

МОЩНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР С МАЛЫМ ПАДЕНИЕМ НАПРЯЖЕНИЯ

Евгений Карпов

В статье описан относительно простой стабилизатор на средний уровень выходного напряжения (120-180V) и выходным током до 1 ампера.

Краткая предыстория

В каком-то смысле можно считать, что этот стабилизатор специализированный, так как он появился в результате модернизации усилителя “Princess” и проектировался с учетом всех проблем, возникавших при эксплуатации усилителя. Несмотря на это, стабилизатор может быть с успехом использован и для питания выходных каскадов других усилителей, реализованных на мощных лампах типа 6С33С, 6С18С, 6С41С, как с трансформаторным входом, так и ОТЛ.

Основное внимание было уделено двум вопросам:

Минимизация падения напряжения на стабилизаторе, что позволяет уменьшить тепловыделение и габаритную мощность силового трансформатора.

Расширение функциональности и повышение надежности системы защиты от перегрузок по току.

Факт общеизвестный, что перечисленные выше типы ламп при фиксированном смещении склоны к саморазогреву, и думалось, что наличие серво-системы, контролирующей ток покоя лампы, может этот вопрос решить. В жизни все оказалось немного не так. Дело в том, что постоянная времени регулятора выбрана достаточно большой, чтобы полностью исключить ее влияние на звуковой сигнал, а вот скорость нарастания тока у лампы, практически выработавшей свой ресурс, оказывается настолько высокой, что серво-система не успевает его корректировать. Естественно, это может приводить к отказам стабилизаторов.

Схема стабилизатора

Схема стабилизатора приведена на рисунке 1. Структурно, это классический компенсационный стабилизатор с дифференциальным усилителем (VT4-VT7) ошибки. С точки зрения характеристик - звезд с неба не хватает, но качества выходного напряжения с головой хватает для питания выходного каскада.

Параметры имеет он следующие:

Выходное напряжение (с делителем указанным на схеме)	140V
Диапазон входных напряжений	145-200V
Нестабильность выходного напряжения от тока нагрузки (скачек 0-0.9A)	0.02%
Нестабильность выходного напряжения от напряжения питания	0.6%
Выходное сопротивление (в области НЧ)	0.15Ω
Подавление пульсаций с частотой 100Hz	≈46dB
Время переходного процесса	≈10mS
Ток срабатывания защиты	≈1A
Задержка отключения	≈200mS

Для уменьшения минимального входного напряжения было применено питание усилителя ошибки повышенным напряжением от дополнительного источника (VD1, C5). Это позволяет снизить минимальное падение напряжения на проходном транзисторе до сотен милливольт (но транзистор должен оставаться в линейном режиме). Также была использована схема защиты (R16, VT9) с дополнительным транзистором. Это позволило уменьшить максимальное падение на датчике тока до 0.65 вольта и получить более крутую характеристику защиты за счет высокой крутизны биполярного транзистора.

Стабилизатор сохраняет работоспособность при разнице напряжений между входом и выходом порядка 0.8 – 0.9 вольта.

В стабилизаторе используется двухступенчатая система защиты. Первая ступень (R16, VT9) переводит стабилизатор в режим источника тока. При этом ток коллектора VT9 начинает заряжать емкость C12, которая шунтирует светодиод оптрона. По мере заряда емкости ток коллектора начинает протекать через светодиод оптопары, что вызывает увеличение тока транзистора оптопары U2:2.

Приблизительно через 200mS ток через U2:2 станет достаточным для срабатывания транзисторного аналога динистора (VT2, VT3).

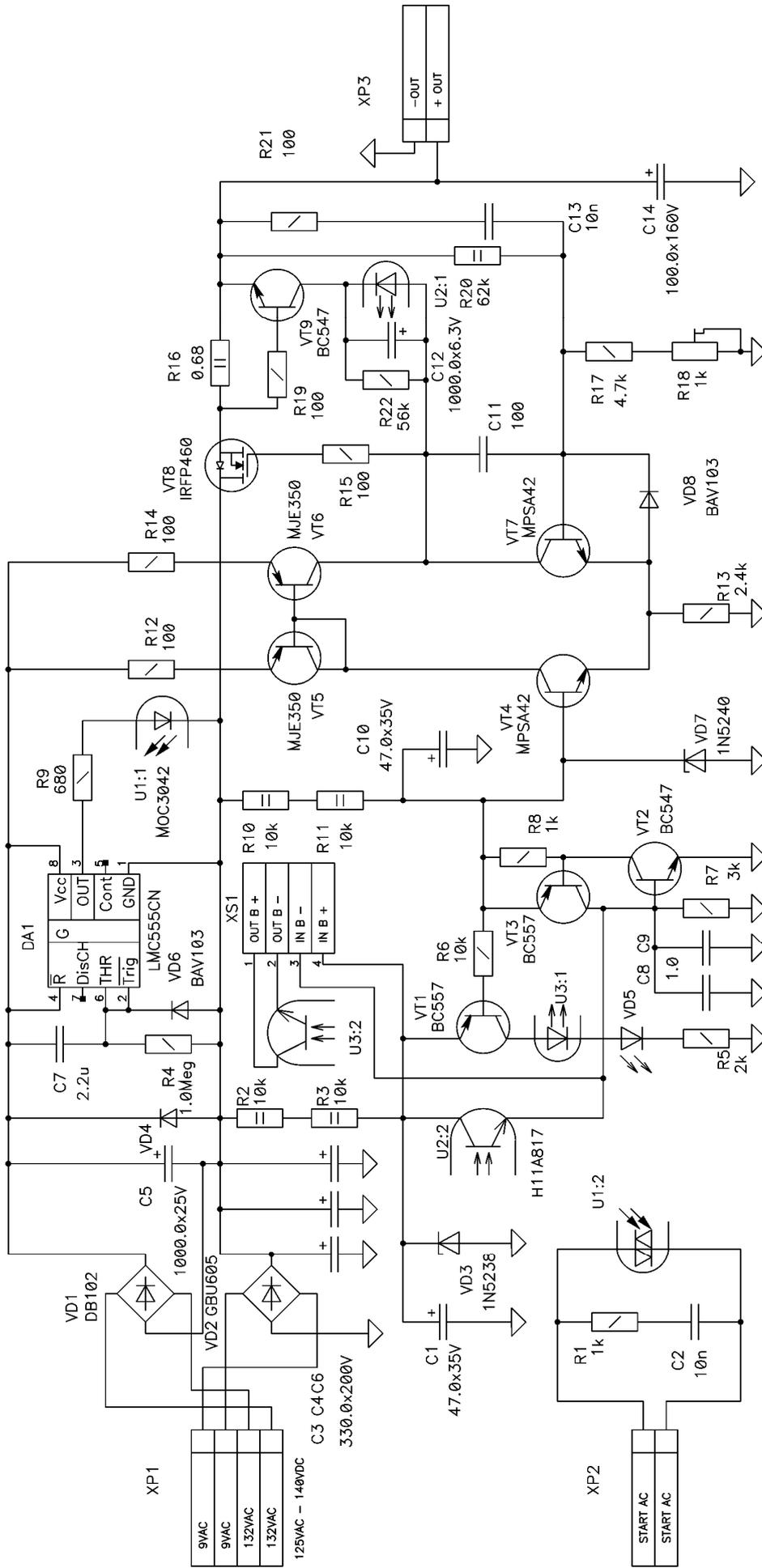


Рисунок 1

Срабатывание аналога динистора приведет к резкому уменьшению опорного напряжения стабилизатора и, соответственно, к уменьшению выходного напряжения до 10-12 вольт. Стабилизатор будет находиться в таком состоянии до полного снятия входного напряжения.

Транзистор VT1 выполняет вспомогательные функции. Срабатывание второй ступени защиты приводит к его отпиранию, зажиганию светодиода индикатора перегрузки (VD5) и отпиранию транзистора оптрона U3. Оptron U3 служит для создания перекрестных связей систем защиты стабилизаторов при двухполярном питании выходного каскада. Таким образом, срабатывание защиты в любом стабилизаторе приводит к автоматическому отключению второго. Если эта функция не требуется, то оптрон U3 и разъем XS1 можно исключить.

В стабилизатор интегрирован узел плавного пуска на таймере (DA1) и оптосимисторе U1. При подаче напряжения питания на стабилизатор силовой выпрямитель (VD2) подключен к обмотке трансформатора через пусковой резистор, ограничивающий ток заряда емкостей стабилизатора. После окончания задержки включается оптосимистор, что приводит к включению реле, замыкающего его своими контактами.

Конструкция и детали

Стабилизатор целесообразно реализовать на печатной плате, которую разместить непосредственно на охладителе проходного транзистора VT8. В любом случае необходимо минимизировать длину проводников, подключающих проходной транзистор к остальной схеме. Требования к трассировке печатных проводников стандартные для стабилизаторов - с явным разделением силовых и сигнальных цепей и с соединением их в одной точке у выхода. Резистор R15 должен быть припаян непосредственно к затвору транзистора VT8.

Подстроечный резистор R18 лучше использовать многооборотный, а еще лучше – после настройки уровня выходного напряжения заменить его на постоянный резистор соответствующего номинала.

Между выходной цепью оптрона U1 и остальной частью схемы должен быть достаточный защитный зазор, особенно при использовании реле питающегося непосредственно от сетевого напряжения.

Каких-то особых требований к полупроводниковым компонентам нет, можно смело использовать любые компоненты с аналогичными основными параметрами (использовать компоненты неизвестно кем и где изготовленные – не рекомендуется). Типы электролитических емкостей – на ваш вкус, конечно, правильнее использовать емкости с низким импедансом. Но, как показала практика, и емкости общего применения (известных производителей) с успехом справляются со своей задачей.

При необходимости значительно изменить уровень выходного напряжения – необходимо пересчитать номиналы резисторов делителя R17, R18, R20. Делитель рассчитывается по следующему критерию: при номинальном напряжении на выходе напряжение на базе транзистора VT7 должно быть равно 10,65 вольта (ток базы транзистора находится на уровне $18 \div 20 \mu\text{A}$). Естественно, также необходимо будет скорректировать рабочие напряжения электролитических емкостей.

Время задержки отключения стабилизатора при перегрузке можно варьировать, изменяя номинал емкости C12. Пороговое значение тока срабатывания защиты можно корректировать изменением номинала резистора R16. Нужный номинал резистора можно определить из соотношения:

$$R16 = 0.65 / I \text{ (}\Omega\text{)}, \quad \text{где } I \text{ – пороговый ток срабатывания защиты (A)}.$$

При отсутствии ошибок в монтаже и исправных компонентах стабилизатор начинает работать сразу и только требует точной подстройки уровня выходного напряжения.