

Сетевой источник напряжения постоянного тока

Федоров Александр Олегович

9 класс, МАОУ Школа № 128 Нижнего Новгорода

Научный руководитель Н. В. Сугрובה, учитель физики, высшей категории МАОУ Школа № 128



Для комфортной разработки и настройки радиоэлектронных устройств необходим источник напряжения с возможностью регулировки выходного напряжения. В ходе моей работы создан и испытан лабораторный источник питания, который построен по компенсационной схеме. Его отличительными особенностями являются: регулировка выходного напряжения от 0 В; наличие режима стабилизации выходного тока.

При конструировании любой радиоэлектронной схемы необходимо использовать источник питания. Можно использовать батарейки в качестве такого источника, но это не очень удобно. Например, для питания радиоэлектронных конструкций чаще всего нужен источник питания с диапазоном выходного напряжения от 1,5 до 15 В. Поэтому для получения напряжения 15 В необходимо использовать 10 батареек (номинальное напряжение одной батарейки 1,5 В). Кроме того, отсутствует возможность плавной регулировки выходного напряжения источника - мы можем устанавливать напряжения с дискретностью 1,5 В. Более того, когда макет устройства достаточно большой, обросший радиоэлементами и проводами, то при налаживании такого устройства возникают ситуации, когда можно ошибиться и случайно замкнуть между собой цепи, которые не должны контактировать друг с другом. В этом случае, при питании от батареек, с высокой степенью вероятности могут выйти из строя ряд элементов схемы, т.к. батарейки выдадут максимальный ток, на который они способны, на создавшуюся нагрузку.

Использование лабораторного источника питания с функцией ограничения выходного тока позволит в большинстве случаев при случайном замыкании цепей схемы или ошибках в монтаже избежать выхода элементов схемы из строя, т.к. благодаря ограничению тока, будет ограничена мощность, подводимая к радиоэлементам.

Актуальность данной работы заключается в том, что в настоящий момент не так просто найти доступную для повторения схему источника питания, имеющую функцию плавной регулировки стабилизации выходного тока. Проведенное мною исследование позволило определиться со схемой доступной для повторения и может послужить техническим руководством для ее практического воплощения в жизнь начинающему радиолюбителю.

Целью работы стало практическое создание сетевого источника питания со следующими характеристиками: выходное напряжение должно регулироваться от 0 до 30 В; ток ограничения должен регулироваться от 0 до 0,6 А; в блок питания должны быть встроены вольтметр и амперметр (для индикации выходного напряжения и тока); в блоке питания должна быть индикация включения режима ограничения тока, что позволит своевременно заметить перегрузку и устранить ошибки в исследуемых радиоэлектронных схемах.

Поиск схемы лабораторного блока питания я начал с журналов «Радио». Первая заинтересовавшая меня схема представлена на рисунке 1 [1].

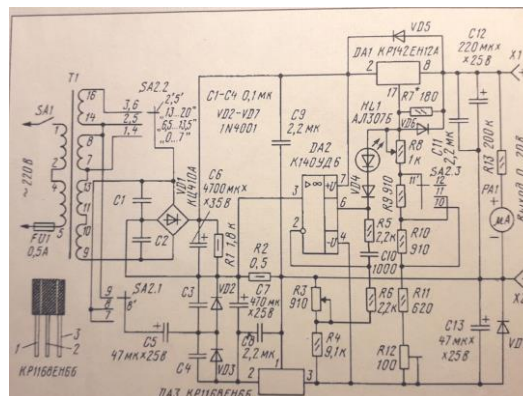


Рис. 1. Схема лабораторного блока питания № 1

Эта схема почти во всем соответствует моей цели. Только выходное напряжение ниже, чем мне хотелось бы, но его достаточно для работы с подавляющим большинством

радиоэлектронных устройств. В этой схеме регулировка выходного напряжения разбита на 3 поддиапазона: первый поддиапазон – от 0 до 7 В; второй поддиапазон – от 6,5 до 13,5 В; третий поддиапазон – от 13 до 20 В. Такое схемное решение позволяет снизить максимальную рассеиваемую на стабилизаторе напряжения DA1 мощность и, как следствие, использовать радиатор охлаждения DA1 меньших размеров. Но при этом мы лишаемся возможности плавной регулировки выходного напряжения от минимума до максимума, что, на мой взгляд, может иногда потребоваться при испытании и регулировке радиоэлектронных устройств. Поэтому я решил не использовать данную схему.

Следующая схема так же была найдена в журнале «Радио» [2]. Она представлена на рисунке 2. Во второй схеме выходное напряжение также ниже желаемого, но зато его можно регулировать от 0 до 16,5 В без переключения поддиапазонов.

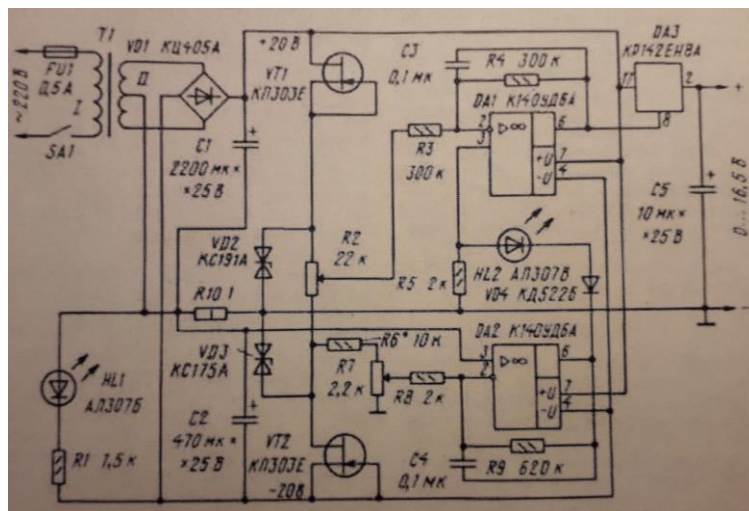


Рис. 2. Схема лабораторного блока питания № 2

На элементах VT1, VD2, VT2, VD3, R2 собран регулируемый источник опорного напряжения. Одним из недостатков данной схемы является то, что источник тока, собранный на VT1, подключен к плюсовой шине питания перед стабилизатором напряжения DA3. При больших выходных токах источника питания на этой шине будут присутствовать значительные пульсации напряжения, что однозначно приведет к увеличению уровня пульсаций выходного напряжения источника опорного напряжения и, как следствие, к увеличению уровня пульсаций выходного напряжения стабилизатора.

Вторым недостатком является то, что для получения выходного напряжения стабилизатора 0 В необходимо, чтобы напряжение стабилизации стабилитрона VD2 равнялось напряжению стабилизации микросхемы DA3. Без взаимного подбора этих элементов получить выходное напряжение равное нулю невозможно. Очевидно, добиться нулевого напряжения можно с помощью регулировок. Например, подбором резистора R3 можно отрегулировать коэффициент усиления инвертора, собранного на операционном усилителе DA1, таким образом, чтобы выходное напряжение стабилизатора стало равным нулю, но автор статьи [2] ничего о таких регулировках не пишет.

Просмотрев журналы «Радио» с 1997 по 2007 годов издания, я нашел множество схем блоков питания. Но в большинстве из них либо регулировка выходного напряжения начинается не с 0 В, либо отсутствует режим стабилизации выходного тока.

Далее я решил посмотреть схемы промышленных блоков питания. Наиболее близкими по характеристикам к моей цели оказались Б5-44А, Б5-47, Б5-70 [3, 4, 5]. Но все они имеют очень большие и сложные схемы, которые трудно повторить в домашних условиях начинающему радиолюбителю. Но, тем не менее, мне удалось найти подходящую схему именно среди промышленных источников питания – это стабилизированный источник BS 525 [6] производства фирмы ТЕСЛА (ЧССР).

Найденная схема источника питания устраивает меня по своим техническим характеристикам, но ее анализ показал, что повторить ее без доработок не удастся.

Итоговая схема состоит из двух блоков: блок выпрямителей и предварительных стабилизаторов (рис. 3); блок стабилизатора выходного напряжения и тока (рис 4).

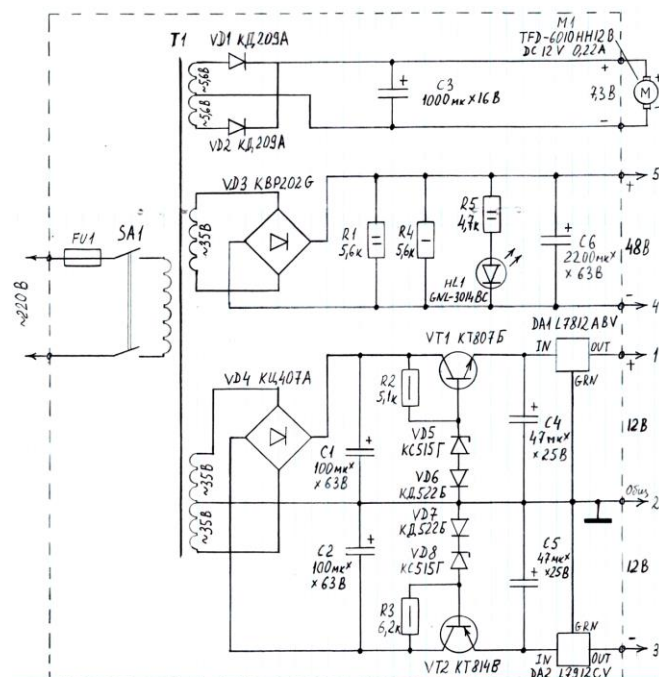


Рис. 3. Схема источника питания из двух блоков

Какие изменения были внесены в исходную схему?

Во-первых, все диоды, транзисторы и интегральные микросхемы были заменены на отечественные или современные импортные аналоги.

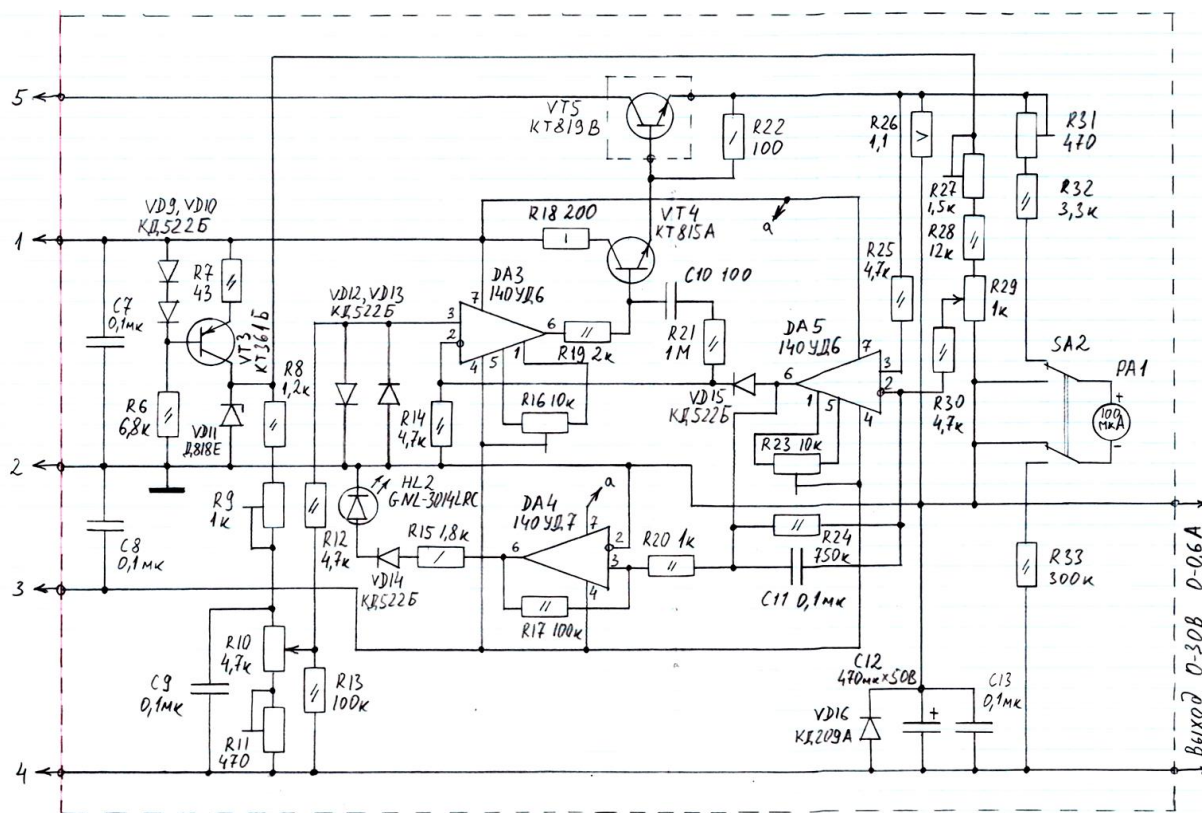


Рис. 4. Блок стабилизатора выходного напряжения и тока

Во-вторых, не удалось найти трансформатор с необходимыми выходными напряжениями. Для питания блока выпрямителей и предварительных стабилизаторов чешской схемы необходим трансформатор, имеющий одну из вторичных обмоток со средней точкой.

Напряжение на каждой половине вторичной обмотки должно быть 15 В. У имеющегося в моем распоряжении трансформатора есть вторичная обмотка со средней точкой, но напряжение на каждой ее половине составляет 35 В. Поэтому после выпрямителя VD4 (рис. 3) мы получаем напряжения постоянного тока около 49 В. Это напряжение значительно превышает максимальное допустимое напряжение на входе интегральных стабилизаторов DA1 и DA2. Было принято решение включить в каждое плечо предварительного стабилизатора вспомогательный стабилизатор напряжения (VT1, R2, VD5, VD6 в верхнем плече и VT2, R3, VD7, VD8 в нижнем плече), понижающий напряжение, поступающее на входы DA1 и DA2, до 15 В.

В-третьих, добавлена схема питания вентилятора охлаждения радиатора транзистора VT5 на элементах VD1, VD2, C3 (рис. 3).

В-четвертых, в исходном варианте схема стабилизации выходного тока была выполнена на транзисторной сборке, а теперь для этой задачи используется операционный усилитель DA5.

В качестве корпуса источника питания мной был использован стандартный промышленный корпус советских времен с габаритными размерами 115×120×200 мм. Для возможности использования этого корпуса в качестве корпуса источника питания мной были дополнительно изготовлены следующие детали: несущий кронштейн, для крепления к нему трансформатора и узлов источника питания; передняя часть верхней крышки корпуса (рис. 5) с вентиляционными отверстиями (изначально она отсутствовала); лицевая панель (рис. 6).

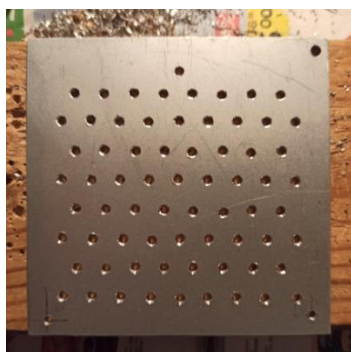


Рис. 5. Передняя часть верхней крышки корпуса



Рис. 6. Лицевая панель

Основная часть элементов источника питания смонтирована на двух печатных платах из одностороннего фольгированного стеклотекстолита. Трансформатор питания установлен в центре корпуса и прикреплен к несущему кронштейну. Печатная плата блока выпрямителей и предварительных стабилизаторов установлена между трансформатором и задней стенкой корпуса прибора. Печатная плата блока стабилизатора выходного напряжения и тока установлена между трансформатором и лицевой панелью. Органы управления, коммутации и индикации смонтированы на лицевой панели источника. На задней панели установлены: радиатор с силовым транзистором и вентилятором; изготовленный мной защитный кожух вентилятора; предохранитель; клемма заземления.

Печатные платы изготавливались по традиционной технологии. Печатные дорожки рисовались цапонлаком. Для травления плат использовался раствор хлорного железа. После изготовления печатных плат, на них были установлены и припаяны радиокомпоненты источника питания (рис. 7).

При настройке источника питания я использовал цифровой мультиметр M832. Для настройки диапазона выходных напряжений источника питания я подключил к его выходу мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения на пределе 200 мВ. Затем установил движки потенциометров R10 (U грубо) и R11 (U точно) в нижнее по схеме положение (см. рисунок 4). В моем случае, показания мультиметра были при этом около 0,3 мВ. Подстроечным резистором R16 установил по показаниям мультиметра выходное напряжение источника 0,0 мВ. Включил на мультиметре предел 200 В. Перевел движки потенциометров R10 (U грубо) и R11 (U точно) в верхнее по схеме положение. Подстроечным резистором R9 установил по показаниям мультиметра выходное напряжение источника 30,0 В. Перевел контакты переключателя SA2 в нижнее по схеме положение (включился режим измерения выходного

напряжения (U) встроенным в источник питания вольтметром), убедился, что стрелка микроамперметра PA1 встала на отметку 30.

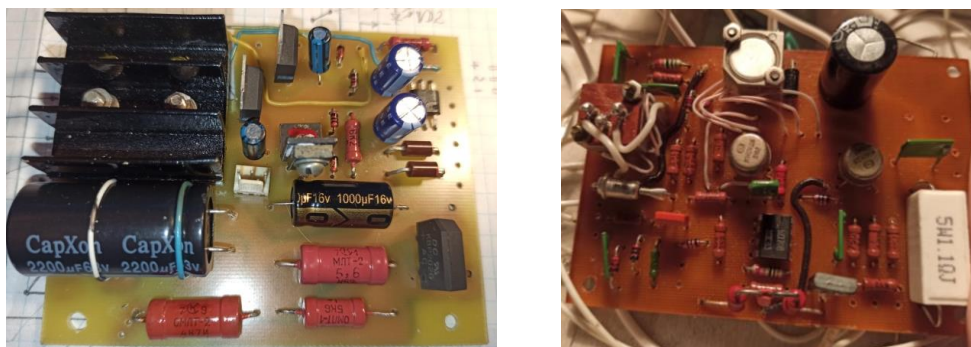


Рис. 7. Радиокомпоненты источника питания

Для настройки диапазона выходных токов источника питания я установил потенциометры R10 (U грубо) и R11 (U точно) в среднее положение, потенциометр R29 (I грубо) в нижнее по схеме положение, подключил к выходу источника мультиметр в режиме измерения постоянного тока на пределе 20 мА. Подстроечным резистором R23 установил по показаниям мультиметра выходной ток 0,10 мА, а затем плавно перестраивая R23 установил выходной ток 0,00 мА. Как только показания мультиметра стали нулевыми, прекратил перестройку R23. Включил на мультиметре предел 10 А. Установил потенциометр R29 (I грубо) в верхнее по схеме положение. Подстроечным резистором R27 установил по показаниям мультиметра выходной ток 0,60 А. Перевел контакты переключателя SA2 в верхнее по схеме положение (включился режим измерения выходного тока (I) встроенным в источник питания амперметром), подстроечным резистором R31 установил стрелку микроамперметра PA1 на отметку 30.

После выполненных настроек источник питания готов к работе.

Источник питания подключается к сети 220 В с помощью трехпроводного кабеля с евровилкой. При подключении источника к евровилке дополнительное заземление прибора не требуется. При подключении прибора к сети 220 В через розетки, в которых отсутствует клемма заземления, необходимо источник питания заземлять, используя для этого клемму заземления, установленную на задней панели прибора.

Для работы с источником питания необходимо убедиться, что переключатель «ВКЛ./ВЫКЛ.» находится в положении «ВЫКЛ.». Включить шнур питания в сеть. Установить переключатель «ВКЛ./ВЫКЛ.» в положение «ВКЛ.», после этого на источнике начинает светиться светодиод «U» (голубое свечение) и начинает работать вентилятор охлаждения. Для установки выходного напряжения необходимо установить переключатель «I/U» в положение «U». При этом встроенный индикатор источника показывает напряжение на его выходе. Потенциометрами «U грубо» и «U точно» устанавливается необходимое напряжение на выходе прибора.

Для установки тока ограничения необходимо установить все потенциометры в крайнее левое положение. Переключатель «I/U» установить в положение «I». При этом встроенный индикатор источника показывает его выходной ток. Затем следует замкнуть выходные клеммы прибора (например, пинцетом), установить потенциометр «U точно» в среднее положение, при этом начнет светиться светодиод «I» (красное свечение), информируя нас о том, что источник питания начал работать в режиме стабилизации тока. Потенциометром «I грубо» по встроенному индикатору устанавливается необходимый ток ограничения (например, 0,05 А). Теперь размыкаем выходные клеммы, при этом перестает светиться светодиод «I», а показания индикатора устанавливаются на 0. Переключатель «I/U» возвращаем в положение «U».

Теперь к источнику питания можно подключить какую-нибудь нагрузку (например, лампочку накаливания с номинальным напряжением 24 В и номинальным током 0,075 А). Когда на источнике светится только светодиод «U», то источник работает в режиме стабилизации напряжения и мы можем регулировать его от 0 до 30 В. Если начать увеличивать выходное напряжение источника от 0 В, то мы увидим, что по мере возрастания выходного напряжения источника лампочка накаливания сначала начнет тускло светиться, а затем яркость ее свечения будет постепенно увеличиваться, но как только ток, потребляемый лампочкой,

достигнет установленного тока ограничения (в нашем случае – это 0,05 А), то засветится светодиод «I», а выходное напряжение перестанет увеличиваться, несмотря на то, что мы будем пытаться его увеличить потенциометрами «U грубо» и «U точно». Таким образом работает режим ограничения тока, который при правильном использовании во многих случаях может предотвратить выход нагрузки из строя.

Процесс изготовления источника питания я постарался расписать как можно подробнее в своей исследовательской работе. Руководствуясь ей, каждый желающий сможет повторить данную конструкцию. Также я записал видеоролик, в котором демонстрируется работа и функционал получившегося источника питания. Фотографии блока питания приведены на рисунке 8.



Рис. 8. Блок питания

Литература

1. Бирюков С. Лабораторный блок питания 0...20 В // Радио. 1998. № 10. С. 72.
2. Александров И. Лабораторный блок питания // Радио. 1997. № 9. С. 42-43.
3. 3.233.001 ТО Источники питания постоянного тока Б5-43А, Б5-44А, Б5-45А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
4. 3.233.220 ТО Источники питания постоянного тока Б5-46, Б5-47, Б5-48, Б5-49, Б5-50. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
5. 3.233.315 ТО Источник питания Б5-70. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
6. Стабилизированный источник BS 525. Инструкция.