

Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень
E-mail: ua9laq@mail.ru

Этот блок питания (БП) родился как вариант проекта [1, 2], отличный от прототипа большей вариативностью построения, возможностью умощнения и иной компоновкой...

С радиаторами по бортам...

Отсутствие мощного силового трансформатора для БП и невозможность его изготовления по местным причинам толкнули на создание нужного БП на имеющихся в наличии двух менее мощных трансформаторах ТН-61. Один из трансформаторов оказался с комбинированной первичной обмоткой, рассчитанный на применение в сетях с напряжением 110-127-220-237 В, другой – только в сети 220 В. Анализ вторичных обмоток обоих трансформаторов позволил выбрать оптимальное напряжение, необходимое для подачи на выпрямитель с фильтром и последующий стабилизатор. Одна из четырёх вторичных обмоток (выводы 7-8) намотана более тонким проводом и рассчитана на меньший ток, поэтому не используется или может быть использована в дополнительных функциях БП (см. ниже). Однаково соединённые между собой вторичные обмотки обоих трансформаторов составляют плечи для

схемы выпрямителя со средней точкой. В основных цепях стабилизированного БП везде используются блоки из двух мощных диодов Шоттки, которые соединены параллельно, что позволяет (в пределе) выпрямлять токи до 60 А при напряжении до 100 В. Почему диоды Шоттки? Эти диоды имеют минимальные сопротивления в направлении прямого прохождения тока, поэтому уменьшают потери и собственный нагрев, увеличивая по отношению к обычным диодам КПД БП и уменьшая просадку напряжения при увеличении тока в нагрузку. Выбранная схема выпрямления также снижает потери, поскольку на каждый полупериод напряжения приходится только один диод (здесь: блок диодов, в мостовой схеме – два).

При параллельной работе компонентов БП (и не только) крайне желательно обеспечить их независимое функционирование, влияющее на конечный результат.

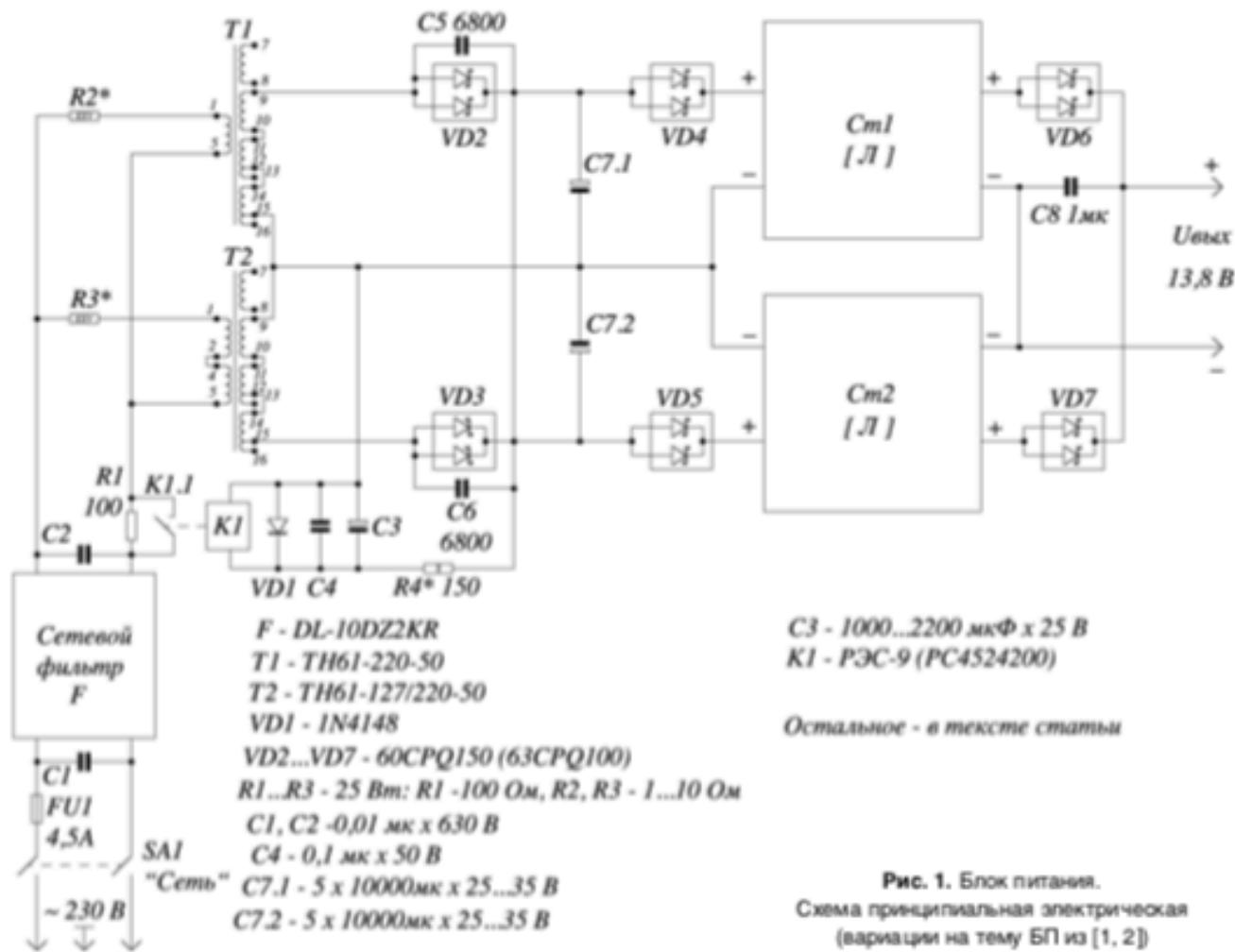


Рис. 1. Блок питания.
Схема принципиальная электрическая
(вариации на тему БП из [1, 2])

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Начнём с трансформаторов: включаем первичную обмотку одного из них в сеть переменного тока, к первичной обмотке другого подключаем вольтметр переменного тока и, меняя положение этого второго трансформатора относительно включенного в сеть, подбираем взаимное расположение трансформаторов с минимальным выходным напряжением на вольтметре. В этом положении трансформаторы и будут зафиксированы в дальнейшем в БП.

Обратимся к принципиальной схеме БП на рис. 1. Переменный ток из сети, после включения, проходит через замкнутые контакты выключателя "Сеть" SA1, плавкий предохранитель FU1, одну из ветвей сетевого фильтра F1, уравнивающие резисторы R2 и R3, первичные обмотки трансформаторов T1 и T2, где отдаёт часть своих сил, возвращается в сеть через балластный резистор R1, вторую ветвь фильтра F1 и замкнутый контакт выключателя SA1 (у этого выключателя может быть и всего одна группа контактов, разрывающая при выключении всего один сетевой провод БП). Вторичные обмотки трансформаторов T1 и T2 соединены синфазно последовательно, либо в той комбинации, что указана на схеме, либо в другой, если требуется подбор входного для выпрямителя напряжения. В данном случае возможны несколько вариантов, например: соединяя (в T1 и T2 – одинаково) выводы 10 и 11, 13 и 15, снимаем напряжение 13,9 В с выводов 9 и 16, комбинация, показанная на рис. 1, обеспечивает на вторичных обмотках каждого трансформатора напряжения по 16,3 В, последовательное соединение всех трёх обмоток (соединены выводы 10-11, 13-14) на выводах 9 и 16 обеспечивает напряжения по 18,9 В. Это всё – при токе в 8 А, в схеме выпрямления со средней точкой токи удваиваются, следовательно, можно рассчитывать на токи порядка 16 А, в условиях кратковременной перегрузки (сванс работы трансивера на передачу) – до 20 А. Большего комбинация этих трансформаторов обеспечить не может, но и этого вполне хватает для большинства современных трансиверов с паспортной выходной мощностью до 100 Вт.

После комбинированного включения вторичных обмоток T1 и T2, следует выпрямитель, в качестве вентилей (VD2 и VD3) которого используются блоки диодов Шоттки, диоды в блоках соединены параллельно, а сами блоки, через изолирующие теплопроводящие прокладки и с использованием термопасты КПТ-8, установлены на радиаторы. Параллельно каждому блоку диодов установлены конденсаторы (C5 и C6), блокирующие выпрямление диодами (детектирование) РЧ наводок. На выходе выпрямителя установлен "глаживающий" пульсации накопительный конденсатор (или блок конденсаторов) C7 с ёмкостью порядка 100000 мкФ. Его можно рассматривать как вторичный пополняемый источник питания для нагрузки, включённой через стабилизатор. В момент включения БП в сеть переменного тока, пока C7 пуст, его эквивалентное сопротивление, включённое параллельно с выпрямителем, примерно равно нулю Ом и, соответственно, ток

на зарядку этого конденсатора стремится к бесконечности. Обладающие конечными максимальными значениями рабочих токов выпрямительные диоды VD2 и VD3 просто будут пробиты, что приведёт к крупной аварии БП, и это может приключиться при первом включении... Чтобы такого не произошло, в цепь первичной обмотки T1 и T2 включен балластный резистор R1, ток зарядки C7 оказывается ограниченным, а время его зарядки растягивается до десятков секунд. Достигнув нормы, напряжение на C7 заставляет срабатывать реле K1, контакты которого блокируют резистор R1 и обеспечивают рабочий режим БП для питания нагрузки. Теперь можно включать питание трансивера и работать в эфире. Так называемое ступенчатое включение БП в сеть порой используется в ручном режиме, когда балластный резистор блокируется вручную, например, тумблёром. Такое решение нельзя признать удачным... Представьте себе ситуацию: отключили электрознагрузку, если теперь резистор R1 не разблокирован, то, при подаче энергии вновь, произойдёт авария БП. Если перед повторной подачей энергии C7 ещё не успел разрядиться, якорь реле K1 продолжает удерживаться и, с подачей энергии, будет осуществляться подзарядка C7 относительно малым током. Если электрознагрузки не было длительное время, C7 разряжается и якорь K1 отпустит, разблокировав K1, включение БП произойдёт штатно, после подачи электрознагрузки вновь, аварийных ситуаций не возникнет. Реле K1 имеет свою времязадающую цепочку R4C3, подбором номиналов которой можно регулировать как ток срабатывания и удержания реле, так и время, через которое, после зарядки C7, оно сработает. Конденсатор C4 защищает реле от мощных РЧ наводок, а диод VD1 – от выбросов напряжений при переключениях реле. Резисторы R2 и R3 служат для ограничения токов в первичных обмотках T1 и T2, соответственно. Во-первых, это связано с переходом на стандарт напряжения сети переменного тока 230 В, а трансформаторы TH-61 рассчитаны на напряжение 220 В; во-вторых, они частично выполняют функцию балластного резистора R1 (каждый в цепи своего трансформатора), хотя только частично, так как их сопротивление не превышает единиц Ом; в третьих, подбором сопротивлений этих резисторов уравниваются напряжения на половинках комбинаций вторичных обмоток (желательно на одинаковой нагрузке), – всякая асимметрия напряжений в схеме выпрямителя со средней точкой приводит к дополнительной пульсации выпрямленного напряжения и неравномерной нагрузке силовых трансформаторов.

К конденсатору C7 (как к источнику) подключены два стабилизатора из [1], с целью, с одной стороны, – ещё повысить надёжность БП, с другой, – расширить возможности БП в сторону больших токов (при применении соответствующего силового трансформатора). Поскольку C7 является ещё и гладящим пульсации выпрямленного постоянного напряжения, к нему

предъявляются повышенные требования в плане температурной стабильности (расчетанные на эксплуатацию до 105°C), малой утечки (класса "LL") и ёмкости (нижний предел – 2200 мкФ, а лучше в пределах 3300...4700 мкФ на каждый ампер тока нагрузки). Рабочее напряжение, указанное на корпусе (корпусах) конденсатора (блока конденсаторов), должно вдвое превышать действующее на С7. Если есть возможность подобрать конденсаторы для использования в блоке (в составе С7) по ESR (последовательному сопротивлению прохождению переменного тока), хотя на такой параметр мало обращают внимание в блоках питания, и, при больших емкостях конденсаторов, хотя бы приблизительно одинаковое такое сопротивление и близкие по значению ёмкости позволят более равномерно разделить нагрузку по конденсаторам блока и обеспечить долговременную стабильную работу их в БП. Вообще-то, проверка всех деталей перед установкой их в схему – святое правило, и, в данном случае, позволит отсеять бракованные, могущие повлиять на работу БП в дальнейшем.

Подключение двух одинаковых блоков стабилизаторов к общей нагрузке должно осуществляться через диоды (VD6 и VD7 на рис. 1), однако, диоды имеют собственное сопротивление прохождению тока в прямом направлении и снижают конечное напряжение (обеспечивают, так называемую, "просадку" напряжения на нагрузке), хотя, из-за применения диодов Шоттки, да ещё и двух и в блоках по два, – минимизирует эффект, всё-таки, он, этот эффект, – заметен. Казалось бы, нужно перенести эти диоды перед стабилизатором (VD4, VD5), там эффект "просадки" можно нивелировать за счёт запаса выпрямленного напряжения и уравнять таким образом нагрузки выпрямителя стабилизаторами. Однако, теперь, чтобы подключить оба стабилизатора параллельно на общую нагрузку, без диодов (VD6, VD7), необходимо очень точно выставить их выходные напряжения равными друг другу. Кроме того, при этом исключается работа стабилизатора (как и с одним стабилизатором) на индуктивную нагрузку и нагрузку, имеющую собственный источник, например, для зарядки аккумуляторов, кроме того, любые температурные изменения, которые вызовут разбаланс выходных напряжений стабилизаторов, которые начнут работать друг на друга, обеспечивает обратное напряжение стабилизатору с меньшим выходным напряжением, которое ему – смерть. Поэтому, помучившись, решил оставить оба варианта уравнивающих диодов (VD4, VD5 и VD6, VD7) как перестраховочные, сведя к минимуму побочные эффекты и описав, каких "подводных камней" от них можно ожидать. Какой вариант выберет конструктор БП на месте – его выбор.

Итак, мы обеспечили минимальное влияние друг на друга трансформаторов Т1 и Т2, развернув их оси относительно друг друга, подбором сопротивлений резисторов R2 и R3 обеспечили идентичность переменных напряжений на комбинациях вторичных обмоток этих

трансформаторов. На выходах обоих стабилизаторов подстроеками резисторами, входящими в их состав, устанавливаем строго одинаковые напряжения для работы на общую нагрузку. Стабилизатор, на выходе которого будет большее напряжение, будет больше труиться за "ленивого" соседа, будет больше нагреваться его регулирующий транзистор в схеме стабилизатора и хорошо, если этот нагрев и допустимый ток этого стабилизатора не будут превышать его технических возможностей...

В [1, 2] уже приводился способ компоновки БП, когда радиатор размещался в качестве его задней торцевой панели. В данном случае, задняя стенка освобождена от радиаторов для монтажа соединителей как с питающей сетью, так и с нагрузкой, здесь может быть установлена клемма для соединения БП с

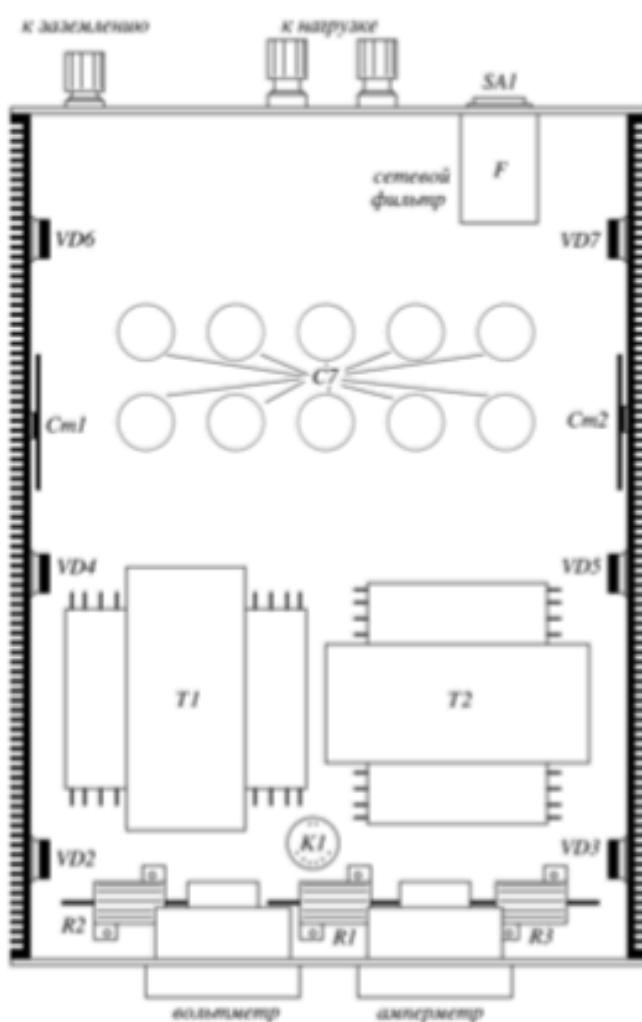


Рис. 2. Эскиз расположения основных деталей в корпусе БП. Внутренние размеры корпуса: 327x232x135 мм. Конденсатор С7 набран из отдельных конденсаторов 10000 мкФ x 25...35 В. Свободное расположение деталей способствует применению конденсаторов старых конструкций с большими размерами и меньшему нагреву конденсаторов, что повышает их срок службы. В свободных местах корпуса могут быть размещены дополнительные детали стабилизаторов, о которых упомянуто в тексте статьи

заземлением, сетевой выключатель БП и сетевой фильтр (изнутри). Боковые панели представляют собой сплошные ребристые радиаторы (ребра с одной стороны, – внешней для корпуса БП), либо набор таких отдельных радиаторов, закреплённых на боковых алюминиевых панелях толщиной 2 мм с обеспечением доступа непосредственно к телам радиаторов через отверстия диаметром 40...50 мм в них (в панелях). На радиаторах симметрично на правой и левой панелях, в цепях своих стабилизаторов, размещены (прижаты винтами и пружинами по всему корпусу с прослойкой термопроводящей пасты КПТ-8) регулирующие транзисторы стабилизаторов, вплавленные в их платы [1], блоки всех диодов также смонтированы (прижаты винтами и пружинами) на радиаторах с изоляционными прокладками (слюдяными или из специальной пленки) с использованием пасты КПТ-8. На передней стенке БП размещены измерительные головки для контроля за током и напряжением в цепи питания нагрузки. Здесь же могут быть размещены: головка выносного громкоговорителя для трансивера или приёмника, светодиоды включения БП в сеть, также дополнительные гнёзда питания, например, телеграфного ключа, освещения стола оператора, небольшого лабораторного БП, – дело в том, что у трансформаторов T1 и T2 остались незадействованными по обмотке на напряжение 6,3 В, соединяя их последовательно с мостовым выпрямителем и сглаживающим конденсатором обеспечивающим входное напряжение дополнительного стабилизатора с выходным напряжением 5...15 В (для мелкого ремонта, испытаний и питания измерительной аппаратуры в радиошэке), максимальный ток неиспользованных обмоток T1 и T2 составляет 6 А. Также можно вывести на переднюю панель блока и фиксированное стабилизированное напряжение 5 В для питания различного рода гаджетов, требующих USB-подключения.

К нижней панели корпуса (тоже своего рода радиатор с большой поверхностью) привёрнуты опорные ножки БП, изнутри, на этой же панели, под тыльными частями измерительных головок (с применением пасты КПТ-8) винтами укреплены 25-ваттные резисторы R1...R3, представляющие собой ребристые цилиндры с крепёжными "ушами".

Рядом с резисторами на нижней панели через штатные отверстия закреплены силовые трансформаторы в выбранном, в смысле минимального воздействия друг на друга, положении. Между ними и

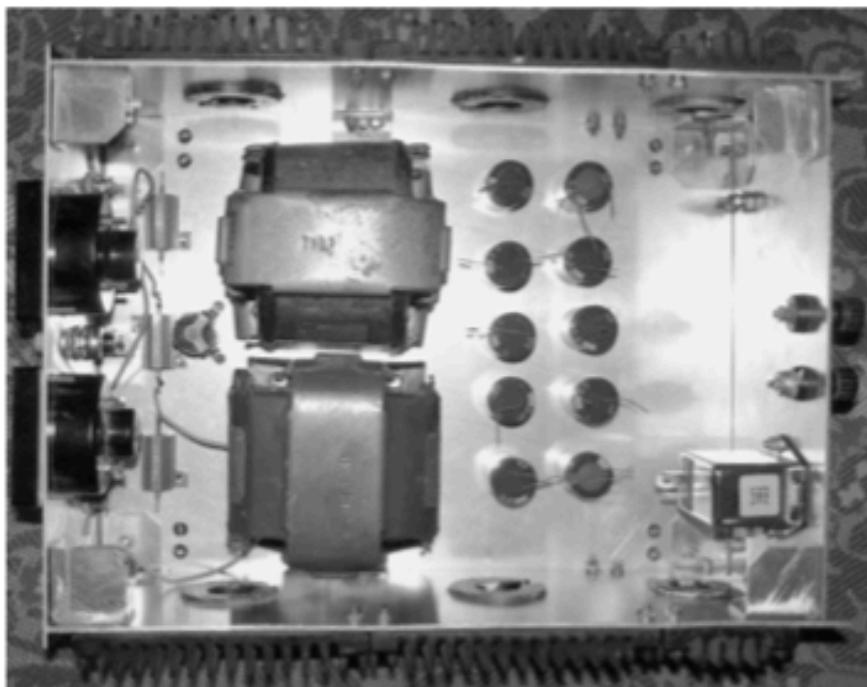


Фото 1. Расстановка основных узлов БП согласно рис. 2 в статье. При создании шаши, из-за отсутствия "длинных" радиаторов, которые могли бы непосредственно боковыми панелями корпуса БП, применён способ размещения отдельных радиаторов по бортам на панелях из дюралюминия толщиной 2 мм

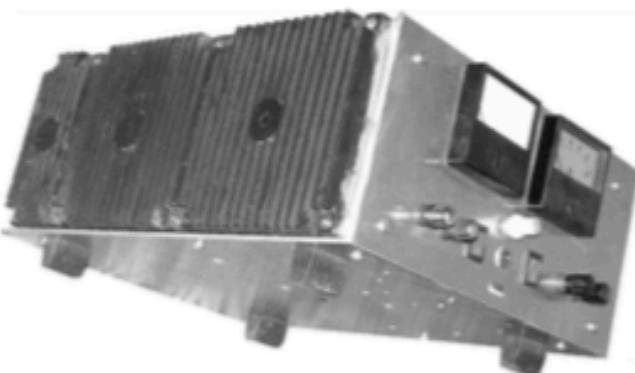


Фото 2. Общий вид на конструкцию корпуса БП. На нижней панели видны опорные ножки конструкции задней панелью БП расположен блок конденсаторов фильтра С7. Крепление их может производиться специальными хомутами к нижней панели или с использованием панели из изоляционного материала (см. рис. 2).

Внутренние размеры получившегося корпуса: 327x232x135 мм, которые могут быть изменены под свои запросы и конструктив (фото 1-4). Общее правило: все нагревающиеся детали установлены на радиаторах (диоды и транзисторы – на ребристых, резисторы и трансформаторы – на нижней панели, которая является частью металлического корпуса БП и выносит тепло на его внешний контур, кроме того, нижнюю панель обтекает поток воздуха снизу, так как она приподнята на ножках над опорной поверхностью).

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ



Фото 3. Передняя панель корпуса БП. Вверху слева – вольтметр, справа – амперметр (его показания по шкале следует умножить на 2 или 3 – устанавливается при настройке БП). Согласно упоминанию в статье об использовании оставшихся свободными обмотками T1 и T2 с выводами 7 и 8, на передней панели расположены: в центре регулятор выходного напряжения дополнительного стабилизатора (грубую шкалу этого напряжения можно нанести возле ручки регулятора или обеспечить переключатели измерительных головок), справа и слева ниже расположены соединённые параллельно попарно ("+" и "-") клеммные зажимы для вывода напряжения дополнительного стабилизатора. Слева от центра расположен выключатель дополнительного стабилизатора с регулируемым выходным напряжением (на выбор: по переменному или постоянному току). Под регулятором в центральной части расположены соединённые параллельно гнёзда выхода напряжения второго дополнительного стабилизатора с фиксированным выходным напряжением 5 В (для питания, например, электронного телеграфного ключа и различных "гаджетов", в том числе с соединителем типа USB). Справа от гнёзд – выключатель стабилизатора 5 В. Комбинаций взаимного подключения двух дополнительных стабилизаторов к "лишним" обмоткам T1 и T2 может быть несколько. Оба стабилизатора имеют защиты от короткого замыкания. В качестве регулируемого можно применить и тот же модуль, что приведён в статье для основного стабилизатора (в [1, 2] обведён на схеме пунктирной линией). Для 5-вольтового стабилизатора можно применить, например, ИМС типа LT1083...LT1085



Фото 4. Задняя панель БП. Слева установлен блок сетевого фильтра F, который закреплён изнутри корпуса БП, от него в отверстия наружу проходят клавиша выключателя SA1 и ответная часть для подключения сетевого шнура компьютерного типа, выше этого соединителя видна надпись на накладке, обеспечивающей доступ к предохранителю FU1. В центральной части вверху видны зажимные клеммы выходного напряжения от БП для питания нагрузки (трансивера). В правой нижней части – зажимная клемма для подключения заземления. Следует отметить, что подключение обоих способов "зануления" одновременно – нежелательно и может быть даже опасным. При наличии хорошего собственного индивидуального заземления, следует разорвать провод "зануления" в вилке сетевого провода БП (провод "зануления" уже соединён с корпусом фильтра F, который крепится на корпусе БП, который заземляется)

Восходящие потоки воздуха движутся вдоль ребер радиаторов, установленных вертикально, эффективно их охлаждая. Условия охлаждения данного БП не требуют применения дополнительных вентиляторов, тому способствует и увеличенная по отношению к [1, 2] площадь радиаторов, которая является ещё и конструктивом корпуса данного БП. Пассивное отведение тепловой энергии от БП снижает шумность радиошума и способствует меньшей утомляемости оператора радиостанции, особенно, во время соревнований.

Литература

1. В. Беседин. Защищаемся... - Радиолюбитель, 2019, №2, стр. 25...29.
2. В. Беседин. Защищаемся... - Радиолюбитель, 2019, №3, стр. 26...29.



Окончание в №8/2020

international journal of amateur and professional electronics

радио любитель

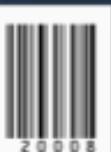
№ 8
Август
2020

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ И ПРОФЕССИОНАЛОВ



С РАДИАТОРАМИ
ПО БОРТАМ...

ISSN 1994 - 3466



ПОДПИСКА - 2020

<http://www.radioliga.com>
rl@radioliga.com

Виктор Беседин (UA9LAQ)
г. Тюмень
E-mail: ua9laq@mail.ru

С радиаторами по бортам...



Окончание.
Начало в №7/2020

Применение стабилизаторов с использованием в качестве регулирующих элементов полевых транзисторов [1, 2] позволяет уменьшить разницу между их входными и выходными напряжениями, повысить КПД БП, уменьшить нагрев конструкции и её энергопотребление. Блок питания может быть перепрофилирован на питание двух конструкций с индивидуальными стабилизаторами, использован как двухместный лабораторный, для чего необходимо регуляторы выходного напряжения вывести на переднюю панель. До некоторого предела, при умощнении силового трансформатора можно повысить выходные токи БП. Предельные токи выпрямительных диодов в схеме со средней точкой здесь $2 \times 60 \text{ A} = 120 \text{ A}$, как и общие для уравнивающих VD4...VD7, транзисторы выдерживают $2 \times 30 \text{ A} = 60 \text{ A}$. Повышение надёжности может быть обеспечено качественной элементной базой и применением транзисторов IRL2505S с пайкой непосредственно к радиаторам, диодов с минимальным тепловым сопротивлением "корпус диода - радиатор", напоминаю, что диоды необходимо изолировать от корпуса (радиаторов) прокладками.

При монтаже БП следует применять провода с соответствующей протекающим токам сечением жилы. Для повышения устойчивости стабилизаторов следует применять минимальные длины соединительных проводов в БП, не укладывать их в жгут, производить соединения от точки до точки по прямой линии. В качестве шунта для головки амперметра (микроамперметр) можно применить часть минусовой шины, если БП будет использоваться в стабильных температурных условиях.

Если часть минусового провода (шины), идущего от стабилизатора к нагрузке, зачистить от изоляции и подключить калиброванную нагрузку, например, обеспечивающую ток в 2 А, то установка выводов калибруемого амперметра (головка - микроамперметр) в одну точку на зачищенной от изоляциишине будет соответствовать нулю по его шкале, если провода начать раздвигать, при контакте сшиной, то стрелка головки поползёт к крайнему правому делению шкалы. Находим расстояние, соответствующее показаниям 2 А на шкале (допустим, это будет 10 делений от шкалы, разделённой на 100 делений, вся шкала будет соответствовать току в 20 А). Участок шины между местами подключения проводов от головки микроамперметра будет являться для него шунтом (проводы здесь припаиваются), превращающим микроамперметр 100 мкА в амперметр 20 А. Чем чувствительнее головка микроамперметра, тем короче шунт. Удобно, не нужно разрывать шину питания, увеличивая её сопротивление, но нужно помнить, что сопротивление меди термонестабильно и, при изменении температуры, амперметр будет "врать" и тем более, чем больше изменения температуры относительно той, при которой производилась калибровка.

Конденсатор С3 имеет ёмкость порядка 1000...2200 мкФ. От его ёмкости зависит не только задержка на срабатывание реле К1, которое произойдёт после достижения напряжения на конденсаторе С7 достаточного для срабатывания реле и зарядки им С3, важно здесь время отпускания якоря реле после исчезновения напряжения в сети. Известно, что напряжение отпуска реле ниже, чем напряжение его срабатывания. Если реле не успеет отпустить якорь к моменту появления напряжения в сети

вновь, а С7 окажется разряженным, то может произойти авария БП. Мной был проведён эксперимент с резистором 200 Ом (R4) и конденсатором ёмкостью 4700 мкФ (С3), – время срабатывания реле РЭС-9, даже при подаче напряжения 18,5 В сразу (не повышающееся как при зарядке С7) оказалось равным 4 секунды, время отключения (при полном снятии напряжения) – 6 секунд. При разряжении С7, при исчезновении напряжения в сети, время до отключения окажется ещё больше. Резистор R4 следует устанавливать с мощностью рассеяния 1 Вт (запас на длительную работу) и сопротивлением 200 Ом, при напряжении на С7 18,5 В и 100 Ом, при напряжении 16 В – 100 Ом с использованием в качестве К1 реле РЭС-9 паспорт – РС4524200 (фото 5-6).

"Зануление" корпуса БП (заземление) можно произвести двумя способами: через трёхпроводное соединение с питающей электросетью, а это значит, что БП будет заземлён через общий заземляющий контур дома и все помехи Вашему оборудованию и от Вашего оборудования будут общими и для Ваших соседей по дому (соединение с Землей через общее сопротивление). Вторым способом

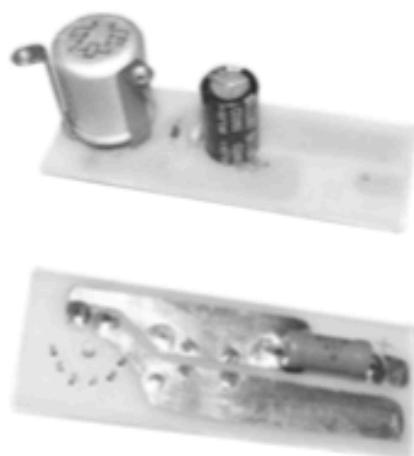


Фото 5-6. Блок реле включения нормального рабочего режима БП

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

будет заземление через отдельное качественное (с малым сопротивлением) соединение с нашей Землёй-матушкой, тогда помехи Вам и от Вас не станут достоянием окружения.

Тему статьи [1, 2] можно продолжить и установить между сетевым предохранителем FU1 и фильтром F (между обоими сетевыми проводами) варистор типа 471KD20, а между каждым из сетевых проводов и заземлённым! (любым из упомянутых способов) корпусом БП по варистору типа 14D471K. На каждый варистор нужно одеть отрезок термоусадочной трубы подходящего диаметра. Варисторы призваны защитить питаемую аппаратуру от так называемых "гичков" (кратковременных выбросов напряжений до нескольких киловольт "гуляющих" по сети из-за коммутируемых реактивных нагрузок), когда полупроводниковые переходы диодов и транзисторов питаемой аппаратуры могут быть пробиты, при этом, плавкий предохранитель, в силу его инерционности, даже не среагирует. Небольшие "гички" срезаются варисторами без видимых последствий. У упомянутых варисторов напряжение ограничения выбрано в 470 В, выше этого напряжения сопротивление варисторов стремится к нулю и, при достаточно большой амплитуде, а, главное, – длительности, варистор принимает удар на себя, пережигая плавкий предохранитель (вот почему не нужно устанавливать вместо предохранителей гвозди), в более тяжёлых случаях (которые, правда, бывают редко) варистор разлетается со звуком взрыва, чтобы не повредить компоненты аппаратуры его осколками, на варисторы и одевается отрезок толстой трубы (ПХВ или термоусадочной), если и после этого предохранитель останется цел, и такие "гички" будут повторяться, то горе защищаемой аппаратуре и её хозяину... Таким образом, вместе с плавким предохранителем, при мощном всплеске напряжения в сети, варисторы служат однократным

средством защиты и требуют после этого замены. Повторяю, такие аварийные всплески бывают редко, обычно варисторы несут свою службу исправно многие годы, подавляя "гички" и обеспечивая защищаемой аппаратуре комфортные условия.

При использовании БП в условиях, отличных от стационарных (запылённость, повышенная влажность, на выездах в полевые условия) целесообразно всестыки панелей, щели и отверстия его корпуса промазать герметиком, на крышку приклеить губчатую резину, которая будет прожиматься, при креплении крышки винтами и обеспечивать герметичность соединения. Ни одного отверстия крышка корпуса БП не имеет (за исключением отверстий под крепёжные винты и, возможно, отверстий под крепление ручки для переноса БП), вся тепловая энергия изнутри наружу выносится металлическими панелями и радиаторами, что устраняет применение дополнительных устройств вентиляции и попадание внутрь мелких фрагментов, деталей и пыли.

В данном БП применён блок сетевого фильтра DL-10DZ2KR, рассчитанный на рабочее напряжение 250 В (50/60 Гц) и ток 10 А. Этот блок включает в себя блочную сетевую трёхштырьковую вилку (под стандартный "компьютерный" сетевой шнур), сетевой выключатель по двум проводам сразу, собственно, – фильтр и держатель предохранителя, предохранитель устанавливается в разрыв одного из сетевых проводов и закрывается пластмассовой накладкой. Блок может быть установлен на задней стенке корпуса БП, либо изнутри, либо снаружи, разница лишь в разных размерах и количестве отверстий. Крепление блока производится двумя винтами с гайками и шайбами. Мне часто задают вопрос: можно ли использовать подобные БП без сетевых фильтров? Можно, но до первой мощной помехи, приходящей по сети, либо РЧ наводки. Все, рассчитанные только-только детали (без запаса на напряжение

и токи), при этом, могут выйти из строя, а стабилизатор (стабилизаторы) будет выключаться (сработает защита). Практический пример: в одну розетку через "тройник" были включены телевизор с импульсным блоком питания и БП[1], была нажата кнопка включения питания у телевизора, при этом работающий трансивер, подключенный к БП, вдруг замолчал... Анализ ситуации показал, что во время импульса включения телевизора вышел из строя один из диодов (КД2998) в выпрямителе – не хватило запаса по рабочему напряжению на импульс, а БП выключился, в результате, оказывается, БП был без сетевого фильтра, хозяин БП решил сэкономить... После ремонта БП и установки сетевого фильтра, ситуация не повторялась...

Конденсатор С8 ёмкостью 0,1...1,0 мкФ (неполярный) припаин прямо на выходных клеммах блока питания.

Ток в первичной обмотке каждого из трансформаторов, при полной загрузке примерно равен 1 А, отсюда, при сопротивлении резисторов R2 и R3 по 10 Ом, на них "упадёт" по 10 В, что уравняет напряжение сети 230 В и напряжения, на которые были рассчитаны трансформаторы ТН-61 при изготовлении. Это максимальная величина для этих резисторов. Изменяя их сопротивления относительно друг друга (в пределах 1...10 Ом), подбираем одинаковые напряжения на плечах комбинаций вторичных обмоток для схемы выпрямления со средней точкой. Блок конденсаторов С7 набран из оксидных конденсаторов 10 шт 10000 мкФ х 25...35 В и обозначен на схеме для симметрии как С7.1 и С7.2 (фото 7-8). Конденсаторы С1 и С2 дублируют аналогичные, расположенные в корпусе фильтра, поэтому, если применён готовый заводской фильтр, их можно не устанавливать.

Измерительные головки: вольтметр на напряжение 20...30 В и амперметр на ток 20...30 А устанавливаются, при необходимости

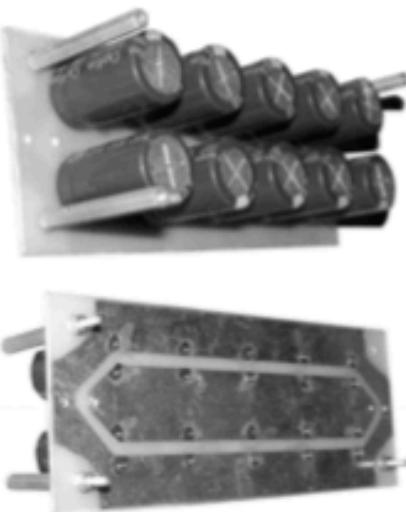


Фото 7-8. Блок конденсаторов фильтра выпрямителя БП с обеих сторон с креплением на стойках

(БП может быть сразу настроен только на одно напряжение), параллельно нагрузке и последовательно с нагрузкой, соответственно.

Ранее в статье упомянуто о дополнительных возможностях БП, теперь уже – комбинированного. Рассмотрим некоторые из них более подробно.

Казалось бы, зачем усложнять "магистральный" БП, призванный питать основную приёмопередающую аппаратуру? Каждый решает эту проблему по-своему: мне стало "обидно" за неиспользуемые обмотки силовых трансформаторов, поэтому и решил добавить ещё стабилизированные источники, которые пригодятся, например, при попутном питании других приёмопередатчиков, например, QRP, при питании электронных телеграфных ключей, модемов, различного рода "гаджетов", зарядке аккумуляторов маломощных (носимых) радиостанций, сотовых телефонов, освещении рабочего места...

Обычно у радиолюбителя аппаратура не выключается сутками, прослушивая эфир, можно одновременно что-нибудь мастерить, "не отходя от кассы"... Знакомство с дополнительными стабилизаторами начнём с лицевой панели комбинированного БП, приведённой на фото 9).



Фото 9. Лицевая панель комбинированного БП. БП включен в сеть переменного тока, основной стабилизатор нагружен резистором 10 Ом (зажимные клеммы на задней панели блока). Включены и дополнительные стабилизаторы, о чём свидетельствуют светодиоды

Сверху-вниз и слева-направо: вольтметр постоянного тока с пределом измерения напряжения 20 В показывает выходное напряжение 13,8 В. Амперметр с пределом измерения постоянного тока в 10 А имеет дополнительный шунт, поэтому его показания нужно умножить на 2, о чём свидетельствует наклейка, отсюда – полное отклонение стрелки на всю шкалу соответствует току в 20 А. Обе измерительные головки работают в составе основного стабилизатора 13,8 В комбинированного БП. В центре БП расположен переменный резистор установки выходного напряжения дополнительного стабилизатора 5...15 В. На его шкале, которая может быть проградуирована в единицах выходного напряжения этого стабилизатора, дополнительной утолщённой дугой обозначен предел регулировки выходного напряжения, которое является входным для другого дополнительного стабилизатора с выходным напряжением 5 В. Установка этого напряжения минимальным для работы стабилизатора 5 В, при заданном токе нагрузки, позволяет повысить КПД стабилизатора и снизить нагрев его регулирующего элемента.

От регулятора стабилизатора 5...15 В по лицевой панели расходятся две линии, которые указывают на

зажимные клеммы его выходного напряжения, соединённые параллельно. Полярность напряжения указана возле них наклейками. Рядом с левой группой клемм расположена клавишный выключатель стабилизатора 5...15 В, который является также и выключателем стабилизатора напряжения 5 В, который имеет и собственный выключатель, расположенный у правой группы зажимных клемм. Оба выключателя имеют светодиодную индикацию включения. Напряжение 5 В выведено на две конструктивно разные ответные части соединителей (в центральной части лицевой панели), с помощью которых может быть подключены нагрузки, оба этих вывода соединены параллельно.

Основной стабилизатор (13,8 В) довольно полно описан выше в статье по теме, поэтому здесь на рис. 3 приведена лишь принципиальная схема дополнительных стабилизаторов. Измерительные головки (вольтметр и амперметр) комбинированного БП не имеют переключателей, которые, при желании, можно установить, чтобы иметь возможность контролировать напряжения и токи в цепях дополнительных стабилизаторов. Автор счёл излишним ещё усложнять БП, тем более, что, при необходимости, ко

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

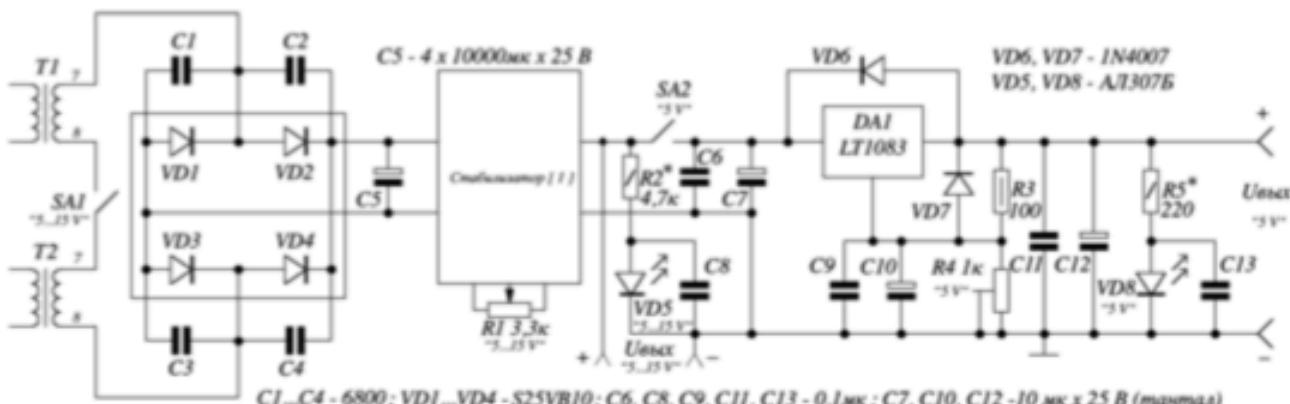


Рис. 3. Дополнительные стабилизаторы напряжения комбинированного БП.

Схема принципиальная электрическая

вспомогательным источникам могут быть подключены и другие измерители, например, мультиметр, тогда как основной стабилизатор 13,8 В нуждается в постоянном контроле, а лишние контакты в его цепях – нежелательны.

Итак, схема (рис. 3). Свободные вторичные обмотки силовых трансформаторов БП Т1 и Т2 (см. выше по теме), с выводами номер 7 и 8 с помощью выключателя SA1 соединяются согласно последовательно, переменные напряжения на них складываются ($6,3 + 6,3 = 12,6$ В) и поступают в сумму на диодный мост, здесь: выполненный единственным блоком (VD1...VD4), конденсаторы C1...C4 шунтируют диоды по РЧ и не дают им выпрямлять (детектировать) РЧ наводки. Конденсаторы фильтра C5 (а их 4 шт. по 10000 мкФ x 25 В) сглаживают пульсации выпрямленного напряжения, которое поступает на блок стабилизатора, идентичный стабилизаторам основной части комбинированного БП [1, 2], обведённой пунктиром. Разница заключается только в том, что установочный подстроечный резистор здесь заменен переменным выносным на переднюю панель БП (R1) для оперативной регулировки выходного напряжения с этого дополнительного стабилизатора БП. С выхода этого блока стабилизатора напряжение поступает на две пары зажимных клемм для питания нагрузок и на выключатель SA2, с замкнутых

контактов которого уже стабилизированное напряжение поступает на следующий стабилизатор с выходным фиксированным напряжением 5 В для питания всякого рода гаджетов, для чего предназначены параллельно включенные ответвительные части соединителей ("Джек" и "USB"). Подстроечным резистором R4, при предварительной настройке, устанавливается выходное напряжение точно 5 В, при этом входное напряжение (выходное напряжение регулируемого стабилизатора) должно быть не ниже 7 В. Для чего применена последовательная схема двух стабилизаторов? Не проще ли было подключить к одной из обмоток трансформаторов через выпрямитель этот последний низковольтный стабилизатор и, вместо него с усложнённой схемой и изоляцией от радиатора, применить простую КРЕНку на 5 вольт, заземлив её "язычок" непосредственно на радиатор? В выбранном варианте есть свои плюсы: во-первых, экономятся диоды и конденсаторы, во-вторых, стабилизация напряжения и подавление пульсаций от обоих блоков перемножаются, что обеспечивает высокое качество выходного напряжения, которым можно питать качественные высокочувствительные устройства, в-третьих, паразитная тепловая энергия распределяется на оба стабилизатора и лучше рассеивается, в-четвёртых, появляется возможность установкой входного напряжения стабилизатора 5 В, в

зависимости от потребляемого нагрузкой тока, оперативно управлять КПД, снижая потребление электроэнергии, и, наконец, – этим устраивается подбор ИМС стабилизаторов, разброс выходных напряжений которых бывает довольно большим. Оба стабилизатора имеют светодиодную индикацию (VD5 и VD8) наличия напряжений на их выходах и могут быть отключены за ненадобностью с помощью клавишных выключателей SA1 и SA2.

На рис. 4 приведён эскиз монтажной платы стабилизатора 5 В, на рис. 5 – расположение деталей на плате стабилизатора 5 В.

Плата выполнена по той же технологии, что и платы других стабилизаторов – на куске стеклотекстолита, фольгированного с двух сторон. Под корпус ИМС делается прорезь шириной 10 мм в плате – языкок ИМС с помощью винта с гайкой и шайб крепится к подстилающей поверхности задней стенки корпуса БП через изолирующую прокладку с прослойкой термопасты КПТ-8. Противоположная сторона эскизу на плате – сплошная фольга – общий провод-минусовая шина. Все пятачки, не соединённые с фольгой шин на эскизе, просверлены насквозь и обеспечивают, таким образом, соединение выводов деталей с общим проводом пайкой на противоположной стороне платы. Электролитические конденсаторы на этой плате типа K53-18 с емкостями от 10 до



Рис. 4. Эскиз монтажной платы стабилизатора 5 В. Вид со стороны печатных проводников.

Размер платы 60x40x1,5 мм

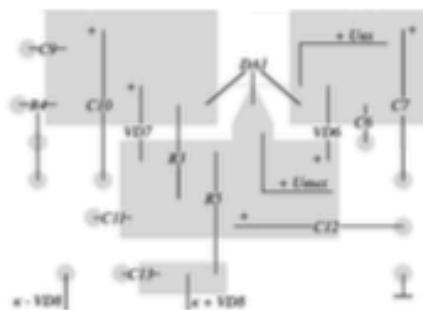


Рис. 5. Эскиз монтажной платы стабилизатора 5 В. Вид со стороны расположения деталей

68 мкФ, оксидные обычные должны иметь ёмкость на порядок больше. Конденсаторы фильтра выпрямителя дополнительных стабилизаторов крепятся точно таким же способом, как и конденсаторы фильтра выпрямителя основного стабилизатора 13,8 В, только конденсаторов здесь всего четыре и расположены они в один ряд. На радиаторах через изолирующие прокладки закреплены: блоки диодов выпрямителя для основного стабилизатора и "собирающие" блоки диодов на выходе этого стабилизатора, на задней панели – ИМС стабилизатора на 5 В. Остальные однотипные стабилизаторы закреплены язычками полевых транзисторов на радиаторах и задней стенке корпуса БП непосредственно (с использованием термопасты КПТ-8).

При создании блока питания была поставлена цель: избежать применения различного рода вентиляторов для охлаждения БП – вся тепловая энергия должна пассивно выводиться из блока наружу и

там рассеиваться. Для этого выбраны довольно массивные литые или фрезерованные радиаторы в качестве боковых стенок, на которых через изоляцию или без оной изнутри, если позволяет электрическая схема, крепятся все "греющиеся элементы" – диоды, транзисторы. Нижняя панель корпуса БП выполнена из дюралиюминия, также имеет достаточно большую поверхность, которая обтекается потоком воздуха снизу, так как БП опирается на ножки, приподнимающие его над поверхностью, например, стола (выводят тепло от мощных резисторов и от силовых трансформаторов, закреплённых на этой нижней панели). Задняя дюралиюминиевая панель БП служит радиатором для полевого регулирующего транзистора вспомогательного стабилизатора 5...15 В (укреплённого за "язычок" непосредственно на панели с термопастой КПТ-8) и ИМС стабилизатора 5 В (укреплённую на радиаторе через слюдянную или полимерную прокладку с использованием термопасты КПТ-8). Верхняя крышка БП является радиатором для диодного моста вспомогательных источников питания, который закреплён на ней изнутри в центральной части с использованием термопасты КПТ-8. Все панели корпуса БП имеют как электрический, так и тепловой контакт друг с другом, поэтому возможно перераспределение между ними для излучения в окружающее пространство (воздушную среду) тепловой энергии, выделяющейся при работе БП.

Способ маркировки узлов управления БП и входов-выходов путём наклеивания отпечатанных на лазерном принтере ярлычков можно признать как временный, привыкнув к БП, его пользователь, как правило, уже не обращает внимания на надписи, – ориентируется автоматически. Покрытые скотчем надписи довольно долго "держатся" на панелях конструкций, приклеивание можно производить канцелярским клеевым карандашом – kleem для бумаги. Надписи можно

нанести гравировкой или осаждением специального шрифта на покрашенную поверхность лицевой панели, например. Остальные панели корпуса БП красить нежелательно, так как это будет снижать теплообмен с окружающей средой (на лицевой панели не укреплено греющихся компонентов (светодиоды – не в счёт)).

В схеме основного стабилизатора – параллельно работающих двух стабилизаторов, между упразднены блоки диодов Шоттки, стоящие на их входах, при этом, оставлены блоки диодов на выходах стабилизаторов. Эти диоды, кроме функции суммирования, защищают стабилизаторы и от обратного напряжения, поданного в "неправильной" полярности.

Настройка стабилизаторов... Основные стабилизаторы (их две штуки, работающие параллельно) настраиваются индивидуально на выходное напряжение 13,8 В (для перестраховщиков можно – 13,5 В) и идентичность выходных напряжений, желательно с нагрузкой, например, резистором в 10 Ом (25 Вт), закреплённым для отвода тепла на радиаторе. Затем выходы стабилизаторов запаиваются в группу согласно схемы. Между (теперь общим) стабилизатором и выходной клеммой (в разрыв одной из шин – отрицательной или положительной) впаивается амперметр измерения тока в нагрузку. Здесь нужно сделать отступление и ответить скептикам: да, все дополнительные включения в цепи между БП и нагрузкой (диоды, амперметры, длинные и тонкие провода) влияют на величину просадки напряжения под действием тока нагрузки. Вопрос только о конечном значении этой просадки, её допустимости. Уменьшение просадки может быть достигнуто и здесь путём устранения суммирующих диодов (ценой риска и строгого поддержания идентичности выходных напряжений на выходах слагаемых общего стабилизатора), применением в качестве измерителя тока нагрузки микроамперметра, шунтом для которого будет, например,

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

участок отрицательной шины у выхода на нагрузку (если выводы микроамперметра соединить вместе и подставить к шине в одной точке, стрелка прибора не будет отклоняться, если выводы начать раздвигать по шине, при наличии тока в ней, то стрелка микроамперметра начнёт отклоняться в сторону, соответствующую полярности приложенного напряжения, раздвигая выводы по шине нетрудно отградуировать измеритель по току максимального отклонения стрелки или отклонения на нужное число делений. В результате мы получим минимальное влияние на сопротивление выходных проводников и минимум пропадки напряжения между БП и нагрузкой). Длинные и тонкие соединительные провода между БП и нагрузкой эквивалентны включению дополнительных сопротивлений, на которых падает напряжение, при токе в нагрузку. Соединительные провода для блоков питания, подобных описываемому, следует выбирать с сечением не менее 2,5 кв. мм, при как можно малой длине, следует обратить внимание и на диаметры проводов внутреннего монтажа БП, сообразно протекающим токам.

Установка выходных напряжений вспомогательных стабилизаторов затруднений не вызывает и осуществляется переменным резистором R1 (рис. 3), расположенным в центре лицевой панели БП (фото 9) для стабилизатора 5...15 В, и подстроечным резистором R4 (рис. 3) на плате стабилизатора 5 В (по расчёту сопротивление этого резистора равняется 300 Ом, для более точной установки из-за разброса параметров деталей выбран подстроечный резистор).

Читатель заметил, что все звенья БП выполнены на элементах повышенной мощности (установлены с запасом), что позволяет увеличить надёжность блока, снизить нагрев и создать задел на будущую модернизацию блока с целью увеличения его мощности. Самой маломощной деталью (точнее, деталями) является комбинация

силовых трансформаторов, которую можно заменить на более мощные или один с габаритной мощностью в 600...1000 Вт с соответствующими диаметрами проводов обмоток. Схема выпрямителя со средней точкой остаётся, при больших токах, самой приемлемой и с точки зрения наличия всего двух вентилей в двухполупериодном выпрямителе, и с точки зрения уменьшения диаметров проводов обмоток. Пример: ток от вторичной обмотки для мостовой схемы 30 А –

диаметр провода = 4,5 мм, для схемы со средней точкой 30 А – диаметр провода = 3,2 мм. Естественно, что наматывать трансформатор последним проводом удобнее, хоть и мотать придётся вдвое больше...

ИМС дополнительного стабилизатора 5 В способна отдать в нагрузку ток до 7,5 А, со снижением "надежд" на величину тока можно, вместо LT1083, применить LT1084, или LT1085, или отечественные аналоги – К142ЕН22(А).



Фото 10. Комбинированный БП, вид на заднюю панель. В левой части изнутри закреплён блок сетевого фильтра с выключателем сети и предохранителем. В центре – зажимные клеммы выходного напряжения основного стабилизатора 13,8 В. В правом нижнем углу зажимная клемма для подключения к качественному индивидуальному заземлению; при этом, в сетевом шнуре БП, в сетевой вилке следует отключить провод зануления, прервав, таким образом, путь распространения помех как к ближайшему соседнему окружению, так и от него.



Фото 11. Общий вид комбинированного БП. В центре верхней панели видна головка винта, удерживающего блок мостового выпрямителя для вспомогательных стабилизаторов.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Применение в стабилизаторах танталовых конденсаторов позволяет снижать их ёмкость, необходимую для схемы, примерно в десять раз по отношению к оксидным.

Автором применены конденсаторы типа К53-18 с номиналами от 20 до 68 мкФ.

На **фото 10-11** приведен внешний вид комбинированного блока питания.

Автор приносит извинение за не совсем стандартный вид БП – изготовлен буквально на коленях с арсеналом доступных в домашних условиях материалов и компонентов. Желаю успеха!

Рисунок печатной платы (файл `srpb_lay.zip`) вы можете загрузить с сайта журнала:
<http://www.radioliga.com> (раздел "Программы")

73! CHEERIO!

