

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Институт Радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова

Типовой расчет по курсу:
«Устройства генерирования и формирования сигналов»

Студент: Жеребин В.Р.
Группа: ЭР-15-15
Вариант №3

Москва
2018

Часть 1. Усилитель мощности на биполярном транзисторе.

Задание:

1. Нарисовать принципиальную схему выходного каскада усилителя мощности (УМ) на заданном биполярном транзисторе со всеми блокировочными элементами и цепями согласования.
2. Выполнить стандартный расчет каскада на критическом режиме.
3. Рассчитать значение заданной неизвестной величины X .
4. Нарисовать ожидаемые осциллограммы импульсов токов коллектора и базы при $R_k = R_{k.кр}$ и $R_k = R_k^*$. Пояснить характер изменения импульсов тока.

Табл.1. Данные к типовому расчету.

№ п/п	X	N (номер транзистора)	P_{ϕ} , Вт	$R_k^* / R_{k.кр}$	S / S_B	f , МГц	t_c , °C
3	3	3	16	0	50	3	40

Т.к. $X = 3$, следует рассчитать максимально допустимое значение теплового сопротивления корпус-среда $R_{k.c}$ и размеры радиатора воздушного охлаждения.

Табл.2. Параметры транзистора.

Тип	S , См	S_k , См	E' , В	E_k , В	$R_{п.к}$, °C/Вт	$e_{эб.доп}$, В	$t_{п.доп}$, °C
n-p-n	3	1	0,6	28	5	4	150

1. Принципиальная схема выходного каскада усилителя мощности на биполярном n-p-n транзисторе.

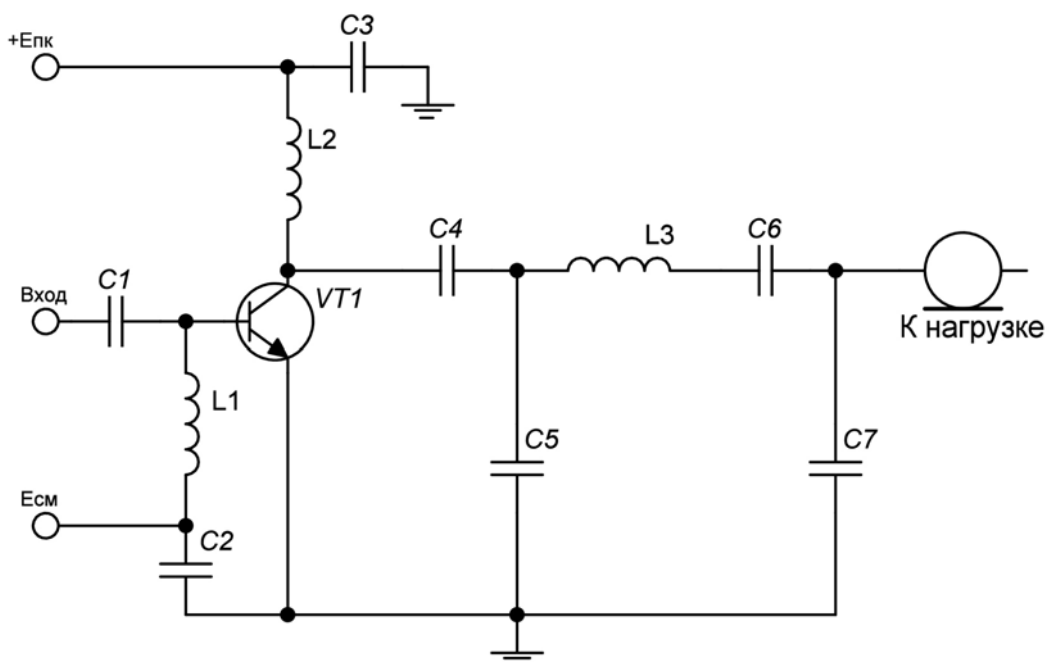


Рис.1. Принципиальная схема выходного каскада усилителя мощности.

2. Расчет каскада в критическом режиме на заданную мощность.

Полагаем, что в цепи согласования транзистора с нагрузкой теряется 10% мощности, примем:

$$P_1 = 1,1 \cdot P_{\phi} = 1,1 \cdot 16 = 17,6 \text{ Вт}$$

Выбираем значение угла отсечки $\theta = 85^\circ$, тогда коэффициенты разложения:

$$\alpha_0(\theta) = 0,302; \quad \alpha_1(\theta) = 0,487$$

Коэффициент Формы:

$$g_1(\theta) = \frac{\alpha_0(\theta)}{\alpha_1(\theta)} = \frac{0,302}{0,487} = 0,62$$

Коэффициент использования коллекторного напряжения в критическом режиме:

$$\xi_{кр} = 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{8 \cdot P_1}{\alpha_1(\theta) \cdot S_k \cdot E_k^2}} = 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{8 \cdot 17,6}{0,487 \cdot 1 \cdot 28^2}} = 0,897$$

Амплитуда переменного напряжения на коллекторе:

$$U_k^{кр} = \xi_{кр} \cdot E_k = 0,897 \cdot 28 = 25,123 \text{ В}$$

Амплитуда первой гармоники тока коллектора:

$$I_{k1} = \frac{2 \cdot P_1}{U_k^{кр}} = \frac{2 \cdot 17,6}{25,123} = 1,401 \text{ А}$$

Требуемое сопротивление коллекторной нагрузки:

$$R_k^{кр} = \frac{U_k^{кр}}{I_{k1}} = \frac{25,123}{1,401} = 17,931 \text{ Ом}$$

Постоянная составляющая тока коллектора:

$$I_{k0} = \frac{I_{k1}}{g_1(\theta)} = \frac{1,401}{0,62} = 0,869 \text{ А}$$

Потребление мощности цепью коллектора:

$$P_0 = I_{k0} \cdot E_k = 0,869 \cdot 28 = 24,328 \text{ Вт}$$

Рассеиваемая мощность:

$$P_{рас} = P_0 - P_1 = 24,328 - 17,6 = 6,728 \text{ Вт}$$

Электронный коэффициент полезного действия (КПД):

$$\eta_э = \frac{P_1}{P_0} = \frac{17,6}{24,328} = 0,723$$

Амплитуда возбуждения:

$$U_B = \frac{I_{kl}}{S \cdot \alpha_1(\theta) \cdot (1 - \cos \theta)} = \frac{1,401}{3 \cdot 0,487 \cdot (1 - 0,087)} = 1,051 \text{ В}$$

Напряжение смещения:

$$E_{cm} = E' - U_B \cdot \cos \theta = 0,6 - 1,051 \cdot 0,087 = 0,508 \text{ В}$$

Минимальное входное напряжение:

$$|e_{Bmin}| = |E_{cm} - U_B| = |0,508 - 1,051| = 0,542 \text{ В}$$

Минимальное входное напряжение не превышает допустимое значение $e_{эб.доп} = 4 \text{ В}$ значит, что угол отсечки выбран верно.

3. Расчет максимально допустимого значения теплового сопротивления корпус-среда $R_{к.с}$ и размеров радиатора воздушного охлаждения.

Полное тепловое сопротивление в установившемся режиме:

$$R_{\tau max} = \frac{t_{п.доп} - t_c}{P_{рас}} = \frac{150 - 40}{6,728} = 16,349 \text{ град/Вт}$$

Отсюда следует:

$$R_{к.с max} = R_{\tau max} - R_{п.к} = 16,349 - 5 = 11,349 \text{ град/Вт}$$

Минимальный объем радиатора воздушного охлаждения:

$$V_{min} = \frac{770}{R_{к.с max}^{1,54}} = \frac{770}{11,349^{1,54}} = 18,274 \text{ см}^3$$

Для реализации $R_{к.с} = 11,3 \text{ град/Вт}$ необходим радиатор объемом не менее $18,3 \text{ см}^3$. Вариант решения при $H = 2 \text{ см}$; $A = 2,5 \text{ см}$; $B = 3,7 \text{ см}$;

4. Ожидаемые осциллограммы импульсов токов коллектора и базы.

Усилитель мощности находится в критическом режиме (Рис.2. а)), из этого следует, что амплитуда тока и напряжения коллектора, мощность и КПД максимальны.

При установке $R_k = 0$, усилитель мощности переходит в недонапряженный режим (Рис.2. б)). Амплитуда токов базы и коллектора не изменяется. Амплитуда коллекторного напряжения падает до 0, из чего следует, что мощность на выходе и КПД так же падает до 0.



5