

Лучше меньше (КПД), да лучше...

Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень

E-mail: ua9laq@mail.ru

В [1] описан сетевой блок питания, стабилизатор которого можно использовать и в качестве “понижающего преобразователя”. В последнее время понижающие и повышающие преобразователи (уже без кавычек) широко применяются в различных областях техники и в быту. Высокий КПД, малые габариты и вес, способность противостоять коротким замыканиям выхода делают их применение привлекательным, но есть у них значительный недостаток – создание электромагнитных помех, которые распространяются как напрямую, так и через провода: входящие в преобразователь и выходящие из него. Применение различных развязок и экранировок улучшает ситуацию, но не на столько, чтобы не оказывать влияние на высокочувствительную, малощумящую аппаратуру, которой является современная радиоприёмная, медицинская и научно-исследовательская аппаратура. Другое дело – применение линейного стабилизатора, который, к сожалению, не может без посторонней помощи повышать выходное напряжение, зато, при более низком выходном напряжении (чем входное) ему нет равных среди преобразователей, которые создают паразитные пульсации, а стабилизатор, наоборот, – их подавляет...

Очень часто, переделывая сетевые блоки питания, в которых в качестве регулирующих использовались мощные биполярные транзисторы, радиолюбители сталкиваются с необходимостью погасить избыточное напряжение после выпрямителя на входе нового стабилизатора на полевых транзисторах. Конечно, можно отмотать витки вторичной обмотки силового трансформатора, но это не всегда приемлемо, если, например, обмотки залиты лаком, а сердечник представляет собой единое целое с обмоткой (тоже залит), – разбирать такой трансформатор себе дороже, можно повредить обмотки, а, после сборки сердечника, тот будет гудеть...

На подвижных объектах бортовая сеть часто имеет напряжение 24...27 В, а в неё нужно включить устройство, рассчитанное на питание 12...13,8 В.

Как сделать блоки питания в этих случаях и повысить их надёжность?

Сделаем небольшое отступление: общепринято, что внутреннее сопротивление источника питания должно быть как можно меньше, чтобы уменьшить пресловутую “просадку” напряжения, влияющую на качество питания нагрузки, на КПД блока питания. С другой стороны: чем больше внутреннее сопротивление источника, тем больше будет просадка напряжения при увеличении тока, потребляемого нагрузкой. При малом внутреннем сопротивлении

источника (новая мощная батарея аккумуляторов, мощный выпрямитель с мощным силовым трансформатором) и повышенном входном напряжении стабилизатора (наш случай), при увеличении тока в нагрузке рассеиваемая мощность на регулирующем транзисторе стабилизатора может превысить максимально допустимую для транзистора. Для уменьшения рассеиваемой мощности полезно распределить её между вышеупомянутым транзистором и дополнительной нагрузкой – мощной низковольтной лампой (лампами) накаливания, сопротивление нити накала которой подбирается по обеспечению максимального тока, потребляемого нагрузкой. Пример: от бортовой сети автомобиля напряжением $U_{ист} = 24$ В нужно запитать нагрузку, максимальный ток потребления ($I_{нагр}$) которой составляет 4 А, а напряжение питания $U_{нагр} = 12$ В. Выбираем стабилизатор с малым падением напряжения на регулирующем элементе, например, из [1]. Минимальное напряжение между входом и выходом такого стабилизатора должно составлять не менее 0,5 В, берём с запасом – 2 В. В этом случае, входное напряжение стабилизатора $U_{вх.стаб} = U_{нагр} + 2 = 14$ В. “Погасить” необходимо $U_{ист} - U_{вх.стаб} = 24 - 14 = 10$ В. Для этого выбираем автомобильную лампу 12 В 60 Вт. Находим ток через лампу в её рабочем (накаленном) состоянии: $I_{л} = P/U = 60 : 12 = 5$ А. Сопротивление раскалённой нити лампы: $R_{л} = U/I = 12 : 5 = 2,4$ Ом. При токе нагрузки $I_{нагр} = 4$ А, падение напряжения на лампе составит $U_{пад.} = R_{л} * I_{нагр} = 2,4 * 4 = 9,6$ В. $U_{вх.стаб} = U_{ист} - U_{пад.} = 24 - 9,6 = 14,4$ В. Полученное на входе стабилизатора напряжение означает, что при токе нагрузки 4 А стабилизатор надёжно не выйдет из режима стабилизации, тем более, что и сопротивление нити накала, при токе нагрузки 4 А, будет чуть ниже рассчитанного сопротивления $R_{л}$ при токе 5 А, значит, и падение напряжения на нити накала будет чуть меньше, чем 9,6 В. Рассеиваемая на регулирующем транзисторе мощность $P_{расс} = (U_{вх. стаб} - U_{нагр}) * I_{нагр} = (14,4 - 12) * 4 = 9,6$ Вт, в то же время, без лампы, $P_{расс} = (U_{ист} - U_{нагр}) * I_{нагр} = (24 - 12) * 4 = 48$ Вт! Итак, лампа будет рассеивать избыточную мощность, являясь визуальным индикатором работы стабилизатора (блока питания в динамике), кроме того, являясь частью фильтра нижних частот с переменным сопротивлением, лампа увеличивает коэффициент сглаживания пульсаций с увеличением тока нагрузки, обычно этот

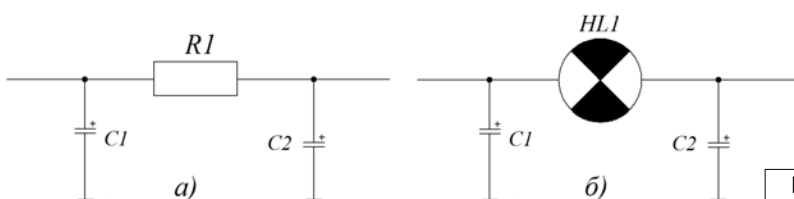


Рис. 1

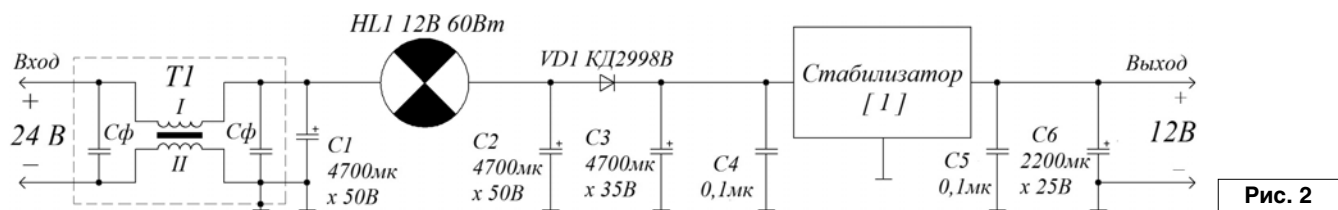


Рис. 2

коэффициент уменьшается, в результате происходит его выравнивание.

Известно, что в процессе сглаживания пульсаций П-образного фильтра участвуют все его компоненты (рис. 1а), конденсаторы С1, С2 и сопротивление резистора R1, чем больше их номиналы, тем выше сглаживание пульсаций. В нашем примере: ёмкость конденсаторов неизменна, а R1 – изменяется (рис. 1б). При малых токах нагрузки сопротивление накаленной нити лампы составляет доли Ома, мал и ток нагрузки, отсюда (несмотря на малое сопротивление нити лампы) высок коэффициент сглаживания пульсаций, падение напряжения на лампе уменьшается, но, из-за малого тока нагрузки, рассеиваемая на регулирующем транзисторе мощность тоже мала. Применение ламп накаливания позволяет защитить стабилизатор и нагрузку от перегрузок, так как увеличение тока нагрузки приведёт к снижению входного напряжения стабилизатора, который выйдет из режима стабилизации, индицируя этот момент появлением пульсаций на выходе и, при дальнейшем увеличении тока нагрузки, напряжение в нагрузке будет только снижаться, таким образом, защищается нагрузка, при минимальном напряжении на регулирующем транзисторе.

Для защиты стабилизатора от переплюсовки, в цепь питания последовательно включают мощный диод Шоттки, который можно также использовать в качестве компонента П-образного сглаживающего фильтра (ФНЧ) в цепях, где имеется значительный ток и низкое напряжение. Поскольку прямое сопротивление диодов невысокое, то для достижения эффекта сглаживания пульсаций необходимо применять конденсаторы со значительной ёмкостью. Различного рода пульсации (помехи), проникающие через подключенные к стабилизатору цепи, можно значительно уменьшить, применив включение 1-2-звенных фильтров с применением токовых трансформаторов, помехи в них взаимно уничтожаются, при прохождении тока по обмоткам в разных направлениях. Применение в трансформаторах тока кольцевых ферритовых сердечников, позволяет, во-первых, уменьшить влияние внешних наводок, во-вторых,

не излучать помехи вовне, в-третьих, позволяет применить для трансформаторов толстый обмоточный провод минимальной длины, обеспечивающий, однако, на сердечнике максимальную индуктивность, что позволяет, в свою очередь, получать, при питании нагрузки, малое падение напряжения на обмотках с минимальным активным сопротивлением проводов.

Водители - профессионалы на большегрузных автомобилях порой жалуются на ухудшение чувствительности приёмников СВ-радиостанций, используемых на транспорте, и в "заглушенном" состоянии и при работе двигателей (помехи). Если это не прямая наводка от систем зажигания автомобилей на входы приёмников (нарушены или недостаточны заводские: экранировка и развязка), то, применив линейный стабилизатор вместо преобразователя, можно, в значительной мере, эту чувствительность восстановить. В этом деле помогут и вышеописанные фильтры. Правда, при применении симметричного фильтра (рис. 2), общий провод, например, радиостанции, и связанные с ним цепи (антенна) придётся изолировать от общего провода (массы) автомобиля.

Конденсаторы фильтра Сφ имеют ёмкость 0,01...0,1 мкФ. Т1 наматывается обоими питающими проводами одновременно на ферритовом кольце диаметром более 30 мм из материала с проницаемостью 2000 и более. Электролитические конденсаторы фильтра С1...С3, С6 желательно применить с малой утечкой (типа LL) и рассчитанные на работу при температуре 105°С. Такой выбор обеспечит более долговременную их эксплуатацию без отказов. VD1 – диод Шоттки КД2998В или зарубежный аналог, рассчитанный на ток 20...30 А. HL1 может быть одной или несколькими лампами, включенными параллельно, рассчитанными на максимальный ток нагрузки (см. текст). Эту лампу следует размещать подальше от других деталей, для исключения их нагрева.

Литература

1. В. Беседин. Защищаемся... - Радиомир, 2008, №3, стр. 12...16.



Уменьшаем аппетит

С началом “перестройки” в наш обиход вошли и такие понятия как, например, “экономия на меди”, которая выразилась в том, что первичные обмотки силовых трансформаторов стали откровенно “недоматывать”. Отсюда и вторичные обмотки, рассчитанные на определённое количество вольт, стали “худее” как по количеству витков, так и по диаметру провода. Дальше – больше: приписывая невиданные свойства трансформаторной стали, рекламно расхваливая уменьшение массы трансформаторов, производители стали уменьшать металлоёмкость их сердечников, декларативно сохраняя габаритную мощность этих, пока ещё очень необходимых простых устройств для изменения напряжения питания – силовых трансформаторов (СТ). В результате значительно увеличился так называемый “ток холостого хода” СТ, увеличился их нагрев и ничем не оправданное энергопотребление, снизилась надёжность... Такие СТ при работе сильно нагреваются, а при длительной непрерывной эксплуатации перегреваются и выходят из строя.

Что может противопоставить этой “экономии” радиолюбитель? Радикальным выходом из положения может быть самостоятельное изготовление СТ. Но для этого необходимо иметь достойный поставленной задаче сердечник, произвести расчёт, изготовить каркас, на который намотать приобретённый втридорога провод (изготовление СТ обойдётся дороже покупки готового). Применять же готовые изделия следует с оглядкой: габаритную мощность брать с запасом, а негативные влияния “новшеств”, упомянутых выше, минимизировать “технически”.

Итак, возьмём исправный СТ, включим трансформатор в сеть и, включив (без нагрузки вторичной обмотки) последовательно с первичной обмоткой миллиамперметр переменного тока, измерим ток холостого хода (I_{х.х.}) СТ. Если I_{х.х.} превышает 50 мА (а больше можно допустить только для сварочных и очень мощных СТ), то такой трансформатор можно использовать для питания конструкций только кратковременно. У настоящего же радиолюбителя аппаратура не выключается сутками, неделями, годами... Как преодолеть жажду производителей отдать меньше, а получить больше? Ну, непосредственно, это вряд ли удастся, слишком хорошо их защитили различного рода юристы, а вот с их изделиями можно поработать: для уменьшения тока холостого хода последовательно в цепь первичной обмотки необходимо включить паразитное сопротивление – мощный резистор сопротивлением в единицы-десятки Ом, в зависимости от габаритной мощности СТ, I_{х.х.} и тока потребления от него.

Чтобы вернуть ток холостого хода СТ к приемлемому значению, нужно либо домотать его первичную

обмотку, либо уменьшить напряжение питающей сети. Первое неудобно, так как предстоит разборка трансформатора, в лучшем случае, если осталось место, намотка дополнительной обмотки, изоляция её от остальных обмоток, правильная фазировка, при последовательном соединении с первичной обмоткой, затем домотка вторичной обмотки с целью сохранения выходного напряжения СТ... Напряжение питающей сети регламентировано ТУ и изменить его не удастся, можно лишь сделать это на месте, индивидуально, с помощью, например, ЛАТРа.... Однако, в небольших пределах можно это сделать путём установки в цепь первичной обмотки последовательно паразитного дополнительного резистора, сопротивление которого нужно подобрать с таким расчётом, чтобы на вторичной обмотке обеспечивалось минимальное необходимое напряжение, при максимальном токе нагрузки и минимальном допустимом напряжении в сети (рис. 1).

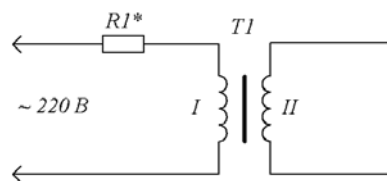


Рис. 1

Такая мера (установка резистора в сотни Ом) оправдала себя при ступенчатом включении аппаратуры, для обеспечения плавного заряда конденсаторов фильтра питания большой ёмкости, для предохранения от выхода их строя диодов выпрямителей, которым во время включения приходится работать практически на короткозамкнутую нагрузку (рис. 2).

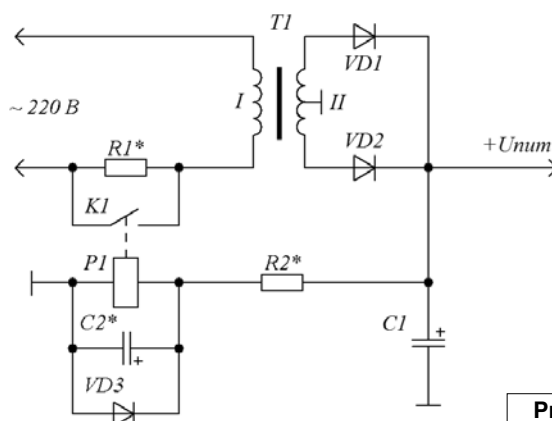


Рис. 2

После зарядки конденсаторов, обычно дополнительный резистор сопротивлением в сотни Ом замыкают накоротко с помощью контактной группы специального реле. Также положительно влияет включение резистора в цепь первичной обмотки при питании нагрузки с переменным (изменяющимся) током

потребления, например, накала (радио)ламп, в момент включения холодная нить потребляет значительно больший ток, чем прогретая, горячая. Этим обеспечивается (заметьте: простыми средствами) и плавность подачи напряжения на нити накала, что увеличивает их долговечность. Сопротивление паразитного дополнительного резистора в цепи первичной обмотки, в этом случае, составляет единицы-десятки Ом. Например, в ламповой УКВ ЧМ радиостанции “Кама-С” для питания накала ламп применялся унифицированный трансформатор ТН-60, в цепи первичной обмотки которого последовательно был постоянно включен резистор ПЭВ-25 сопротивлением 6 Ом. Включением этого резистора обеспечивается и уменьшение $I_{x.x}$, что приводит к уменьшению нагрева СТ, правда, дополнительный резистор тоже греется и тем больше, чем выше его сопротивление и больше проходящий по нему ток. В некоторых случаях, установив постоянный резистор в цепь первичной обмотки, удаётся избежать двухступенчатого включения аппаратуры, упомянутого выше. Экономия электроэнергии, при включении резистора в первичную обмотку СТ, получается относительно небольшой из-за нагрева этого резистора, но, всё-таки, она есть и, при круглосуточной работе, себя показывает. Сумма сопротивлений: эквивалентного индуктивного сопротивления первичной обмотки СТ и дополнительного активного резистора всё равно больше, чем до включения этого резистора, поэтому ток в цепи первичной обмотки уменьшается, что ведёт к уменьшению потребляемой мощности. Возьмём, к примеру: напряжение сети $U_{сети} = 220$ В, сопротивление дополнительного резистора $R1$ (рис. 1) = 10 Ом, ток в цепи первичной обмотки $I_{общ} = 0,5$ А. По закону Ома вычисляем: $R_{общ} = U_{сети} : I_{общ} = 220 \text{ В} : 0,5 \text{ А} = 440 \text{ Ом}$; $R_{экв.обм.} = R_{общ} - R1 = 440 - 10 = 430 \text{ Ом}$; $U_{R1} = R1 \cdot I_{общ} = 10 \text{ Ом} \cdot 0,5 \text{ А} = 5 \text{ В}$; $P_{R1} = U_{R1} \cdot I_{общ} = 5 \text{ В} \cdot 0,5 \text{ А} = 2,5 \text{ Вт}$. Отсюда: напряжение на первичной обмотке будет $U_{сети} - U_{R1} = 220 - 5 = 215 \text{ В}$. Допустимую рассеиваемую мощность $R1$ (P_{R1}) выбираем с запасом – не менее 5 Вт.

При длительных перерывах в работе, например, на передачу, есть смысл, с целью экономии электроэнергии и уменьшения нагрева СТ с “недомотанной” первичной обмоткой, повышения надёжности БП и способности противостоять броскам напряжения в перегруженных сетях, включать в её цепь последовательно дополнительные резисторы, подобрав каждый по выше указанным критериям. Например, один резистор – для режима приёма, другой – для режима передачи. Разница в сопротивлениях резисторов может быть на порядок. Резисторы в цепи первичной обмотки можно использовать и в качестве составной части RC-фильтров, при этом паразитная индуктивность про-

волочного резистора, которую считают отрицательным параметром, здесь будет только на пользу. Конденсаторы сетевого фильтра (ёмкостью до 0,01 мкФ) должны быть высоковольтными, на рабочее напряжение не менее 600 В (при $U_{сети} = 220$ В), включать их следует или между проводами сети, или с каждого провода на надёжное заземление. Поскольку провода сети суть симметричная линия, можно устанавливать дополнительные резисторы в оба провода, разделив искомое сопротивление для них поровну. В этом случае рассеиваемая мощность каждого резистора снижается вдвое (рис. 3).

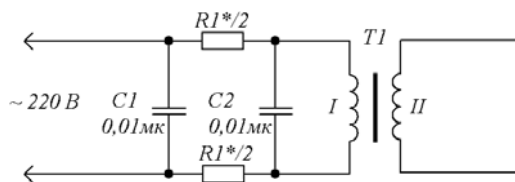


Рис. 3

При достаточно больших емкостях сглаживающего фильтра, что стоит после выпрямителя, следует вернуться к двухступенчатой схеме включения БП в сеть. Сначала через резистор в сотни Ом заряжаются конденсаторы фильтра выпрямителя, затем этот резистор переключается контактами реле, оставляя включенными последовательно в цепь первичной обмотки один из резисторов, подключенный переключателем SA1: сопротивлением в десятки Ом – для режима приёма или в доли-единицы Ом – для режима передачи (рис. 4).

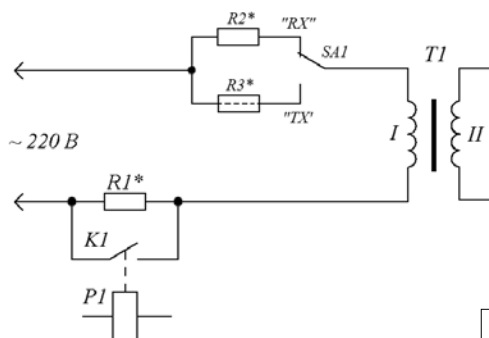


Рис. 4

Помните, что мы имеем дело с СТ с “недомотанной” первичной обмоткой, для нормальных трансформаторов дополнительных резисторов в режиме передачи может и не быть, а для режима приёма (или дежурного режима) резистор с подобранным сопротивлением включать желательно (экономия электроэнергии и уменьшение нагрева БП). В случае чрезмерного повышения напряжения в сети дополнительный резистор в цепи первичной обмотки СТ послужит и барьером, уменьшая входное напряжение БП.



Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень

E-mail: ua9laq@mail.ru

Мне часто задают вопрос: можно ли соединять параллельно одинаковые вторичные обмотки силовых трансформаторов? Вопрос правильный и на него нужно отвечать...

О параллельном соединении обмоток трансформаторов

В прошлом веке радиолюбители сами рассчитывали силовые трансформаторы, сами мотали их и соответствующие обмотки наматывали как одно целое, не деля их на части, тем более, что питаемые устройства были относительно высоковольтными, а, значит, потребляли (при той же мощности) небольшие токи, и диаметры проводов обмоток были небольшими. Ныне электронная техника питается токами при низких напряжениях, для получения достаточной мощности требуется значительный ток и, как следствие, намотка трансформаторов должна проводиться (вторичные обмотки) толстым проводом, который, порой, даже физически сложно укладывать на каркас силового трансформатора. Ныне встречается большое количество готовых (случайной конструкции и унифицированных) силовых трансформаторов

заводского изготовления, которые радиолюбители приспособливают под свои запросы. Очень часто эти трансформаторы не подходят по параметрам: например, по требуемому току в нагрузку. Все перечисленные условия приводят к необходимости соединения нескольких одинаковых обмоток, имеющих на трансформаторе, параллельно. Как это правильно осуществить? Казалось бы, чего проще – соединяй выводы обмоток между собой и всё, но не всё так просто: во-первых, обмотки нужно соединить синфазно параллельно, проверить синфазность вторичных обмоток можно, например, таким образом: соединяем одни из выводов двух обмоток, включаем трансформатор в сеть и измеряем напряжение между оставшимися свободными выводами обмоток, если это напряжение близко к нулю, значит, обмотки соединены противофазно

последовательно, если на выводах, примерно, удвоенное напряжение одной из одинаковых обмоток, значит, обмотки соединены синфазно последовательно. В первом случае, свободные концы обмоток можно соединить вместе – получим параллельное включение обмоток, во втором случае, произвести то же соединение, но концы одной из одинаковых обмоток нужно поменять местами. В простейшем случае, прямое соединение обмоток параллельно на этом можно и закончить, однако, неидентичность обмоток способна повлиять на некоторые параметры силового трансформатора: его габаритная мощность, при этом, уменьшается, уменьшается и КПД при трансформации, увеличивается нагрев...

Как правило, радиолюбительские конструкции питаются постоянным током, поэтому проблему соединения обмоток параллельно нужно рассматривать в комплексе

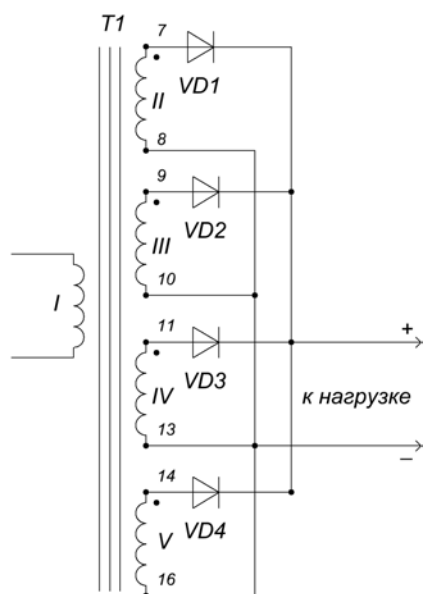


Рис. 1. ТН-60: комбинация обмоток с параллельным включением и однополупериодным выпрямлением, выходное напряжение 6,3 В

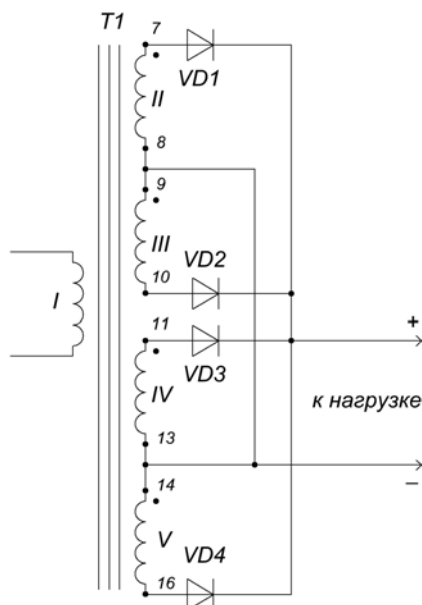


Рис. 2. ТН-60: комбинация обмоток с параллельным включением и двухполупериодным выпрямлением, выходное напряжение 6,3 В



Рис. 3. ТН-60: комбинация обмоток с двухполупериодным выпрямлением, выходное напряжение 12,6 В

с выпрямителем. Возьмём, например, унифицированный трансформатор ТН-60 (трансформатор накальный), имеющий четыре одинаковые вторичные обмотки по 6,3 В (две обмотки имеют ещё и отводы на 5 В), рассчитанные каждая на ток 6 А. Для получения токов вчетверо больших, необходимо соединить выводы, например, так, как показано на **рис. 1**. Поскольку обмотки имеют разные напряжения (конструктивный разброс параметров), то большее потребление тока (при идентичных диодах) будет от той обмотки, напряжение которой выше.

В этом случае диоды позволяют развязать обмотки друг от друга – теперь каждая обмотка работает только на общую нагрузку, а не на соседнюю с ней (другую) обмотку, которая, будучи неидентичной с ней, сама становится нагрузкой или питает первую как нагрузку (всё зависит от знака неидентичности), в случае прямого соединения выводов без диодов. На **рис. 1** приведено параллельное включение обмоток с однополупериодным

выпрямлением, схема двухполупериодного выпрямления приведена на **рис. 2**. (Выводы унифицированного трансформатора ТН-60 пронумерованы, что позволяет определить как отдельные обмотки, так и их начало и конец намотки (см. **рис. 1-3**).)

Как видно из схемы (**рис. 2**), такое соединение выводов обмоток также обеспечивает независимое (одна от другой обмотки) питание нагрузки. В случае применения нечётного числа параллельно включаемых обмоток, возможно лишь однополупериодное выпрямление.

Итак, мы получили двухполупериодное выпрямление напряжения 6,3 В с четырёх обмоток с общим максимальным током в нагрузку – $6 \times 4 = 24$ А (через каждый диод будет проходить, при этом, только четвертая часть общего тока нагрузки). Чаще в питании конструкций применяется напряжение 12 В (стандарт радиопередающей техники 13,8 В), поэтому комбинацию соединения обмоток, для такого применения, можно выполнить согласно **рис. 3** (через каждый диод

будет проходить половина тока нагрузки).

В этом случае удобно применять стабилизаторы с низким падением напряжения на регулирующем элементе, например [1, 2]. Минимально необходимый перепад напряжений на регулирующем элементе стабилизатора (0,5 В [1, 2]) устанавливаются при максимальном токе нагрузки, подбирая ёмкость конденсатора фильтра, стоящего после выпрямителя: чем больше ёмкость, тем на большее входное напряжение стабилизатора можно рассчитывать, при заданном токе, или на больший ток, при заданном входном напряжении стабилизатора. С трансформатором ТН-60 возможно питание, например, УКВ ЧМ радиостанций с выходной мощностью до 50 Вт, например, DR 130 фирмы Alinco.

Литература

1. В. Беседин. Защищаемся... - Радиомир, 2008, №3, стр. 12...18.
2. В. Беседин. Блок питания 13,8 В/10 А. - Радиомир, 2008, №7, стр. 11...13.



Получение низких стабилизированных напряжений

Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень

E-mail: ua9laq@mail.ru

При конструировании лабораторных стабилизированных источников питания встаёт проблема получения низких (от 0 В) напряжений. Дело в том, что и сами полупроводники применяемых транзисторов и микросхем стабилизаторов требуют некоторого потенциала для своей работы и, вблизи нуля вольт, резко изменяют параметры всего стабилизатора, уменьшая или увеличивая пороги ограничения по току, прерывая ток в питаемой нагрузке, уменьшая линейность регулирования величины стабилизируемого напряжения.

Выходом из положения может быть, в простейшем случае, совместное использование двух стабилизаторов с фиксированным, но разным выходным напряжением (рис. 2).

Идея принципа проста: возьмём два источника (гальванические или аккумуляторные) с разными напряжениями, соединим их одноимённые полюса (плюсы или минусы) между собой, а между несоединёнными включим нагрузку, к которой будет приложено напряжение, равное разности напряжений источников.

При этом, полярность напряжения будет со знаком батареи с большим напряжением. Например, возьмём гальванический элемент типа АА (316) с напряжением 1,5 В и плоскую батарею (КБСЛ) с напряжением 4,5 В. (рис. 1). Соединим между собой “минусовые” выводы, а между “плюсами” включим нагрузку и измерим на ней напряжение, оно составит 3 В и “плюс” этого напряжения будет на плоской батарее, а “минус” – на гальваническом элементе.

Возьмём самый простой и доступный интегральный стабилизатор КР142ЕН5. Разница выходных напряжений стабилизаторов с разными буквами (например: КР142ЕН5А и КР142ЕН5Б) составляет 1 В, то есть, для нашего случая: $U_{\text{вых}} = U_{\text{вых1}} - U_{\text{вых2}} = 1 \text{ В}$. У экземпляров с одинаковыми буквами технологический разброс составляет до 0,4...0,5 В. Если мы соберём питающее устройство по схеме рис. 2, отобрав экземпляры с максимальной разницей выходного напряжения (с одинаковыми буквами), то получим на нагрузке R_n стабилизированное напряжение $U_{\text{вых}} = 0,4...0,5 \text{ В}$. Регулировать выходное напряжение плавно можно будет, если в разрыв цепи “заземления” (средний электрод стабилизатора на схеме рис. 2) одного из стабилизаторов включить переменный резистор в десятки-сотни Ом, дискретно – цепочку из последовательно включенных диодов или набор низковольтных стабилитронов с переключателем.

Если мы условно установили стабилизатор с большим напряжением сверху схемы (рис. 2), то регулируемым следует сделать нижний, при этом регулировка напряжения

будет начинаться с меньшего напряжения. Последовательно с переменным резистором следует установить подстроечный, с помощью которого можно установить на выходе минимальное напряжение в начальной точке регулировки напряжения $U_{\text{вых}}$ (например, 0 В). Установив разные по температурной зависимости стабилизаторы, можно осуществить термокомпенсацию источника питания.

Используя этот принцип, пойдём дальше: для получения низкого напряжения питания нагрузки применим два одинаковых стабилизатора, но уже оба – с регулируемым выходным напряжением, например, от 5 до 15 В. В нашем случае, напряжение питания нагрузки теперь может изменяться от -10 В до +10 В (значения для крайних положений регуляторов), в зависимости от установки регуляторов напряжения обоих стабилизаторов, причём регулировка вблизи 0 В (при одинаковых выходных напряжениях стабилизаторов) будет плавной, как и переход через него (смена полярности). Применяя коммутацию этих двух стабилизаторов (для увеличения возможностей такого лабораторного блока питания), можно использовать их последовательное включение (рис. 3), при этом выходное напряжение будет регулироваться от 10 до 30 В; притом, если взять и “заземлить” среднюю точку, то получим двухполярный источник питания ($\pm 5...15 \text{ В}$) (рис. 4) и параллельное включение (через мощные диоды Шоттки, рис. 5) даст удвоение максимального тока в нагрузку при напряжении 5...15 В. Напряжения на выходе стабилизаторов для совместного использования по току нагрузки следует устанавливать максимально точно равными друг другу: например, включив индикатор нуля (ноль вольт на вольтметре) между выходами обоих стабилизаторов перед соединением их вместе для работы на общую нагрузку (через диодную схему И), иначе один из стабилизаторов будет больше нагружен, чем другой.

Четыре способа включения обычных стабилизаторов дают довольно большой спектр применений на практике,

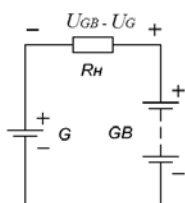


Рис. 1. Принцип получения разностного напряжения от двух источников

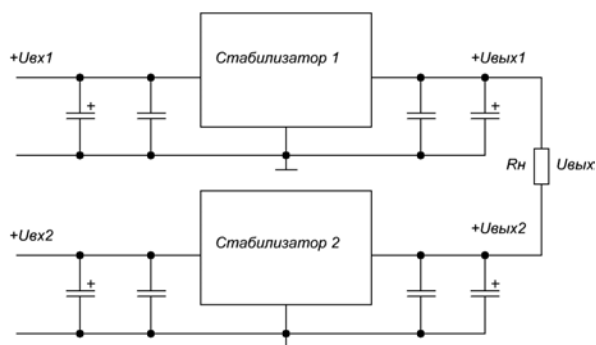


Рис. 2. Использование двух стабилизаторов для получения низкого напряжения питания нагрузки (соединение отрицательных полюсов через корпус)

однако здесь отсутствует получение двухполярного напряжения, близкого к нулю. Это является недостатком подобной схемы включения. Но применение четырёх одинаковых стабилизаторов позволяет решить проблему, если применить их полностью раздельными, что поможет и расширить границы комбинированного включения в большую сторону; последовательное включение: изменение напряжения 5...15 В (один стабилизатор), 10...30 В (два стабилизатора), 15...45 В (три стабилизатора) и 20...60 В (четыре стабилизатора). При параллельном включении (через схему И из одинаковых мощных диодов Шоттки для уменьшения падения напряжения) получим увеличение максимального тока стабилизатора от одного (один стабилизатор) до четырёх раз (четыре стабилизатора параллельно).

Итак, собирая комбинированный универсальный лабораторный блок питания, необходимо обеспечить четыре независимых стабилизатора, например, с выходным напряжением 5...15 В, соединения с корпусом и взаимные осуществляются коммутаторами (переключателями),

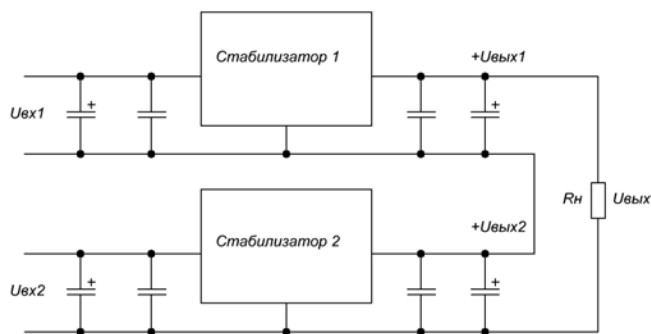


Рис. 3. Последовательное включение

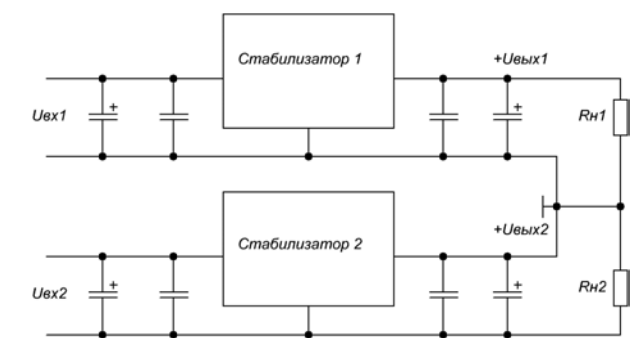


Рис. 4. Двухполярное включение

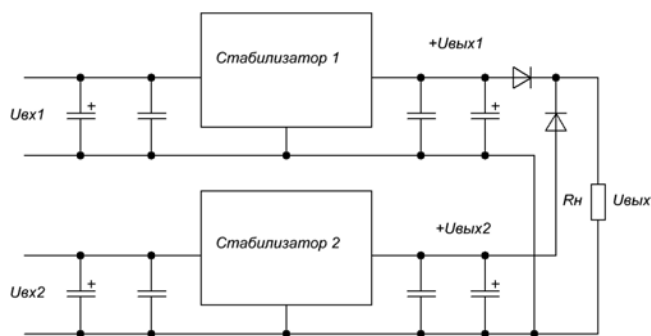


Рис. 5. Параллельное включение

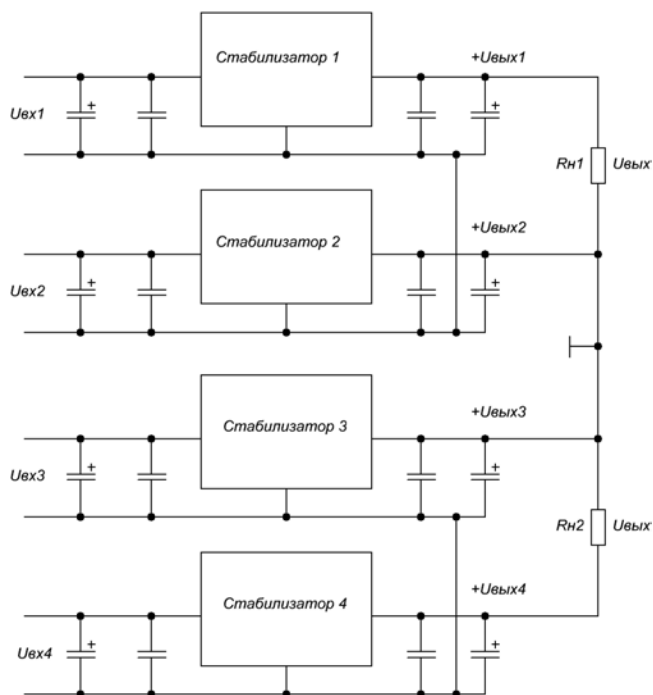


Рис. 6. Стабилизаторы лабораторного блока питания. Получение двухполярного напряжения, близкого к 0 В

в зависимости от поставленных задач (рис. 6). При этом мы получим как однополярное, так и двухполярное выходное напряжение, близкое к нулю, причём с плавной сменой полярности, а также преимущества, обусловленные как последовательным включением стабилизаторов (увеличение диапазона регулирования выходного напряжения вверх), так и параллельным (увеличение максимального тока в нагрузку). Все модули (отдельные стабилизаторы напряжения) желательно сделать раздельными, начиная с силового трансформатора (параллельное включение модулей – только по питающей сети), менее желательны (хотя возможны) отдельные одинаковые обмотки на одном силовом трансформаторе внушительных размеров.

Во многих случаях совсем необязательно применять все прелести, все составные части лабораторных источников питания, можно ограничиться и частью, тем самым упростив их физическое исполнение. Полярность оксидных конденсаторов на схемах указана правильно: на каждом выходе стабилизаторов здесь присутствуют положительные напряжения, всё дело лишь в их значениях, из которых получается разность напряжений – напряжение, которым питается нагрузка.

В универсальных лабораторных блоках питания нужно быть очень внимательным с установкой регуляторов и переключателей, в противном случае широкие возможности могут обернуться повреждением питаемых устройств, чувствительных к большим изменениям напряжений питания и их полярности.

Плавная смена полярности напряжения может быть полезной при изменении, например, направления вращения ротора электродвигателя, снятии характеристик электронных приборов и т.п.

БП для микродрели

Радиолюбители чаще всего располагают свои изделия на печатных или на монтажных платах. При их изготовлении приходится сверлить большое число отверстий малого диаметра (0,6... 1,2 мм). Чтобы эта работа была не слишком утомительной, применяют специальные станки, микродрели (“сверлилки”) и т.п. Этот инструмент требует питания.

Конечно, если под руками имеется лабораторный блок питания (БП) или специальный, предназначенный именно для микродрели, то вопросов нет. А если нет? Вот и у меня возникла потребность “посверлить”, а “сверлилка” требует постоянного напряжения питания 9... 18 В при токе до 0,5 А. Применив древнейший способ интенсификации мышления (почесав затылок), обратился за помощью к компьютеру, точнее, к его импульсному блоку питания. Конечно, при работающем ПК никто не станет подключать к его БП дополнительные устройства, но у выключенного не грех позаимствовать БП на время.

Нет слов, лучше все-таки взять “живой” БП от старого компьютера, пылящийся где-нибудь на полке. Питая через него от сети можно массу устройств, рассчитанных на напряжение 5...12 В. Для гашения избытка напряжения, если требуются промежуточные значения напряжений, в цепь нагрузки достаточно включить цепочку последовательно соединенных подводящих по току диодов (падение напряжения на кремниевом диоде – 0,7 В, на германиевом – 0,3 В).

Для питания микродрели я использовал компьютерный блок питания АТХ-230 с выходными параметрами: +3,3 В/10 А; +5 В/20 А; +12 В/6 А; -5 В/0,5 А и -12 В/0,5 А. Расположение выводов выходного разъема БП АТХ-230 показано на рис. 1. Все гнезда соединены с блоком питания разноцветными проводами. Назначение контактов приведено в таблице 1. Поскольку режим “без нагрузки” у импульсного БП является экстремальным, не стоит “испытывать судьбу”, и лучше подключить микродрель к БП напрямую к контактам +12 В (вывод 10 – желтый провод) и общий (вывод 7 – черный провод). Включение-выключение микродрели производится по цепи дистанционного управления (ДУ) соединением вывода 14 (зеленого провода) с выводом 17 (черным проводом). Выводы, выполненные проводами одного цвета, – эквивалентны (взаимозаменяемы).

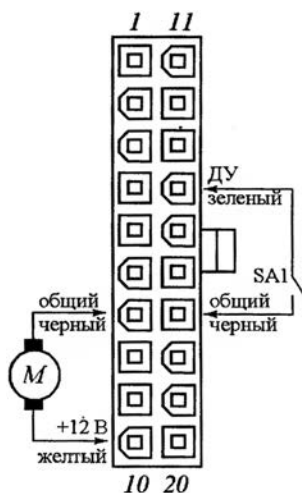


Рис. 1

Таблица 1

Вывод	Назначение	Цвет провода	Примечание
1	+3,3 В/10 А	Оранжевый	-
2	+3,3 В/10 А	Оранжевый	-
3	Общий	Черный	-
4	+5 В/20 А	Красный	-
5	Общий	Черный	-
6	+5 В/20 А	Красный	-
7	Общий	Черный	-
8	PW-OK	Серый	Контрольный
9	+5 В (SB)/1,5 А	Пурпурный	-
10	+12 В/6 А	Желтый	-
11	+3,3 В/10 А	Оранжевый	-
12	-12 В/0,5 А	Синий	-
13	Общий	Черный	-
14	PS-ON	Зеленый	Дистанционное управление
15	Общий	Черный	-
16	Общий	Черный	-
17	Общий	Черный	-
18	-5 В/0,5 А	Белый	-
19	+5 В/20 А	Красный	-
6	+5 В/20 А	Красный	-

Примечание. Если цепь ДУ (вывод 14) разорвана, то при включении БП на его выходе присутствует только напряжение +5 В (SB) (вывод 9).

Включаем БП в сеть штатным шнуром, на его выходе появляются только вспомогательные напряжения. Нажимаем на кнопку SA1, укрепленную на корпусе микродрели (её двигатель запускается), и сверлим. Соединение БП с микродрелью производится трехпроводным шнуром (общий провод цепей нагрузки и управления – один и тот же). Контроль работы БП осуществляется на выводе 8 (высокий логический уровень – все напряжения БП в норме).

