



# **Высоковольтный лабораторный стабилизатор**

*Евгений Карнов*

В этой статье мы коснемся вопроса, неразрывно связанного с процессом создания и тестирования аудио-аппаратуры, – лабораторного источника питания. Если приобретение или изготовление низковольтных источников не представляет особых проблем, то с высоковольтными источниками такие проблемы существуют в виду определенной специфики требований. Вариант реализации такого источника уже ранее рассматривался, его схема вполне работоспособна, но имеет существенную проблему – недостаточная защищенность от перегрузок и коротких замыканий.

Вашему вниманию предлагается другой вариант лабораторного источника. При проектировании схемы были два основных условия: абсолютная защищенность от перегрузок, низкий собственный уровень шумов и, как пожелание, - удовлетворительный импульсный отклик.

За основу была взята схема параллельного стабилизатора, в котором балластный резистор заменен на источник тока. Такой вариант выбран не только из-за его практической «неубиваемости». Кроме того, такой стабилизатор является хорошим «естественным» фильтром и потребляет постоянный фиксированный ток от выпрямителя, это позволяет использовать фильтр, начинающийся с дросселя (значительно снижающий коммутационные шумы выпрямительного моста) и исключить переходные процессы в фильтре при скачках тока нагрузки.

Диапазон регулирования выходного напряжения стабилизатора – 0.2÷300V, максимальный выходной ток 100mA, собственные шумы - на уровне единиц милливольт, переходной процесс - аperiodический, а выбросы и провалы (100% сброс – наброс нагрузки) – не превышают 30 милливольт (Рис.1).

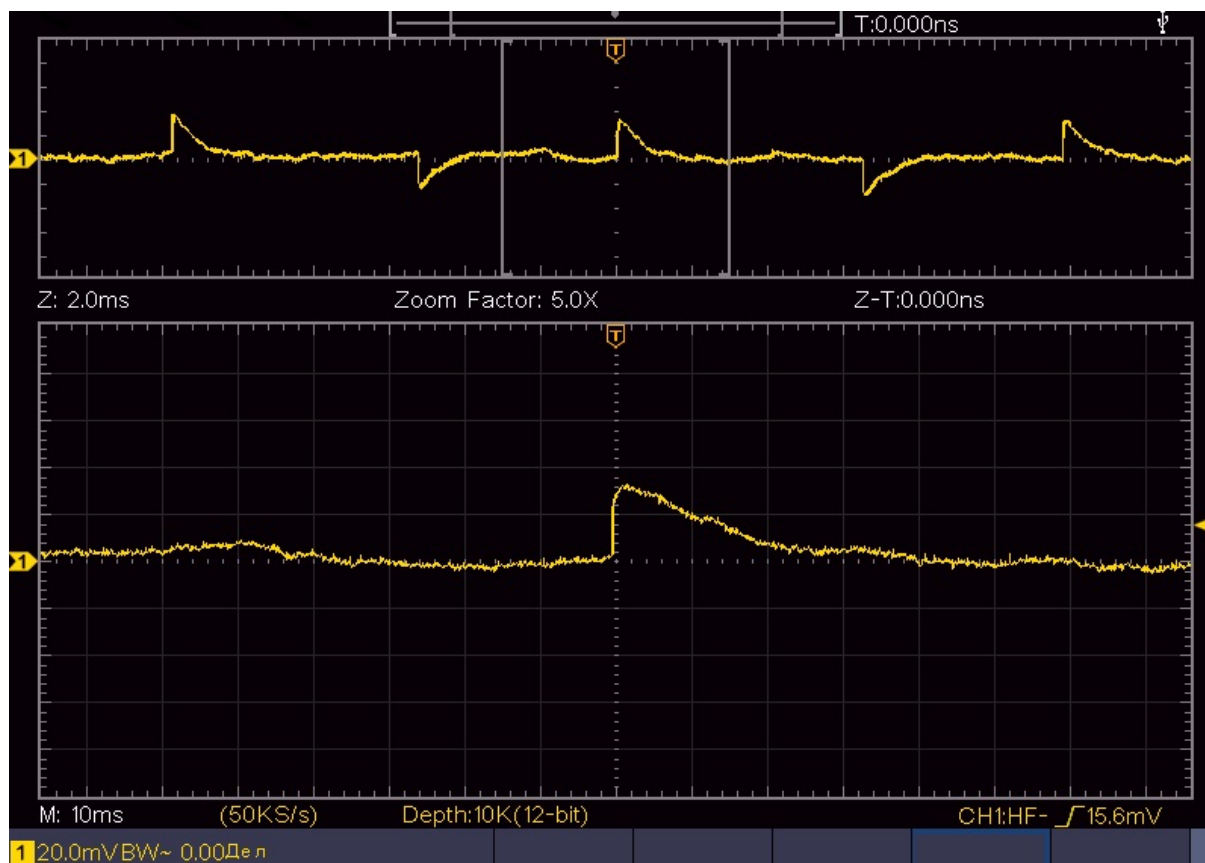


Рисунок 1

### Схема стабилизатора

Схема стабилизатора приведена на рисунке 2 и не имеет каких-то особенностей. На транзисторах VT1, VT2 реализован источник тока, резисторы R5, R6 токозадающие, опорное напряжение формируется микросхемой DA1. В принципе, ее можно заменить на обычный стабилитрон на напряжение 5.1 вольта, но это ухудшает коэффициент стабилизации, потому что эта цепь питается непосредственно от выпрямителя.

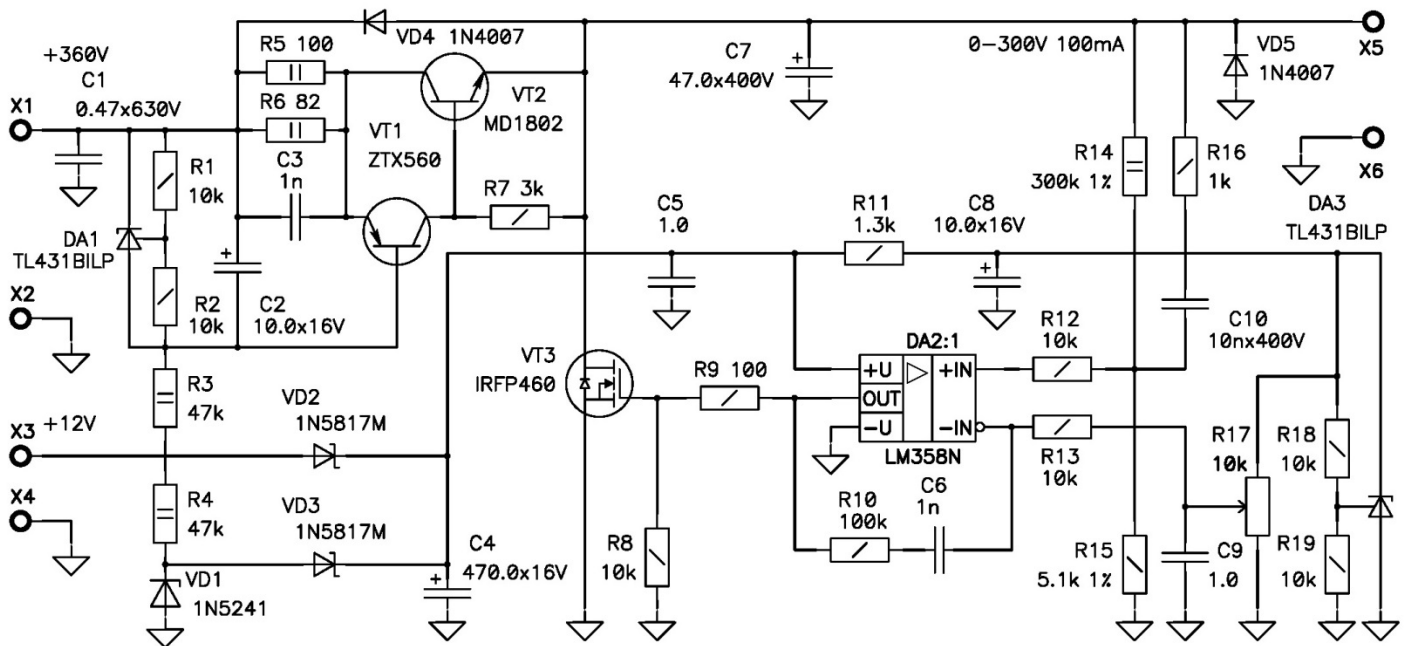


Рисунок 2

Регулирующий транзистор VT3 управляется непосредственно с выхода ОУ DA2, который работает как усилитель ошибки и элемент сравнения. На его неинвертирующий вход поступает выходное напряжение с делителя, а на инвертирующий – опорное напряжение со стабилизатора, собранного на микросхеме DA3. Если отключить переменный резистор и подать на инвертирующий вход напряжение от внешнего источника, например, пилообразной формы (0÷5V), стабилизатор можно перевести в трековый режим работы, что бывает удобно для снятия ВАХ ламп. Выходное напряжение зависит от опорного линейно.

Сама схема управления питается от вспомогательного источника напряжением 12V, этот источник также питает вентилятор охлаждения радиатора транзисторов VT2, VT3. Суммарная мощность рассеяния обоих транзисторов не превышает 40 ватт в худшем случае. Для исключения появления перенапряжения на выходе при выключении стабилизатора или при неисправности вспомогательного источника введена защитная цепочка VD1÷VD3. Независимо от скорости спада напряжений на основном и вспомогательном источниках, схема управления будет всегда получать питание и пытаться поддерживать заданное напряжение на выходе.

Питается стабилизатор от самого обычного выпрямителя с низкочастотным силовым трансформатором (Рис. 3). Резистор R2 служит для снижения коммутационных помех диодов VD1. Индуктивность дросселя L1 не критична и может находиться в пределах 15÷20H. Следует иметь в виду, что сюда подойдет не любой дроссель, так как действующее переменное напряжение на нем может достигать 200 вольт.

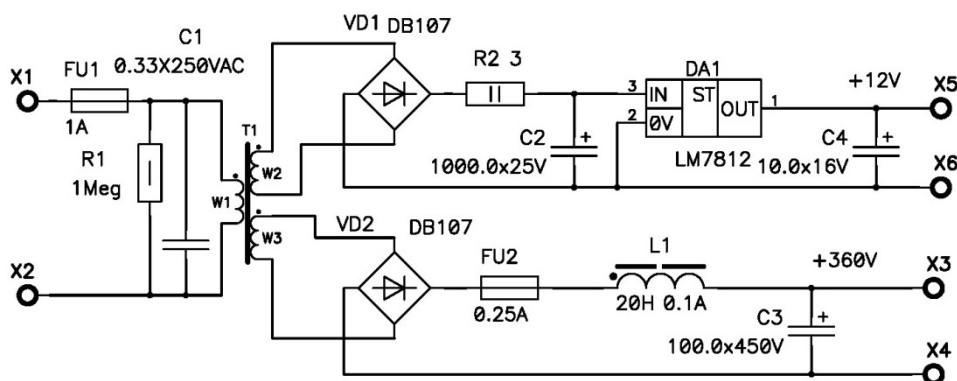


Рисунок 3

## Конструкция и детали.

Здесь раскрывается широкое поле для творчества, чем я, в общем, и занимался. Для охлаждения силовых транзисторов использовался радиатор от старого процессора (максимальная рассеиваемая мощность – 90 ватт). Вентилятор подключен через терморезистор с отрицательным ТКС (позаимствован из неисправного блока питания компьютера) сопротивлением 120 Ом (Рис. 4).

От старого УПС позаимствован сердечник силового трансформатора и сам корпус с фурнитурой. Трансформатор требует перемотки, подойдет сердечник с активной площадью  $10 \div 13 \text{ см}^2$  (сталь там специфическая), и площадью окна не менее  $5 \text{ см}^2$ . Такие трансформаторы используются в УПС с номинальной мощностью  $400 \div 500$  ватт. Экран между сетевой и вторичными обмотками – обязателен, намоточные данные трансформатора приведены в таблице ниже.

Обмотка	Число витков	Провод	Напряжение Вольт	Сопротивление Ом
W1	845	ПЭТВ150- 0.33	230	27
Экран	1	Медная фольга	-	-
W2	1600	ПЭТВ150- 0.21	400	120
W3	63	ПЭТВ150- 0.38	16	1.5

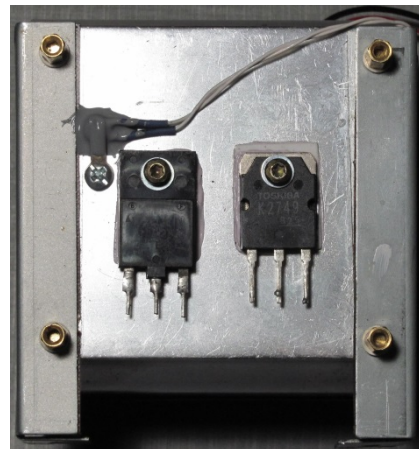


Рисунок 4

Конечно, эти данные приблизительны, так как итоговый результат зависит как от технологии намотки, так и от сортамента проводов, оказавшихся под рукой. Наиболее критичным является напряжение на выходе высоковольтного выпрямителя. Основное требование при номинальном напряжении сети: напряжение на выходе выпрямителя должно быть близко к 360 вольтам. В соответствии с этим требованием надо скорректировать точные данные трансформатора.

Корпус был тоже немного переделан. Была уменьшена его высота, что совсем не обязательно, и сделано это исключительно из эстетических соображений. В боковых стенках были вырезаны два больших окна и вставлена сетка с крупными ячейками для обеспечения достаточного охлаждения силовых транзисторов (Рис. 5).



Рисунок 5

В фильтре выпрямителя использовался дроссель типа Д51-НВ, дроссель не совсем стандартный и рассчитан на работу с большими значениями переменной составляющей. Индикатор выходного напряжения – от китайских коллег, вольтметр оказался на удивление точным.

Ввиду малого числа компонентов и отсутствия планов тиражирования, печатные платы не разрабатывались. Электронная часть была собрана на макетных платах (Рис. 6).

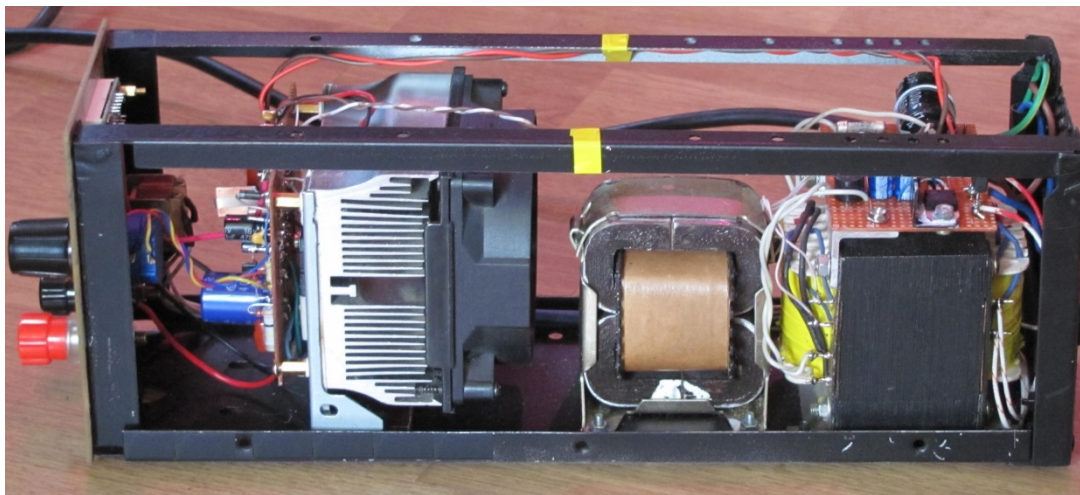


Рисунок 6

Теперь коснемся вопроса выбора компонентов схемы.

Регулирующий MOSFET может быть любого типа с допустимым напряжением сток-исток  $400 \div 500$  вольт и рассеиваемой мощностью  $70 \div 100$  ватт ( $25^\circ\text{C}$ ). Для улучшения условий охлаждения желательно использовать транзистор в корпусе TO-247. Прходной транзистор источника тока должен иметь допустимое напряжение коллектор-эмиттер не менее 500 вольт и рассеиваемую мощность около 50 ватт. Желательно иметь значение  $\beta$  побольше при не больших токах коллектора. С подбором силовых транзисторов особых проблем не возникает.

Определенная проблема может возникнуть с транзистором VT1. При коротком замыкании выхода стабилизатора и максимальном напряжении сети на нем может рассеиваться мощность около 0.5 ватта. Наилучшим вариантом будет использование транзистора 2SA1413. Под рукой такого не оказалось, поэтому я использовал ZTX560, который был приклеен теплопроводным компаундом к небольшой медной пластинке (приблизительно  $1.5 \div 2 \text{ см}^2$ ).

Долговременная стабильность выходного напряжения весьма существенно зависит от ТКС резисторов делителей R14, R15 и R18, R19. Поэтому здесь желательно использовать точные резисторы с малым ТКС ( $50 \div 100$  ppm). Если использовать широко распространенные металлооксидные резисторы ( $\pm 350$  ppm), то при максимальном выходном напряжении дрейф при прогреве может достигать  $1.5 \div 2\%$ . В принципе, это не критично, но и забывать об этом не следует.

Для регулирования выходного напряжения лучше использовать многооборотный резистор.

Передняя панель без особых претензий была изготовлена из куска 2-х миллиметрового стеклотекстолита (Рис.7)

### Наладка стабилизатора

При отсутствии ошибок в монтаже и исправных деталях стабилизатор начинает работать сразу. Наладка стабилизатора заключается в установке максимального выходного тока и подстройки максимального выходного напряжения.

Для контроля и установки выходного тока необходимо закоротить (до включения) выход стабилизатора амперметром, включить стабилизатор, и проконтролировать ток короткого замыкания. Ток короткого замыкания должен находиться в пределах  $105 \div 110$  mA. Величина тока короткого замыкания подстраивается изменением токозадающего резистора.

Установка максимального выходного напряжения производится после предварительного прогрева. Установите максимальное выходное напряжение резистором R17, при необходимости скорректируйте его значение подбором резистора R15. Использовать в цепи делителя выходного напряжения, какие либо подстроечные резисторы – нежелательно.



Рисунок 7

При наличии возможности необходимо проверить отсутствие самовозбуждения стабилизатора во всем диапазоне выходных напряжений и форму тока дросселя фильтра. Ток дросселя не должен уменьшаться до нуля и по форме должен быть близок к синусоидальному.

В заключение, хочу напомнить читателям, что устройство высоковольтное, и при его настройке и эксплуатации необходимо соблюдать осторожность.