

Источник питания для экспериментов с ламповыми схемами.

Сергей Комаров (UA3ALW)

Ламповая аналоговая схемотехника, как казалось еще вчера, отошедшая в небытие, и уступившая место транзисторам, интегральным микросхемам и микроконтроллерам, по факту, продолжает жить и здравствовать. Мало того, во всем мире трепетно сохраняют, наращивают производство и даже ведут новые разработки радиоламп, и ламповые приборы (например, студийной обработки звука) занимают наивысшие ценовые категории. В области радиопередающих устройств лампы чувствуют себя настолько уверенно, что вообще «не обращают внимания» на тщетные потуги полупроводников. И не только там, где нужны мегаваттные мощности. В областях радиотехники, где для аппаратуры важна длительная сохраняемость, устойчивость к радиации, высоким и низким температурам, атмосферным электрическим разрядам; где аппаратура должна работать изредка, на протяжении многих десятилетий без какого-либо обслуживания, - радиолампы незаменимы. Во многих областях техники, инженеры-разработчики и радиолюбители, пришедшие в себя после длительного опьянения полупроводниками, вновь обращают свой взор к радиолампам. Но чем их запитать на лабораторном столе? Увы, сейчас сложно приобрести лабораторные источники питания УИП-1 и УИП-2, с полным набором «ламповых» напряжений.

Альтернатива реальному макетированию, многочисленные программы компьютерного моделирования, прекрасно справляющиеся с пассивными RLC цепями, не всегда адекватны даже при использовании фирменных моделей от производителей интегральных схем и транзисторов, не говоря уже о радиолампах. А с трансформаторами или многоотводными катушками с взаимной индукцией, и вовсе беспомощны. При компьютерном моделировании усилителей звуковых частот Вы не услышите оттенки звучания той или иной радиолампы, а при моделировании ламповых передатчиков, не учтете паразитные взаимосвязи и наводки. В моем представлении, виртуальные моделировщики чем-то похожи на резиновых жещиц: Функциональны? – Да! Реальны? – Нет! Поэтому, если мы хотим что-то попробовать или проверить с реальным, а не с «резиновым», «натянутым» результатом, – макетируем!

Итак, Вы решили отмакетировать устройство на радиолампах и, возможно, в Вашей схеме будут также присутствовать транзисторы с микросхемами. Не будем замахиваться на всеобъемлющую универсальность, ограничимся приемно-усилительными октальными и пальчиковыми радиолампами 6-и вольтовой серии. Перечислим наиболее распространенный набор требуемых питающих напряжений и токов:

Накал. Переменное напряжение 6,3 вольта. Лучше, если будут две обмотки по 6,3 вольта, которые можно соединить последовательно для получения напряжения 12,6 вольта, при токе каждой обмотки до полутора ампер (ну, мы же не будем ради эксперимента собирать огромные схемы на десятках радиоламп, макетируем лишь небольшие схемы по несколько каскадов).

Анод. Плюс 250 ... 300 вольт. Редко до 400 ... 450 вольт. Ток нагрузки 50 ... 80 мА. Вполне достаточно для домашнего макетирования схемы на 4 ... 6 приемно-усилительных радиолампах.

Смещение. Минус 50 ... 80 вольт. Излишки всегда можно погасить резистивным делителем напряжения. Ток нагрузки здесь большой не требуется. 3 ... 5 миллиампер будет, и хорошо.

Обращаю внимание молодого поколения инженеров и радиолюбителей, чье изучение радиотехники началось сразу с транзисторов: для ламповых схем не нужны стабилизаторы напряжения. На протяжении более, чем 100-летнего опыта развития ламповой схемотехники, разработаны схемы включения радиоламп, практически нечувствительные к изменению питающих напряжений в пределах допустимых колебаний напряжения электросети $\pm 10\%$. При номинале 220 вольт такой разброс составит 198 ... 242 вольта.

Сопутствующее напряжение для питания полупроводниковых схем. Обычно в ходу два напряжения: + 5 и + 12 вольт. Хотя возможны и другие варианты. Поэтому, помня, что трехвыводные интегральные стабилизаторы серии К142 (аналоги 7805, 7812 и пр.) сейчас распространены и доступны, и их часто ставят непосредственно на плату транзисторного устройства, обеспечим исходное выпрямленное и сглаженное напряжение + 15 ... 18 вольт, а дальнейшее формирование предоставим пользователю. Полагаю, что 150 ... 200 мА будет вполне достаточно для питания небольшого числа сопутствующих полупроводниковых каскадов.

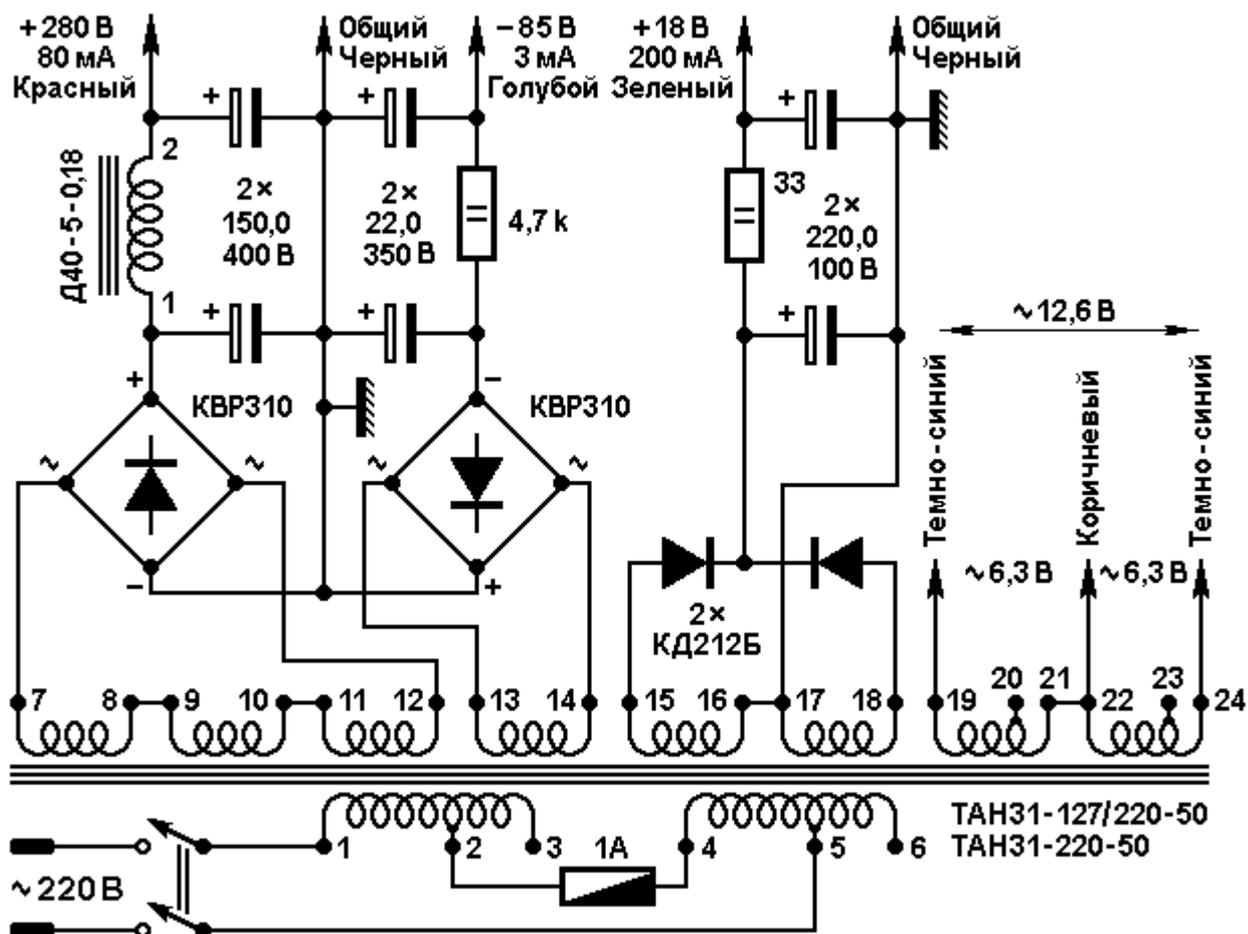
Таким образом, общая мощность источника питания не превышает 50 Вт. По своим параметрам для данной задачи подходят шесть типонаименований стандартных трансформаторов ТАН, с выходной мощностью 60 Вт. Их параметры в номинальном режиме приведены в таблице:

Тип / Параметр	Напряжения под нагрузкой, В.					Номинальные токи обмоток, А.				
	1-2-3, 4-5-6	7-8, 9-10	11-12, 13-14	15-16, 17-18	19-20-21, 22-23-24	1-2-3, 4-5-6	7-8, 9-10	11-12, 13-14	15-16, 17-18	19-20-21, 22-23-24
ТАН29-127/220-50	110+17	56	56	12,6	5+1,3	0,35	0,175	0,145	0,175	1,6
ТАН30-127/220-50	110+17	80	56	24	5+1,3	0,35	0,1	0,15	0,15	1,6
ТАН31-127/220-50	110+17	80	80	20	5+1,3	0,35	0,1	0,1	0,12	1,6
ТАН32-127/220-50	110+17	125	112	13	5+1,3	0,35	0,087	0,073	0,087	1,6
ТАН33-127/220-50	110+17	180	112	20	5+1,3	0,35	0,063	0,065	0,065	1,6
ТАН34-127/220-50	110+17	160	140	20	5+1,3	0,35	0,065	0,060	0,065	1,6

Немного теории. Поскольку трансформаторы рассчитаны для работы с напряжением 220 В $\pm 10\%$, то при номинальном напряжении они допускают длительную 10%-ную перегрузку по току. К тому же, обратите внимание, что их первичная обмотка при питании от сети 220 вольт может обеспечить мощность $(110 + 110) \times 0,35 = 77$ Вт. При КПД трансформатора 0,9 (реально, гораздо лучше) на вторичную обмотку останется мощность $77 \times 0,9 = 69$ Вт. Так, что наш трансформатор не выйдет из строя даже при длительной 15%-ной перегрузке. Греться, правда, будет сильно.

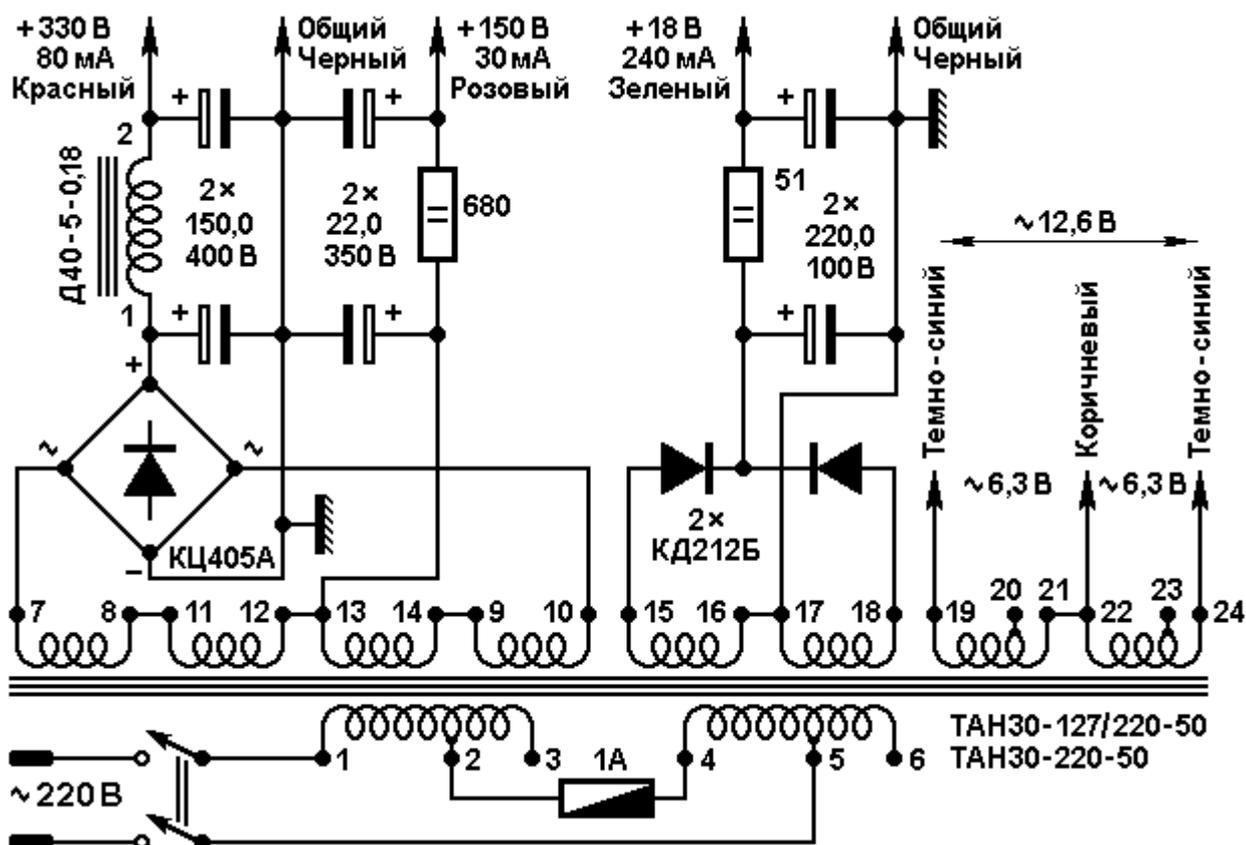
Значение выпрямленного напряжения под нагрузкой, для двухполупериодной и мостовой схем, когда известно эффективное значение переменного напряжения на обмотке, можно определить с хорошей точностью по эмпирической формуле: $U_{\text{выпр}} = 1,24 U_{\text{перем}}$. Далее, из этого значения необходимо вычесть падение напряжения на активном сопротивлении сглаживающего фильтра. У дросселя Д40 активное сопротивление обмоток $R_{\text{др}} = 211 \Omega$. По закону Ома для участка цепи, падение напряжения на нем при токе 80 мА составит 16,9 В. Исходя из закона сохранения энергии, максимальный ток нагрузки выпрямителя будет в 1,24 раза меньше, чем эффективное значение номинального тока нагрузки соответствующих обмоток трансформатора.

Схема одного из таких устройств приведена на рисунке 1:



При замене трансформатора ТАН31 на ТАН30 анодное напряжение снизится до 250 вольт. В случае использования трансформатора ТАН29 анодное напряжение станет 195 вольт, а вот для сохранения напряжения питания транзисторных схем, двухполупериодный выпрямитель на обмотках 15-16, 17-18 надо будет заменить на мостовой. Для удобства работы с устройством выводы выходных напряжений следует выполнить разноцветными. Рекомендованные цвета указаны на схеме и в таблице в конце статьи. Сечение проводов для накальных цепей желательно брать не менее 0,5 кв. мм, для остальных, 0,2 ... 0,35 кв. мм.

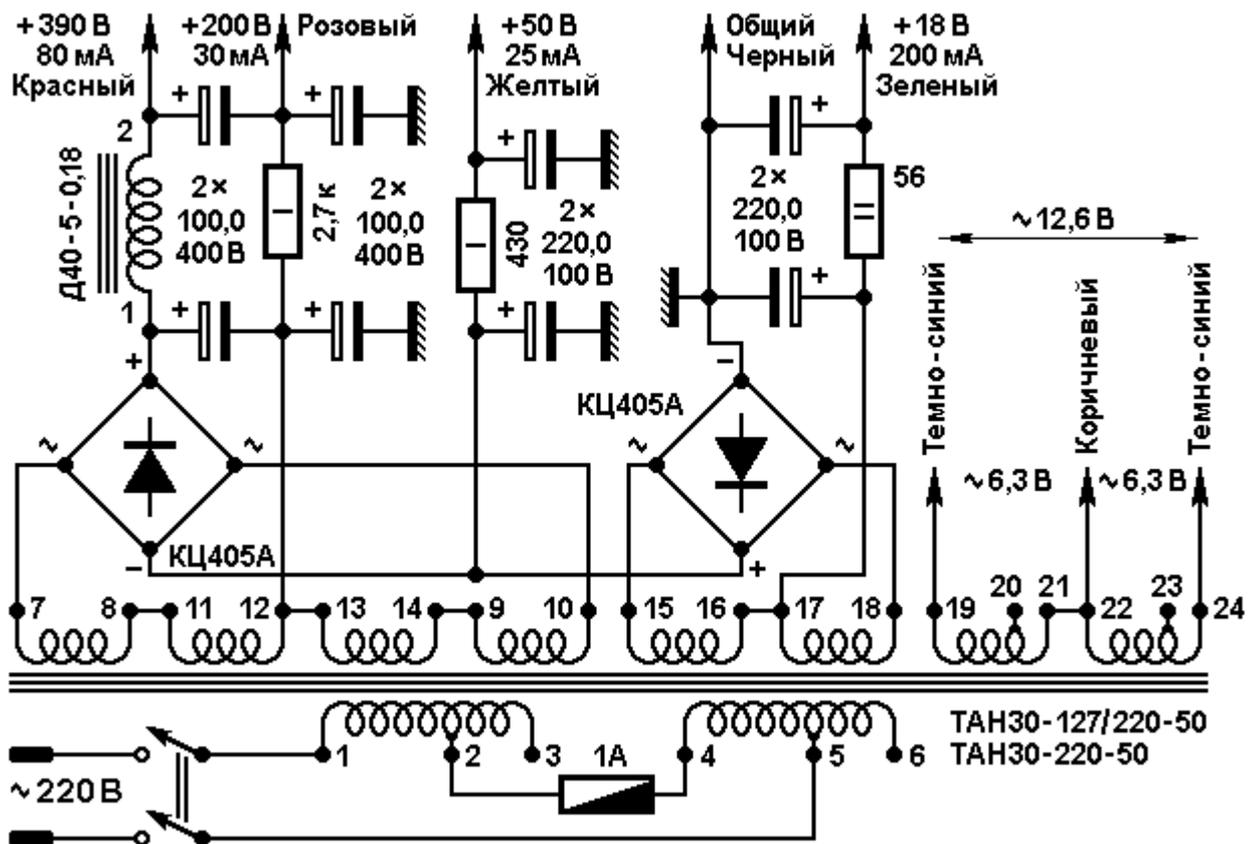
Во втором варианте устройства нет отрицательного напряжения смещения. Он предназначен для питания ламповых схем с автоматическим смещением на пентодах и лучевых тетрадах. Зато в него добавлен источник для питания экранных сеток, с напряжением, равным приблизительно половине анодного и с максимальным током 25...30% от анодного источника.



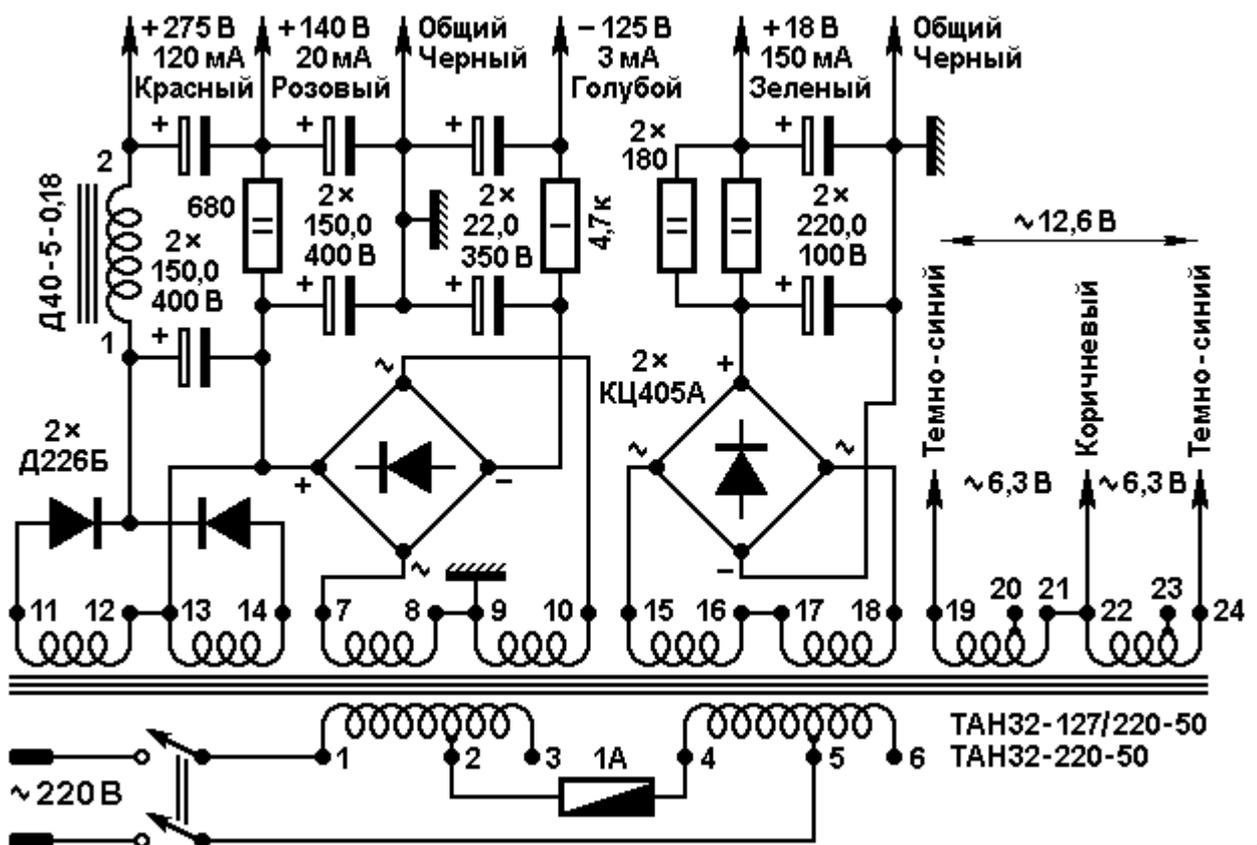
Анодное напряжение выпрямляется мостовой схемой. Выпрямитель экранного напряжения + 150 вольт использует два «нижних» диода мостовой сборки, образующие с двумя половинами анодной обмотки двухполупериодную схему выпрямления, минус которой заземлен, а со средней точки обмотки снимается положительное напряжение, равное в точности половине напряжения мостового выпрямителя. Из-за разных падений напряжений на сглаживающих фильтрах, напряжения на выходе источника под нагрузкой получаются не совсем кратные: 330 и 150 вольт.

Третий вариант схемы разработан для использования, как штатный, в схеме 10-и ваттного средневолнового АМ передатчика, но может быть использован и как лабораторный источник. Высоковольтная часть выпрямителя построена по той же схеме, что и на рис. 2, однако его минус не заземляется, а подключается к положительному выходу низковольтного выпрямителя. Таким образом, для получения высокого анодного напряжения в этой схеме складываются напряжения со всех выпрямителей.

Мостовой выпрямитель напряжения низковольтных обмоток, благодаря наличию средней точки обмотки обеспечивает на своем выходе два напряжения: «зеленое» + 18 вольт для дальнейшего подключения интегральных стабилизаторов и питания транзисторных схем и «желтое» + 50 вольт для питания выходных транзисторов синтезатора радиочастот С9-1449-1800, которое обеспечивает запирающие лампы выходного каскада передатчика при «подъеме» потенциала катода относительно нулевого потенциала управляющей сетки. Подробнее об этом я напишу в статье про передатчик. Полагаю, для проведения экспериментов с радиолампами и ламповыми схемами напряжение +50 вольт пригодится.



Замена трансформатора ТАН30 на ТАН31 поднимет анодное напряжение до 430 вольт.
Использование в источнике питания трансформатора ТАН32 позволит построить схему, с большим набором напряжений (Рис. 4).

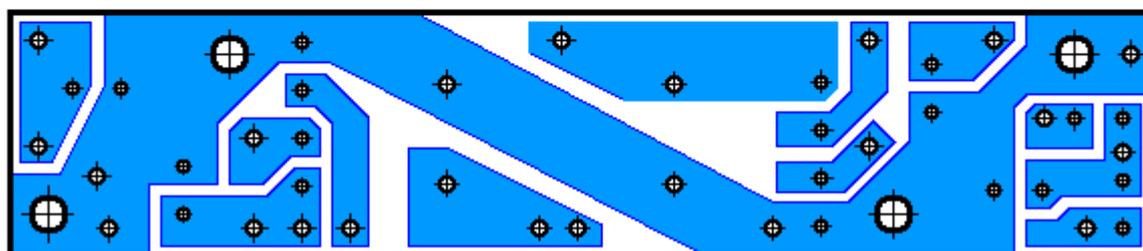
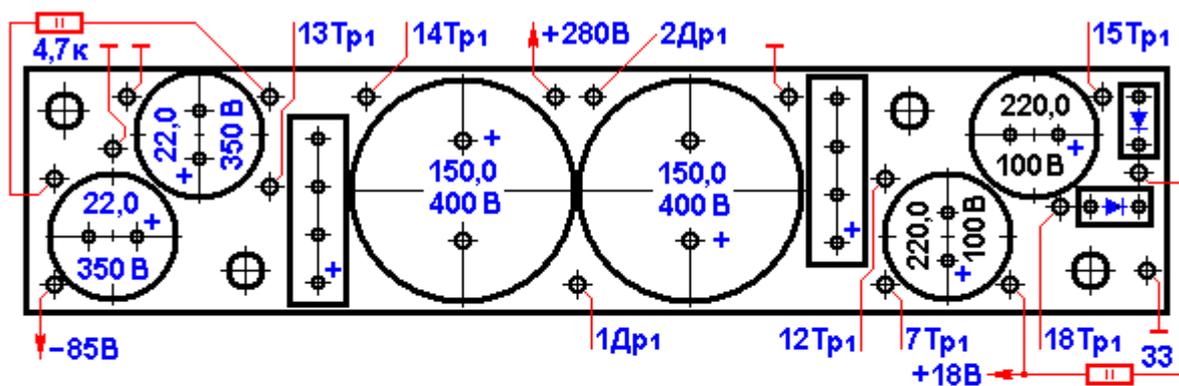
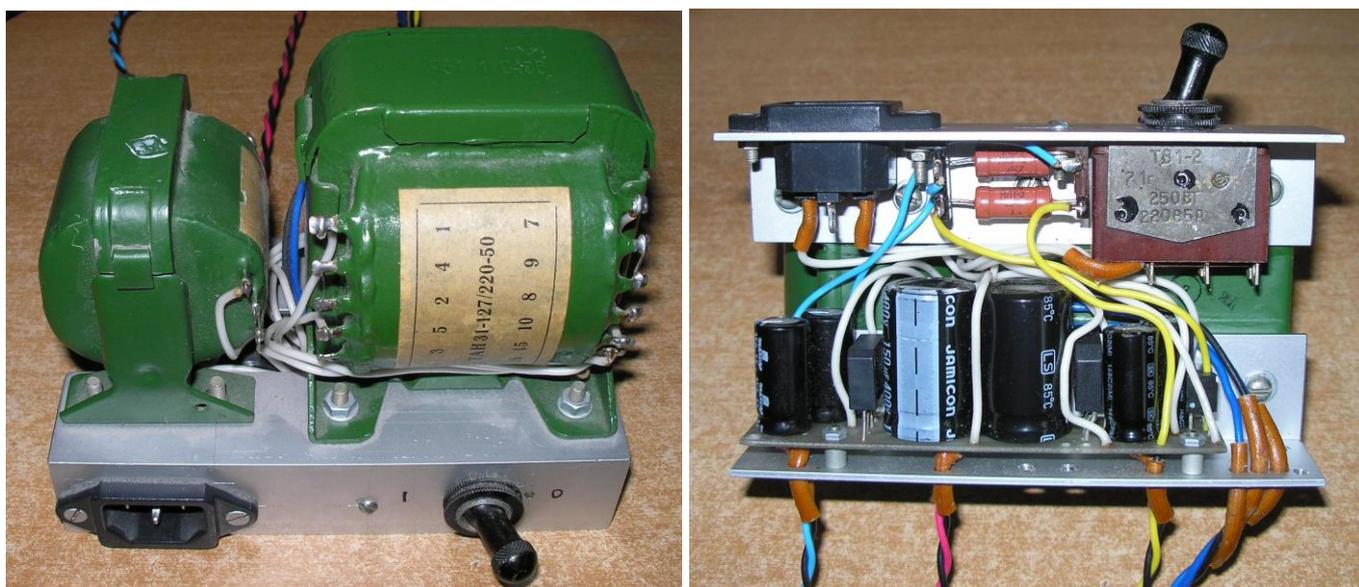


Если два резистора в низковольтном фильтре заменить одним МЛТ-2-36 $\Omega \pm 5\%$, то вместо 18 вольт можно получить 27 вольт. Как раз, напряжение для питания распространенных реле.
Трансформаторы ТАН33 и ТАН34 позволяют построить блок питания с еще большим набором напряжений. Анодные, экранные напряжения и отрицательное напряжение смещения с обмоток 7-8, 9-10, 11-12, 13-14 получаются также, как в схеме 4, а подключение к обмоткам 15-16,

17-18 мостового выпрямителя со средней точкой обмотки, как на схеме 3 позволит получить помимо «зеленого» напряжения +18 вольт, еще и «желтое» +40 вольт. Поскольку все варианты включения обмоток и построения схем выпрямителей уже приведены на рисунках 1 ... 4, нарисовать схему блока питания для трансформаторов ТАН33 и ТАН34 я предоставляю самим читателям. Обсудить различные ламповые схемы и пообщаться с единомышленниками можно на форуме автора этой статьи «Любимые лампы»: <http://www.radiostation.ru/home/forum.html>

Детали. Трансформаторы ТАНхх-127/220-50 можно заменить на ТАНхх-220-50 при этом предохранитель ВП-1б на ток 1 ампер придется не непосредственно запаять на жесткие выводы 2 и 4 трансформатора, а установить отдельно. Дроссель Д40-5-0,18 можно заменить на Д31-5-0,14 ($R_{др} = 223,5 \Omega$) или на Д49-5-0,28 ($R_{др} = 143 \Omega$). Резисторы МЛТ, конденсаторы фирмы Jamicon или отечественные К50-35. Отечественные мостовые сборки КЦ405 можно заменить на КЦ402, на двойные КЦ403, или на импортные КВР310, с обратным напряжением для анодных цепей не менее 600 вольт и ток не менее 3А (случается, что по неаккуратности мы закорачиваем выводы источника и необходимо, чтобы, после искры на выводах выпрямителя, диоды не выходили из строя; отечественные радиодетали делаются с хорошим запасом, а вот при использовании импортных, необходимо этот запас учитывать самому). Выключатель - ТВ1-2 или ТВ1-4, впрочем, в рекомендованную конструкцию подойдет любой другой тумблер, например, ТП1-2.

Конструкция. Один из вариантов конструкции показан на рисунке 5 и 6. В качестве шасси использованы два алюминиевых уголка (со строительного рынка) из сплава АД31, размером 30х30х2 и длиной 140 мм. Печатная плата, из одностороннего фольгированного стеклотекстолита соответствующая первой схеме, показана на рисунке 7. Размер платы 114 х 25 х 1,5 мм.



Мощные гасящие резисторы МЛТ-2,0, для обеспечения свободной конвекции, размещены на двухконтактных (четырёхлепестковых) монтажных стойках (Рис. 6).

Важное добавление. Каждое напряжение выходит из блока питания двумя перевитыми между собой проводами (кроме накальных, они перевиты втрое): «горячий» цветной провод и к нему в пару черный провод нулевого потенциала. Это необходимо для того, чтобы при случайном отсоединении провода «земли» не произошло бы перераспределения напряжений питания в настраиваемой конструкции, что может привести к выходу из строя ее радиоэлементов. В случае же, когда каждому выходному напряжению сопутствует своя «земля», такого не произойдет.

В заключение, приведу таблицу цветов монтажных проводов, которой я стараюсь придерживаться при монтаже ламповых и лампово-полупроводниковых конструкций. Соблюдать ее, конечно, не обязательно, но она помогает значительно облегчить процесс монтажа, уменьшить вероятность ошибок, да и разбираться с конструкциями прежних времен значительно проще.

Напряжения (потенциалы)	Цвет и характеристики монтажного провода
Переменные, высокого напряжения, в том числе сетевые 36, 110, 115, 127, 220 вольт.	Белый, монтажный, МГШВ или подобный, обязательно перевитый.
Переменные, накальных цепей	Темно-синий или голый луженый в коричневом х/б лаковом кембрике, обязательно перевитый. Общий провод накальных цепей – коричневый.
Анодное напряжение выше 450 вольт	Высоковольтный провод в двойной или в толстой изоляции, желателен красного цвета.
Анодное напряжение + 120 ... 450 вольт.	Красный, монтажный, МГШВ или подобный.
Экранное напряжение + 45 ... 300 вольт	Розовый, монтажный, МГШВ или подобный.
Высокие напряжения питания сопутствующих полупроводниковых каскадов + 40 ... 120 вольт	Желтый, монтажный, МГШВ или подобный.
Релейные, управляющие и вспомогательные напряжения + 24 ... 48 вольт.	Оранжевый, монтажный, МГШВ или подобный.
Низкие напряжения питания сопутствующих полупроводниковых каскадов до + 30 вольт	Зеленый, монтажный, МГШВ или подобный.
Нулевой потенциал, шина земли, корпус	Голый луженый или черный, монтажный, МГШВ или подобный.
Отрицательные	Голубой (светло-синий), монтажный, МГШВ или подобный.
Сигнальные	Серый, монтажный, экранированный МГШВЭ или подобный, радиочастотный кабель.

Приятных экспериментов!