

Автор статьи делится своим опытом в практике ремонта блоков питания (БП) типа ИПС-1, а также рассматривает вопросы, связанные с их самостоятельным изготовлением. Разумеется, самодельная конструкция предполагает улучшение технических характеристик в сравнении с прототипом. Этому вопросу в данной статье уделено особое внимание. Рассмотрены также варианты более мощных БП на ток до 7 А, прототипом которых является ИПС-1.

# Блок питания ИПС-1.

## Ремонт, модернизация и самостоятельное изготовление

А.Г. Зызюк, г. Луцк

Рассматриваемые БП выпускались небольшими партиями, поэтому достаточно дефицитны. Особенностью схемы БП типа ИПС-1 является отсутствие в ней дефицитных или дорогостоящих комплектующих, высокая повторяемость и легкость налаживания БП. Все это позволяет рекомендовать данный БП для изголовления начинающими радиолюбителями.

Схема БП ИПС-1 показана на **рис. 1**, печатная плата – на **рис. 2**, расположение деталей на ней – на **рис. 3**. Разводка печатных проводников существенно отличается от заводского варианта. В схему рисунка печатной платы внесены изменения, направленные на устранение “узких” мест, увеличены расстояния между печатными проводниками и площадками – все это сделано для того, чтобы облегчить выполнение печатных проводников в домашних условиях. Печатная плата рассчитана на использование следующих комплектующих: R1 – 7,5 кОм, R2 – 20 Ом, R3 – 2,2 кОм (ММТ-13В), R4 – 470 Ом (СП3-38в-II), R5 – 1 Ом, R6 – 1,6 кОм, R7 – 1,8 кОм, R8, R11 – 4,7 кОм, R9 – 2,2 кОм (СП3-38в-II), R10 – 3,6 кОм, R12 – 24 кОм, R13 – 680 Ом, R14 – 56 Ом, R15 – 1 кОм, R16, R17 – 4,7 кОм (СП3-4aM); C1–C4 – 0,068 мкФ (K10-7B), C5 – 200 мкФx16 В (K50-16), C6, C7 – 2000 мкФx50 В (K50-16); VD1–VD4 – КД202В, VD5, VD7 – КД522Б, VD6 – Д818Б; VT1, VT4 – КТ315Г, VT2, VT3, VT5 – КТ361Г, VT6 – КТ829В. Все постоянные резисторы типа МЛТ. Терморезистор R3 заменим более распространенным типом КМТ или ММТ. Подходят и другие терморезисторы с отрицательным ТКС. В крайнем случае вместо него можно установить постоянный резистор МЛТ на 2,2 кОм.

**Принцип работы ИПС-1.** БП состоит из четырех функциональных узлов: выпрямителя, источника опорного напряжения, выходного усилителя и схемы защиты по выходному току (узел ограничения тока). Мостовой выпрямитель образован элементами VD1–VD4, C6, C7 и особенностей не имеет. Более пристального внимания заслуживает источник опорного напряжения (ИОН) на элементах VT3, VT4, VD5, VD6, R6, R8, R9, R10. Непосредственно ИОН представлен стабилитроном VD6, однако для получения требуемой величины выходного напряжения ИОН, равной 15 В, ИОН сам является маломощным стабилизатором напряжения. Несмотря на сравнительно простую схемотехнику, ИОН обладает весьма приличными характеристиками, однако стабильность опорного напряжения можно значительно повысить. Осуществить такую модернизацию ИОН, а значит, и всего БП можно достаточно простыми методами.

Подстроенный резистор R9 предназначен для изменения величины напряжения ИОН. Выходной усилитель БП, выполненный на транзисторах VT5 и VT6, – это мощный повторитель напряжения, представляющий собой усилитель со 100%-ой отрицательной обратной связью (ОС) по напряжению, осуществляющей через диод VD7. Наличие двух регуляторов выходного напряжения БП (R16 и R17) позволяет производить плавную и грубую регулировки. Таким образом, нестабильность выходного напряжения данного БП определяется нестабильностью напряжения ИОН и величиной выходного сопротивления выходного усилителя (BV). Влияние обоих факторов можно значительно ослабить, изначально заложив более высокие характеристики

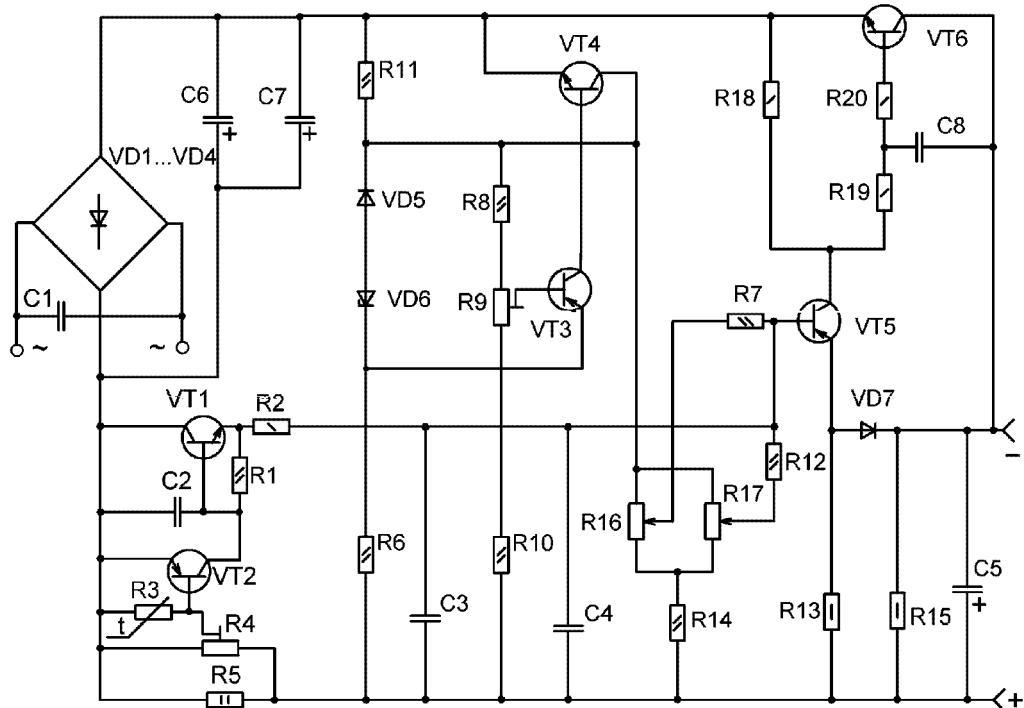


рис. 1

в самостоятельно изготавливаемый БП, улучшив тем самым параметры БП.

На транзисторах VT1 и VT2 выполнена защита БП от перегрузок и коротких замыканий в нагрузке. Датчиком тока служит резистор R5. При величине тока более 1 А открываются транзисторы VT1 и VT2 ( завод-изготовитель устанавливает ток срабатывания защиты приблизительно 1,1 А). При этом уменьшается напряжение на базе транзистора VT5, а значит, и на выходе БП. Защита с ограничением максимального тока в нагрузке удобнее в эксплуатации, чем "триггерная" (без самовосстановления). Такое удобство больше всего проявляется при использовании данного БП в процессе ремонта аппаратуры, где часто бывает дорога каждая минута рабочего времени. Защита же без самовосстановления выходного напряжения БП, наоборот, отнимает время, да и досаждает ремонтнику, вынуждая всякий раз после срабатывания такой защиты "запускать" ее вновь и вновь.

У "триггерной" защиты свои преимущества. Главное из них заключается в том, что выходной транзистор БП (VT6) оказывается закрытым после срабатывания схемы защиты. Такой вариант защиты не помешает в модернизированном БП, особенно в мощном самостоятельном исполнении данного БП, где существует большая вероятность тепловой перегрузки [с последующим отказом] мощного выходного транзистора VT6.

Рассмотрим введение в схему БП (рис.1) тиристорной защиты, которую при желании можно оперативно отключать. Для мощного БП желательно наличие узла тепловой защиты выходного транзистора БП. Применение вентилятора для принудительного охлаждения этого транзистора позволяет обойтись небольшим теплоотводом. При естественном охлаждении радиатор должен предусматривать отвод тепла, рассеиваемого на транзисторе в режиме короткого замыкания в нагрузке. В этом случае подходит использование теплового реле.

При ремонте данного БП возможен выход из строя сетевого трансформатора (СТ). В одном из ремонтируемых БП выгорела первичная обмотка. Как впоследствии признался владелец БП, он "накрутит" [увеличил] ток защиты подстроечным резистором R4. Если установить движок подстроечного резистора R4 в среднее положение [рис.1], ток срабатывания [ограничения] защиты составит приблизительно 1,2 А. Если же движок подстроечного резистора R4 установить в крайнее левое [по схеме] положение, то защита окажется отключенной, и единственным ограничителем тока останется резистор R5. Однако транзистор VT6 это не спасет, что и произошло в данном ремонтируемом БП.

Какое-то время БП еще функционировал, пока он не поработал в режиме КЗ по выходу. После такой "модернизации" и эксплуатации вышел из строя транзистор KT829B (VT6, пробой перехода коллектор-эмиттер), а затем и СТ. Во избежание аналогичных аварийных ситуаций в схему ИПС-1 (рис.1) между левым [по схеме] выводом подстроечного резистора R4 и плюсовым выходом выпрямителя [коллектор транзистора VT1] можно включить дополнительный резистор сопротивлением 270 Ом [МЛТ-0,25Вт]. Для практического выполнения данной операции острым режущим предметом (скальпелем) разрезают указанное контактное соединение на печатной плате, отсоединив его от вышеуказанного вывода резистора R4. Дополнительный резистор устанавливают со стороны печатных проводников.

Проблема с СТ заключается в том, что у него фактически отсутствует каркас, на котором можно было бы легко и достаточно быстро выполнить новую сетевую обмотку, поверх которой намотана еще и вторичная обмотка. Боковые стенки у каркаса отсутствуют, что неудобно при перемотке обмоток такого СТ.

Данные СТ ИПС-1 следующие. Магнитопровод типа ШЛ 16x32. Первичная обмотка СТ содержит 1700 витков провода ПЭВ-1-0,28, вторичная – 158 витков провода ПЭВ-1-0,8. Напряжение на вторичной обмотке в режиме "холостого хода" [без нагрузки] составляет 20,5 В. При величине тока 1 А напряжение на вторичной обмотке снижается до 18,5 В. Следует учитывать, что при меньшей величине напряжения его будет недостаточно для стабильной работы ИОН. Габаритные размеры СТ 32x60x65 мм.

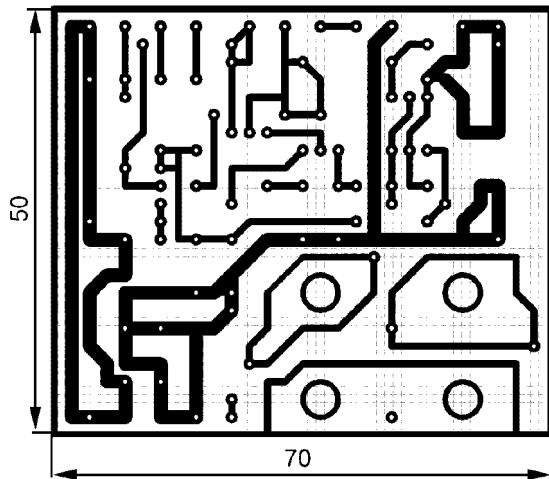


рис.2

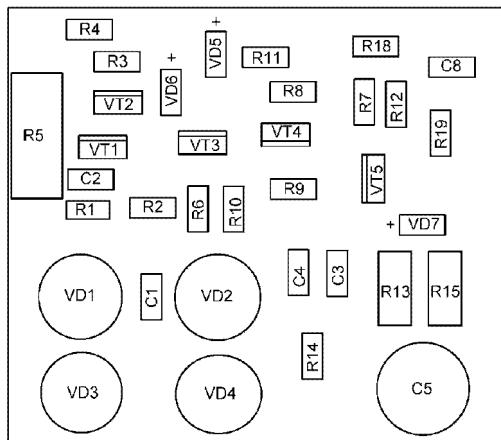


рис.3

Подходящего по размерам и указанным параметрам СТ в распоряжении автора тогда не оказалось [найти малогабаритный СТ с обмоткой на 20 В и током более 1,2 А проблематично], поэтому пришлось перематывать штатный СТ. Если бы размеры БП были побольше, то выбрать новый и достаточно мощный СТ было бы проще. Однако размеры самого БП слишком малы (210x75x135 мм) для установки более мощного СТ. При ширине корпуса БП ИПС-1 всего лишь 75 мм установка более габаритного СТ – задача непростая. Дополнительные сложности вызывают крепежи как самого СТ, так и печатной платы БП, которая прикреплена непосредственно к СТ.

При ремонтах данных БП приходилось заменять транзисторы VT4, VT5, VT6. При выходе из строя транзистора VT4 [обрыв перехода К-Э] обесточивался выход БП. Аналогичная ситуация имела место при дефекте транзистора VT5. Если БП часто и продолжительное время работал на максимальном токе, приходилось заменять транзистор VT6 типа KT829B. Его можно заменить более мощным составным транзистором Дарлингтона, например, типа KT827B. Однако данная замена осложняется недостатком пространства на площадке теплоотвода под корпус KT827. При самостоятельном изготовлении БП транзистор KT829 не применяют. Замена транзистора KT829 транзистором KT827 в самостоятельном исполнении БП позволяет увеличить в несколько раз максимальный выходной ток БП, не прибегая к каким-либо кардинальным изменениям в схеме. Требуются соответствующий [более мощный] трансформатор и небольшие теплоотводы для диодов выпрямителя. Их монтируют вне печатной платы, недалеко от конденсаторов выпрямителя. Такая модернизация конструкции позволяет получить ток в нагрузке БП 3...5 А, в зависимости от охлаждения транзистора KT827.

При токе 5 А вместо диода КД202 используют диод Д242А или любой аналогичный мощный выпрямительный диод на ток 10 А. В этих конструкциях устанавливали диоды типов Д305, КД213, КД2997Б и КД2998Г. Диоды Шотки хорошо подходят для установки на печатную плату. При величине тока до 3 А диоды КД2998 нагреваются незначительно, поэтому их устанавливают вместо КД202 и в заводской ИПС-1, т.е. непосредственно на печатную плату БП, поскольку как КД202, так и КД2998 имеют небольшие размеры и соединение катода с корпусом диода.

Несмотря на то, что компоновка ИПС-1 достаточно плотная и свободного пространства внутри БП совсем немного, возникает искушение увеличить выходной ток хотя бы до 3 А, не прибегая к увеличению внешних габаритов БП. Автором была успешно предпринята такая попытка. Для того чтобы получить ток 3 А в заводском ИПС-1, в первую очередь, необходимо заменить СТ. Он должен быть небольшим, но мощным. Идеально подходят торOIDальные СТ. Авторский вариант торOIDального СТ выполнен на стальном сердечнике внешним диаметром 60 мм, внутренним – 45 мм и высотой 40 мм. Марка стали, к сожалению, неизвестна. Первичная обмотка содержит 2200 витков провода ПЭЛШО-0,41, вторичная – 200 витков ПЭЛШО-1,25. Рассматриваемый СТ без значительного нагрева способен работать длительное время при токах 3 А.

После установки торOIDального СТ необходимо переместить печатную плату на новое место. Для этого заменяют штатные крупногабаритные электролитические конденсаторы типа К50-16 одним малогабаритным К50-24. Освободившееся пространство используют для установки печатной платы. Для отвода тепла от транзистора VT6 устанавливают на задней стенке корпуса БП вентилятор обдува [кулер на напряжение 12 В]. От регулирования частоты вращения вала двигателя вентилятора автор отказался: надежнее вариант с включением-выключением кулера с помощью термореле.

Чтобы избежать неприятностей с установкой транзистора KT827 на штатный радиатор БП, вместо него устанавливают транзистор KT8101, зарубежные аналоги которого, к сожалению, требуют дополнительных хлопот, поскольку их размеры значительно превышают размеры KT8101. Мощный аналог транзистора Дарлингтона выполняли по внутренней схеме KT827. Как подтвердила практика, такой вариант схемы очень надежен в работе БП. Дополнительный транзистор KT815B схемы Дарлингтона установлен непосредственно на транзисторе KT8101, как и дополнительные элементы (два резистора и два диода). Кроме облегчения установки на радиатор, применение более мощного KT8101 (150 Вт) вместо KT827 (125 Вт) благоприятно скаживается на надежности всего БП (особенно при хорошем охлаждении).

Эффективность принудительного охлаждения налицо: при токе около 1 А теплоотвод разогревается больше, чем при токе 2,5 А с вентилятором. Для управления включением кулера используется термореле, собранное по схеме, показанной на **рис.4**. Интегральный стабилизатор DA1 используется не только для питания термореле, но и для кулера, ток потребления которого не превышает 200 мА, что позволяет применять ИМС с небольшим радиатором (рассеиваемая на нем мощность меньше мощности рассеяния двухваттного резистора).

В схеме [рис.4] применены следующие радиокомпоненты: резисторы R1 – 4,7 кОм типа СП5-2, R2 – 4,7 кОм типа МЛТ-0,25,

R3 – 4,7 кОм типа ММТ-4; конденсаторы C1, C2 – 1 мкФ типа K10-17, C3 – 200 мкФх25 В типа К50-16; диод VD1 типа Д223; транзистор VT1 типа КТ829В; ИМС DA1 типа КР142ЕН8Б; реле K1 типа РЭС10, исполнение РС4.529.031-03. Реле может быть практически любым (с нормально разомкнутыми контактами и на соответствующий ток), надежно срабатывающим при напряжении 15 В. Номиналы резисторов R1–R3 можно изменять в широких пределах с приблизительным сохранением их соотношений. Эта схема сохраняет работоспособность при уменьшении номиналов резисторов R1–R3 в 5 раз. Увеличение же номиналов (в пять раз и более) может приводить к ложным срабатываниям реле по причине ухудшения помехоустойчивости схемы. По этой же причине провода, идущие к терморезистору, не должны быть слишком длинными. Несмотря на предельную простоту термореле, оно безотказно и надежно управляет работой вентилятора. Такую схему термореле с успехом приспособливали для работы и в других БП.

Тепловое реле, установленное в ИПС-1, выполнено на макетной плате небольших размеров, поэтому его печатная плата не приводится. Во многих заводских или самодельных БП вполне можно провести рассматриваемую на примере ИПС-1 модернизацию и усилить уже имеющийся БП. С настройкой данного термореле нет проблем. Нужно только выставить необходимую температуру срабатывания реле подстроенным резистором R1.

Если имеется вентилятор на 24 или 220 В, то схему термореле можно еще более упростить, исключив из нее ИМС DA1 и конденсаторы C1–C3. При этом вместо резистора R2 используют генератор стабильного тока. Самый простой вариант – полевой транзистор КП303Д, включенный двухполюсником. В таком исполнении термореле, вентилятор и саму схему термореле запитывают непосредственно от выпрямителя БП, если вентилятор на 24 В. Для вентилятора 220 В реле K1 коммутирует напряжение с первичной обмотки СТ. В любом случае, применение генератора тока дает стабильный порог срабатывания термореле, практически независимый от просадок на выпрямителе БП.

Есть один неприятный момент – размещение терморезистора типа ММТ-4 на теплоотводе VT6. Металлический корпус этого терморезистора электрически соединен с одним из его выводов. В схеме БП он не должен контактировать с радиатором KT8101. Цилиндрической формы корпус ММТ-4 создает неудобства при его крепеже на радиаторе. Имеется простой выход из этой ситуации. Подбирают небольшую алюминиевую или дюралевую заготовку, например, пластину размерами 10x20x30 мм, в которой проделывают отверстие диаметром 4 мм. В это отверстие и устанавливают терморезистор, закрепляя его с помощью "Суперклея". Через изолирующую прокладку брускок прикрепляют к радиатору. Такую конструкцию закреплять на теплоотводе намного проще [особенно с электрической изоляцией], чем сам терморезистор.

Как при модернизации, так и при изготовлении БП выгодно использовать более современную элементную базу. Поэтому в самодельных БП по схеме, показанной на рис.1, транзисторы типов KT315 и KT361 не используются. Вместо них устанавливают KT3102Д(Е). Испытаны в этой схеме такие зарубежные транзисторы, как BC549C (вместо KT3102) и BC557C (вместо KT3107). Они себя хорошо зарекомендовали не только в схеме ИПС-1, но и в других конструкциях БП. Замена транзисторов KT315 и KT361 в ИПС-1 экземплярами с большим коэффициентом передачи тока базы дает ощутимый результат в улучшении параметров ИПС-1, например уменьшение просадки выходного напряжения при работе БП с токами в нагрузке, близкими к максимальным (когда еще не сказывается шунтирующее влияние узла защиты VT1, VT2). Таким образом, налицо уменьшение выходного сопротивления схемы выходного усилителя (VT5, VT6) после установки на место VT5 транзистора типа BC557 ( $h_{21\beta}=600$ ). Коеффициент стабилизации напряжения зависит от ИОН.

Схема ИОН работает отлично. Если измерять напряжение на выходе ИОН (на коллекторе VT4) широко распространенным цифровым тестером серии 8300, то при просадке напряжения 2 В на конденсаторах выпрямителя C6 и C7 изменения

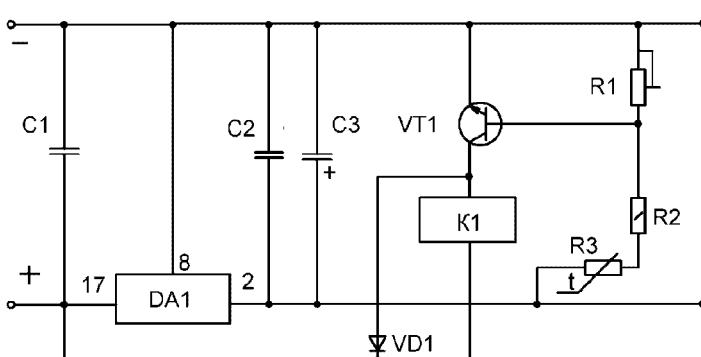


рис.4

напряжения ИОН можно и не зафиксировать. Для измерения нестабильности напряжения ИОН требуется более точный вольтметр, например, В7-38. Для того чтобы можно было использовать мультиметры серии 8300, нужен еще один ИОН, стабильность напряжения которого должна быть на порядок выше, а напряжение на 1...1,9 В быть меньше или больше напряжения ИОН ИПС-1. В таком случае напряжение испытуемого ИОН измеряют относительно более стабильного ИОН. Тогда можно будет пользоваться диапазоном 2000 мВ и с точностью до одного милливольта наблюдать изменение напряжения ИОН.

Имеется у этой схемы ИОН еще одно положительное качество: ей не нужны никакие вольтодобавки. Она работает от одного общего выпрямителя, т.е. с минимальной разницей напряжений U<sub>bx</sub>-U<sub>ion</sub>. Согласитесь, преимущества перед многими другими ИОН существенные. Такую схему ИОН можно с успехом применять и во многих других конструкциях, в первую очередь, там, где нет отдельной обмотки СТ для питания высококачественного ИОН.

После замены транзисторов необходимо повысить долговременную стабильность выходного напряжения ИОН. Для этого следует заменить стабилитрон VD6 типа D818Б более термоустойчивым, например D818Е. Резисторы R6, R8-R10 заменяют прецизионными. К резистору R11 это не относится, так как он служит для надежного запуска схемы ИОН и его номинал некритичен. После установки требуемой величины напряжения ИОН подстроечный резистор R9 тоже заменяют двумя стабильными резисторами (автор использовал имеющиеся у него в наличии С2-13). При токе БП до 3 А номинал резистора R5 уменьшают до 0,33 Ом, при токе до 5 А – до 0,2 Ом. Использовались резисторы типа С5-16МВ-5. Их можно заменить отрезками нихромового провода.

### Конструкция самодельного БП ИПС-1

Рассмотрим вариант БП самостоятельного исполнения по схеме ИПС-1 (рис.1), реализованный автором. Конструкция рассчитана на ток в нагрузке до 7 А. В качестве транзистора VT6 использован составной – два экземпляра KT8101A и один KT817B. Применена схема Дарлингтона, аналогичная уже рассмотренной выше. В данном случае необходима удвоенная рассеиваемая мощность VT6, поэтому потребовались два параллельно включенные KT8101. В эмиттере каждого транзистора KT8101 установлен резистор С5-16МВ-5 на 0,1 Ом. В качестве R5 использовано два резистора С5-16МВ-5 по 0,2 Ом каждый, включенные параллельно.

Транзисторы KT8101 размещены на одном радиаторе с охлаждающей поверхностью около 600 см<sup>2</sup>. Охлаждение принудительное с помощью термореле (рис.4) и вентилятора обдува на 220 В. В мостовом выпрямителе использованы диоды КД2998Г, которые размещены на трех пластинчатых теплоотводах размерами 70x70x3мм [два экземпляра] и 140x70x3 мм, изготовленных из листового алюминия. В качестве конденсаторов выпрямителя C6 и C7 применен малогабаритный К50-42А емкостью 22000 мкФx40 В, а в качестве С5 – К50-29В емкостью 1000 мкФx25 В.

Сетевой трансформатор выполнен на основе ТС-200. Все штатные первичные обмотки этого СТ соединены последовательно, а все вторичные – удалены. Новая вторичная обмотка содержит 80 витков провода диаметром 2 мм. На каждой катушке СТ содержится по 40 витков. Второй вариант мощного СТ выполнен на торOIDальном магнитопроводе с внешним диаметром 100 мм, внутренним – 55 мм и высотой 33 мм. Сетевая обмотка этого СТ содержит 855 витков провода ПЭЛШО-0,7. Вторичная обмотка имеет 86 витков провода ПЭЛШО-1,8. Второй вариант исполнения СТ был продиктован небольшой высотой

имевшегося в наличии корпуса (75 мм), где необходимо было расположить БП.

Два БП оснащены защитой, которая собрана по схеме, показанной на **рис.5**. Тиристор VS1 типа КУ202Н выбран по минимальному управляемому напряжению. При этом

удается использовать низкоомные номиналы в качестве R21. В авторских конструкциях установлены проволочные резисторы на 0,3 Ом, и защита срабатывает при токе менее 7 А. Для оперативного отключения этой защиты в схему добавлены тумблер и резистор на 51 Ом, включенный в цепь управляющего электрода VS1, а контакты тумблера – параллельно выводам катода и управляющего электрода VS1.

**Налаживание** конструкции, собранной по заводской схеме с использованием "родных" комплектующих, не вызывает никаких проблем. Нужно только установить величину напряжения ИОН и порог срабатывания защиты. Проблемы возникают тогда, когда используются длинные соединительные провода, особенно для подсоединения транзистора VT6. Кроме того, транзисторы типов KT827 в этой схеме более склонны к самовозбуждению, нежели KT829. Поэтому не помешает удостовериться в отсутствии самовозбуждения с помощью осциллографа. Его подключают параллельно нагрузке БП. Нагрузка должна быть динамической, т.е. нужно использовать мощный импульсный потребитель электроэнергии, иначе (при работе БП на резистор) на экране осциллографа самовозбуждение можно не увидеть. В качестве конденсатора С5 необходимо использовать высококачественный (с малым ESR) экземпляр, например, К50-29В (1000 мкФx25 В). Кроме того, параллельно ему устанавливаются и неэлектролитические конденсаторы (достаточно установить три параллельно включенных K73-17 емкостью 4,7 мкФ).

Следует помнить, что данный вариант схемы БП является одним из наиболее устойчивых к разного рода генерациям или возбуждению. Это подтверждено эксплуатацией БП совместно с преобразователями напряжения, трансиверами и другими "непростыми" потребителями электроэнергии. Именно монтаж БП может вызывать рассматриваемые проблемы.

Для испытания БП в динамическом режиме поступают следующим образом. Используют измерительный генератор, имеющий выход сигнала прямоугольной формы (автор использовал генератор Г3-112). Выход генератора "умощняют" полевым транзистором типа IRFZ48N, затвор которого соединяют с генератором через резистор на 620 Ом. Сток транзистора подключают к положительной клемме БП через мощный ограничительный резистор на 1...10 Ом (в зависимости от мощности БП, его тока), а исток – к отрицательной клемме БП и к общему проводу Г3-112. Параллельно выводам стока-истока включен сапрессор (TRANSIL диод) типа 1,5KE47A, ограничивающий возникающие всплески напряжения на полевом транзисторе на безопасном уровне. Эти всплески имеют форму импульсов малой длительности, но большой амплитуды, которая может в несколько раз превышать максимальное выходное напряжение БП. Чем лучше схема управления транзистором, тем больше амплитуда этих импульсов. На них влияет и время перезаряда емкостей IRFZ48N, и длина проводов до испытуемого БП. Полевой транзистор моментально выходит из строя при воздействии таких всплесков напряжения, если не защитить его по напряжению сток-исток сапрессором. На полевом транзисторе рассеивается большая мощность, поэтому его устанавливают на теплоотводе. До частоты 10 кГц такой вариант управления IRFZ48N вполне удовлетворителен. Если в этом диапазоне частот БП работает устойчиво, то налаживание можно считать завершенным.

Особенно ценным предлагаемый способ является при выявлении режима, граничащего с самовозбуждением. Если возникает самовозбуждение, то его устраняют увеличением емкости конденсатора С8 в несколько раз. Хорошие результаты в плане подавления самовозбуждения БП при использовании современных зарубежных транзисторов (высокочастотных) дает увеличение сопротивления резисторов R19 и R20. Дело в том, что частотные характеристики современных зарубежных транзисторов намного лучше отечественных транзисторов, таких, как KT827, KT825, KT829, KT819 и т.д. Установка слишком "быстрого" транзистора в данную схему может приводить к возникновению самовозбуждения БП. В таких ситуациях генерацию устраняют установкой дополнительного резистора, который включают в разрыв провода, идущего к транзистору VT6. Обычно резистора на 1 кОм достаточно. Его припаивают возле вывода базы составного транзистора, т.е. возле теплоотвода.

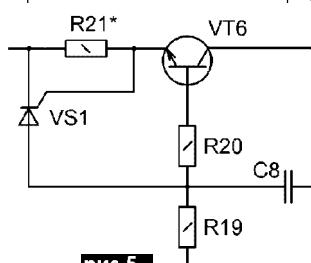


рис.5