

**ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР С
ШИРОКИМ ДИАПАЗОНОМ РЕГУЛИРОВКИ
ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

Евгений Карпов

ПРОЕКТ

Вообще-то, я не приверженец публикации всяческих проектов и непроверенных решений, но неоднократные просьбы посетителей сайта и то, что стабилизаторы с аналогичными схемными решениями благополучно работают в разных устройствах, привели к появлению этой статьи. Где-то с год назад мне потребовался такой стабилизатор, я его спроектировал и проверил некоторые схемные решения, но из-за недостатка времени так и не воплотил в готовое изделие, выкрутившись подручными средствами. Схему этого стабилизатора мы и рассмотрим дальше, естественно, я не могу дать гарантий, что после ее сборки все будет работать хорошо, возможно, придется повозиться. Вероятность отсутствия всяческих проблем в работе стабилизатора я оцениваю в 0.95, но это далеко не 1, поэтому я не советую браться за повторение этой схемы людям, не имеющим достаточной теоретической подготовки.

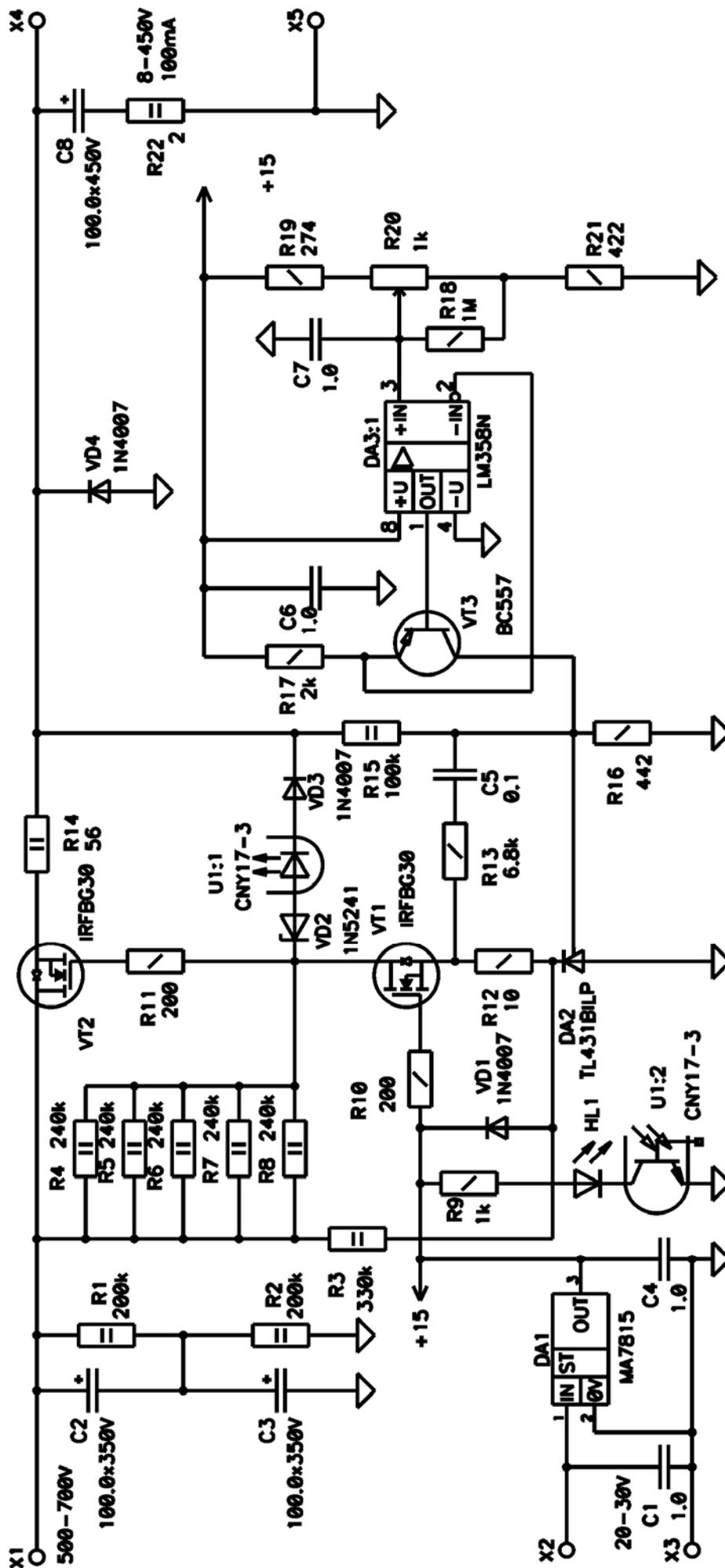
Схема стабилизатора

Предполагаемые параметры стабилизатора следующие:

Диапазон регулирования выходного напряжения	8÷450V
Максимальный ток нагрузки	100mA
Порог срабатывания защиты по току	130÷150mA
Уровень пульсаций выходного напряжения	50÷70mV
Напряжение основного источника питания	500÷700V
Напряжение вспомогательного источника питания	18÷30V

Полная схема стабилизатора приведена на рисунке ниже, как вы видите, его схема во многом аналогична схеме стабилизатора, описанного в статье [1]. В статье достаточно подробно была описана как работа самого стабилизатора, так и схемы защиты. Поэтому я не буду повторяться, а более подробно остановлюсь на отличиях между схемами, появившихся из-за необходимости глубокой регулировки выходного напряжения (я буду стараться пользоваться той же терминологией, что и в упомянутой выше статье).

- Для обеспечения нормальной работы вспомогательных цепей введен вспомогательный источник питания (DA1).
- Второй вход нашего условного каскодного усилителя (затвор VT1) потерял связь с входным напряжением и получает фиксированное смещение от вспомогательного источника. Это связано с тем, что получить близкий к оптимальному коэффициент передачи прямой связи в нашем случае - затруднительно.
- Для уменьшения рассеиваемой мощности на VT1, R4÷R8 и обеспечения режимного тока микросхемы DA2, введен резистор R3. Дело в том, что при глубокой регулировке выходного напряжения ток через VT1 изменяется в широких пределах. Если выбрать величину R4÷R8, исходя из получения минимального режимного тока при максимальном выходном напряжении, то при малых выходных напряжениях на элементах будет рассеиваться неоправданно большая мощность. Дополнительный ток подпитки позволяет этого избежать. Влияния на работу стабилизатора этот ток не оказывает, так как по сравнению с динамическим сопротивлением микросхемы, резистор R3 очень велик. Фактически, его можно рассматривать как идеальный источник тока.
- Для регулирования выходного напряжения использован метод инжектирования дополнительного тока в цепь делителя выходного напряжения (R15, R16). Простое изменение коэффициента передачи делителя при таком широком диапазоне регулирования приводит как к проблемам реализации собственно делителя напряжения, так и к проблемам с устойчивостью стабилизатора. Дополнительный ток в цепь делителя инжектируется с помощью источника тока, реализованного на микросхеме DA3 и транзисторе VT3. При таком способе регулирования не изменяется величина петлевого усиления стабилизатора и его частотные характеристики. Установка выходного напряжения производится резистором R20, задающим выходной ток источника тока.
- В схему защиты стабилизатора добавлена цепь (U1, HL1) индицирующая факт перегрузки стабилизатора.



На что надо обратить внимание и над чем подумать

В первую очередь хочу напомнить читателям, что в стабилизаторе присутствуют довольно высокие напряжения, а источник с напряжением 600÷700 вольт и максимальным током в несколько сотен миллиампер – уже совсем не шутки. Будьте чрезвычайно осторожны. Соответственно, это надо учитывать при монтаже и выборе компонентов (в том числе и проводов).

Необходимо обеспечить эффективный отвод тепла от транзисторов VT1, VT2 (оба транзистора можно установить на один теплоотвод). На транзисторе VT2 в режиме короткого замыкания или малого выходного напряжения может рассеиваться мощность порядка 120 ватт. Хорошим решением будет использование теплоотвода от современных процессоров (в комплекте с вентилятором)

Монтаж стабилизатора должен быть компактным, резисторы R10, R11 должны находиться в непосредственной близости от транзисторов.

Резисторы R15÷R17, R19÷R22 должны быть точными и стабильными. Найти прецизионный резистор на высокое напряжение и большую мощность (R15) может быть проблематичным, есть смысл составить этот резистор из нескольких маломощных прецизионных резисторов, включив их последовательно.

Переменный резистор R20 должен иметь высокую электрическую разрешающую способность, получить приемлемую плавность регулировки выходного напряжения с однооборотным резистором не удастся. Хорошо подойдут резисторы типов СП5-35, СП5-39, СП5-40, СП5-44.

Использовать в качестве стабилитрона VD2 стабилитроны типа КС2хх нельзя. С этими стабилитронами схема защиты нормально работать не будет.

Следует подумать над совершенствованием системы защиты стабилизатора. В первую очередь, она предназначена для защиты самого стабилизатора, а его работа в режиме источника тока очень условна. Поэтому с точки зрения защиты нагрузки, от нее мало толку. Возможно, есть смысл, изменяя величину резистора R14, ввести несколько порогов ограничения тока, а также дополнить стабилизатор устройством принудительного отключения при перегрузке (с задержкой 0.3÷0.5 секунды).

Особое внимание надо обратить на устойчивость стабилизатора, возможно, придется изменить параметры корректирующей цепочки (R13, C5). Дать какие-то конкретные рекомендации в случае возбуждения схемы сложно, здесь вы должны полагаться исключительно на свои знания и опыт. Хорошим подспорьем для решения таких проблем является моделирование схемы в среде Micro-Cap. Устойчивость стабилизатора следует проверить во всем диапазоне выходных напряжений и при нескольких значениях нагрузки.

Заключение

Ну а итоговых выводов я буду ждать от смельчаков, рискнувших реализовать эту схему и довести ее до ума. И с удовольствием предоставлю им возможность изложить свои соображения на страницах сайта.

Литература

1. Карпов Е. В. [Простой высоковольтный стабилизатор](#), Интернет издание, 2003.