

**Ультралинейный режим пентода в  
предварительных каскадах усиления  
часть 2**

*Евгений Карпов*

Хотя схема, рассмотренная в первой части статьи, обладает хорошими объективными параметрами и субъективно – хорошим звуком, применение ее довольно ограничено. Было бы соблазнительно расширить ее применение и использовать в качестве драйвера для усилителей мощности. Особенно это интересно для применения в гибридных усилителях, где выходной каскад имеет усиление около 1. Достаточный коэффициент усиления, низкое выходное сопротивление, всего два каскада, но на пути этого желания возникает одно НО: относительно небольшой уровень допустимого выходного напряжения. Если сказать точнее, то размах выходного напряжения может быть достаточно большим, но увеличение размаха сопровождается появлением и быстрым ростом высших гармонических составляющих нелинейных искажений. Вообще, это явление характерно практически для всех типов маломощных пентодов в классическом включении. Простое механическое увеличение напряжения питания каскада не приводит к существенному изменению картины.

Значительно увеличить размах выходного напряжения при сохранении высокой линейности возможно достаточно простым способом, организовав для первого каскада следящее питание (Рисунок 1).

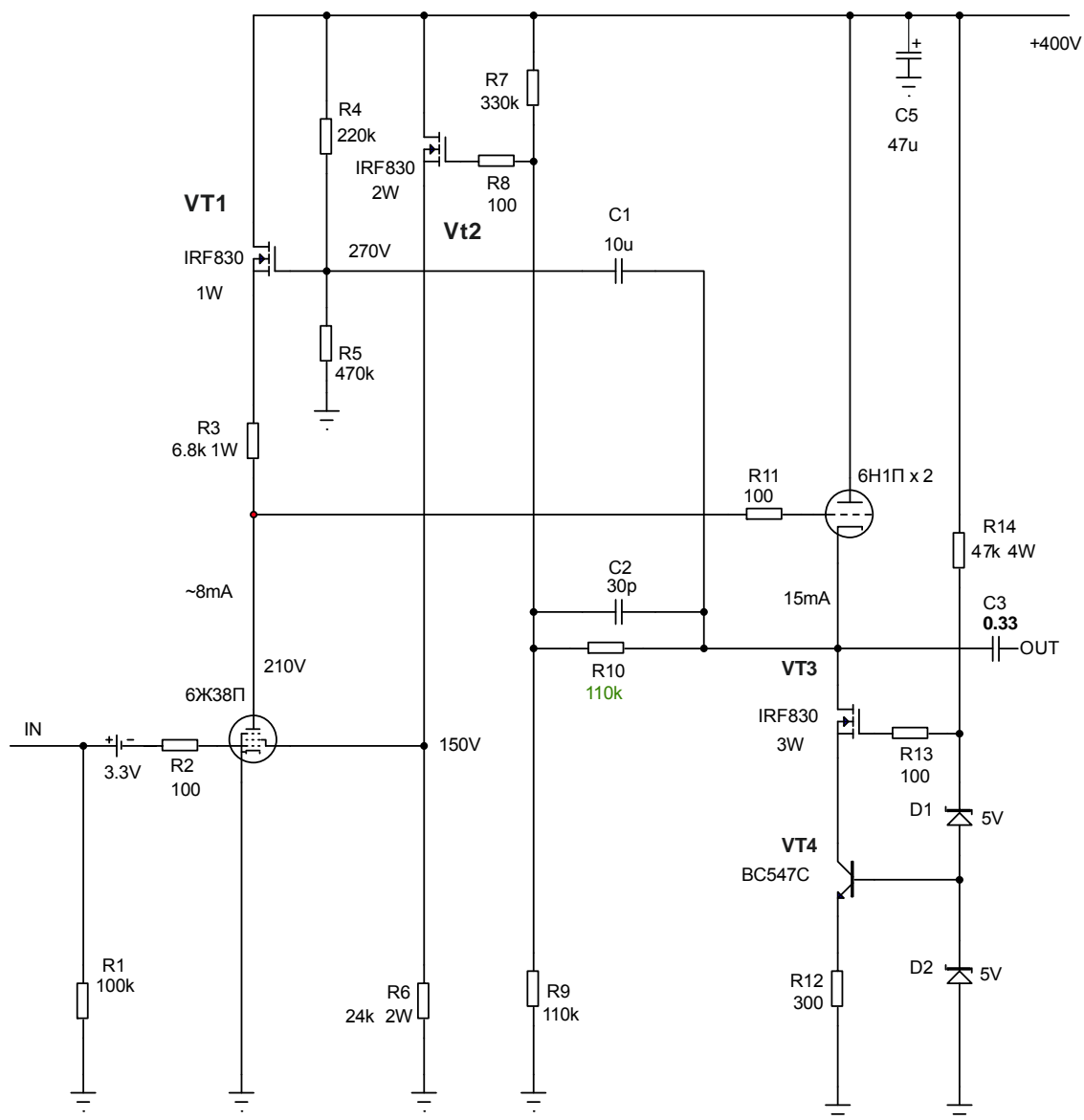


Рисунок 1

В исходную схему ([Ультранинейный режим пентода в предварительных каскадах усиления](#)) был добавлен истоковый повторитель на транзисторе VT1. Резисторы R4 и R5 задают режим повторителя по постоянному току, сигнал на вход повторителя поступает через емкость C1 прямо с выхода драйвера. Также был изменен и способ организации смещения первой лампы, оно сделано фиксированным с использованием литиевой батарейки. Исключение элементов цепи автоматического смещения благотворно сказалось на звуке. Больше никаких изменений в схему не вносилось.

Ниже приведены основные параметры усилителя, измерения проводились при выходном напряжении 45V<sub>RMS</sub>, сопротивлении нагрузки 100кΩ и емкости нагрузки 100pF.

Коэффициент усиления	90
Мощностная полоса	5Hz÷0.7MHz
Выходное сопротивление	90Ω
Коэффициент гармоник	0.1%
Максимальное выходное напряжение (THD = 0.23%)	90V <sub>RMS</sub>

На рисунке 2 показано изменение уровня гармоник от уровня выходного сигнала, а на рисунке 3 - изменение уровня нелинейных искажений.

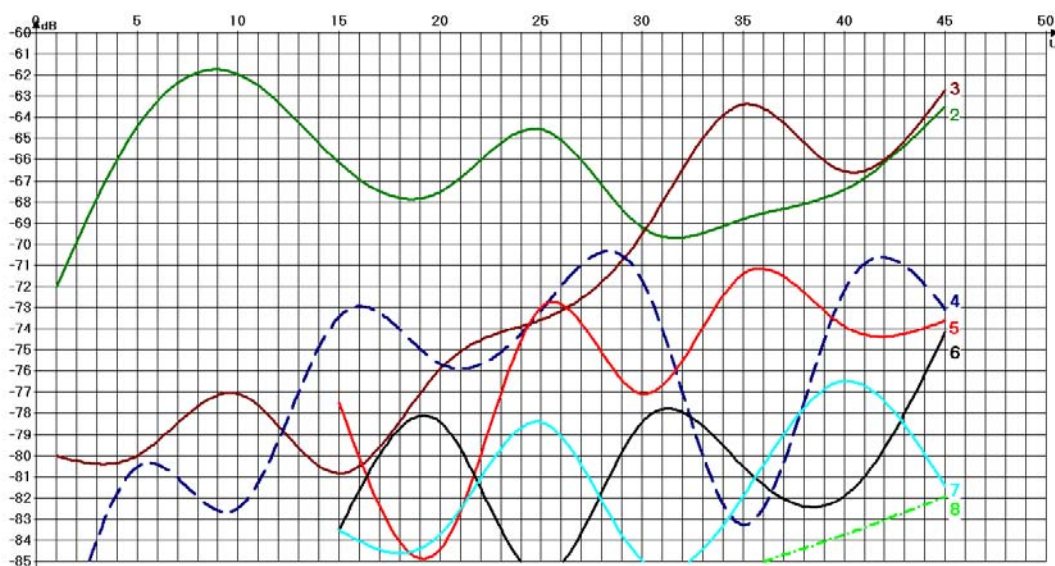


Рисунок 2

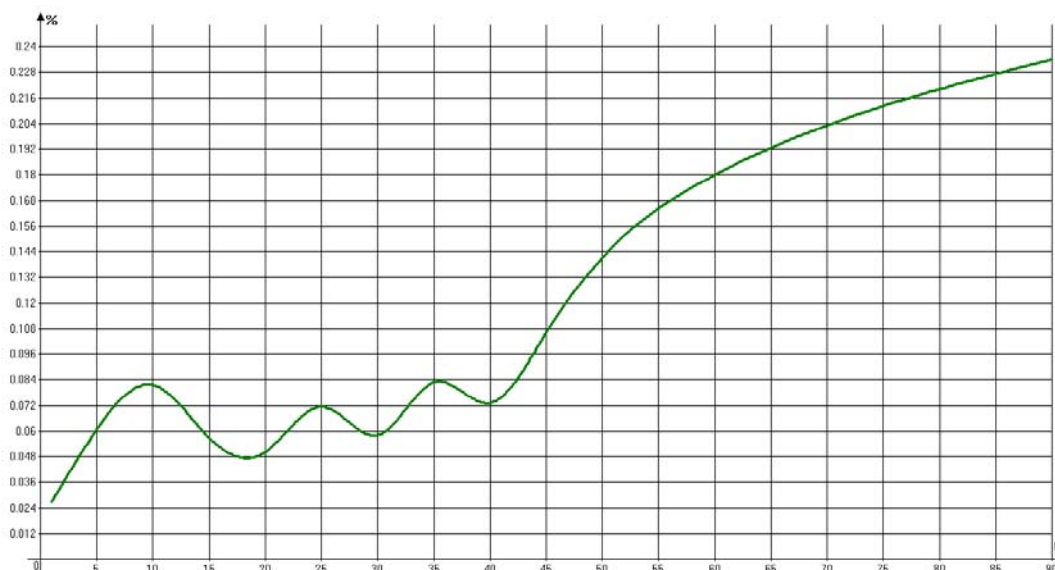


Рисунок 3

Изменять тип первой лампы нежелательно. Если точнее, то можно использовать и другие типы малолумящих пентодов, но это потребует повторного определения оптимального режима работы. В качестве второй лампы можно использовать любые аналоги лампы 6Н1П или половинку лампы 6Н6П и ее аналогов.

Подстройка коэффициента усиления при необходимости производится подбором резисторов R9, R10. Вполне допустимо отклонение напряжения на электродах первой лампы на  $10\div 15\%$ . Коррекция частотной характеристики в области высоких частот ( $300\div 400$  kHz) осуществляется подбором емкости C2. Более подробно процесс настройки схемы описан в первой части статьи. Сильно нагружать выход драйвера не стоит, минимальное сопротивление нагрузки желательно ограничить  $50\div 100$  kΩ.

Конструктивно, учитывая большое количество элементов и широкополосность схемы, усилитель целесообразно реализовать на печатной плате. Мощные транзисторы снабжаются охладителями в соответствии с рассеиваемой мощностью (см. Рисунок 1).

Хочу обратить особое внимание читателей на систему питания. Уровень пульсаций анодного напряжения не должен превышать несколько милливольт, и оно должно быть обязательно стабилизировано. В процессе испытаний выяснился любопытный факт: изменение напряжения питания при малом изменении величины ТНД приводит к существенному перераспределению уровней высокочастотных гармоник. Чтобы избежать всяких потусторонних эффектов в звуке от времени суток и погоды, анодное напряжение надо зафиксировать. Накал ламп можно питать переменным нестабилизированным напряжением. Существенного влияния на параметры при нахождении напряжения накала в допустимых пределах замечено не было.