

Разработка многофункционального лабораторного блока питания

В. П. Николаев¹, М. Н. Шишкина²

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

¹slavanik51@gmail.com, ²marinash06@mail.ru

А. А. Харитончук

Государственное автономное негосударственное
образовательное учреждение Мурманской
области «Центр образования «Лапландия»

ua1zos@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы радиотехнического конструирования многофункционального источника питания для проведения пусконаладочных работ и настройки многочисленных радиоэлектронных устройств, в том числе приёмо-передающей аппаратуры (радиуправление и радиостанции).

Ключевые слова: многофункциональный источник питания с защитой от короткого замыкания; линейный и импульсный блоки питания; радиотехническое конструирование

I. ВВЕДЕНИЕ

В мире современной электроники разрабатывается и применяется огромное множество как аналоговых, так и цифровых устройств самого широкого назначения. Основным элементом любого радиоэлектронного устройства является источник питания. Существуют два основных вида источников питания [1]: батареи и выпрямители переменного напряжения электрической сети.

Батареи (источники постоянного тока или напряжения) вырабатывают электрическую энергию в основном за счет электрохимических реакций. Одними из первых изобретателей источников постоянного тока можно считать итальянского физика Алессандро Вольта (первый гальванический элемент – вольтов столб) и русского физика и химика Василия Владимировича Петрова (гальваническая батарея) [2]. Современные гальванические элементы представляют собой разнообразные батареи – как одноразового использования для портативной электроники, так и перезаряжаемые аккумуляторы многократного применения, используемые в автомобилях, некоторых бытовых приборах и т. п. Батареи имеют как достоинства (малые габариты, вес, отсутствие переменных составляющих тока на выходе), так и недостатки (ограниченный срок службы, небольшие значения тока и мощности, ограниченность перестройки выходных параметров).

Выпрямители переменного напряжения электрической сети представляют собой устройства, подключаемые к внешней электрической сети и преобразующие переменное напряжение сети в постоянное напряжение с заданными параметрами. Появление выпрямителей стало возможным после открытия датским физиком Хансом Кристианом Эрстедом в 1820 году действия электрического тока на магнитную стрелку, что привело в дальнейшем к развитию исследований в области электромагнитных

явлений и открытию в 1831 году английским физиком Майклом Фарадеем явления электромагнитной индукции, положенного в основу работы трансформаторов. В выпрямителях переменного напряжения электрической сети используются трансформаторы для понижения напряжения электрической сети до требуемой величины, а затем это переменное напряжение с помощью диодной схемы выпрямляется для получения постоянного напряжения. В схемы этих источников питания затем включаются дополнительные элементы для сглаживания пульсаций напряжения, стабилизации выходного напряжения, дополнительные схемы, если нужно, умножения напряжения, схемы развязки (RC-фильтры), схемы регулировки выходного напряжения и т. д.

Помимо выпрямителей переменного напряжения электрической сети существуют импульсные источники питания, которые в основном используются в специализированной промышленной аппаратуре, и имеют ограниченное применение.

На практических занятиях в Центре образования «Лапландия» (г. Мурманск), при изготовлении и испытании различных радиоэлектронных устройств периодически перегорали предохранители стандартных источников питания, выходили из строя детали в тестируемых схемах. В поисках решения данных проблем возникла идея модернизации источника питания дополнительными схемами защиты и расширения функциональных возможностей работы источника питания.

II. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗРАБОТАННОГО УСТРОЙСТВА

При разработке многофункционального лабораторного блока питания (БП) за основу была взята принципиальная схема блока питания, представленная на рис. 1.

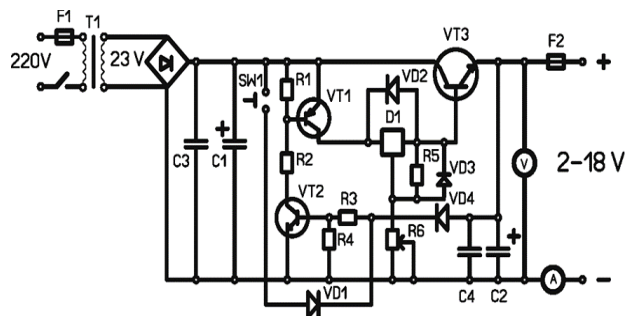


Рис. 1. Принципиальная схема блока питания

В блоке питания для понижения напряжения сети до требуемой величины используется низкочастотный силовой трансформатор и двухполупериодный мостовой выпрямитель, позволяющий переменное напряжение преобразовать в постоянное. При двухполупериодном выпрямлении напряжение на нагрузке имеет менее прерывистый характер [1]. Входное напряжение трансформатора Т1 (рис. 1) 220 В, выходное напряжение 23 В, рассчитанное на силу тока более 10 А. Для сглаживания пульсаций постоянного напряжения к выходу выпрямителя подключен накапливающий конденсатор С3.

Для стабилизации выходного напряжения источника питания используется интегральная микросхема КР142ЕН12 (на рис. 1 отмечена «квадратиком» D1), представляющая собой мощный высоковольтный стабилизатор с регулируемым выходным напряжением от 1,2 до 37 В и током нагрузки 1,5 А. Эта микросхема устойчива к импульсным перегрузкам мощности и имеет защиту от перегрузок по току. Данная микросхема включается по типовой схеме (рис. 2) [3], используемой при работе блока питания в качестве источника опорного напряжения, управляющего мощным транзистором, играющим роль регулирующего элемента.

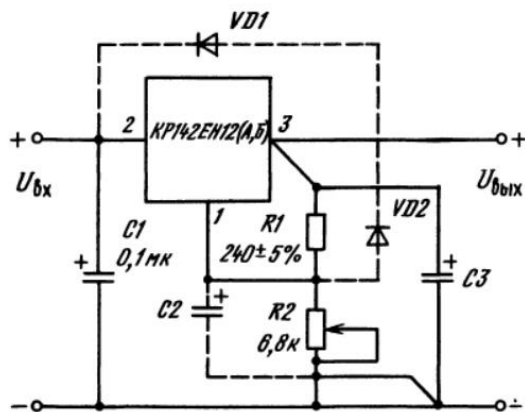


Рис. 2. Типовая схема включения ИМС КР142ЕН12 [3]

Для разгрузки микросхемы установлены два, параллельно соединенных ключевых биполярных транзистора. Действия узла защиты основано на постоянном контроле выходного напряжения через диод обратной связи. При возникновении короткого замыкания перестает работать делитель напряжения перед транзистором КТ315 и как следствие прекращается подача напряжения на регулируемый стабилизатор. Выходной транзистор закрывается и прекращается подача напряжения на нагрузку. Многократное практическое использование показало, что скорость отключения стабилизатора очень высока и элементы регулировки не успевают выйти из строя при КЗ на выходе. Чтобы снова запустить стабилизатор, необходимо нажать кнопку «ПУСК», при этом блок возвращается в нормальный режим работы.

Узел защиты собран на элементах VD4, R1-4, VT1,2. Схема узла защиты, дополняющая многофункциональный лабораторный БП, является оригинальной и ранее не применялась. Принцип работы узла защиты основан на контроле выходного напряжения блока питания через диод VD4. При коротком замыкании напряжение на выходе блока питания

становится равным нулю и узел защиты отключает питание от источника опорного напряжения, тем самым отключая напряжение с выхода блока питания. В момент короткого замыкания пиковый ток через нагрузку не превышает 3 А, что подтверждено испытаниями. Предохранители на ток 3 А и более оставались исправными при коротком замыкании. Многократное практическое использование разработанного лабораторного БП показало, что скорость отключения стабилизатора очень высока и элементы регулировки не успевают выйти из строя при коротком замыкании на выходе. Еще одна особенность узла защиты заключается в том, что при выходном напряжении менее 2 В узел защиты отключает источник опорного напряжения и лабораторный БП переводится в ждущий режим (ожидает нажатия кнопки «Пуск» - SW1).

Нажатие кнопки SW1 подает запускающее напряжение на узел защиты через диод VD1 (рис.1). Резисторы R3,4 играют роль делителя напряжения для предотвращения выхода из строя транзисторов VT2 и VT1. Транзистор VT1 играет роль ключевого элемента для работы источника опорного напряжения, собранного на элементах: D1, R5-6. После сборки и проверки схемы производилась настройка максимального выходного напряжения подбором делителя R5-6. После запуска узла защиты кнопка SW1 может быть отжата, поскольку напряжение с выхода блока питания через диод VD4 удерживает узел защиты в состоянии «Работа».

Для создания многофункционального лабораторного БП нами были изготовлены две печатные платы. Первая плата позволила установить компоненты согласно основной принципиальной схеме (рис. 1), вторая – реализует подключение элементов дополнительного функционала согласно принципиальной схеме, показанной на рис. 3.

Платы изготавливались нами из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Процесс изготовления плат включал следующие этапы: черчение будущей платы на листе стеклотекстолита, ее вырезание, очистка платы от слоя оксида меди, печать рисунка платы на термотрансферной бумаге (зеркально), перепекание тонера с бумаги на медное покрытие стеклотекстолита при помощи ЛУТ, снятие бумаги с платы, травление платы в растворе хлорного железа, очистка печатной платы от остатков тонера, покрытие платы спиртоканифольным раствором и лужение меди припоем ПОС-61 для дальнейшей установки элементов.

На рис. 3 представлена принципиальная схема регулятора мощности паяльника в лабораторном БП. Основные компоненты, размещенные на обеих печатных платах, в данной статье отдельно не перечисляются.

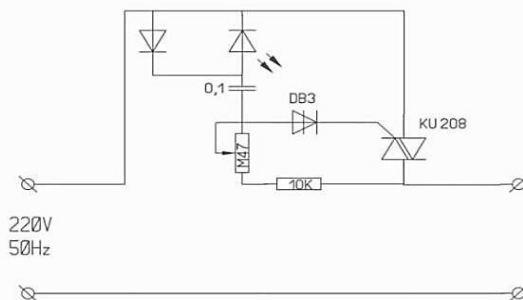


Рис. 3. Принципиальная схема регулятора мощности паяльника

В табл. 1 приведены характеристики разработанного нами многофункционального лабораторного блока питания и дополнительного оборудования, позволяющего расширить его возможности.

ТАБЛИЦА 1.

Лабораторный блок питания	
Входное напряжение	220В/50Гц
Принцип работы	Линейный
Диапазон значений выходного напряжения	Регулируемый (2-18В)
Количество каналов	1
Точность измерения вольтметра, амперметра	0,1В; 0,1А
Мощность регулируемого источника питания	Около 100 Вт
Защита	Есть (активная, пассивная)
Управление	Ручное
Охлаждение	Есть (активная, пассивная)
Корпус	Металлический,
Цвет	Серый
Функция точной регулировки	Есть
Дополнительные функции и возможности ЛБП	
Индикация «Сеть»	Есть
Регулятор мощности (паяльника)	Есть
Переключение режимов охлаждения	Есть
Автомобильная розетка	Есть
Электронный термометр	Есть

Устройство полностью размещено в металлическом корпусе, имеющем размеры 200*300*135 мм. На лицевой панели лабораторного БП (рис. 4) размещены измерительные табло, тумблер включения, ручки регулировки выходных значений напряжения, клеммы подключения нагрузки, кнопка защиты, гнезда предохранителей и выхода дополнительного напряжения. Для улучшения охлаждения мощных транзисторов внутри корпуса дополнительно размещен вентилятор.



Рис.4. Лицевая панель многофункционального лабораторного БП

Для расширения возможностей работы лабораторного БП нами дополнительно установлены: регулятор мощности паяльника (симисторный); переключатель режимов охлаждения; электронный термометр; автомобильная розетка; индикатор «Сеть».

Регулятор мощности паяльника ограничивает напряжение, подающееся на устройство (паяльник). Диапазон регулировки от 0 до 100% мощности. В качестве индикатора работы используется светодиод синего цвета. Встроенный электронный термометр позволяет видеть температуру радиатора с мощными транзисторами (рис. 4).

После подключения устройства в сеть загорается светодиод «сеть», начинают работать – вольтметр, амперметр и термометр. Установка необходимого значения напряжения осуществляется двумя поворотными регуляторами: «Грубо» и «Точно». Выходные клеммы и автомобильная розетка имеют параллельное подключение – это один и тот же выход источника питания. При коротком замыкании на выходе срабатывает защита, выходное напряжение становится равным нулю, для повторного запуска необходимо нажать кнопку «Пуск» (после устранения причины срабатывания защиты).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный нами многофункциональный лабораторный блок питания применяется на практике в работе «Центра образования «Лапландия» (г. Мурманск) и хорошо зарекомендовал себя. Его многократное практическое использование позволяет говорить о высоких надежности, функциональности, низкой цене комплектующих, необходимых для его изготовления и широких областях применения данного лабораторного блока питания.

Дополнительный функционал, лабораторного БП расширяет возможности устройства. На основании опыта, полученного при изготовлении, монтаже и исследовании параметров собранного многофункционального лабораторного источника питания, начата работа над созданием нового, более мощного, многофункционального лабораторного БП с двумя независимыми каналами с мощностью каждого канала 300 Вт, наличием зарядного устройства для аккумуляторов, наличием дополнительных выходов разного переменного напряжения (36, 48, 110 и 220 В).

В рамках УИРС кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ» на базе разработанного блока питания предполагается создать недорогие специализированные малогабаритные источники питания для макетов лабораторных работ, используемых в учебном процессе в ВУЗах, колледжах и школах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Джонс М. Х. Электроника – практический курс. М.: Техносфера, 2006. 512 с.
- [2] Спасский Б.И. История физики. Ч.1. М.: Высшая школа, 1977. 320 с.
- [3] Нефедов А.В., Аксенов А.И. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Микросхемы. Часть 1: Справочник. М.: Радио и связь, 1993. 240 с.
- [4] Харрисон, Линден Источники опорного напряжения и тока. М.: ДМК Пресс, 2015. 576 с.
- [5] Семьян А.П. 500 схем для радиолюбителей. Источники питания СПб.: Наука и техника, 2005. 408 с.
- [6] Сидоров И.Н. Малогабаритные трансформаторы и дроссели: справочник/ И.Н. Сидоров, В.В. Мукосеев, А.А. Христинин. М.: Радио и связь, 1985. 413 с.
- [7] Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. 544 с.