

Блок питания 13,8 В – 10 А

Блок питания, описание которого приводится здесь, предназначен для работы с УКВ ЧМ радиостанциями, имеющими выходную мощность порядка 50 Вт, такими например, как Alinco DR-130, которая работает при напряжении питания 13,8 В и потребляет, при этом, ток чуть менее 10 ампер. Из его достоинств следует отметить низкое падение напряжения на выпрямительных диодах и регулирующем транзисторе, в качестве которого применён полевой транзистор (ПТ) IRF2505 [1] и наличие системы защиты от короткого замыкания [2], [3].

Переменный ток напряжением 220 В из питающей сети проходит через замкнутые контакты выключателя SA1, катушку сетевого фильтра L2 и поступает на первичную обмотку I силового трансформатора T1, пройдя её, “возвращается” в сеть через катушку сетевого фильтра L1 и плавкий предохранитель FU1. Этим описывается путь тока в “первичном контуре”, который, циркулируя, как в теплотехнике, передаёт энергию “вторичному контуру”, гальванически развязанному с первичным. По аналогии, взятой из теплотехники, “обменником” здесь выступает силовой трансформатор T1. Со вторичной обмотки II T1, имеющей отвод от середины, положительные полуволны, индуцированного в ней тока пониженного напряжения в противофазе поступают на выпрямительные диоды VD2 и VD3 и, пройдя их, попеременно заряжают конденсатор сглаживающего фильтра C9. Средняя точка обмотки II T1 соединена с отрицательным выводом этого конденсатора.

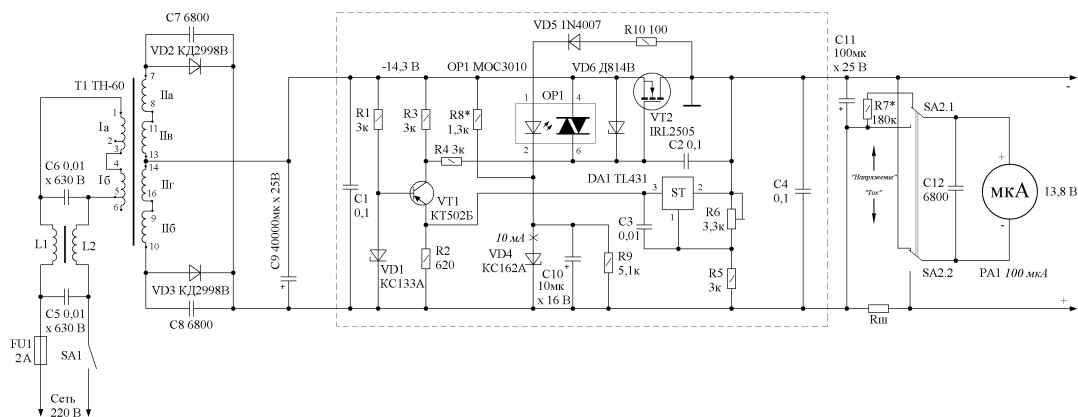


Рис. 1. Блок питания 13,8 В 10 А. Схема принципиальная электрическая

К фильтру подключен линейный стабилизатор с регулирующим элементом на ПТ VT2. Для управления этим транзистором требуется невысокое напряжение (2,5...3 В), поэтому отпала необходимость строить отдельный выпрямитель для питания управляющих ПТ цепей как, например в [4]. Для защиты от излишнего фона переменного тока и

существенного увеличения коэффициента стабилизации в стабилизаторе применён “регулируемый стабилизатор” - микросхема TL431 (отечественный аналог КР142ЕН19) DA1 – Рис. 1. Транзистор VT1 – согласующий, стабилизатор VD1 стабилизирует напряжение в его базовой цепи. Выходное напряжение стабилизатора можно рассчитать как: $U_{\text{вых}} = 2,5(1 + R5/R6)$. Стабилизатор работает следующим образом: представим, что при подключении нагрузки выходное напряжение стабилизатора на мгновение упало, уменьшится напряжение и на средней точке делителя R5/R6, микросхема DA1 (как параллельный стабилизатор) станет потреблять меньший ток, при этом, на её нагрузке – резисторе R2 уменьшится падение напряжения. Поскольку этот же резистор стоит в эмиттерной цепи транзистора VT1, то при стабилизированном напряжении на его базе, транзистор более откроется, обеспечив увеличение напряжения на затворе транзистора VT2, который сильнее откроется и компенсирует падение напряжения на выходе стабилизатора, обеспечив, таким образом, его стабилизацию. Резистором R6 устанавливается выходное напряжение. Помните, при неизменном входном напряжении стабилизатора и уменьшении выходного, при неизменном токе нагрузки, рассеиваемая мощность на регулирующем транзисторе увеличивается. При падении напряжения в сети до уровня недостаточного для работы стабилизатора, при максимально необходимом токе нагрузки (падение напряжения на VT2 менее 0,5 В), порой достаточно на несколько десятых вольта уменьшить выходное напряжение стабилизатора с помощью R6, чтобы войти в режим стабилизации и успешно продолжить работу в эфире. Конденсаторы в схеме стабилизатора способствуют повышению устойчивости его работы.

Данный блок питания является менее мощной версией устройства, описанного в [3], базируется на нём и дополняет его. Здесь применён такой же стабилизатор с защитой, сохранены позиционные обозначения деталей на его монтажной плате, с целью возможности её использования. Исключён двухступенчатый пуск БП и схема защиты от перенапряжения как неактуальные для такого БП, введено измерительное устройство, включающее в себя стрелочный микроамперметр с пределом 100 мкА RA1, дополнительный резистор R7, шунт Rш, защитный от РЧ наводок конденсатор C12 и переключатель SA2, служащий для переключения режимов работы измерителя: измерения тока нагрузки БП или его выходного напряжения. В БП установлен менее мощный, чем в [3] силовой трансформатор Т1 – унифицированный накальный ТН-60. Поскольку температурный режим работы ПТ в данном БП облегчённый, применён ПТ в корпусе ТО-220 типа IRF2505, обладающий более высоким, относительно радиатора, переходным тепловым сопротивлением чем IRF2505S, применённый в [3] и рассчитанный на крепление к теплоотводу с помощью пайки. Трансформатор ТН-60 встречается в двух модификациях: с питанием только от сети 220 В и с комбинацией первичных обмоток, позволяющих подключать трансформатор к сети с напряжениями 110, 127, 220 и 237 В. Соединение обмоток Т1 на Рис. 1

показано для напряжения 237 В. Это сделано с целью снижения тока холостого хода Т1, уменьшения поля рассеяния и нагрева трансформатора, повышения КПД БП. В сетях с пониженным напряжением относительно 220 В, следует соединить между собой выводы 2 и 4 первичных обмоток, а не 3 и 4, как на Рис. 1. В сетях с повышенным напряжением и трансформатором первого типа (только на 220 В), последовательно с первичной обмоткой следует включить мощный проволочный резистор сопротивлением до 10 Ом, помня о том, что и включение первичных обмоток на повышенное напряжение и дополнительные резисторы снижают нагрузочную способность БП, нужен разумный компромисс. Для уменьшения просадки напряжения под нагрузкой, применена схема выпрямителя со средней точкой с использованием диодов Шоттки, включение обмоток Т1 оптимизировано с целью равномерного распределения на них нагрузки, применён монтажный провод с сечением жилы не менее 1 кв. мм. Диоды Шоттки установлены без прокладок на небольшом общем радиаторе от старого компьютерного монитора (алюминиевой пластине размерами: 75 x 60 x 4 мм, для увеличения поверхности охлаждения радиатор расстрижен сверху с шагом 5 мм на глубину 25 мм, полученные полоски разведены.), который с помощью имеющихся штырьков впаян в плату, на которой размещён набор конденсаторов С9. Конденсатор фильтра С9 набран из четырёх оксидных 10000 мкФ x 25 В. В качестве измерителя РА1 применена головка М2001 с током полного отклонения 100 мкА. В качестве шунта Рш для измерения тока нагрузки используется “плюсовой” провод, соединяющий шину на печатной плате от выводов С9 до клеммы подключения нагрузки, один провод измерителя (через SA2) припаивается на печатной плате, другой, - непосредственно к клемме, провод, соединяющий плату и клемму служит шунтом. Другими словами: измеритель, при измерении тока нагрузки, припаивается к одному и тому же проводу, только в разных его частях, сопротивление соединительного провода между подключенными проводами измерителя служит шунтом – Рш. Градуировку измерителя, при измерении тока можно выполнить, подключив к выходным клеммам БП регулируемую нагрузку последовательно с амперметром со шкалой на ток, хотя бы, 2...5 А. Устанавливая ток, например, 2 А, подбираем длину соединительного провода – шунта (скручивая оголённую петлю из него, или, отключив питание, перепайваем провод к клемме с новой уменьшенной длиной), добиваемся отклонения стрелки РА1 на 20 делений, что, при шкале в 100 делений (10 А) и будет соответствовать току 2 А. На этом градуировка амперметра заканчивается. Переводим SA2 в другое положение, включив последовательно с измерителем РА1 подстроечный резистор сопротивлением не менее 220 кОм (реостатом и установив его движок в положение максимального сопротивления), сверяем показания РА1 с показаниями вольтметра постоянного тока, подключенного к выходным клеммам БП. Для удобства считывания значений требуемого напряжения, при шкале на 100 делений, придётся ввести делитель на 5,

при измерении напряжений, или изготовить отдельную шкалу на 20 В. Подстроечный резистор можно оставить, зафиксировав его движок, но как показывает практика, лучше установить в качестве R12 постоянный резистор, сверив его сопротивление с сопротивлением подстроечного, - стабильнее показания РА1 во времени. Монтаж ПТ на радиаторе не вызывает затруднений. Сначала нужно шлифовать “посадочное” место под транзистор, которое должно быть ровным и отполированным до блеска. Транзистор прижимается к радиатору пружинной скобой с помощью винта М3 с пружинной шайбой, который ввинчивается в тело радиатора по нарезанной резьбе. Если нет уверенности в качестве термопасты (например, КПТ-8), то, лучше от её применения отказаться вовсе. Транзистор монтируется на радиаторе без изоляции, что является положительным моментом, но не забывайте, что отрицательный полюс выходного напряжения БП соединён с корпусом.

Конструктивно БП очень прост: задней стенкой его является радиатор, передней - такой же по длине и ширине кусок дюралюминия толщиной 4 мм, стенки скреплены между собой четырьмя штырями диаметром 7 мм из стали, с торцов которых имеются отверстия с резьбой М4. К нижним штырям привёрнута (четырьмя винтами М4 с помощью отверстий с нарезанной резьбой) полочка из дюрала толщиной 2 мм под Т1 по его размерам. Таким же образом привёрнута полочка из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, на которой смонтированы конденсаторы С9 и радиатор с диодами VD2, VD3. На передней стенке расположены две пары выходных клемм (параллельных) для подключения нагрузок, измеритель - РА1, регулятор выходного напряжения - R6, переключатель измерителя - SA2, патрончик под предохранитель FU1 и выключатель питания БП - SA1. Клемму для подключения заземления можно вкрутить вместо одного из винтов крепления к штырям передней или задней стенок БП. Защитный кожух для БП можно свернуть из мягкой стали или собрать из отдельных панелей из дюрала. Он представляет собой П-образную скобу, которая одевается на конструкцию сверху и крепится всё к тем же (нижним) штырям, винтами в отверстия с нарезанной резьбой, также крепится и нижняя крышка корпуса БП. Радиатор под ПТ применён готовый от блока питания старой УКВ ЧМ радиостанции “Кама - Р”. Его внешние размеры: 123 x 123 x 20 мм. Длина скрепляющих стержней диаметром 7 мм - 260 мм, но может быть с успехом сокращена до 200 мм за счёт более плотного монтажа. Размеры полочек: дюралевой под Т1 - 117,5 x 90 x 2 мм, из стеклотекстолита - 117,5 x 80 x 1,5 мм. Сетевой фильтр представляет собой симметричный дроссель с двумя противофазными, относительно пути прохождения тока, обмотками L1 и L2, они наматываются плоским двухпроводным сетевым шнуром до заполнения на ферритовом стержне от магнитных антенн радиоприёмников. Длина стержня 160...180 мм диаметр 8...10 мм, материал 400НН...600НН. К выводам катушек, согласно схемы на Рис. 1, припаяны конденсаторы типа К73-17, рассчитанные на рабочее напряжение не менее 500 В.

Совокупность деталей фильтра, заворачивается в негигроскопичный материал, например, электрокартон, затем оборачивается белой жёстью, швы пропаиваются, выводы проходят через проходные изоляторы. Фильтр в корпусе БП располагается вдоль нижнего правого штыря (если смотреть от передней стенки). Переменный резистор R6 вынесен на переднюю панель БП и соединён с платой стабилизатора экранированным одножильным проводом, центральная жила которого соединяется с управляющим выводом 1 микросхемы DA1, а экран - с “заземлённым минусом” источника питания, обеспечивая одновременно экранировку от возможных РЧ наводок, могущих повлиять на стабильность выходного напряжения стабилизатора.

Всем хорош стабилизатор [1], но что произойдёт, если ток нагрузки превысит предельные значения для регулирующего транзистора, другими словами, произойдёт короткое замыкание. Повинуясь алгоритму своей работы, упомянутому выше, VT2 полностью откроется, попытаться ограничить максимальный ток через ПТ можно, подобрав режим работы транзистора VT1 да и DA1 должна работать, вроде, как компаратор, но надёжнее, всё-таки, применить защиту на оптопаре, как, например, в [2]. Несколько в изменённом виде эта защита представлена и на Рис. 1. Поскольку регулирующий ПТ VT2, для обеспечения неизолированной установки на радиатор, размещён в минусовой цепи стабилизатора, то для понятия принципа действия защиты, лучше представить плюсовую шину общей, приняв её потенциал за 0 В, а минусовую, в разрыв которой включен ПТ, с отрицательным потенциалом относительно 0 В (плюсовой шины). Параметрический стабилизатор на стабилитроне VD4 - КС162А обеспечивает напряжение - 6,2 В, для обеспечения большей стабильности этого напряжения, - ограничения тока через стабилитрон в дежурном режиме, с помощью нагрузочного резистора R9, его рабочая точка выведена ближе к середине ВАХ (его характеристики), быстрые изменения напряжения и шумы блокированы конденсатором С10. С полученным опорным напряжением сравнивается выходное напряжение стабилизатора (отрицательной полярности, например, -13,8 В) через цепочку светодиод оптопары - диод VD5 и ограничительный резистор R10. Выходное напряжение стабилизатора - выше опорного, следовательно, оно смещает переход диода VD5, запирая его. Ток через светодиод не идёт. Стоит замкнуть выходные клеммы стабилизатора, как на правом (по схеме Рис. 1) выводе резистора R10 отрицательное напряжение исчезнет, опорное откроет диод VD5, светодиод оптопары зажжётся, сработает фотосимистор оптопары, который замкнёт накоротко затвор с истоком VT2, обеспечив закрытие транзистора, этим выходной ток стабилизатора будет ограничен. Для приведения в рабочий режим, БП выключают с помощью сетевого выключателя SA1, устраняют к. з. и снова включают, при этом, система защиты встанет в исходное дежурное состояние.

Применение подобных стабилизаторов на ПТ делает порой ненужной схему защиты питаемой аппаратуры от превышения напряжения,

возникающего вследствие пробоя регулирующего транзистора, так как, в этом случае, это напряжение увеличится всего на 0,5...1 В, что, обычно, входит в нормы допуска для питаемой аппаратуры, увеличится лишь фон переменного тока, по которому и можно заметить неисправность. Для более критичной к этому параметру техники можно предложить схему “жесткого” ограничителя, именуемого на Западе “crow bar” [3]. Суть системы заключается в сжигании плавкого предохранителя, включенного последовательно с нагрузкой с помощью мощного тиристора при превышении установленного порогового напряжения на выходе стабилизатора. При желании такую защиту можно ввести и в другие стабилизаторы, но в данном случае, из-за низкого входного напряжения стабилизатора, такая защита просто не нужна.

Стабилитрон VD6, включенный между истоком и затвором VT2, служит для защиты ПТ от превышения допустимого напряжения затвор-исток и является обязательным элементом в стабилизаторах с повышенным входным напряжением (от 15 В и выше).

Сетевой фильтр C5L1L2C6 состоит из двух конденсаторов ёмкостью 0,01 мкФ на рабочее напряжение 630 В и двух катушек, включенных между ними. Катушки намотаны плоским сетевым шнуром на ферритовом стержне диаметром 8...10 мм и длиной 140...160 мм от магнитной антенны радиовещательного приёмника. Возможна такая же одновременная намотка катушек на ферритовом кольце с проницаемостью 2000...10000 и диаметром 32...60 мм до заполнения.

До сборки БП следует обязательно проверить номиналы всех деталей и их исправность. Соединения внутри БП следует проводить толстыми проводами минимальной длины. Параллельно всем оксидным конденсаторам, прямо на их выводы следует припаять неполярные ёмкостью 0,1...0,22 мкФ, устанавливая таковые в непосредственной близости от активных элементов, при малейшем намёке на нестабильную работу стабилизатора. При работе с радиопередающей аппаратурой, следует исключить наводки на детали стабилизатора, подводящие и отводящие провода. У выходных зажимов БП следует включить фильтр, подобный сетевому (Рис.1), с той лишь разницей, что катушки должны быть намотаны на ферритовом кольце или ферритовой трубке, применяемых в старых мониторах и телевизорах зарубежного производства и содержать всего два - три витка изолированным проводом большого сечения (не менее, чем отводящие провода), а конденсаторы могут быть рассчитаны на меньшее рабочее напряжение.

Описываемый БП использует максимум возможностей для получения источника питания с минимальным выходным сопротивлением (внутренним сопротивлением источника) для своего класса: достаточно мощный силовой трансформатор с толстыми проводами обмоток, схема двухполупериодного выпрямителя со средней точкой, позволяющая уменьшить потери на диодах и сами диоды применены с барьером Шоттки, мощный полевой транзистор имеет низкое сопротивление канала в открытом состоянии, применённая защита от к. з. повышает надёжность

устройства. Вместо ТН-60 в качестве Т1 можно применить ТН-61. На Рис. 2 приведён эскиз печатной платы (размерами 52,5 x 55 мм) узла стабилизатора с защитой от к.з. На схеме Рис. 1 этот узел обведён пунктирной линией. На Рис. 3 – эскиз расположения деталей на этой плате. Плата выполнена из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм, фольга на нижней стороне платы соединена с минусовой выходной шиной стабилизатора (“заземлённой” на схеме Рис. 1) отдельным проводом. Плата разработана в том же стиле, что используется в [1]. Свободные выводы оптопары ОР1 можно никуда не припаивать. На плате условно в местах пайки деталей обозначены отверстия, но таковые есть только для пайки к фольге с нижней стороны платы (“заземляемой” фольге с нижней стороны платы), остальной монтаж ведётся сверху, со стороны печатных проводников без сверления отверстий. Следует при монтаже,

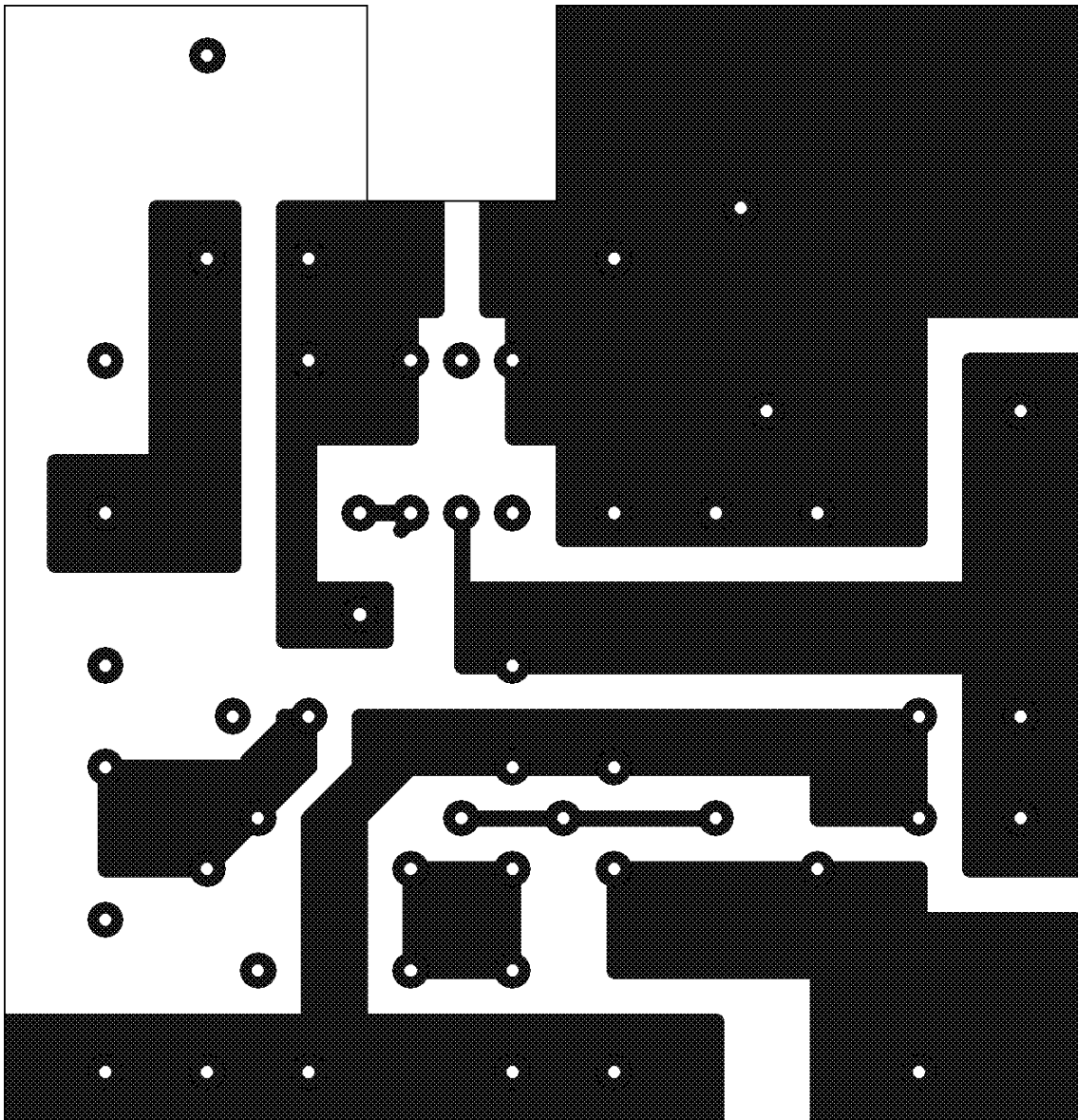


Рис. 2. Эскиз печатной платы стабилизатора. Размеры 52,5 x 55 мм

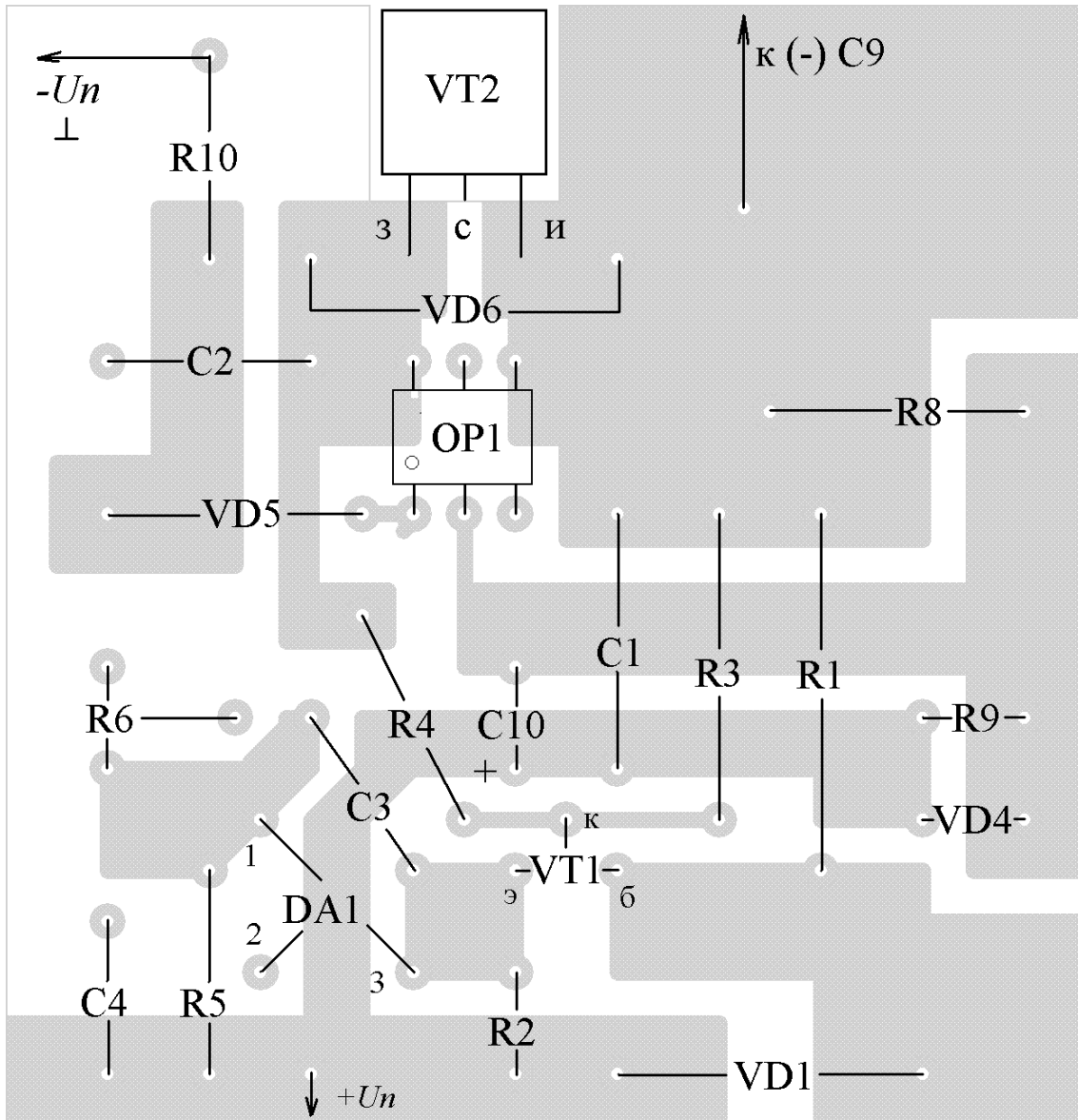


Рис. 3. Эскиз расположения деталей на монтажной плате стабилизатора

отводить от платы большие токи, не использовать фольгу в качестве шины, припаивать провода вблизи выводов транзистора VT2.

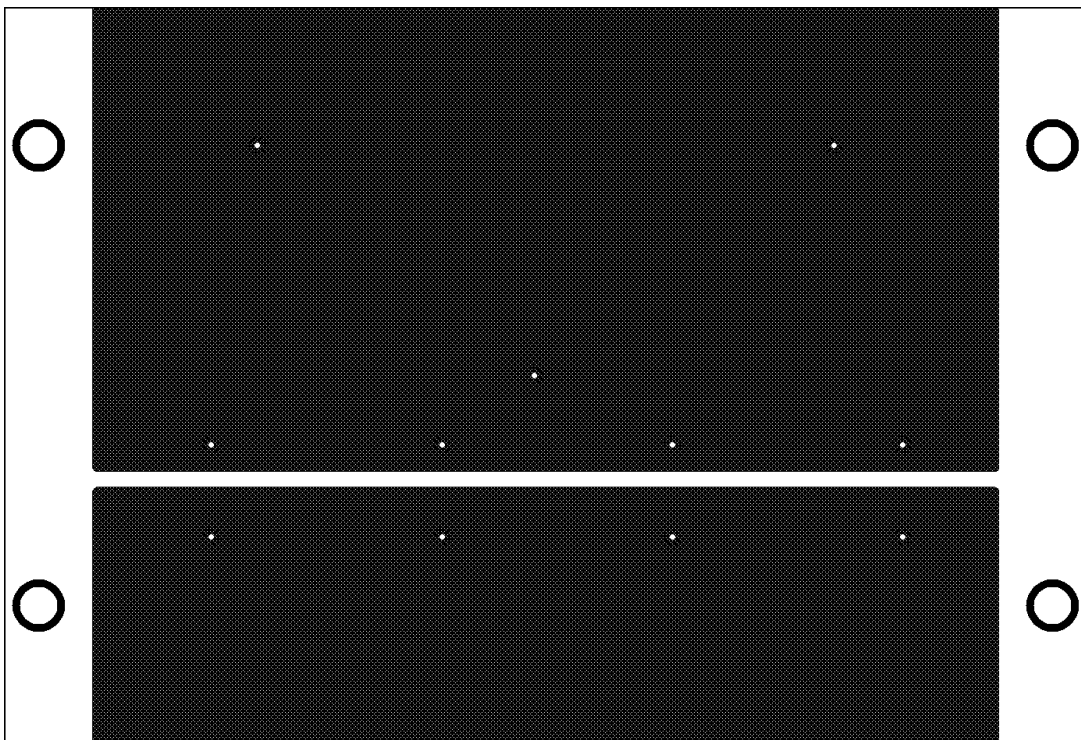


Рис. 4. Эскиз монтажной платы под диоды (на радиаторе) и конденсаторы фильтра. Размер платы 117,5 x 80 x 1,5 мм. Материал: стеклотекстолит фольгированный с одной стороны

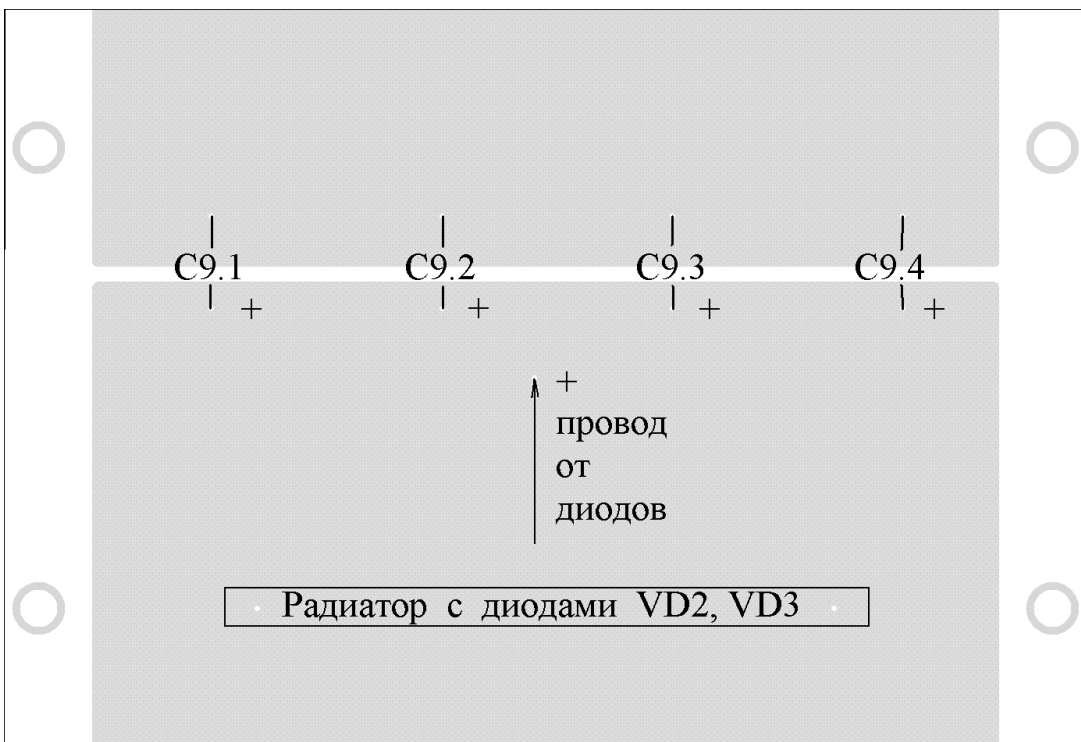


Рис. 5. Эскиз монтажной платы под диоды (на радиаторе) и конденсаторы фильтра. Вид со стороны установки деталей. Все отводящие провода припаиваются к плате внахлёт у выводов конденсаторов С9 в центральной части платы



Рис. 6. Блок питания 13,8 В 10 А. Вид спереди

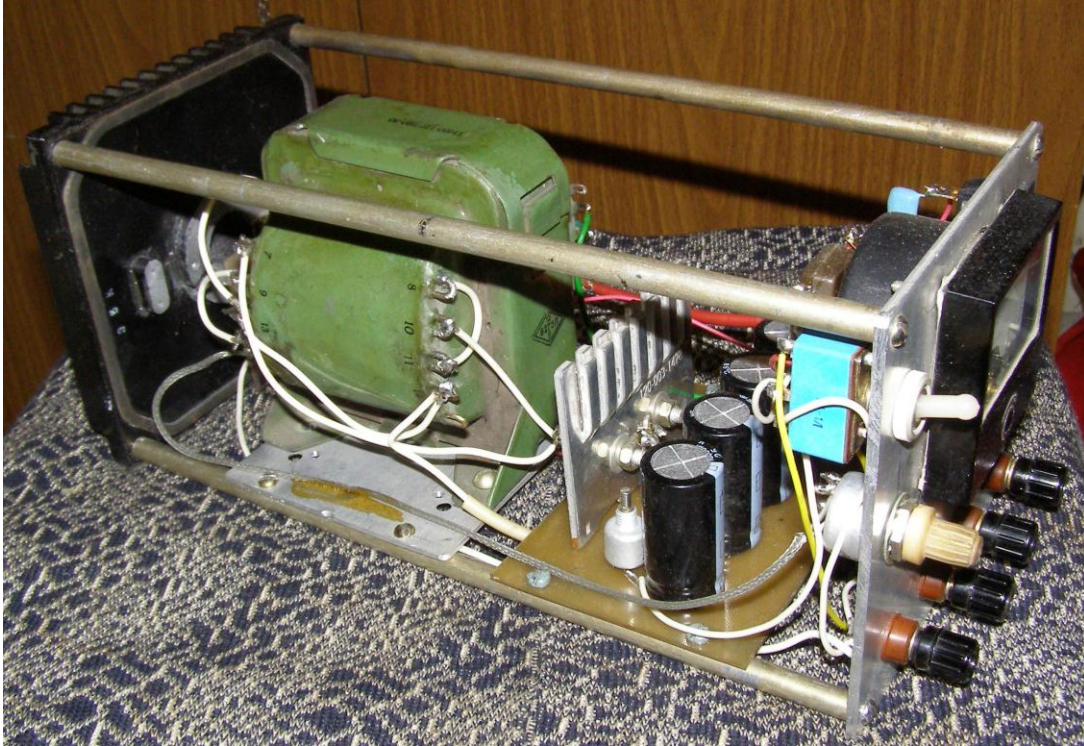


Рис. 7. Блок питания 13,8 В 10 А. Вид на БП сбоку со снятой крышкой корпуса

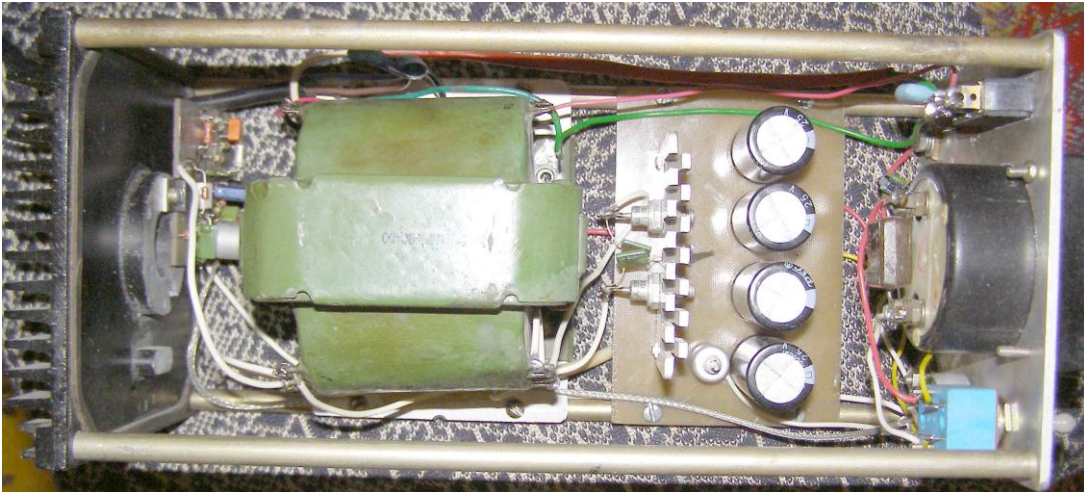


Рис. 8. Блок питания 13,8 В 10 А. Вид на БП сверху со снятой крышкой корпуса



Рис. 9. Блок питания 13,8 В 10 А. Вид на БП сзади со снятой крышкой корпуса

Имея такой стабилизатор, как в статье, можно построить большое количество различных БП, рассчитанных на разные токи нагрузки. Выходные параметры будут зависеть, в основном, от применённого силового трансформатора и набора оксидных конденсаторов в фильтре. Возможна и комбинация, например, для увеличения тока нагрузки вдвое, можно применить параллельное включение вторичных обмоток таких трансформаторов как ТА-60, ТН-61 (двух одинаковых).

- Литература: 1. В. Нечаев. Модуль мощного стабилизатора напряжения на полевом транзисторе. Радио № 2 2005 г стр. 30
2. Стабилизатор с очень низким падением напряжения.
<http://cqham.ru/uldstab.htm>
3. В. Беседин. Защищаемся... Радиомир № 3 2008 г, стр.12...16
4. Прецизионный стабилизатор накала.
http://klausmobile.narod.ru/appnotes/an_11_fetreg_r.htm