

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Ивановский государственный химико-технологический университет

А.Н. Фролов, В.М. Бурков

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Учебное пособие

ИВАНОВО 2007

Методические указания к выполнению курсовой работы

Курсовая работа по дисциплине «Общая электротехника и электроника» выполняется студентами специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» как заключительный этап изучения вышеназванного курса.

Цель курсовой работы:

1. Дать возможность использовать теоретические знания, приобретенные при изучении курса, для решения практических инженерных проблем.
2. Закрепить имеющиеся навыки решения электротехнических задач.
3. Проверить степень усвоения студентами соответствующих разделов курса.

Учебное пособие содержит материал по ряду разделов курса «Общая электротехника и электроника». Данный материал позволяет выполнить проектирование некоторых электротехнических и электронных устройств. Каждый из разделов пособия представляет собой самостоятельную, законченную методику расчета конкретного устройства. Объем и содержание курсовой работы определяет преподаватель-консультант.

Пояснительная записка к курсовой работе выполняется на стандартных листах формата А4 и включает следующие разделы:

1. Титульный лист соответствует стандарту для данного вида документации, принятому в ИГХТУ;
2. Содержание пояснительной записки;
3. Исходные данные для проектирования (если производится проектирование нескольких устройств, то исходные данные для каждого устройства);
4. Принципиальные схемы электротехнических или электронных устройств. Выполняются в формате А4 и включаются в Пояснительную записку.
5. Расчет принципиальной схемы с объяснением каждого действия и обоснованиями выбора всех элементов схемы.
6. Графическая часть (если это необходимо). Вольтамперные, амплитудно-частотные, фазо-частотные и другие характеристики. Векторные диаграммы, эпюры тока и напряжения и прочее.
7. Список используемой литературы.

Пояснительная записка может быть оформлена с использованием компьютерных текстовых и графических процессоров, а также различных математических сред или представлена в рукописном варианте и содержать расчет, выполненный вручную. Качество оформления пояснительной записки учитывается при окончательной оценке работы. После представления работы преподавателю-консультанту, она проверяется и подлежит защите.

1. РАСЧЁТ ОДНОТАКТНОГО КАСКАДА УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ

Данные для проектирования

$P_{\text{вых}}$ - выходная мощность каскада,

R_{H} - сопротивление нагрузки,

$f_{\text{H}}-f_{\text{B}}$ - диапазон усиливаемых частот,

M_{H} - коэффициент частотных искажений на нижней частоте,

$E_{\text{П}}$ - ЭДС источника питания.

На рис.1.1 приведена схема усилительного каскада.

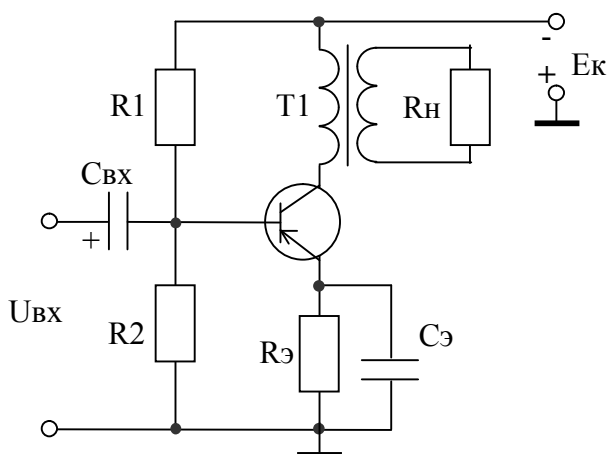


Рис. 1.1. Схема каскада усиления

Дано: $P_{\text{вых}} = 20 \text{ Вт}$; $R_{\text{H}} = 4 \text{ Ом}$; $f_{\text{H}} - f_{\text{B}} = 12 \text{ кГц}$; $f_{\text{H}} = 70 \text{ Гц}$; $M_{\text{H}} = 1,1$;
 $E_{\text{П}} = 24 \text{ В}$.

1.1. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

1. Распределяют по цепям частотные искажения.

$$M_{\text{H}} = \prod_{i=1}^K M_{\text{Hi}}.$$

Выходной трансформатор: $M_{\text{H}} = 1,14$.

Цепь эмиттерной стабилизации: $M_{\text{H}} = 1,08$.

Цепь связи RC между каскадами: $M_{\text{H}} = 1,05$.

2. Вычисляют мощность сигнала, отдаваемую транзистором

$$P \approx \frac{P_{\text{вых}}}{\eta_{\text{тр}}},$$

$\eta_{\text{тр}}$ - КПД выходного трансформатора.

Ä

Ä

Ä

Ä

Ä

Ä

Ä

Ä

Ä

Ä

Ä

Ä

Ä



Ä

6. Определяют положение точки покоя на выходных статических характеристиках транзистора (рис. 1.2).

$$U_{к.э.0} = E_{п} - \Delta U = 24 - 3 = 21 \text{ В},$$

$$I_{к.0} = P_0 / U_{к.э.0} = 61 / 21 = 2,9 \text{ А}.$$

При отсутствии в справочниках выходных характеристик выбранного транзистора строим нагрузочную характеристику по аналогии с рис. 1.3 (прямая 1).

7. Определяем рабочий участок нагрузочной прямой 1.

Для чего задаемся величиной остаточного напряжения ($U_{ост} = 2 \text{ В}$). Наименьший ток коллектора из рис. 3 $I_{к.мин} = 1 \text{ А}$ (получился из условия симметрии с $I_{к.м}$ относительно точки О, рис. 1.3).

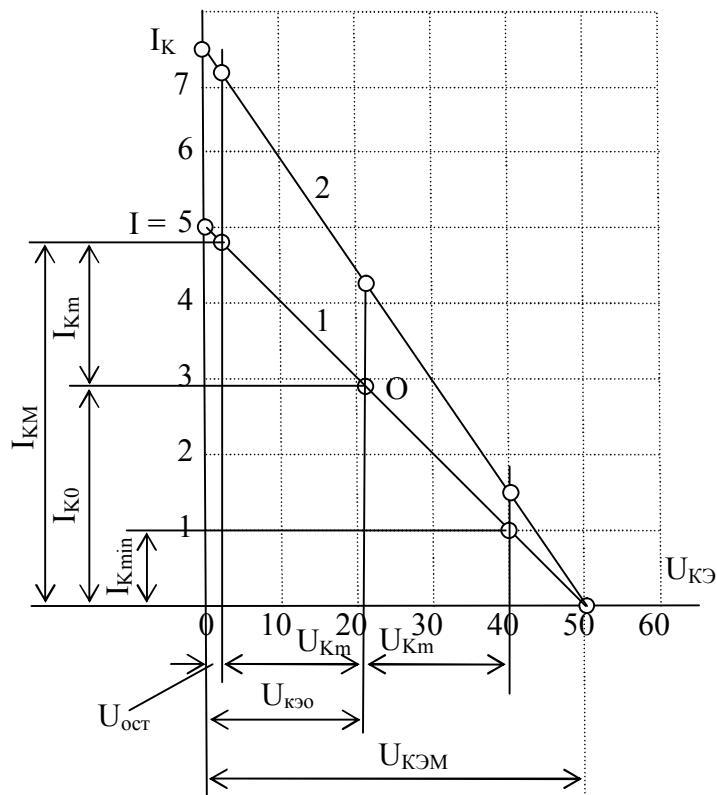


Рис. 1.3. Нагрузочные прямые: 1 – исходная; 2 – скорректированная.

8. Из построения определяем:

$$U_{к.м} = U_{кэ.0} - U_{ост} = 21 - 2 = 19 \text{ В} - \text{амплитуда выходного напряжения};$$

$$I_{к.м} = I_{к.м} - I_{к.0} = 4,8 - 2,9 = 1,9 \text{ А} - \text{амплитуда выходного тока}.$$

Соблюдается условие $I_{к.м} \leq I_{к.доп} = 15 \text{ А}$.

9. Вычисляют мощность сигнала, отдаваемую транзистором

$$P_T = 0,125(I_{к.м} - I_{к.мин})^2 R_{кп},$$

$R_{кп} = U_{кэ.м} / I = 50 / 5 = 10 \text{ Ом}$ - сопротивление нагрузки переменному току; I - точка пересечения нагрузочной прямой с осью ординат.

$$P_T = 0,125 (4,8 - 1)^2 \cdot 10 = 18 \text{ Вт.}$$

Что меньше, чем $P_{\approx} = 24,4 \text{ Вт.}$

Увеличиваем наклон нагрузочной прямой (увеличиваем I до $7,5 \text{ А}$ - прямая 2, рис. 1.3) и вычисляем P_T с новыми параметрами.

$$R_{КП} = U_{КЭ.М} / I = 50 / 7,5 = 6,7 \text{ Ом;}$$

$$P_T = 0,125 (7,2 - 1,5)^2 \cdot 6,7 = 27,2 \text{ Вт.}$$

Теперь $P_T > P_{\approx}$ (P_T не должна превышать P_{\approx} более чем на $(20...30) \%$).

Нагрузочная прямая не должна выходить из области допустимой мощности. При $U_{КЭ0} = 21 \text{ В}$ и $I_{К0} = 4,3 \text{ А}$

$$P_{КМ} \approx P_{К0} = U_{КЭ0} I_{К0} = 21 \cdot 4,3 = 90,3 \text{ Вт.}$$

$$P_{КМ} < P_{К.доп.} = 100 \text{ Вт.}$$

10. Диапазон изменения входного тока (тока базы) при $\beta = 20$:

$$I_{б.м} = I_{к.м} / \beta = 7,2 / 20 = 0,36 \text{ А.}$$

$$I_{б.min} = I_{к.min} / \beta = 1,5 / 20 = 0,075 \text{ А.}$$

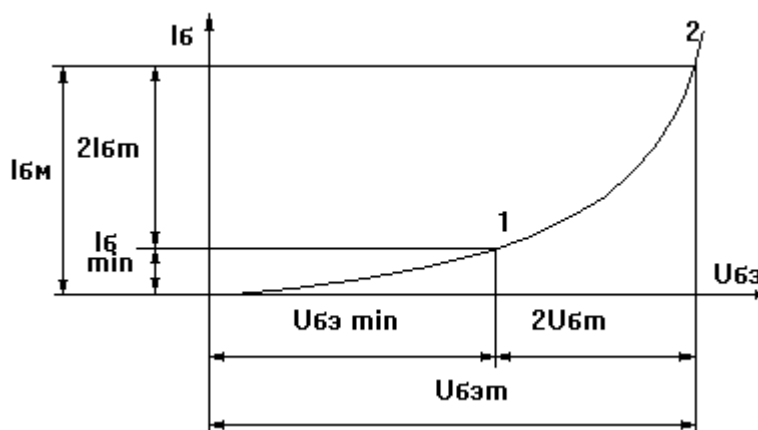


Рис. 1.4. Определение параметров входного сигнала

11. По входной характеристике транзистора находим $U_{бэ.м}$ и $U_{бэ.min}$ (рис. 1.4.)

Если входной характеристики данного транзистора в справочнике нет, то для кремниевого транзистора можно принять: $U_{бэ.м} = 0,7 \text{ В}$, $U_{бэ.min} = 0,5 \text{ В}$.

12. Вычисляем мощность входного сигнала и входное сопротивление транзистора переменному току.

$$P_{вх} = 2U_{бэ.м} \cdot 2 I_{б.м} / 8 = 2 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 0,36 / 8 = 0,126 \text{ Вт;}$$

$$R_{вх.тр} = U_{бэ.м} / I_{б.м} = 0,7 / 0,36 = 1,94 \text{ Ом,}$$

$U_{бэ.м}$ и $I_{б.м}$ - соответственно амплитудные значения напряжения и тока базы.

13. Сопротивление в цепи эмиттера определяем по падению напряжения на этом сопротивлении при $I_{K0} = 4,3$ А:

$$U_{RЭ} = (0,5 \dots 0,3) \Delta U = 0,4 \cdot 3 = 1,2 \text{ В};$$

$$R_{Э} = U_{RЭ} / I_{K0} = 1,2 / 4,3 = 0,28 \text{ Ом}.$$

14. Определяют емкость конденсатора в цепи эмиттера. При $f_H = 70$ Гц

$$C_{Э} = 10 / (2 \pi f_H R_{Э}) = 10 / (2 \pi \cdot 70 \cdot 0,28) = 0,081 \text{ Ф}.$$

15. Определяем входное сопротивление каскада $R_{ВХ.К.}$ и R_1 , R_2 .

$$R_{ВХ.К.} = R_{ВХ.тр} + \beta \cdot R_{Э} = 1,94 + 20 \cdot 0,28 = 7,5 \text{ Ом}.$$

Обычно величину резистора R_2 делителя напряжения выбирают в несколько раз меньше, чем $R_{ВХ.К.}$. В нашем случае (с трансформаторным включением нагрузки) по постоянному току каскад охвачен глубокой отрицательной обратной связью, что уже обеспечивает его достаточно высокую температурную стабильность. Поэтому можем принять $R_2 = R_{ВХ.К.} = 7,5 \text{ Ом}$.

Эти резисторы включены параллельно. Их общее сопротивление равно

$$R_{2-ВХ.К.} = R_2 / 2 = 7,5 / 2 = 3,75 \text{ Ом}.$$

Начальный ток базы

$$I_{Б.0} = I_{K0} / \beta = 4,3 / 20 = 0,215 \text{ А}.$$

Падение напряжения на R_2

$$U_{R2} = R_2 \cdot I_{K0} = 7,5 \cdot 0,215 = 1,6 \text{ В}.$$

Напряжение на R_1

$$U_{R1} = E_{П} - U_{R2} = 24 - 1,6 = 22,4 \text{ В}.$$

$$R_1 = U_{R1} \cdot R_2 / U_{R2} = (22,4 \cdot 7,5) / 1,6 = 105 \text{ Ом};$$

16. Вычисляют коэффициент усиления каскада по мощности

$$K_p = P_{ВЫХ} / P_{ВХ} = 20 / 0,126 = 159.$$

17. Коэффициент трансформации выходного трансформатора

$$K = \sqrt{\frac{R_H}{R_{КП} \eta_T}} = \sqrt{\frac{4}{6,7 \cdot 0,82}} = 0,73.$$

18. Сопротивление обмотки выходного трансформатора:

$$R_{Т.1} = 0,5 R_{КП} (1 - \eta_T) = 0,5 \cdot 6,7 (1 - 0,82) = 0,60 \text{ Ом};$$

$$R_{Т.2} = R_{Т.1} \cdot K^2 = 0,6 \cdot 0,73^2 = 0,32 \text{ Ом}.$$

19. Индуктивность первичной обмотки:

$$L = \frac{0,159(R_H + R_{Т.2})}{f_H K^2 \sqrt{M_{HT}^2 - 1}} = \frac{0,159(4 + 0,32)}{70 \cdot 0,73^2 \sqrt{1,1^2 - 1}} = 0,04 \text{ Гн}.$$

20. Площадь поверхности охлаждающего радиатора,

$$S_{\text{ox}} = \frac{(1200 \div 1500)P_0}{T_{\text{Т.М}}^0 - T_{\text{ср.м}}^0 - P_0 R_{\text{ТТ}}},$$

где $T_{\text{ср.м}}^0 = 40^\circ\text{C}$ - наибольшая возможная температура окружающей среды; $T_{\text{Т.М}}^0 = 150^\circ\text{C}$ - наибольшая допустимая температура коллекторного перехода; $R_{\text{ТТ}}$ - тепловое сопротивление. Для КТ818ВМ из справочника $R_{\text{ТТ}} = 1^\circ\text{C/Вт}$.

$$S_{\text{ox}} = \frac{1300 \cdot 61}{150 - 40 - 61 \cdot 1} = 1618 \text{ см}^2.$$

21. Находим емкость $C_{\text{ВХ}}$

$$C_{\text{ВХ}} = 10 / (2 \pi f_{\text{H}} R_{2-\text{ВХ.К.}}) = 10 / (2 \pi \cdot 70 \cdot 3,75) = 0,006 \text{ Ф} = 6000 \text{ мкФ}.$$

2. РАСЧЕТ МОСТОВОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ФИЛЬТРОМ

Исходными данными для расчета выпрямителя являются:

$U_{\text{НО}}$ – среднее значение выпрямленного напряжения на нагрузке;

I_0 – среднее значение выпрямленного тока;

U_1 – напряжение сети;

$K_{\text{п.вых}}$ – коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения на нагрузке.

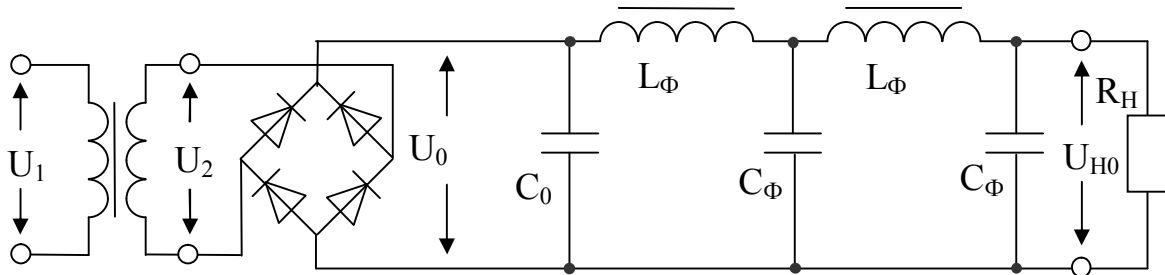


Рис. 2.1. Схема мостового выпрямителя с фильтром

В приводимых ниже расчетах напряжение выражается в вольтах, ток – в миллиамперах, сопротивление – в Омах, емкость – в микрофарадах, коэффициент пульсаций в процентах.

Произведем расчет со следующими данными.

Дано: $U_{\text{НО}} = 4 \text{ В}$; $I_0 = 2 \text{ А}$; $U_1 = 220 \text{ В}$; $K_{\text{п.вых}} = 2 \%$.

2.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА

1. Для выбора типа диодов, определяют обратное напряжение на вентиле

$$U_{\text{обр}} = 1,5 \cdot U_0 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 4 = 7,2 \text{ В},$$

где $U_0 = 1,2 \cdot U_{\text{но}}$ – напряжение на входе сглаживающего фильтра должно быть больше напряжения на нагрузке, т.к. учитывает потери напряжения на фильтре.

Средний ток через вентиль

$$I_{a \text{ ср}} = 0,5 \cdot I_0 = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ A.}$$

Выбираем диоды КД130АС с $I_{\text{ср}} = 3 \text{ A}$; $U_{\text{обр.м}} = 50 \text{ В}$

Выбор диода производится по этим двум параметрам $I_{a \text{ ср}}$ и $U_{\text{обр.м}}$. Из справочника выписывают максимальное обратное напряжение, средний ток и внутреннее сопротивление вентиля R_i . Если величины R_i в справочнике нет, то его легко рассчитать. При падении напряжения на кремниевом диоде $U_{\text{д}} = 0,7 \text{ В}$ величина $R_i = U_{\text{д}} / I_{a \text{ ср}} = 0,7 / 1 = 0,7 \text{ Ом}$.

2. Расчет трансформатора при $U_0 = 1,2 \cdot U_{\text{но}} = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ В}$:

Определяют сопротивление трансформатора

$$R_{\text{тр}} = \frac{830 \cdot U_0}{I_0 \cdot (U_0 \cdot I_0)^{1/4}} = \frac{830 \cdot 4,8}{2 \cdot (4,8 \cdot 2)^{1/4}} = 1132 \text{ Ом.}$$

Напряжение на вторичной обмотке трансформатора

$$U_2 = 0,75 \cdot U_0 + \frac{I_0(2R_i + R_{\text{тр}})}{530} = 0,75 \cdot 4,8 + \frac{2(2 \cdot 0,7 + 1132)}{530} = 11,5 \text{ В.}$$

Токи обмоток

$$I_2 = 1,41 \cdot I_0 + \frac{16,6 \cdot U_0}{2 \cdot R_i + R_{\text{тр}}} = 1,41 \cdot 2 + \frac{16,6 \cdot 4,8}{2 \cdot 0,7 + 1132} = 2,9 \text{ A,}$$

$$I_1 = \frac{1,2 \cdot U_2 \cdot I_2}{U_1} = \frac{1,2 \cdot 11,5 \cdot 2,9}{220} = 0,18 \text{ A.}$$

Вычисляется габаритная мощность трансформатора, которая для двухполупериодной схемы определяется выражением

$$P_{\text{г}} = 1,7 U_2 I_2 = 1,7 \cdot 11,5 \cdot 2,9 = 57 \text{ В} \cdot \text{А.}$$

Далее находится произведение площади сечения сердечника трансформатора $Q_{\text{с}}$ на площадь окна сердечника Q_0 , которое в зависимости от марки провода обмотки равно, см^4 :

$Q_{\text{с}} Q_0 = 1,6 \cdot P_{\text{г}}$ для провода марки ПЭЛ;

$Q_{\text{с}} Q_0 = 2,0 \cdot P_{\text{г}}$ для провода марки ПЭШО;

$Q_{\text{с}} Q_0 = 2,4 \cdot P_{\text{г}}$ для провода марки ПШД.

Таблица 3.1

Тип пластины	Размеры				Пределы $Q_c Q_0$, см ⁴
	ширина среднего стержня а, см	ширина окна b, см	высота окна h, см	площадь окна $Q_0 = b h$, см ²	
Ш-10	1,0	0,5	1,5	0,75	0,75-1,5
Ш-10	1,0	0,65	1,8	1,17	1,17-2,34
Ш-10	1,0	1,2	3,6	4,32	4,32-8,64
Ш-12	1,2	0,6	1,8	1,08	1,56-3,12
УШ-12	1,2	0,8	2,2	1,76	2,53-5,06
Ш-12	1,2	1,6	4,8	7,68	11,1-22,2
Ш-14	1,4	0,7	2,1	1,47	2,88-5,76
Ш-14	1,4	0,9	2,5	2,25	4,41-8,82
Ш-15	1,5	1,35	2,7	3,65	8,21-16,4
Ш-16	1,6	0,8	2,4	1,92	4,91-9,82
УШ-16	1,6	1,0	2,8	2,8	7,17-14,3
Ш-18	1,8	0,9	2,7	2,43	7,87-15,7
Ш-19	1,9	1,2	3,35	4,02	14,5-29
Ш-20	2,0	1,0	3,0	3,0	12-24
Ш-20	2,0	1,7	4,7	7,99	32-64
УШ-22	2,2	1,4	3,9	5,46	26,4-52,8
Ш-25	2,5	2,5	6,0	15	93,7-180,7
Ш-25	2,5	3,15	5,8	18,3	114-228
Ш-28	2,8	1,4	4,2	5,88	46,5-93
УШ-30	3,0	1,9	5,3	10,1	91-182
Ш-32	3,2	3,6	7,2	25,9	265-530
УШ-35	3,5	2,2	6,15	13,5	165-330
УШ-40	4,0	2,6	7,2	18,7	300-600

Для провода ПЭЛ

$$Q_c Q_0 = 1,6 \cdot P_r = 1,6 \cdot 57 = 91 \text{ см}^4.$$

Из таблицы 3.1, в которой приведены основные данные типовых Ш-образных пластин, по значению $Q_c Q_0$ выбирают тип пластины и выписывают все ее параметры.

Выбираем пластины УШ-30 с $a = 3$ см; $b = 1,9$ см; $h = 5,3$ см; $Q_0 = b h = 10,1 \text{ см}^2$.

При этом получают

$$Q_c = (Q_c Q_0) / Q_0 = 91 / 10,1 = 9 \text{ см}^2.$$

Необходимая толщина пакета пластин $c = Q_c / a = 9 / 3 = 3$ см.