

ЭЛЕКТРОННАЯ НАГРУЗКА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ С ФУНКЦИЯМИ ИЗМЕРЕНИЯ ЁМКОСТИ И ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ

Кузнецов Д.Н., зав.каф., к.т.н., доц.; Спиридонов Р.В., студент
(ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР, РФ)

Актуальность

Часто возникает потребность протестировать источник электропитания на исправность как в бытовых, так и в промышленных масштабах. Существуют различные способы решения данной задачи. Самый эффективный и простой: подключить к нему электронную нагрузку. Примерами таких источников могут стать аккумуляторы, блоки питания, преобразователи напряжения, регуляторы и стабилизаторы напряжения, солнечные батареи, генераторы и другие подобные устройства.

Электронная нагрузка - это прибор, предназначенный для имитации различных режимов работы реальной электрической нагрузки. То есть это устройство, состоящее из мощных транзисторов, которые способны нагрузить блок питания регулируемым током [1]. Большинство электронных нагрузок изменяют свои настройки в зависимости от задач пользователя, что позволяет усложнить тест источника электропитания и приблизить его к реальным условиям работы. Во время проверки нагрузку подключают к проверяемому источнику питания и запускают несколько тестов. Устройство имитирует реальную нагрузку, то есть меняет своё сопротивление по заданному алгоритму, имитирует большие стартовые токи запуска, короткое замыкание и прочие заданные условия. В виду технических ограничений, нагрузка способна тестировать источники питания с напряжением до 48 В. Максимальный ток нагрузки составляет 10 А, а максимальная мощность 150 Вт.

Цель работы: разработка и исследование электронной нагрузки с микропроцессорным управлением для тестирования различных источников питания, а также реализация дополнительных функций измерения ёмкости и внутреннего сопротивления АКБ.

Структурная схема прибора представлена на рисунке 1.

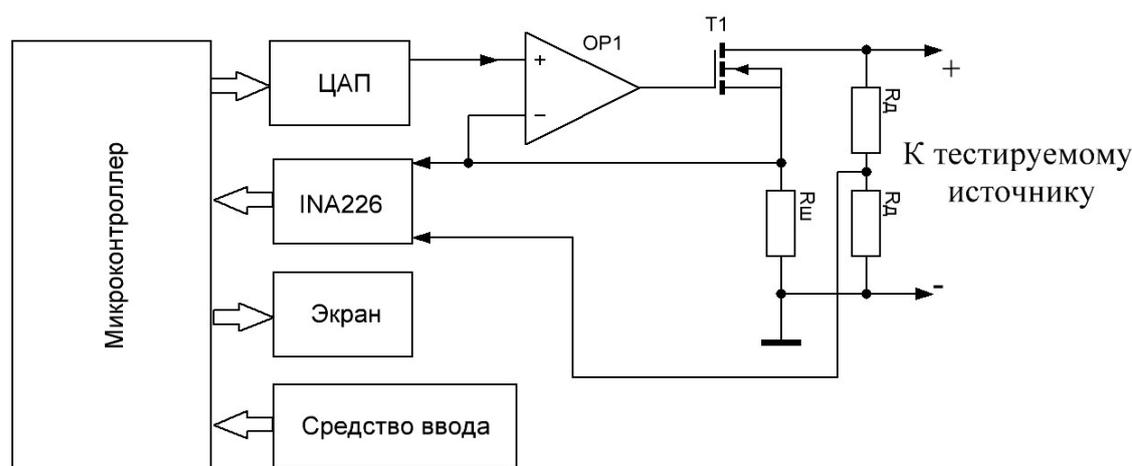


Рисунок 1 – Структурная схема электронной нагрузки

После запуска устройства микроконтроллер на выходе цифро-аналогового преобразователя устанавливает нулевое напряжение, тем самым полностью закрывая транзистор Т1, следовательно, ток равен нулю. Затем с помощью кнопок или энкодера

выбирается требуемый режим работы нагрузки, такой как стабилизация тока, измерение емкости или внутреннего сопротивления аккумулятора. Напряжение, приложенное ко входу электронной нагрузки, измеряется с помощью делителя и передается в микроконтроллер с помощью специализированной микросхемы энергомониторa INA226 [2]. Микроконтроллер оценивает корректность подключенного источника (не выходит ли напряжение тестируемого источника за максимальный или минимальный предел т.д.) В случае ошибки выводится соответствующее сообщение. Далее происходит вывод входного напряжения, установленного тока, мощности и других параметров на экран. Протекающий ток измеряется с помощью резистора шунта $R_{ш}$. Стабилизация тока происходит по следующему принципу: если установленный ток меньше реально протекающего, микроконтроллер увеличивает напряжение на выходе АЦП до тех пор, пока токи не будут равны, соответственно уменьшение тока происходит по такому же принципу. Исходя из напряжения и тока рассчитывается мощность, выделяемая на нагрузке, емкость и внутренне сопротивление тестируемого источника. При превышении какой-либо величины нагрузка отключается.

Характеристика внутреннего сопротивления оценивается при подаче импульса постоянного тока. При этом величина этого сопротивления высчитывается согласно формуле:

$$R_{вн} = (U_1 - U_2)/(I_2 - I_1) \quad (1)$$

где U_1 и U_2 – величина напряжения, которое фиксируется при протекании тока I_1 и I_2 соответственно в течении определенных интервалов времени τ_1 и τ_2 , которые зависят от типа тестируемого АКБ.

Моделирование силовой части схемы было проведено в пакете программ Proteus 8. Моделировался участок схемы стабилизатора тока и дифференциального усилителя напряжения шунта, построенного на ОУ. Модель схемы представлена на рисунке 2.

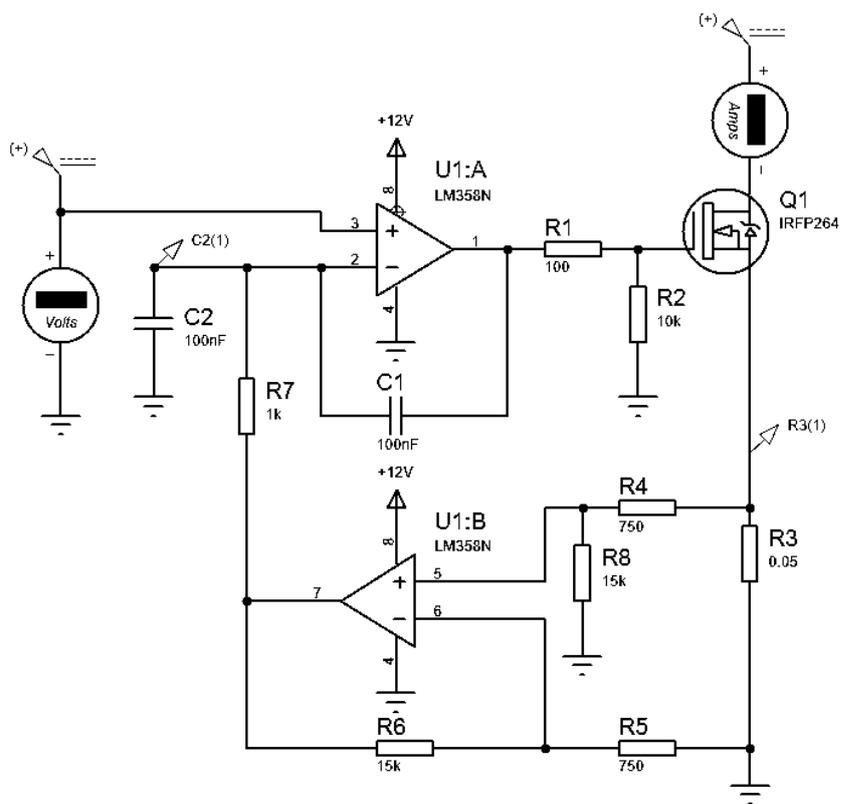


Рисунок 2 – Модель силовой части схемы в Proteus

Поскольку напряжение управления стабилизатором тока формируется микроконтроллером с помощью цифро-аналогового преобразователя, его величина будет лежать в пределах от 0 до 5В. Так как операционный усилитель поддерживает равенство напряжений на входах, следовательно, на инвертирующем входе, к которому подключен токоизмерительный шунт, напряжение также должно быть в пределе от 0 до 5В. Это позволит использовать весь диапазон значений АЦП. При этом зависимость установленного тока от управляющего напряжения $U_{упр}$ описывается следующей формулой:

$$I = \frac{U_{упр}}{R_{ш}} \quad (2)$$

Исходя из формулы (2) для тока в 5А сопротивление резистора шунта должно составлять 1 Ом. При этом мощность, рассеиваемая на данном резисторе, будет 25Вт. Для уменьшения рассеиваемой мощности и габаритов резистора используем шунт значительно меньшего сопротивления и дополним его дифференциальным усилителем. Выберем сопротивление шунта в 0,05 Ом, в таком случае максимальная рассеиваемая мощность на нем составит всего 1,25 Вт. В этом случае коэффициент усиления должен равняться 20. Согласно формуле (3) рассчитаем сопротивление резисторов в обвязке усилителя: $R_4=R_5=750$ Ом, $R_6=R_8=15$ КОм.

$$U_{вых} = (U_2 - U_1) * \frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

С учетом усилителя напряжения шунта зависимость установленного тока от управляющего напряжения будет выражена формулой:

$$I = \frac{U_{упр}}{R_{ш} * K_u} \quad (4)$$

После моделирования по полученным данным был построен график зависимости тока нагрузки от управляющего напряжения. График представлен на рисунке 3.

Исходя из графика очевидно, что зависимость имеет линейный характер.

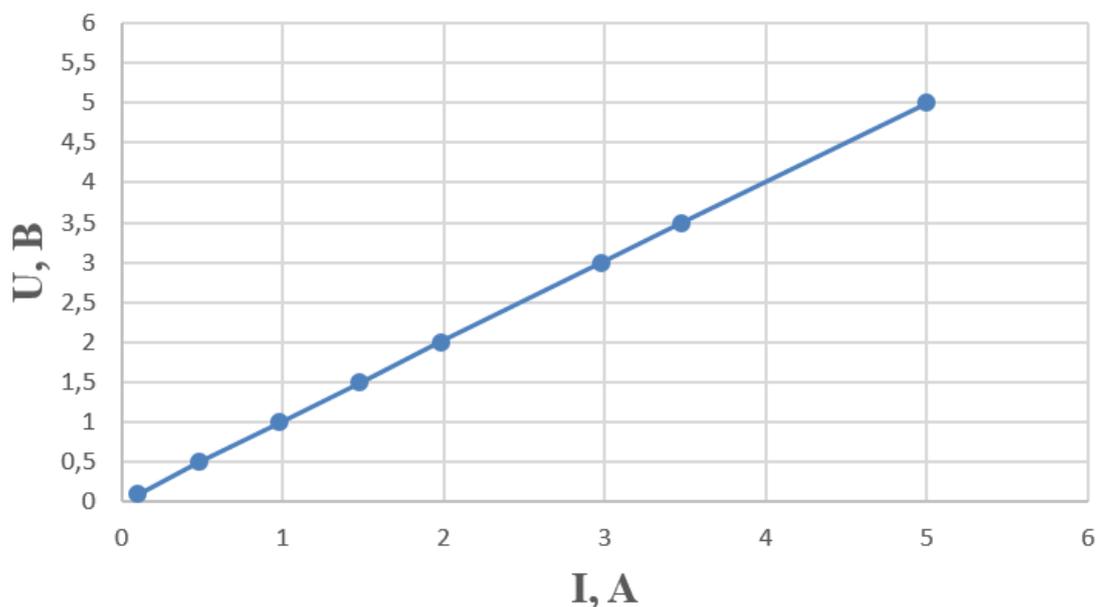


Рисунок 3 – График зависимости тока нагрузки от управляющего напряжения

После разработки управляющей программы и принципиальной схемы был собран опытный образец разрабатываемого устройства. Устройство собрано на печатной плате размерами 80 на 90 мм из одностороннего стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. LCD экран и плата энкодера подключены к основной плате шлейфами. Силовые компоненты и термодатчик закреплены к радиатору с системой активного охлаждения с применением теплопроводящей пасты. Внешний вид опытного образца представлен на рисунке 4.

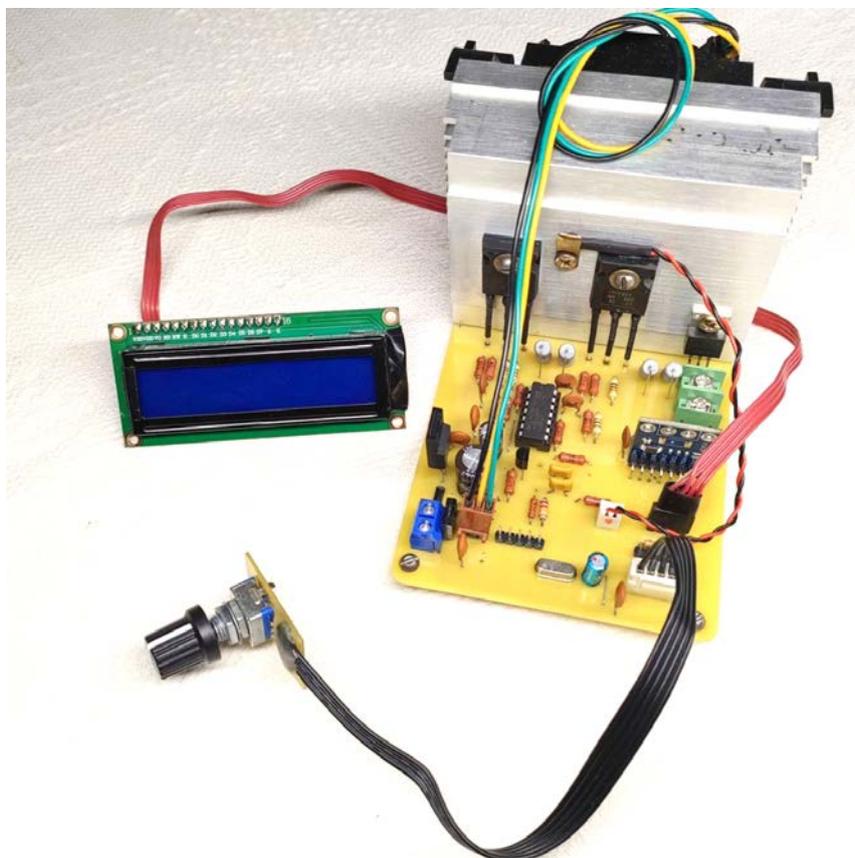


Рисунок 4 – Опытный образец электронной нагрузки

Выводы

В ходе работы над проектом была разработана схема универсальной электронной нагрузки с возможностью тестирования аккумуляторов. Реализовано простое и интуитивно понятное управление устройством посредством энкодера. Элементная база легкодоступна и не содержит дефицитных и дорогостоящих компонентов.

Устройство имеет защиту от переплюсовки испытуемого источника питания, термозащиту, а также защиту от повышенного входного напряжения.

Разработанная печатная плата имеет небольшие габаритные размеры и легко может быть установлена в компактный корпус. Благодаря системе активного охлаждения и термозащите электронная нагрузка способна работать в максимальных режимах долговременно.

Перечень ссылок

1. Кузнецов, Д. Н. Современные микроконтроллеры в системах измерения, управления, обработки и отображения информации : учеб. пособие для обучающихся образоват. учреждений высш. проф. образования / Д. Н. Кузнецов ; ГОУВПО «ДОННТУ». – Донецк : ДОННТУ, 2020. – 400 с.
2. Измеритель тока, напряжения и мощности - INA226. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.radiokot.ru/artfiles/6422/> (дата обращения: 12.04.2023).