МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ Т. Ю. Ткачева
«2» 11 2026 г.

ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания к выполнению курсовой работы
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
всех форм обучения

Курск 2026

УДК 621.38

Составитель: Н.Н. Карпенко, Н.М. Гайдаш, В.О. Поданов

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент кафедры ЭСЭ

И.В. Ворначева

Электроника: методические указания к выполнению курсовой работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Карпенко Н.Н., Гайдаш Н.М., Поданов В.О.– Курск, 2026. – 15 с.: – Библиогр.: с.15.

Содержат рекомендации по выбору темы, особенностям подготовки, содержанию, структуре и оформлению курсовой работы.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 2.11.26. Формат 60х84 1/16.
Усл.печ.л. 0,8. Уч.–изд.л. 0,7. Тираж 100 экз. Заказ 930. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1.1 Выбор типа транзистора 8

1.2 Расчет по постоянному току 10

1.3 Расчет по переменному току 11

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 14

ВВЕДЕНИЕ

Электроника представляет собой обширный раздел науки и техники, занимающийся изучением физических явлений, связанных с протеканием электрического тока в вакууме, газах и твердых телах, а также их практическим применением [1, с. 5]. Несмотря на стремительное развитие микроэлектроники, основой построения современных электронных схем остается классический набор компонентов: биполярные и полевые транзисторы, резисторы, конденсаторы и другие элементы.

Развитие энергетической электроники обусловлено растущим спросом на потребление электроэнергии как постоянного тока, так и переменного тока нестандартной частоты. Ключевыми факторами этого процесса являются совершенствование элементной базы, увеличение единичной мощности силовых полупроводниковых приборов, улучшение их динамических характеристик, а также появление новых типов устройств. Курсовая работа является одной из форм подготовки специалиста, ее выполнение имеет большое значение и способствует усвоению, закреплению и углублению теоретических знаний студентов, формированию навыков научно-исследовательской работы.

Цель методического пособия — сформировать у студентов практические навыки расчета двухкаскадного предварительного усилителя на биполярных транзисторах.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

Изучить принцип работы и особенности функционирования биполярных транзисторов.

Освоить методику выбора биполярных транзисторов с учетом требуемых параметров усилителя.

Выполнить расчет двухкаскадного предварительного усилителя, опираясь на методические рекомендации и справочные данные.

Выбрать и рассчитать сглаживающий фильтр, используя справочную информацию и нормативные требования.

Закрепить навыки анализа режимов работы электронных компонентов в составе схемы и оценки их влияния на общие характеристики устройства.

Методическое пособие предназначено для студентов направлений подготовки, связанных с электроникой и электротехникой. Оно может быть использовано при выполнении

курсовых работ, лабораторных практикумов и самостоятельных заданий по дисциплинам, охватывающим основы электроники.

Основной целью работы является развитие умений и навыков по расчету и анализу действия усилительных устройств, а также углубленное изучение дисциплины в течение семестра.

Структура КР (КП) включает:

– титульный лист;

– задание;

– реферат;

– содержание;

– обозначения и сокращения (при необходимости);

– введение;

– основная часть, в том числе исследовательский раздел;

– заключение;

– список использованных источников;

– приложения (при необходимости).

Оформление текстовой части КР (КП) осуществляется с учетом следующих требований: текст документа набирается на компьютере в формате .doc и печатается на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210×297); шрифт – Times New Roman; цвет шрифта – чёрный, размер шрифта – 14; абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту документа и составлять 1,25 см. Межстрочный интервал полуторный; текст следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: левое - 30 мм, правое –15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, выравнивание текста – по ширине.

В содержании перечисляются все структурные элементы КР (КП) в последовательности, в которой они расположены в работе: введение, заголовки всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование) основной части, заключение, список использованных источников и наименования приложений, а также указываются номера страниц, на которых они расположены. Нумерация структурных элементов КР (КП) или ВКР в содержании осуществляется арабскими цифрами без точек, их наименования записываются строчными буквами шрифтом основного текста КР (КП), начиная с первой прописной буквы. Точки в заголовках не ставятся. Если заголовок состоит из двух или более предложений, между ними ставится точка. Номер страницы указывается цифрой без буквенных символов и точек.

Заголовки структурных элементов следует располагать в середине строки без точки в конце, прописными буквами, не

подчеркивая. Каждый структурный элемент и каждый раздел начинают с новой страницы. Разделы и подразделы КР (КП) должны иметь заголовки. Заголовки разделов и подразделов КР (КП) следует начинать с абзацного отступа и размещать после порядкового номера, печатать с прописной буквы, полужирным шрифтом, не подчеркивать, без точки в конце. Заголовок раздела (подраздела) должен быть отделен от основного текста раздела и от текста предыдущего раздела (подраздела) одинарным междустрочным интервалом 8 мм (1 пустая строка основного текста 14 pt).

Обозначения и сокращения приводятся при необходимости. Перечень обозначений и сокращений формируется в алфавитном порядке.

Список использованных источников должен содержать сведения об источниках, использованных при выполнении КР (КП).

Нумерация ссылок ведется арабскими цифрами в порядке приведения ссылок в тексте независимо от деления на разделы.

Нумерация листов КР (КП) осуществляется в соответствии со следующими требованиями: все листы КР (КП) нумеруются арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту; номер страницы ставится в нижней части листа без точки (первым листом является титульный лист, который включается в общее количество страниц, но не нумеруется).

Необходимо рассчитать 2-х каскадный предварительный усилитель, собранный по схеме на рисунке 1.

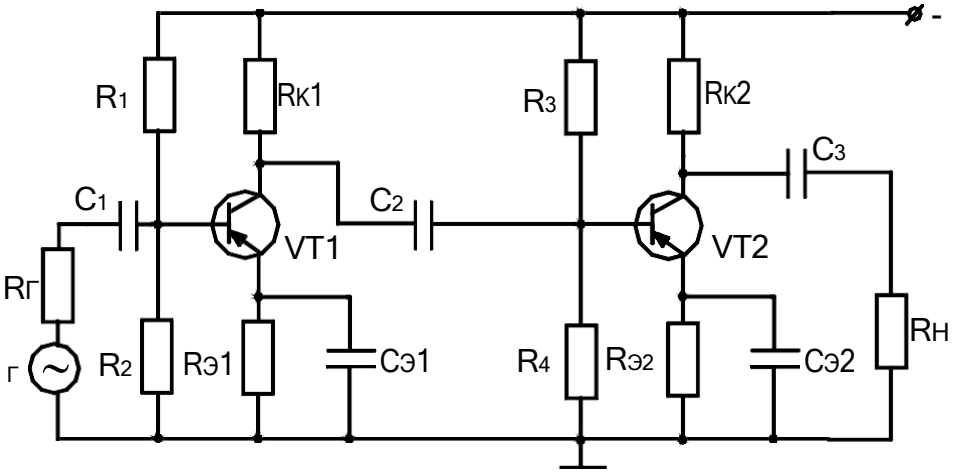


Рисунок 1 - 2-х каскадный предварительный усилитель

Исходные данные для расчета каждый студент определяет в соответствии со своим учебным шифром, а именно: числовые

значения Ku и Rг - по последней цифре шифра из таблицы 1.1, а значение Rн – по предпоследней цифре шифра из таблицы 1.2.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Значение Ku	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Значение Rг(Ом)	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100

Таблица 1.2

Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Значение Rн(кОм)	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	3

Содержание курсовой работы:

Введение

Описание конструкции и принципа действия предварительного усилителя

Расчет предварительного усилителя

Выбор типа транзистора

Расчет по постоянному току

Расчет по постоянному току

Заключение

Список использованных источников

Перечень графического материала: не предусмотрено

1.1 Выбор типа транзистора

Транзистор – полупроводниковый прибор с тремя и более выводами, обладающий свойствами усиления электрического сигнала. По принципу работы их подразделяют на биполярные и униполярные (полевые). Биполярными транзисторами называют полупроводниковые приборы с двумя или несколькими взаимодействующими p-n переходами и тремя выводами или более, усилительные свойства которых основаны на явлениях инжекции и экстракции неосновных носителей заряда [1, с. 101], эмиттером (Э); средний слой называют базой (Б). Второй переход, смещенный приложенным напряжением в обратном направлении, называют коллекторным, а соответствующий наружный слой – коллектором (К). [2, с. 34]

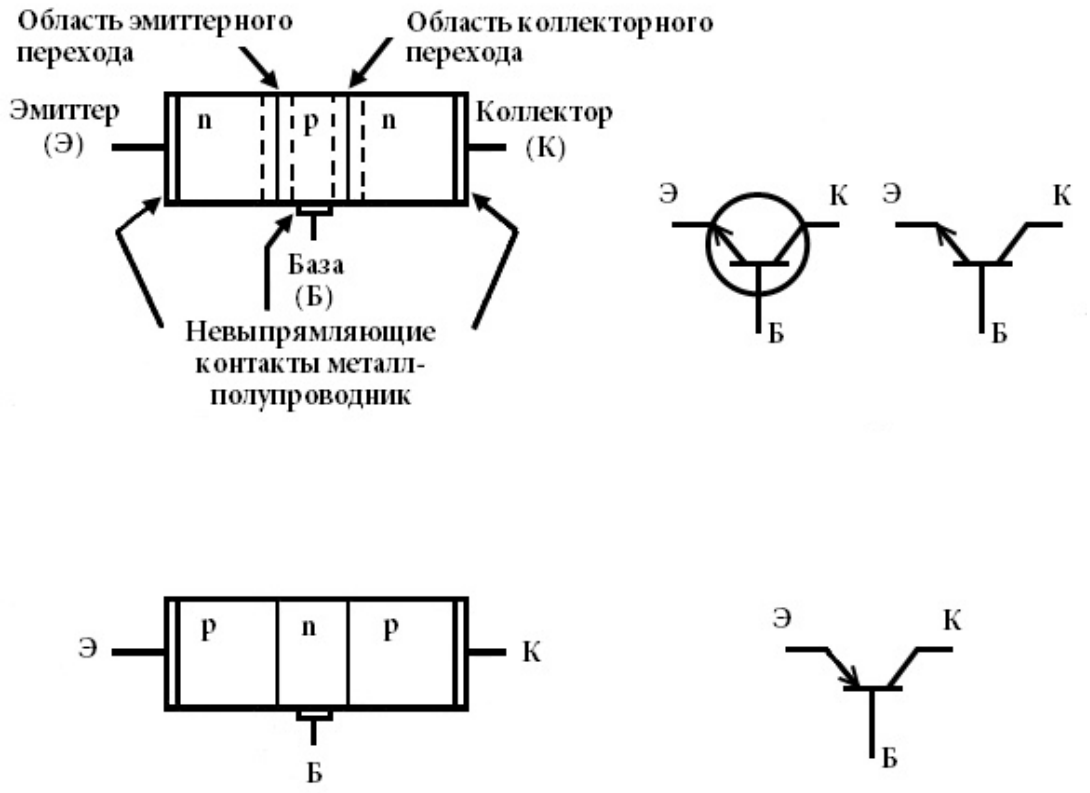


Рисунок 1 – Транзистор

В зависимости от того, какой электрод транзистора является общим для входного и выходного сигналов, различают три схемы включения транзистора (рис. 2): с общей базой (ОБ); с общим эмиттером (ОЭ); с общим коллектором (ОК).

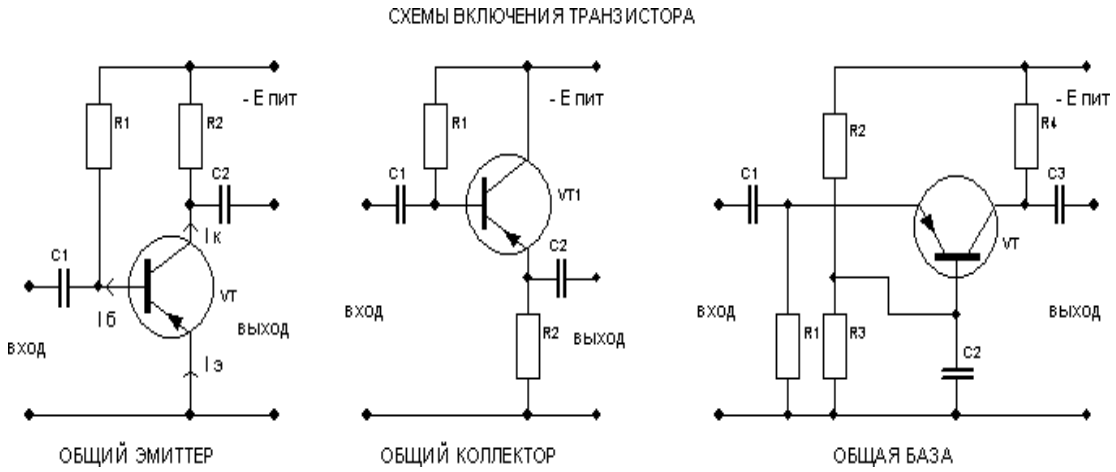


Рисунок 2 – Включение транзистора по различным схемам

Выбор транзистора основывается главным образом на требованиях задания по току коллектора и мощности на коллекторе, коэффициенту усиления тока базы и частотному диапазону.

В нашем случае не оговорены в задании ни мощность усилителя, ни тип проводимости транзисторов, поэтому решающими факторами должны стать при выборе транзистора требования по частному диапазону и коэффициенту усиления. Исходя из реальных величин, имеет смысл взять маломощный высокочастотный транзистор с граничной частотой не менее, чем на два порядка превосходящей значение верхней частоты полосы пропускания усилителя (т.е. $f_T \geq 100\ f_B$), и с достаточно большим статическим коэффициентом усиления тока базы ($\beta > 25$).

1.1. Расчет по постоянному току

Расчет по постоянному току (или режима покоя) усилителя удобнее всего вести с использованием статических входных и выходных характеристик выбранного транзистора. При этом необходимо руководствоваться соображениями максимального использования рабочей области в плане получения наибольшего усиления при сохранении линейности. Выбираем для построения нагрузочной прямой по постоянному току доп $E_К < E_{К\,доп}$ и $I_{Кm} < I_{К\,доп}$ и так, чтобы $P_К < P_{К\,доп}$. Далее по входным характеристикам выбираем $U_{БЭП}$ и соответствующий ему ток $I_{БП}$. Пересечение нагрузочной прямой с выходной статической характеристикой, соответствующей выбранному $I_{БП}$, дает точку покоя, координатами которой являются $U_{КП}$ и $I_{КП}$.

Сопротивления цепей термостабилизации $R_{э1}$ и $R_{э2}$ получим, предполагая, что:

$$U_{ЭП} \approx I_{КП} \cdot R_Э = (0{,}1 - 0{,}3)E_К \text{, т.е. } R_Э 1 = R_Э 2 = \frac{U_{ЭП}}{I_{КП}}$$

Сопротивления делителя R1, R2 найдем из допущений, что $I_Д = (2 \div 5)I_{БП}$, где $I_Д$ - что ток делится.

$$\text{Тогда: } R_1 = \frac{E_К - U_{ЭП} - U_{БЭП}}{I_Д + I_{БП}};\ R_2 = \frac{U_{ЭП} + U_{БЭП}}{I_Д};$$

$$\mathrm{R_3 = R_1}, \text{ а } \mathrm{R_4 = R_2}.$$

Нагрузочные сопротивления в цепи коллектора получают по выражению:

$$R_{К1} = \frac{E_К}{I_{Кm}} - R_{Э1};\ \ R_{К2} = R_{К1}.$$

1.3 Расчет по переменному току

В расчете по переменному току, исходя из задания, нас прежде всего интересует полоса пропускания усилителя, коэффициентусиления в области средних частот.

Из задания вытекает, что M_H =1,41 на частоте f_H =100 *Гц*. Распределим низкочастотные искажения между тремя разделительными и двумя блокирующими конденсаторами, к примеру, следующим образом: $M_{HC1} = M_{HC2} = M_{HC3} = 1{,}02$; $M_{HC2} = M_{HC3} = 1{,}15$ (Можно взять иные распределения).

Для определения значений С1, С2 и С3 найдем предварительно входные сопротивления каскадов:

$$R_{BX1} = R_{BX2} = r_Б + r_Э(1+\beta) = r_Б + \frac{\varphi_T}{I_{ЭП}}(1+\beta), \text{ где}$$

$r_Б$ - дифференциальное сопротивление базы, которое можно найти по выходным характеристикам через отношение приращений в точке покоя:

$$r_Б = \frac{\Delta U_Б}{\Delta I_Б};$$

φ_T = 0,025 В - тепловой потенциал при Т = 300°К; β - значение коэффициента усиления из справочника, уточненные после выбора режима покоя.
Влиянием сопротивлений делителя на BXR можно пренебречь, т.к.

$$R_1//R_2 = R_3//R_4 >> R_{BX1} = R_{BX2}$$

Сами разделительные емкости находятся по выражениям:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_H (R_Г + R_{BX1})\sqrt{M^2{}_{HC1} - 1}};$$

$$C_2 = \frac{1}{2\pi f_H (R_К 1 + R_{BX2})\sqrt{M^2{}_{HC2} - 1}};$$

$$C_3 = \frac{1}{2\pi f_H (R_К 2 + R_H)\sqrt{M^2{}_{HC3} - 1}};$$

Для нахождения величин блокирующих конденсаторов $C_{Э1}$ и $C_{Э2}$ определим сначала значения сопротивлений цепей их перезаряда:

$$R_{ВЫХ\,Э1} = r_{Э1} + \frac{R_Г + r_{Б1}}{1+\beta};$$

$$R_{ВЫХ\,Э2} = r_{Э2} + \frac{R_К 1 + r_{Б2}}{1+\beta}.$$

Емкости $C_{Э1}$ и $C_{Э2}$ найдем по выражениям:

$$C_{Э1} = \frac{1}{2\pi f_H R_{ВЫХ\,Э1}\sqrt{M^2{}_{НСЭ1} - 1}}; \quad C_{Э2} = \frac{1}{2\pi f_H R_{ВЫХ\,Э2}\sqrt{M^2{}_{НСЭ2} - 1}}$$

Далее необходимо проверить правильность выбора типа транзистора с очки зрения обеспечения заданной верхней частоты полосы пропускания $f_B = 500\ кГц$

Значение граничной частоты берется из справочника, при отсутствии соответствующих данных можно считать для высокочастотных транзисторов $f_T = 150\ МГц$.

Постоянную времени, определяющую частотную зависимость β, найдем по выражению:

$$\tau_{\beta 1} = \frac{1+\beta}{2\pi f_T}.$$

Постоянную времени, учитывающую емкость коллектора C_K, значение которой берется из справочника, определим так:

$$\tau_{e1} = \tau_{\beta 1} + C_K 1(1+\beta_1)\frac{R_K 1 \cdot R_{BX\,2}}{R_K 1 + R_{BX\,2}}.$$

Коэффициент $\gamma_{Б1}$ находим по выражению:

$$\gamma_{Б1} = \frac{r_Э 1}{r_Э 1 + r_{Б1} + R_Г}.$$

Результирующую постоянную времени для первого каскада, определяющую его частотную зависимость на верхних частотах, получим так:

$$\tau_{B1} = \frac{\tau_{e1}}{1 + \gamma_{Б1} \cdot \beta_1}.$$

Аналогично для второго каскада найдем:

$$\tau_{\beta 2} = \tau_{\beta 1} = \frac{1+\beta}{2\pi f_T};$$

$$\tau_{e2} = \tau_{\beta 2} + C_K 2(1+\beta_2)(R_K 2 // R_H);$$

$$\gamma_{Б2} = \frac{r_{Э2}}{r_{Э2} + r_{Б2} + R_{K1}};$$

$$\tau_{B2} = \frac{\tau_{e2}}{1 + \gamma_{Б2} \cdot \beta_2}.$$

Выбрав из полученных τ_{B1} и τ_{B2} большую, найдем значение f_B по выражению:

$$f_B = \frac{1}{2\pi\tau_B}$$

и делаем вывод о том, удовлетворит ли выбранный тип транзистора требованиям по f_B.

Если по частотным свойствам построенный усилитель удовлетворит заданию, то проверяем значение коэффициента усиления в области средних частот:

$$K_U = K_{U1} \cdot K_{U2} = \frac{\beta_1 (R_{K1} // R_{BX2})}{R_Г + R_{BX1}} \cdot \frac{\beta_2 (R_{K2} // R_H)}{R_{BX2}}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В случае, если результаты расчета удовлетворяют поставленным в задании условиям, то делаются выводы о запасе по частоте и коэффициенту усиления рассчитанного усилителя, о возможности использования других, более дешевых транзисторов, если этот запас значителен, или наоборот, о необходимости сменить тип транзистора на иной – с большим коэффициентом усиления или большей граничной частоты.

Если результаты расчета не удовлетворяют заданным условиям, то необходимо проанализировать причины этого, и либо изменить режим работы транзисторов, либо сменить транзисторы, либо сделать то и другое.