вреда выдержать глубокий разряд;
- имеют минимальное испарение электролита;
- могут выдерживать высокое количество циклов заряда-разряда.

АКБ по технологии EFB довольно безопасны и требуют минимального обслуживания. Их можно заряжать в домашних условиях, поскольку электролит не испаряется. Из недостатков можно отметить меньшую отдаваемую мощность, чем у AGM изделий.

Далее перейдем к рассмотрению аккумуляторов AGM, который представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Аккумулятор AGM

“Отличительной особенностью данного типа аккумуляторных батарей является то, что в электролит между пластинами с помощью специальной технологии монтируются стекловолоконные микропористые прокладки” [14].

“Предназначение таких прокладок – удержание геля и защита электродов от осыпания. В принципе, основные характеристики батареи GEL и AGM отличаются незначительно. Батареи AGM имеют меньшую стоимость; у них ниже чувствительность к подаваемому напряжению при зарядке, КЗ и температуре окружающей среды. Устойчивы к вибрации и тряске. Они, также как и GEL АКБ, практически не требуют обслуживания” [14].

“К недостаткам относят меньшее число циклов заряда-разряда (примерно в два раза). Они более чувствительны к глубокому разряду, имеют более быстрый саморазряд. При зарядке необходимо специальное ЗУ. Обычное зачастую не подходит. Отличительной особенностью при обслуживании является необходимость внимательно изучать инструкции перед использованием по назначению. AGM АКБ чаще применяются в

условиях, когда необходим большой период циклов заряда и разряда. При маркировке аккумуляторов данного типа используют аббревиатуру «AGM» [14].

“Исторически щелочные источники энергии появились позже кислотных аккумуляторов, вследствие этого некоторые недостатки, свойственные кислотным, не присутствуют у щелочных аккумуляторов. Более того, щелочные АКБ имеют преимущества над кислотными: они переносят перегрузки и короткие замыкания, хорошо работают при различных температурах и т.д. Во всех ЩА (почему они и называются щелочными) применяется растворенная в воде щёлочь. Пример щелочного аккумулятора изображён на рисунке 6” [14].

“Что же касается состава химически активной массы пластин, то он может быть различным. При их производстве применяют никель, кадмий, цинк, серебро или др. материалы. От вида использования соответствующих химических элементов в отрицательных пластинах (электродах) щелочные аккумуляторы подразделяются на: цинково-никелевые, кадмиево-никелевые, железоникелевые, серебряно-цинковые и т.д.” [14].

“В аккумуляторах щелочного типа количество пластин в положительных и отрицательных электродах не одинаково. В никель-кадмиевом аккумуляторе количество положительных пластин на одну больше количества отрицательных пластин. В щелочных аккумуляторах с никель-железными пластинами больше на одну отрицательную” [14].



Рисунок 6 – Аккумуляторная батарея щелочного типа

“По конструкции электродов (пластин) кадмиево-никелевые и железоникелевые аккумуляторы разделяются на ламельные и без ламельные, по способу исполнения — на герметичные и негерметичные. Наиболее широкое распространение получили ламельные щелочные кадмиево-никелевые и железоникелевые аккумуляторы, и те и другие схожи как по устройству, так и по действию” [14].

“Например, сосуды этих аккумуляторов производятся из никелированного железа при помощи сварки, состав активной массы плюсовых пластин и электролит одинаков. У железоникелевых и кадмиево-никелевых различаются только отрицательные пластины, но не по устройству, а по составу активной массы. В процессе зарядки и разрядки плотность электролита не изменяется” [14].

“Активная масса щелочной батареи заключена в стальные перфорированные пакеты, или ламели, а ламели впрессованы в стальные стойки (рамку) пластин. Для лучшего контакта и электропроводности между активной массой и никелированной основой пластин в активную массу добавляют чешуйки графита или лепестки Никеля” [14].

Номинальное напряжение одного аккумулятора составляет 1,25В. Большинство потребителей работают на напряжении 14-15В., поэтому аккумуляторы представляют из себя сборку. Характерная особенность щелочных АКБ – они не требуют разборки. При грамотной эксплуатации и уходе батареи могут использоваться до 10 лет.

«Рассмотрим литий-ионные АКБ. Химическое внедрение сторонних атомов и молекул («гостей») в кристаллическую решетку основного материала («хозяина») известно с начала XX века. Название процесса — «внедрение» перевели на латынь и начали говорить не о внедрении-извлечении, а об интеркаляции-деинтеркаляции (от латинского *iniercalarius*, другое написание *iniercalatus* — вставной, добавочный). Осуществлённое во второй половине XX века обратимое проведение этого процесса электрохимическим способом в неводных средах создало экспериментальную основу для разработки нового поколения вторичных источников тока» [14].

Первым названием данного аккумулятора было — «кресло-качалка» (*rocking chair*), которое позднее стали заменять на устойчивое литий-ионный аккумулятор (далее Li-ion).

“Впервые коммерциализировала это изделие японская фирма Sony в начале 90-х годов XX века. Новое поколение АКБ стремительно вошло в нашу жизнь и уверенно завоёвывает позиции во всех автономных изделиях, требующих независимого питания электрической энергией. На рынке Li-ion имеют два основных конкурента, Ni-Cd (никель-кадмиевые) и Ni-MH (никель-металлгидридные) аккумуляторы. Основа коммерческого успеха Li-ion АКБ лежит в том, что он появился в нужное время и в нужном месте” [14].

В роли анодного материала, в процессе создания, необходимо использовать широкий круг углеродов, который можно условно разделить на две группы — углероды, имеющие неупорядоченную структуру, и так некие жесткие углероды, в свою очередь обладающие упорядоченной структурой графиты.

“Современными катодными материалами являются литий металл оксиды. К ним относится главным образом литий кобальт диоксид (LiCoO_2), представляющий собой твердофазное соединение оксидов лития и кобальта. Этот оксид удовлетворяет всем техническим требованиям, но имеет высокую цену, а также токсичен. Это побуждает заменить, хотя бы частично, кобальт на никель, а также на другие металлы, в частности на марганец. В Li-ion используется жидкий электролит, представляющий собой раствор фторсодержащих солей лития типа LiPF_6 в смеси эфиров угольной кислоты (карбонатов), например, ЭК и ДМК. Отличительной особенностью литиевых первичных источников тока является длительная сохранность. Диапазон рабочих температур ($-20 \dots + 60 \text{ }^\circ\text{C}$)” [14]

“Первичные литиевые источники тока имеют более широкий диапазон рабочих температур по сравнению с традиционными водными элементами. Это обусловлено использованием для изготовления электролитов неводных растворителей с существенно более низкой температурой замерзания и более высокой температурой кипения по сравнению с водой. Однако электропроводность этих электролитов заметно снижается с понижением температуры. Для слаботоковых первичных литиевых источников тока это обстоятельство не является критичным” [14].

“У Li-ion температурная зависимость электропроводности имеет место не только в электролите, но и в матрицах электродов. Наложение этих явлений приводит к тому обстоятельству, что преимущества неводных

электролитов, имеющие место для первичных литиевых элементов, не проявляются в Li-ion батареях. Герметичное исполнение и автоматический контроль состояния аккумулятора обеспечивают его долгую эксплуатацию. Полное отсутствие эффектов памяти и прочих недостатков делает Li-ion АКБ весьма комфортным в использовании” [14].

Далее перейдём к определению ёмкости аккумулятора и его физическому смыслу.

“Ёмкость аккумуляторной батареи определяет количество времени, в течение которого АКБ сможет давать энергию на полезную нагрузку. Ёмкость аккумуляторной батареи измеряется в ампер-часах. Сама физическая единица показывает, что ёмкость аккумуляторной батареи — это произведением тока разряда аккумулятора (в амперах) на время разряда АКБ (в часах). Ёмкость аккумуляторной батареи — это физическая величина, которая вместе с напряжением батареи определяет количество энергии, которую способна дать полностью заряженная аккумуляторная батарея. Не следует путать понятия ёмкости аккумуляторной батареи и заряда (заряженность) аккумулятора. Ёмкость определяет потенциал аккумуляторной батареи, то есть количество времени, в течение которого АКБ сможет обеспечить питание нагрузки, если аккумуляторная батарея полностью заряжена” [2].

“Реальная ёмкость аккумулятора определяется несколькими факторами: величиной приложенной нагрузки, температурой батареи. Чем больше приложена нагрузка, тем быстрее происходит разряд батареи. Чем ниже температура, тем меньше ёмкости имеет батарея. Ёмкость аккумулятора — величина, зависящая от способа и условий измерения, поэтому её необходимо рассматривать в соответствии с технической документацией к батарее. Обычно производитель определяет длительным

способ разряда батареи (в течение 20 часов) при комнатной температуре (20 градусов)” [2].

Разберём способ определения ёмкости аккумулятора методом длительного разряда

“Стандартным лабораторным методом определения ёмкости аккумулятора является метод длительного контрольного разряда. В начале аккумуляторную батарею полностью заряжают, а потом разряжают постоянным малым током. Одновременно ведут учёт времени разряда батареи. Ёмкость аккумулятора вычисляют как произведение силы тока на время. Сложность метода состоит в необходимости поддерживать постоянное значение силы тока разряда, для этого используют специальное оборудование” [2].

“Бытовым способом измерения ёмкости аккумулятора является метод разряда АКБ с помощью постоянной нагрузки. При этом используют в качестве нагрузки одну или несколько автомобильных ламп, выбирая нагрузку из расчета $1/20$ величины номинальной ёмкости. Время засекается по обычным часам. Такой метод имеет неточность, так как напряжение АКБ в течение тестирования снижается, и, следовательно, меняется ток нагрузки. Следует так же опасаться полного (глубокого) разряда АКБ, это может привести к поломке батареи” [2].

“Еще один способ измерения ёмкости аккумулятора также основан на использовании метода длительного разряда, схему которого представлена на рисунке 7. В этом случае используется специальная электронная схема и электронные часы, подключенные в схему. Такую схему можно найти на страницах журналов радиолюбителей” [2].

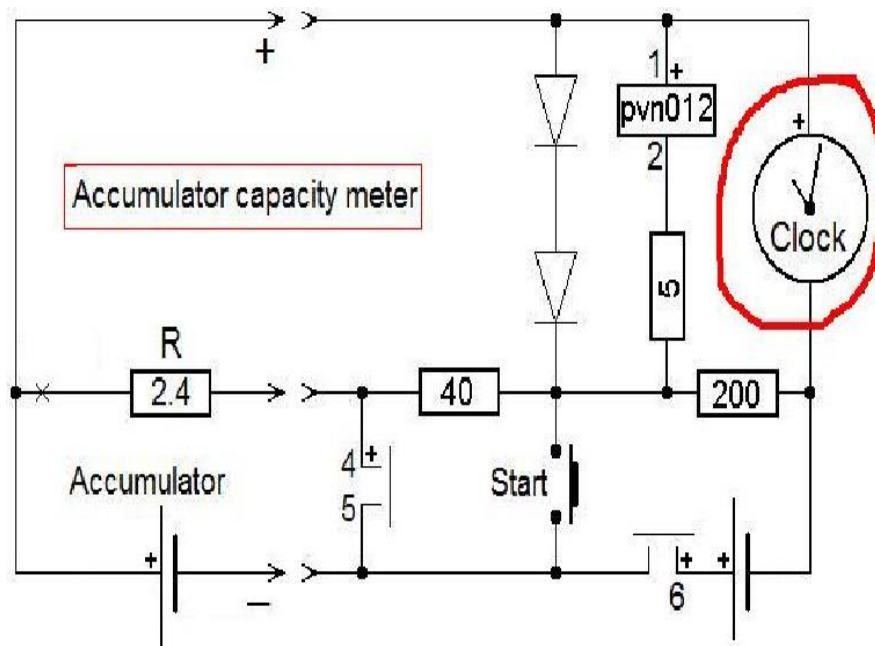


Рисунок 7 – Электронная схема длительного разряда

Чтобы составить её необходимо расчётным путём определить сопротивление нагрузки для каждого аккумулятора. Это способен выполнить любой опытный радиолюбитель или электронщик. Исследование элемента происходит в течении 20 часов. Есть ещё один способ, основанный на использовании часов, схема которого приведена на рисунке 8.

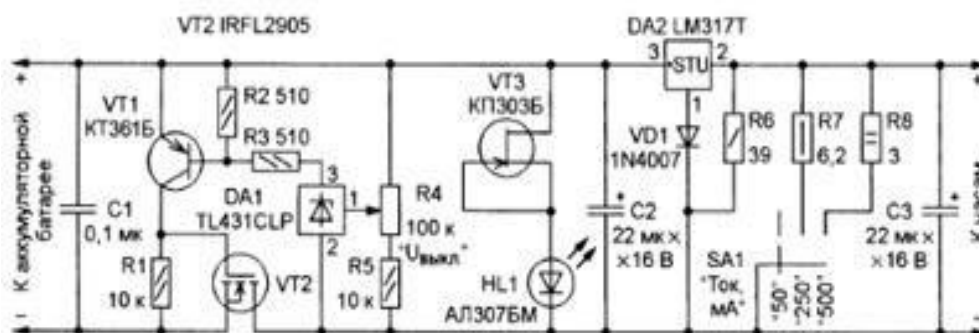


Рисунок 8 – Принципиальная схема тестера с использованием часов

“Для упрощения его конструкции в целях отсчета времени разрядки были использованы простые электронно-механические часы с питанием от

небольшого гальванического элемента, обладающим напряжением в 1,5 В (перед использованием часов в устройстве его необходимо удалить). Сравнивая его с аналогом, можно заметить, что в разработанную схему измерителя был добавлен диод VD1 (1N4007), с целью повышения температурной стабильности выходного напряжения стабилизатора. LM317T (DA2) и измерителя емкости аккумуляторных батарей в общем. На представленной микросхеме DA2 был собран стабилизатор тока разрядки аккумуляторной батареи и в тоже время стабилизатор напряжения питания, используемого часами. Ток разрядки был выбран переключателем SA1. При первом положении ("50 мА") стабилизатор LM317T (DA2) постоянно нагружен резистором, который подключен к его выходу R6. В положениях "250 мА" и "500 мА" параллельно ему подключаются соответственно резисторы R7 и R8. В разработанную схему измерителя, в отличие от схемы аналога, введен светодиод HL1, который индицирует режим разрядки и четко фиксирует момент окончательной разрядки испытываемой аккумуляторной батареи.. Перед началом измерения к устройству подключают электронно-механические часы, стрелки которых предварительно установлены на 12 ч 00 мин (условный 0 отсчета времени разрядки). Затем переключателем SA1 выбирают ток разрядки, а переменным резистором R4 устанавливают напряжение в интервале 3... 12 В, до которого следует разрядить батарею аккумуляторов. После ее подключения нажимают на кнопку SB1 "Пуск". Поскольку напряжение заряженной батареи больше установленного значения, напряжение на управляющем входе стабилизатора DA1 превысит 2,5 В и его выходной ток возрастет. В результате транзистор VT1, а вслед за ним и VT2 откроются, и после опускания кнопки SB1 процесс разрядки будет продолжен, о чем сигнализирует светодиод HL1. Одновременно часы начнут отсчет времени разрядки" [7].

По мере разрядки батареи напряжение на ней уменьшается, и когда оно станет меньше установленного значения. Разрядка прекратится,

светодиод HL1 погаснет, питающее напряжение на часы перестанет поступать, и они остановятся. Емкость батареи вычисляют, умножив ток разрядки на зафиксированное часами время.

Помимо перечисленных способов измерения емкости аккумулятора, существует способ, основанный на использовании микроконтроллера Arduino NANO, схему которого можно увидеть на рисунке 9.

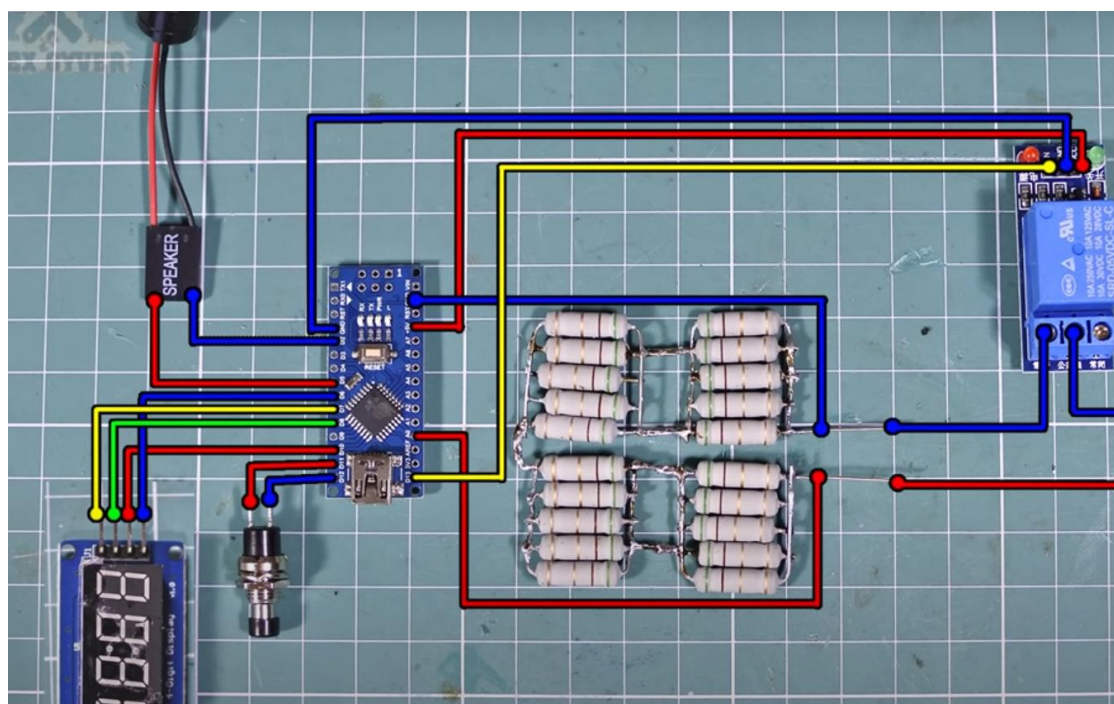


Рисунок 9 – Измеритель емкости, на базе Arduino NANO

Как и в других вышеупомянутых способах здесь используется принцип длительного разряда, однако измеряющим и фиксирующим значения элементом выступает микроконтроллер.

Таким образом можно сделать вывод, что во всех вышеупомянутых способах измерения основным недостатком является узкий диапазон тестируемых элементов. С помощью схемы, рассчитанной на тестировании маломощных АКБ невозможно определить емкость аккумуляторов, мощность которых гораздо выше. Для этого необходимо изменять схему и заменять элементы нагрузки, которые смогут выдержать большие токи без

повреждений. В следствии этого и появляется необходимость в создании более универсального устройства.

1.2 Формулировка цели, задач и требований проекта по созданию устройства

Целью данной работы является проведение анализа характеристик аккумуляторных батарей, анализа существующих решений, позволяющих измерить емкость этих батарей, формулировка необходимых требований к разрабатываемому устройству, разработка схемы электрической, подбор электронных компонентов и написание программного кода. Разработка измерителя емкости аккумуляторных батарей, имеющего широкий диапазон тестируемых аккумуляторов и удобного в обслуживании.

К разрабатываемому устройству установлены следующие требования:

- широкий диапазон тестируемых элементов (от небольших Li-ion до автомобильного аккумулятора)
- удобство в обслуживании, которое будет достигнуто использованием переключающих реле, что позволит исключить механическую замену делителей напряжения.
- Точность измерения, которая будет достигнута возможностью тестировать аккумуляторы разными токами разрядки, а также пошаговым измерением микроконтроллера.

1.3 Вывод по первому разделу

Подводя итоги, раздела следует упомянуть, что были рассмотрены основные виды аккумуляторов, проанализированы способы измерения их емкостей методом длительного разряда и сформулированы требования, для устройства.

2 Проектный раздел

2.1 Разработка структурной схемы

Согласно техническому заданию, была разработана структурная схема, которая изображена на рисунке 10.

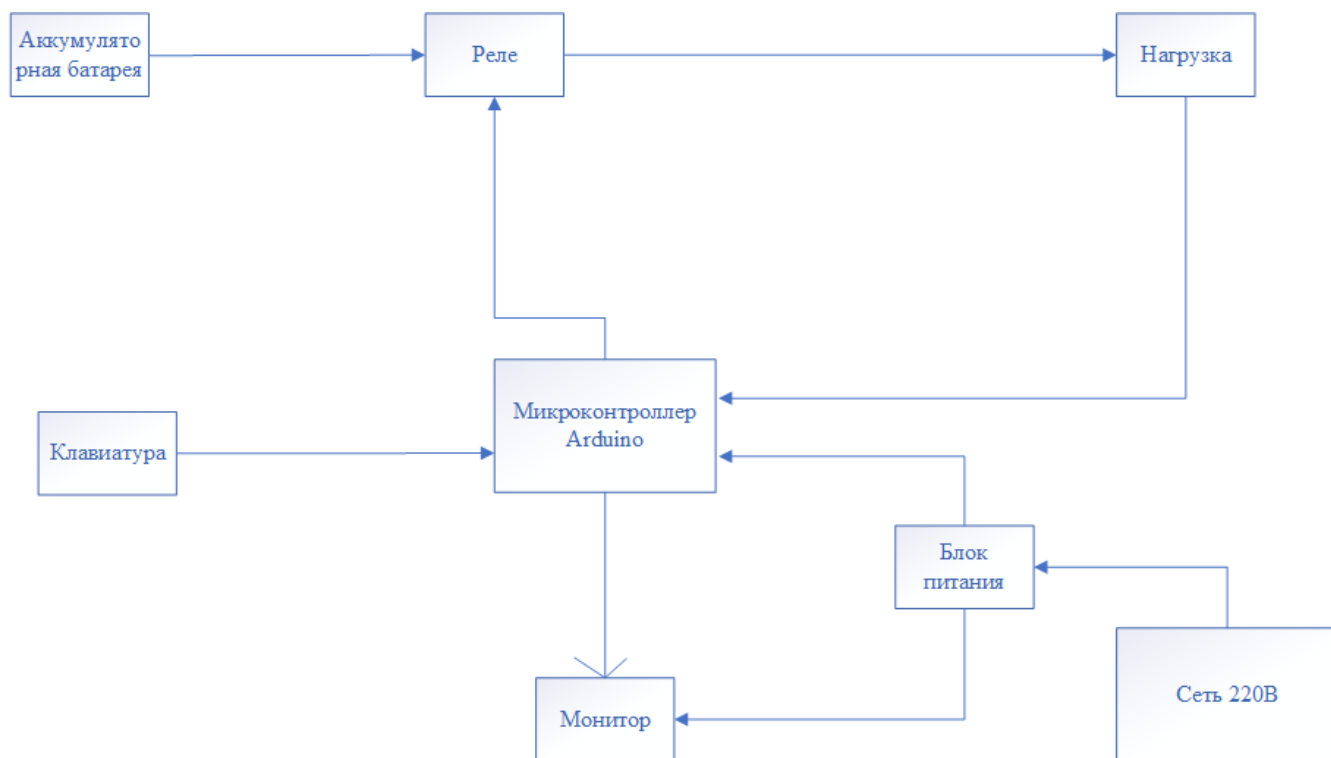


Рисунок 10 - Структурная схема устройства

Аккумуляторная батарея подключается к реле, которые управляются с помощью микроконтроллера. Когда микроконтроллер открывает реле, напряжение от батареи поступает на нагрузку, которая также содержит в себе делитель, на которых и происходит разрядка батареи в процессе выделения тепла. Клавиатура подключается к микроконтроллеру для задания параметров, а также регулирования работы микроконтроллера. Монитор необходим для вывода и контроля информации, отображает минимальные

необходимые данные. Микроконтроллер и монитор получают энергию от блока питания, подключенному к сети 220В.

2.2 Подбор электронной компонентной базы для текущего решения

Необходимыми элементами для выполнения задания являются:

- Микроконтроллер на базе Arduino NANO – плата, имеющая малые размеры, обладающая достаточным функционалом, изображена на рисунке 11. Представляет из себя маленькую платформу, предназначенную для разработки небольших электронных устройств. Её Возможности сильно похожи на Arduino UNO, но тем не менее имеют отличия, которые заключаются в виде платы, а также отсутствия специального разъема, предназначенного для подачи питающего напряжения. Основа Arduino Nano - микроконтроллер на базе ATmega328, на ней располагается 8 аналоговых и 14 цифровых контактов, подходящих под разные нужды.

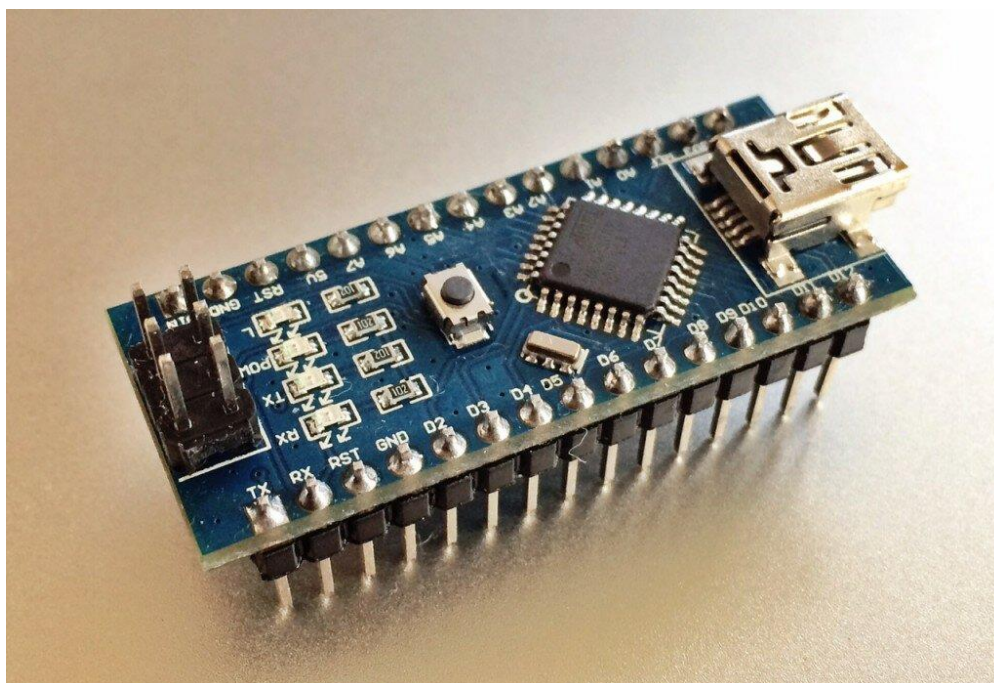


Рисунок 11 – Микроконтроллер Arduino NANO

- Дисплей для вывода информации, изображённый на рисунке 12.



Рисунок 12 - Дисплей

- внешний блок питания 220 В с выходом 5В DC
- резисторы SQR, номиналами в 4,7Ом (4шт); 1,6Ом (2шт); 200Ом (5шт); 8,2Ом (2шт); 100Ом.
- электронные реле для переключения между делителями, один из вариантов которой изображен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Электронное реле

2.3 Разработка электрической схемы устройства

В ходе выполнения задания была разработана принципиальная схема устройства, которая представлена на рисунке 14.

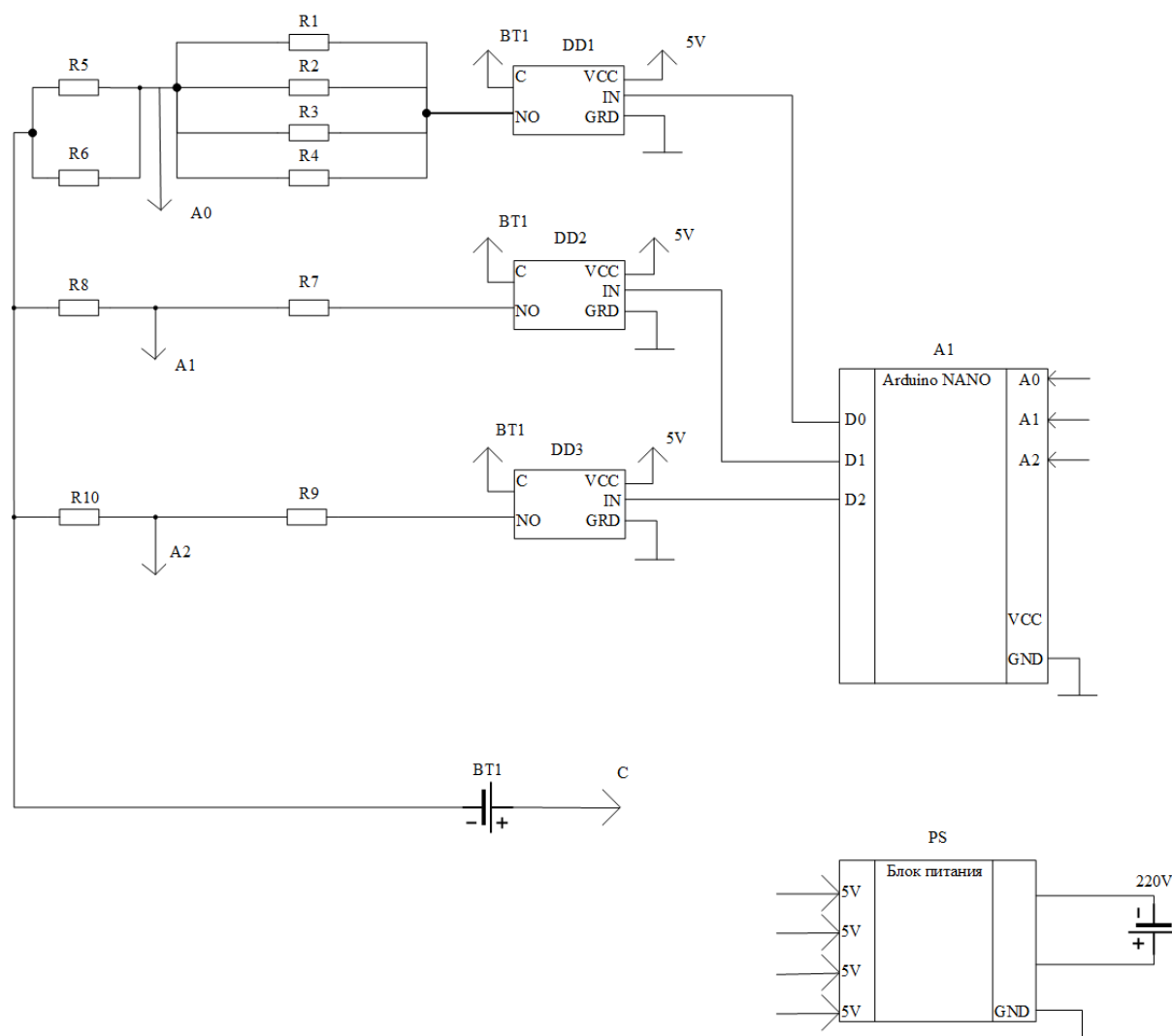


Рисунок 14 - Схема принципиальная

Для объяснения принципа работы, схему можно условно разделить на три рабочие ветви, каждая из которых содержит электронное управляемое реле (DD1 для первой ветви, DD2 для второй, DD3 для третьей), резистивную нагрузку (R1, R2, R3, R4 для первой ветви, R7 для второй R9 для третьей) и считывающий резистор (R5, R6 для первой ветви, R8 для второй, R10 для

третьей). Каждое реле управляется микроконтроллером А1, использующий для управления канал IN. Положительный контакт аккумуляторной батареи подключается к трем реле (DD1 – DD3) через канал С. Отрицательный к общей точке выхода каждой ветви. В зависимости от параметров разрядного тока микроконтроллер, по команде оператора, открывает одну из трёх ветвей, на которой и будет проходить опыт по разрядке аккумулятора. Так, опираясь на значения, приведённые в перечне элементов, изображенные в приложении А, можно рассчитать ток разряда для каждой ветви, используя закон Ома. К примеру, для 12 вольтового аккумулятора на первой ветке он составит 6А, на второй 0,6А, на третьей 0,06А. Микроконтроллер также должен измерять текущее значение напряжения батареи, чтобы в момент, когда оно станет равным пороговому напряжению, отключить аккумулятор от нагрузки. Напряжение измеряется следующим образом: к значению тока, делённое на сопротивление считывающего резистора, прибавляется значение тока, делённое на сопротивление нагрузки. Таким образом аккумулятор будет своевременно отключен, для избегания переразряда.

Переразряд является крайне губительным процессом для батареи. В следствии переразряда рабочее вещество аккумулятора теряет свои свойства, а следовательно, и способность накапливать электрическую энергию. Если этот процесс происходит регулярно или очень длительное время, то элемент полностью выходит из строя. Решением этой проблемы является обычная замена вышедшего из строя элемента. С подобными проблемами сталкивались практически все обладатели сотовых телефонов, автовладельцы, а также пользователи устройств, в элементном составе которых используется аккумулятор.

2.4 Разработка ПО для устройства

Для работы устройства необходима программа, которая позволит считать, а затем перемножать силу тока с значением временного шага, чтобы

получить емкость на один шаг. Полученные емкости необходимо суммировать, пока аккумулятор не разрядится до определённого порогового значения. Как только это значение будет достигнуто микроконтроллер отключит его от нагрузки, чтобы избежать переразряда.

```
#define NUM_READS 100
```

```
#include "TM1637.h"
```

```
byte load_pin=0;
```

```
byte disp_gnd=6;
```

```
byte CLK = 7;
```

```
byte DIO = 8;
```

```
byte disp_vcc=10;
```

```
TM1637 disp(CLK,DIO);
```

```
byte butt_pin=11;
```

```
byte butt_gnd=12;
```

```
byte relay_pin=13;
```

```
const float typVbg = 1.095;
```

```
float Voff = 1.5;
```

```
float R = 124;
```

```
float I;
```

```
float cap = 0;
```

```
float V;
```

```
float Vcc;
```

```
float Wh = 0;
```



```
unsigned long prevMillis;
unsigned long testStart;
String cap_string;

void setup() {

pinMode(dispc_vcc, OUTPUT);

pinMode(dispc_gnd, OUTPUT);

digitalWrite(dispc_vcc, 1);

digitalWrite(dispc_gnd, 0);

disp.init();
disp.set(5);

pinMode(1, INPUT_PULLUP);
pinMode(2, INPUT_PULLUP);
pinMode(3, INPUT_PULLUP);

disp.display(0, 0);
disp.display(0, 1);
disp.display(0, 2);
disp.display(0, 3);
while(digitalRead(1) == 0 || digitalRead(2) == 0 || digitalRead(3) == 0);
if( digitalRead(1) == 0 )
{
relay_pin = D2;
```

```
}  
if( digitalRead(2) == 0 )  
{  
  relay_pin = D3;  
}  
if( digitalRead(3) == 0 )  
{  
  relay_pin = D4;  
}  
  
pinMode(relay_pin, OUTPUT);  
  
digitalWrite(relay_pin, HIGH);  
  
pinMode(buzz_pin, OUTPUT);  
  
pinMode(buzz_gnd, OUTPUT);  
  
digitalWrite(buzz_gnd, 0);  
  
pinMode(butt_pin, INPUT_PULLUP);  
  
pinMode(butt_gnd, OUTPUT);  
  
digitalWrite(butt_gnd, 0);  
  
Serial.begin(9600);  
  
Serial.println("Press any key to start the test...");
```

```
while (Serial.available() == 0) {  
  
disp.display(3, 0);  
  
if (digitalRead(butt_pin) == 0) {  
break;  
}  
  
}  
tone(buzz_pin, 200, 500);  
  
Serial.println("Test is launched...");  
  
Serial.print("s");  
  
Serial.print(" ");  
  
Serial.print("V");  
  
Serial.print(" ");  
  
Serial.print("mA");  
  
Serial.print(" ");  
  
Serial.print("mAh");  
  
Serial.print(" ");  
  
Serial.print("Wh");
```

```

Serial.print(" ");
Serial.println("Vcc");

digitalWrite(relay_pin, LOW);

testStart = millis();
prevMillis = millis();
}
void loop() {
  Vcc = readVcc();
  V = (readAnalog(load_pin) * Vcc) / 1023.000;
  I = V/R;
  cap += I*(millis()-prevMillis)/3600000*1000;
  Wh += I*V *(millis() - prevMillis)/3600000;
  prevMillis = millis();
  sendData();

  if (V < Voff) {
    digitalWrite(relay_pin, HIGH);
    Serial.println("Test is done");

    for (int i=0; i<5; i++) {
      tone(buzz_pin,200,500
      disp_print(cap_string);
      delay(1000);
      disp.clearDisplay();
      delay(500);
    }
    while (2 > 1) {

```

```

    disp_print(cap_string);
    delay(1000);
    disp.clearDisplay();
    delay(500);
}
}
}
void sendData() {
    Serial.print((millis() - testStart) / 1000);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(V, 3);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(I, 1);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(cap, 0);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(Wh, 2);
    Serial.print(" ");
    Serial.println(Vcc, 3);
    cap_string=String(round(cap));
    disp_print(cap_string);
}
float readAnalog(int pin) {

    int sortedValues[NUM_READS];
    for (int i = 0; i < NUM_READS; i++) {
        delay(25);
        int value = analogRead(pin);
        int j;
        if (value < sortedValues[0] || i == 0) {

```

```

    j = 0;
}
else {
    for (j = 1; j < i; j++) {
        if (sortedValues[j - 1] <= value && sortedValues[j] >= value) {
            // j is insert position
            break;
        }
    }
    for (int k = i; k > j; k--) {
        sortedValues[k] = sortedValues[k - 1];
    }
    sortedValues[j] = value;
}
float returnval = 0;

for (int i = NUM_READS / 2 - 5; i < (NUM_READS / 2 + 5); i++) {
    returnval += sortedValues[i];
}
return returnval / 10;
}

float sortedValues[NUM_READS];
for (int i = 0; i < NUM_READS; i++) {
    float tmp = 0.0;
    ADMUX = _BV(REFS0) | _BV(MUX3) | _BV(MUX2) | _BV(MUX1);
    ADCSRA |= _BV(ADSC);
    delay(25);
    while (bit_is_set(ADCSRA, ADSC));
    uint8_t low = ADCL;

```

```

uint8_t high = ADCH;
tmp = (high << 8) | low;

float value = (typVbg * 1023.0) / tmp;
int j;
if (value < sortedValues[0] || i == 0) {
    j = 0; //insert at first position
}
else {
    for (j = 1; j < i; j++) {
        if (sortedValues[j - 1] <= value && sortedValues[j] >= value) {
            break;
        }
    }
}
for (int k = i; k > j; k--) {
    sortedValues[k] = sortedValues[k - 1];
}
sortedValues[j] = value; //insert current reading
}
float returnval = 0;
for (int i = NUM_READS / 2 - 5; i < (NUM_READS / 2 + 5); i++) {
    returnval += sortedValues[i];
}
return returnval / 10;
}

void disp_print(String x) {
    disp.point(POINT_OFF);

    switch (x.length()) {

```

```
case 1:  
    disp.display(0,18);  
    disp.display(1,18);  
    disp.display(2,18);  
    disp.display(3,x[0]- '0');  
    break;
```

```
case 2:  
    disp.display(0,18);  
    disp.display(1,18);  
    disp.display(2,x[0]- '0');  
    disp.display(3,x[1]- '0');  
    break;
```

```
case 3:  
    disp.display(0,18);  
    disp.display(1,x[0]- '0');  
    disp.display(2,x[1]- '0');  
    disp.display(3,x[2]- '0');  
    break;
```

```
}  
}
```

2.5 Вывод по второму разделу

Подводя итоги, раздела, следует отметить, что была разработана электрическая принципиальная схема, которая соответствует указанным ранее требованиям, подобраны компоненты устройства, согласно разработанной схемой принципиальной электрической, а также составлен программный код для работы микроконтроллера, что является самой важной частью раздела, так как именно использование микроконтроллера обеспечивает необходимую точность измерения.

3 Конструкторско-технический раздел

3.1 Разработка корпуса устройства

Для устройства необходим удобный и вместительный корпус, в котором будут размещены элементы. Предполагаемая 3D модель представлена на рисунке 15.

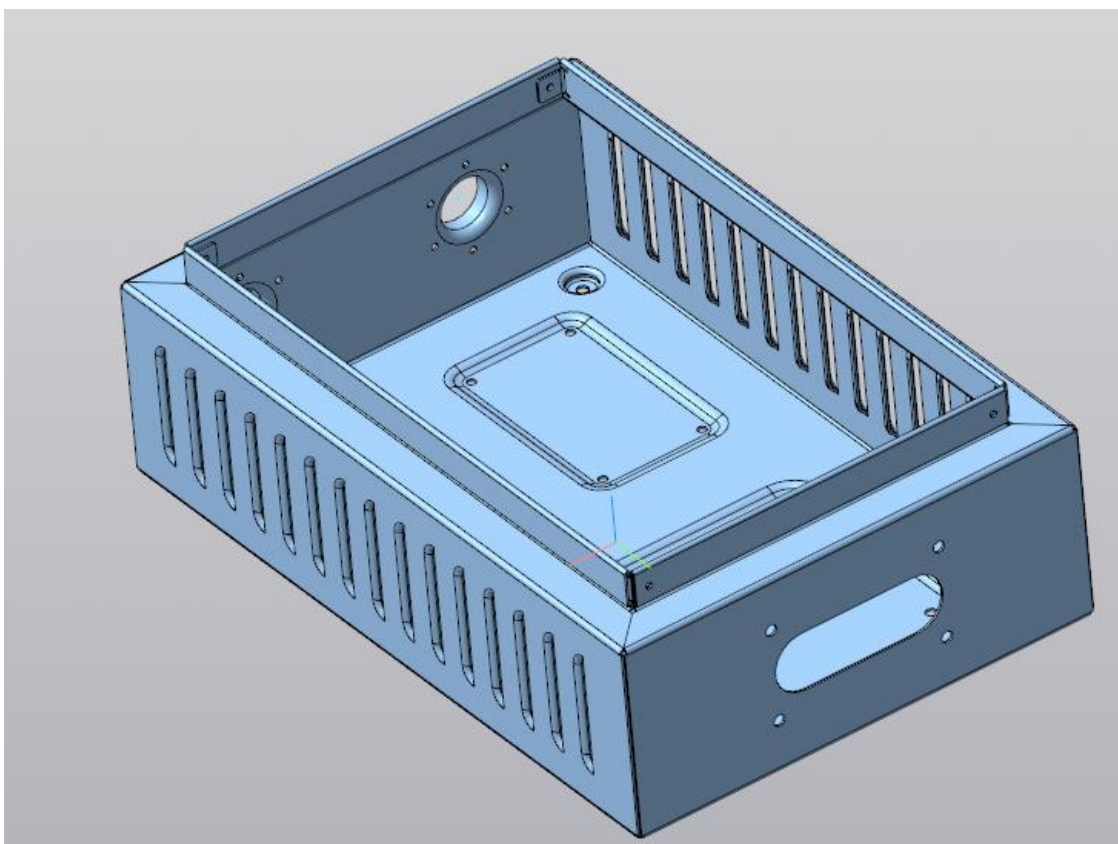


Рисунок 15 Корпус устройства

Активная часть схемы будет нагреваться, в следствии чего возникает необходимость изготовления открытого корпуса с максимальным количеством отверстий для циркуляции воздуха. Чертёж по представленной модели изображен на рисунке 16.

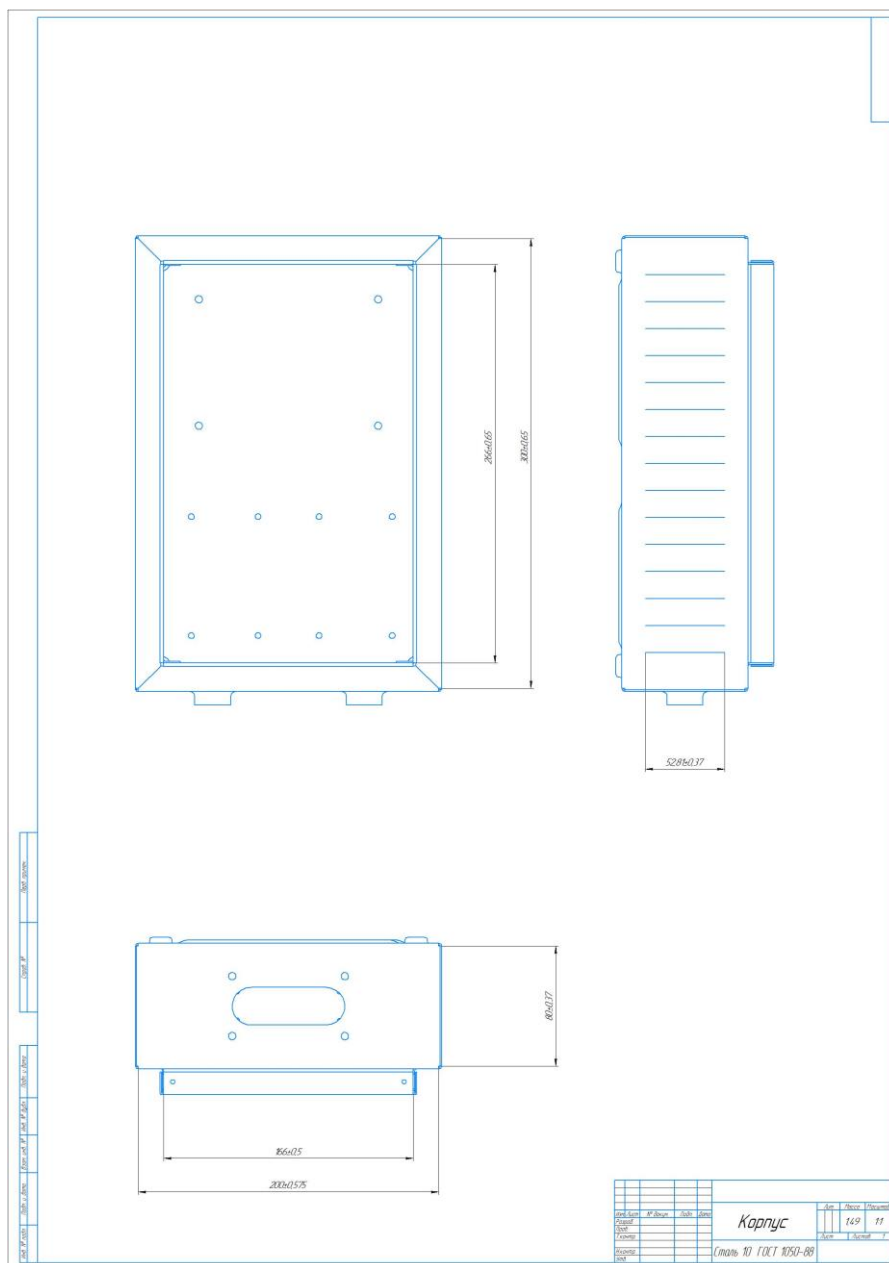


Рисунок 16 – Чертёж корпуса устройства

Данная модель обладает необходимыми отверстиями для подачи питания, а также решёткой для циркуляции воздуха.

3.2 Вывод по третьему разделу

Таким образом, в данном разделе был разработан чертёж корпуса разрабатываемого устройства, удовлетворяющий требованиям, приведённые в проектном разделе.

Заключение

В ходе выполнения дипломной работы были рассмотрены основные виды аккумуляторов, проанализированы способы измерения их емкостей с помощью опыта длительного разряда и озвучены их недостатки. На их основе были сформулированы требования к разрабатываемому устройству, разработаны схема электрическая принципиальная и перечень элементов к ней, блок схема устройства и программный код для регулирования алгоритма работы и его программной реализации. Таким образом было разработано необходимое устройство для измерения емкости аккумуляторных батарей, имеющее широкий диапазон тестируемых аккумуляторов и надёжность в использовании. В работе также упомянуты проблемы, возникающие при длительном, неправильном использовании батарей и последствия, к которым они могут привести.

Тема проекта является актуальной из-за существующей необходимости в контроле состояния аккумуляторной батареи. Это позволит существенно продлить срок ее службы, сохранить ёмкость и другие параметры на первоначальном уровне. Разработанный измерительный прибор позволит достаточно точно установить силу тока в АКБ, напряжение и определить плотность электролита. Так же он может быть использован во всех сферах деятельности, где используются аккумуляторные батареи. Он позволит определить их текущую емкость, а также проверить производителей на качество выпускаемых изделий.

В работе было использовано 20 источников литературы, 5 из которых на английском языке, с помощью которых были собраны и проанализированы теоретические сведения, а именно информация о аккумуляторных батареях и способах измерения их емкостей, также были выявлены недостатки данных способов, на основе которых было принято решение по разработке описанного в работе устройства.

Список используемой литературы

1. Зорохович А.Е., Калинин В.К. Электротехника с основами промышленной электроники. – М.: Высшая школа, 1975. – 431с.
2. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование. - М.:
3. Варламов Р.Г. Современные источники питания.: Справочник. – М.: издательство ДМК, 1998. – 365с.
4. . Справочник «Резисторы», под редакцией И. И. Четверикова, изд. Радио и связь, М., - 527с.
5. Четвертков И.И., Присняков В.И., Справочник «Конденсаторы», М; «Радио и связь», 1993 - 392с.
6. Федюк В.Д., Бессарабов Б.Ф., «Диоды, тиристоры, транзисторы, и микросхемы», В.: Воронеж, 1994 - 720с.
7. Голомедов В.И., «Индикаторы»: Справочник. - К.: Радиоаматор, 2002. - 654с.
8. Партала О.Н., «Радиокомпоненты и материалы»: Справочник. - К.: Радиоаматор, М.: КУБК-а, 1998. - 720с.: ил.
9. Александров К. К., Кузьмина Е. Г, «Электротехнические чертежи и схемы» - электроатомиздат, М. 1990 - 288с.
10. Савельев А.Я., Овчинников В.А., «Конструирование ЭВМ и систем», М: «Высшая школа», 1989 - 256с.
11. Журнал АКТАКОМ, выпуск 6 - 46 с.
12. Трудовой кодекс Российской Федерации. Изд.12-е - Ростов н/Д: Феникс, 2006. -256с.
13. М. Г. Паничев, С. В. Мурадян, Организация и технология отрасли - Ростов н/Д; Феникс, 2001 - 448 с.
14. Деордиев С.С. Аккумуляторы и уход за ними. - Киев, Техника, 1985.

15. Электронные компоненты [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/>
16. Meghdadi V. BER calculation. In Wireless Communications Edited by: Goldsmith A. 2008.
17. Types of batteries [Электронный ресурс]. URL: <https://www.techopedia.com/definition/16316/battery> (дата обращения: (07.05.2018))
18. Types of transistors [Электронный ресурс]. <https://learningaboutelectronics.com/Articles/Types-of-transistors.php> (дата обращения: 12.05.2019)
19. Electronic components [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibselectronics.com/> (дата обращения: 12.06.2019)
20. TETRIX PRIZM Robotics Controller [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pitsco.com/RU/Shop/Robotics/TETRIX-PRIZM-Robotics-Controller> (дата обращения: 12.05.2019)

Приложение А

Перечень элементов к схеме принципиальной

Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Справ. №		<i>Резисторы</i>	
R1, R2, R3, R4		SQR 5W 4,7 Ом, 10 Вт	4	
R5, R6		SQR 5W 1,6 Ом, 20 Вт	2	
R7		SQR 5W 20 Ом, 20 Вт	1	
R8		SQR 5W 8,2 Ом, 10 Вт	1	
R9		SQR 5W 200 Ом, 0,5 Вт	1	
R10		SQR 5W 82 Ом, 0,5 Вт	1	
DD1, DD2, DD3		Электронное реле EDR2D1A05	1	
A1		Микроконтроллер Arduino NANO	1	
PS		Блок питания RGB Tech	1	
Подп. и дата				
Инд. № дубл.				
Взам. инв. №				
Подп. и дата				
ИМПЭ.4 11131.00 1ПЭЗ				
Изм. № подл.	Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разраб. Землянский			
	Пров.			
	Нконтр. Позднов			
	Утв. Позднов			
			Измеритель емкости	
			Перечень элементов	
			Лит.	Лист
			1	1
			ТГУ	

Копировал

Формат А4