



**Некоммерческое  
акционерное  
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И  
СВЯЗИ**

Кафедра  
электропривод и  
автоматизации  
промышленных

## **ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ**

Методические указания и задания к расчетно-графическим работам  
для студентов специальности 5В071700

Алматы 2016

СОСТАВИТЕЛИ: Ю.В. Кузьмин, Э.Б. Даркенбаева. Основы электротехника и электроники. Методические указания и задания к расчетно-графическим работам для студентов специальности 5В071700. – Алматы: АУЭС, 2016.- 20 с.

Приводятся задания и методические указания к расчетно-графическим работам по курсу Основы электротехника и электроники для тем: «Линейные электрические цепи постоянного тока», «Цепи однофазного синусоидального тока», «Расчет характеристик асинхронного электродвигателя», «Расчет параметров усилительного каскада на транзисторе».

Расчетно-графические задания предназначены для студентов второго курса, обучающихся в бакалавриате по специальности 5В071700 - Теплоэнергетика.

Ил. 28, табл.14, библиогр.- 8 назв.

Рецензент: старший преподаватель Б.К. Курпенев

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинского университет энергетике и связи» на 2016 г.

© НАО «Алматинский университет энергетике и связи», 2016г.

## Содержание

Введение.....	4
1 Задание № 1. Расчёт линейных цепей постоянного тока.....	5
2 Задание № 2. Расчет линейной электрической цепи однофазного синусоидального тока со смешанным соединением приемников.....	7
3 Задание №3. Расчет характеристик асинхронного электродвигателя.....	10
4 Задание №4. Расчет параметров усилительного каскада транзисторе.....	12
Список литературы.....	18

## Введение

Настоящая работа составлена в соответствии с учебным планом и включает в себя методические указания для решения расчетно-графических заданий по дисциплине «Электротехника и электроника» для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика очной и заочной формы обучения.

Студенты должны выполнить четыре расчетно-графические работы по основным разделам курса основы электротехники и электроники.

Целью изучения дисциплины «Основы электротехники и электроники» является формирование у студентов необходимых навыков по применению основных методов расчета электрических цепей и электронных устройств, приобретение ими знаний о физических процессах, протекающих в электрических цепях, электрических машинах, а также в электронных устройствах.

Здесь представлены расчетно-графические задания по следующим темам:

- расчет линейных электрических цепей постоянного тока;
- расчет трехфазных электрических цепей;
- расчет характеристик электрических машин;
- расчет усилительного каскада с общим эмиттером.

Выполнение расчетно-графических работ поможет студентам овладеть методами расчета линейных электрических цепей постоянного и трехфазного синусоидального токов, ознакомиться с проблемой компенсации реактивной мощности и расчетом характеристик синхронных машин, а также усвоить критерии расчета и выбора основных компонентов усилительного каскада с общим эмиттером.

## 1 Задание № 1. Расчёт линейных цепей постоянного тока

Для электрической цепи, заданной в соответствии с вариантом таблицами 1.1-1.2 и рисунками 1.1-1.10, выполнить следующее:

а) на основании законов Кирхгофа составить систему уравнений для расчета токов во всех ветвях схемы;

б) рассчитать токи во всех ветвях схемы методом контурных токов (МКТ), методом наложений, сопоставить результаты расчётов двумя методами.

Таблица 1.1

Год поступления	Последняя цифра зачётной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ рисунка	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
$E_1, В$	100	120	250	200	150	180	200	150	250	100
$E_2, В$	180	120	200	180	150	150	100	180	200	150

Таблица 1.2

Год поступления	Предпоследняя цифра зачётной книжки										
	чётный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
нечётный	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9
$R_1, Ом$	30	80	60	30	20	100	60	90	30	70	
$R_2, Ом$	70	40	20	80	50	80	50	70	80	50	
$R_3, Ом$	90	60	50	60	70	20	20	90	60	30	

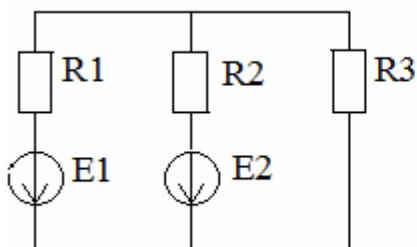


Рисунок 1.1

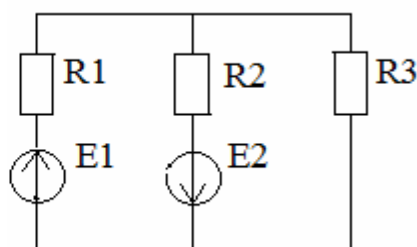


Рисунок 1.2

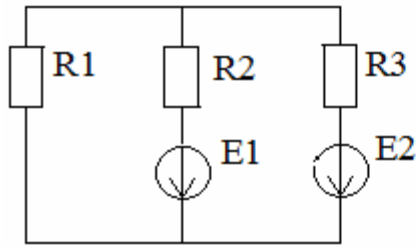


Рисунок 1.3

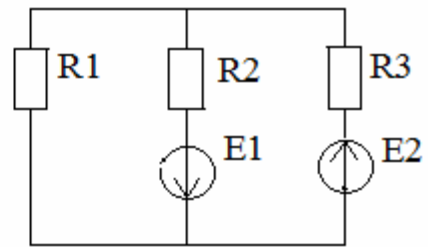


Рисунок 1.4

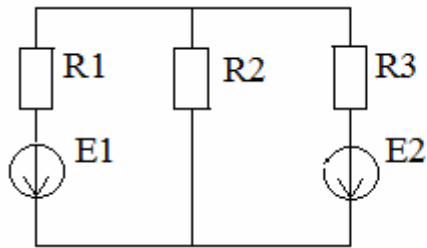


Рисунок 1.5

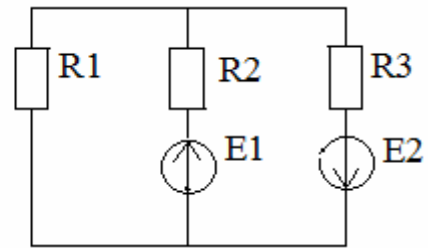


Рисунок 1.6

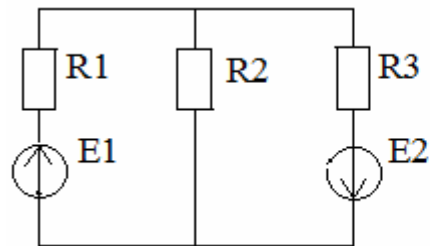


Рисунок 1.7

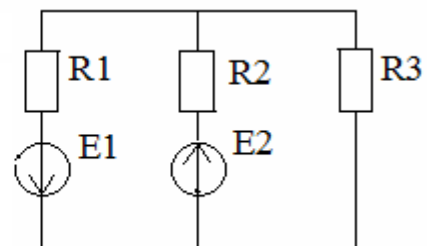


Рисунок 1.8

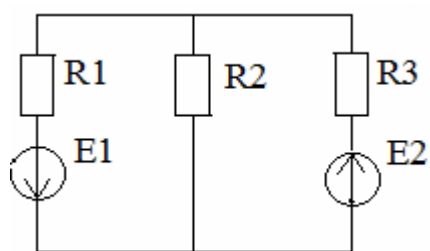


Рисунок 1.9

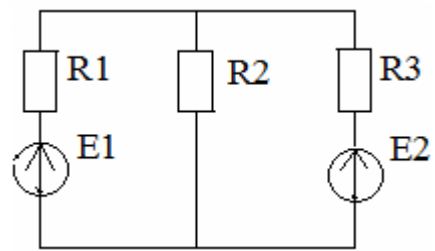


Рисунок 1.10

## 2 Задание №2. Расчет линейной электрической цепи однофазного синусоидального тока со смешанным соединением приемников

В электрической цепи со смешанным соединением приемников (рисунки 2.1-2.10) действует источник синусоидального напряжения  $u = U_m \sin 2\pi ft$ . Действующее значение напряжения  $U$ , частота  $f$  и параметры цепи приведены в таблицах 2.1, 2.2, 2.3.

Выполнить следующее:

а) рассчитать индуктивные  $X_L$  и емкостные  $X_C$  сопротивления, комплексные сопротивления каждой ветви и эквивалентное комплексное сопротивление всей цепи;

б) рассчитать комплексные действующие значения токов во всех ветвях и записать их мгновенные значения;

в) построить векторную диаграмму напряжений, векторной диаграммой токов [Л2 5.7-5.9; Л3 4.1-4.11].

Таблица 2.1

Год поступления	Последняя цифра зачётной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
нечётный № рисунка	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
чётный № рисунка	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$U, В$	100	120	90	80	60	110	70	115	50	85
$R_1, Ом$	90	-	130	85	90	40	120	100	110	40
$R_2, Ом$	110	120	150	-	110	-	95	120	90	130
$R_3, Ом$	60	80	90	100	-	100	50	95	80	100

Таблица 2.2

Год поступления	Предпоследняя цифра зачётной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
нечётный	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
чётный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$f, Гц$	600	700	800	900	1000	700	900	600	1000	800
$L_1, мГн$	35	25	20	15	10	30	20	40	15	30
$L_2, мГн$	40	20	15	18	20	25	10	30	20	25
$L_3, мГн$	30	35	25	10	15	18	15	35	10	20

Таблица 2.3

Год поступления	Первая буква фамилии									
	АЯ	УЮФ	КХ	БЛЦ	ВМЧ	ТЭИ	ЖСЗ	ДОЩ	ЕПР	ГНШ
нечётный	АЯ	УЮФ	КХ	БЛЦ	ВМЧ	ТЭИ	ЖСЗ	ДОЩ	ЕПР	ГНШ
чётный	ГНШ	АЯ	ЕПР	УЮФ	ДОЩ	КХ	БЛЦ	ЖСЗ	ТЭИ	ВМЧ
$C_1, \text{мкФ}$	2	3,5	3	1,5	2,8	2	2,2	2,5	1,8	1,5
$C_2, \text{мкФ}$	1,5	2,5	2	1,8	2	2,5	3,2	2	1,5	2,5
$C_3, \text{мкФ}$	2,5	2	1,5	2,5	3	3,5	1,5	2,8	2	3

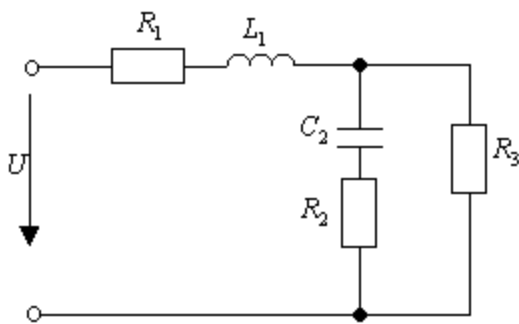


Рисунок 2.1

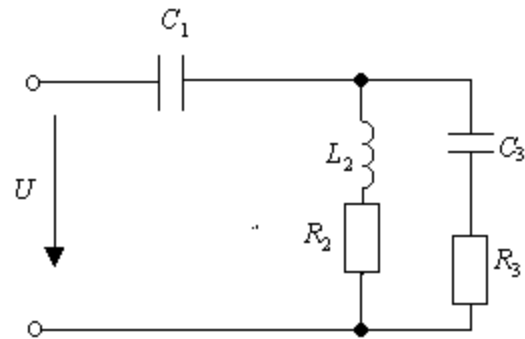


Рисунок 2.2

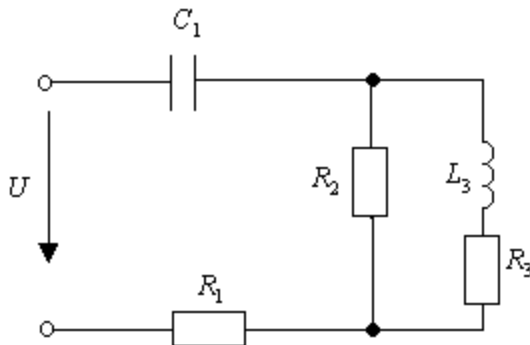


Рисунок 2.3

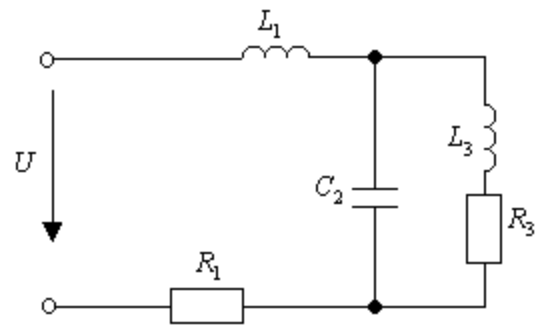


Рисунок 2.4

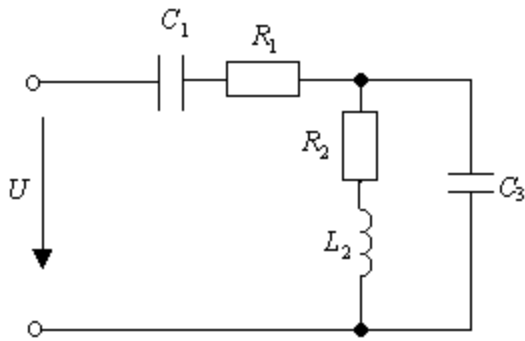


Рисунок 2.5

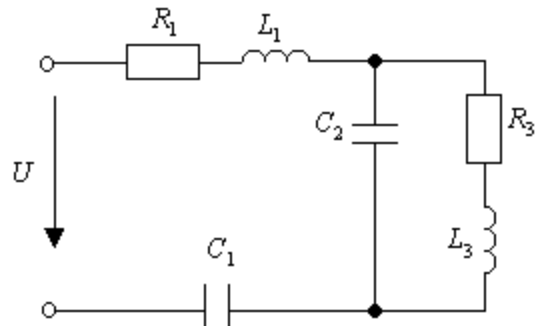


Рисунок 2.6



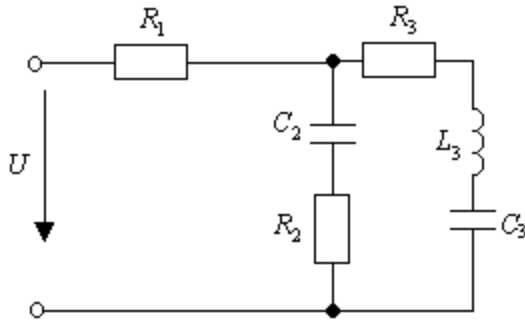


Рисунок 2.7

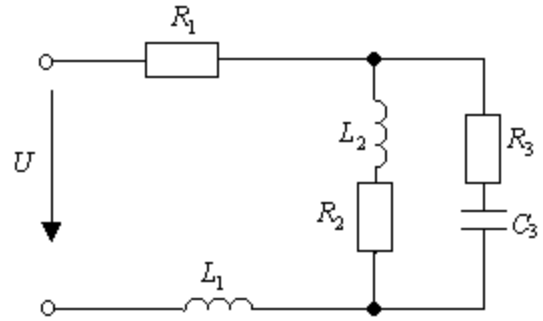


Рисунок 2.8

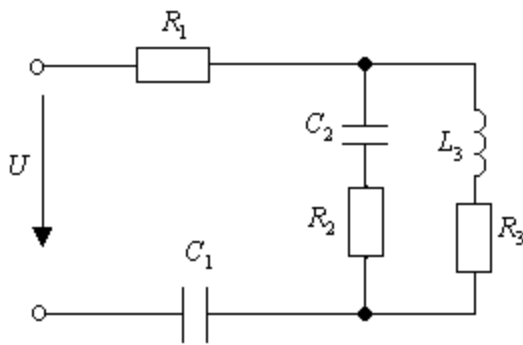


Рисунок 2.9

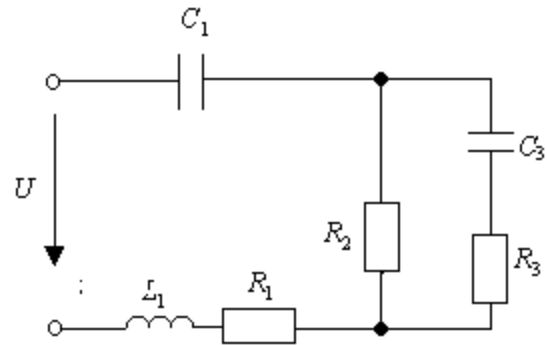


Рисунок 2.10

### 3 Задание №3. Расчет характеристик асинхронного электродвигателя

Выбор и расчет характеристик электрических двигателей. Основное назначение задачи - практическое применение теоретических знаний для решения задач по расчету параметров и режимов работы электрических машин. Задачи составлены на базе реальных электрических машин современных серий, что придает определенную практическую направленность. Задача составлена в десяти вариантах. При решении задания требуется из таблицы 3.1 выбрать варианты по указанию преподавателя, найти нужные параметры, построить характеристики электрических машин и векторные диаграммы.

Графически выраженная зависимость электромагнитного момента скольжения называется механической характеристикой асинхронного двигателя (рисунок 3.1).

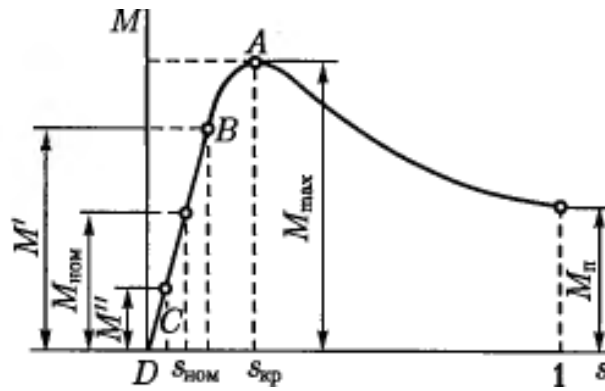


Рисунок 3.1- Механическая характеристика асинхронного двигателя

При расчете характеристики следует иметь в виду, что при значениях скольжения, превышающих критическое, точность расчетов резко снижается. Это объясняется изменением параметров схемы замещения асинхронного двигателя, вызванного магнитным насыщением зубцов статора и ротора, и увеличением частоты тока в обмотке ротора.

### 3.1 Задание №1

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором работает от сети переменного тока напряжением  $U_{1л}=380$  В частотой  $f_1=50$  Гц. При номинальной нагрузке ротор двигателя вращается с частотой  $n_{ном}$ , перегрузочная способность двигателя  $\lambda_M$ , а кратность пускового момента  $M_{п}/M_{ном}$  (таблицы 3.1). Рассчитать значения параметров и построить механическую характеристику двигателя в относительных единицах  $M_* = f(s)$ , если электромагнитная мощность в режиме номинальной нагрузки равна  $P_{эм}$ .

Определить, при каком снижении напряжения относительно номинального двигатель утратит способность пуска с номинальным моментом на валу и при каком снижении напряжения он утратит перегрузочную способность.

Таблицы 3.1

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{эм}, \text{кВт}$	7,5	15	11	4,0	15	1,1	30	3,0	7,5	37
$n_{ном}, \text{об/мин}$	1400	2940	960	1420	720	2920	580	1430	730	575
$\lambda_H$	2,2	1,9	2,0	2,2	2,0	1,9	1,8	2,2	1,7	1,8
$M_{п}/M_{ном}$	1,4	1,4	1,2	1,0	1,0	1,2	1,4	1,0	0,9	1,0
$2p$	4	2	6	4	8	2	10	4	8	10

### 3.2 Задание №2

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии А2, работающий от сети частотой А2, работающий от сети частотой 50 Гц напряжением 380 В при соединении обмотки статора «звездой», имеет номинальные параметры, приведенные в таблице 3.2: полезная мощность  $P_{ном}$ , частота вращения  $n_{ном}$ ; КПД,  $\eta_{ном}$ ; коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1ном}$ ; кратность пускового тока  $I_{п}/I_{1ном}$ ; кратность пускового  $M_{п}/M_{ном}$  и максимального  $M_{max}/M_{ном}$  моментов; активное сопротивление фазной обмотки статора при температуре 20°C  $r_{1,20}$ . Требуется рассчитать параметры и построить механическую характеристику двигателя  $n_2 = f(M)$ . Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания принять равным

$$\cos \varphi_k = 0,5 \cos \varphi_{1ном}.$$

Таблица 3.2

№	Тип двигателя	$P_{ном}$ , кВт	$n_{ном}$ , об/мин	$\eta_{ном}$ , %	$\cos \varphi_{1ном}$	$I_{п}/I_{1ном}$	$M_{п}/M_{ном}$	$M_{max}/M_{ном}$	$r_{1,20}$ , Ом 20°C
11	A2-61-2	17	2900	88,0	0,88	7	1,2	2,2	0,1900
12	A2-62-2	22	2900	89,0	0,88	7	1,1	2,2	0,1540
13	A2-71-2	30	2900	90,0	0,90	7	1,1	2,2	0,1170
14	A2-72-2	40	2900	90,5	0,90	7	1,0	2,2	0,0770
15	A2-81-2	55	2900	91,0	0,90	7	1,0	2,2	0,0540
16	A2-82-2	75	2900	92,0	0,90	7	1,0	2,2	0,0347
17	A2-91-2	100	2920	93,0	0,90	7	1,0	2,2	0,0209
18	A2-92-2	125	2920	94,0	0,90	7	1,0	2,2	0,0144
19	A2-62-4	17	1450	89,5	0,88	7	1,3	2,0	0,1890

### 4 Задание №4. Расчет параметров усилительного каскада на транзисторе

Рассчитать параметры элементов усилительного каскада на транзисторе (рисунок 4.1) для исходных данных, (таблица 4.1)).

Таблица 4.1

Параметр	Единица измерения	Формула для расчета параметра
ЭДС источника сигнала	мВ	$E_n = (MN+60)/20$
Выходное сопротивление источника сигнала	Ом	$R_n = (140-MN) \cdot 5$

окончание таблицы 4.1

Нижняя граничная частота диапазона усиливаемых сигналов	Гц	$f_H = (MN+150) \cdot 2$
Верхняя граничная частота диапазона усиливаемых сигналов	Гц	$F_B = (MN + 150) \cdot 50$
Сопротивление нагрузки	кОм	$R_H = M+12$
Емкость монтажа выходной цепи и нагрузки	пФ	$C_0 = (100 - MN)/5$
Коэффициент	-	$K_H = (200-MN)/20$

Ниже приняты обозначения:

N- последняя цифра номера по порядку списка группы; M- предпоследняя цифра номера по порядку списка группы; MN – двузначное число.

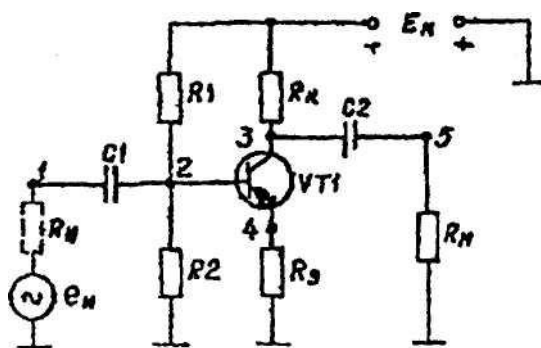


Рисунок 4.1 - Схема усилительного каскада

Тип транзистора задается таблицей 4.2 в соответствии с первой буквой фамилии студента.

Таблица 4.2

Первая буква фамилии	А - Д	Е-К	Л-П	Р-Ц	Ч-Я
Транзистор	МП39	КТ104	КТ208	ГТ310	КТ313

Справочные данные элементов из таблицы 4.2 приведены в приложении 1.

Примечание - Недостающие для расчета параметры из справочных данных выбираются студентом самостоятельно.

Приведенное в таблице 4.1 значение ЭДС источника сигнала ( $E_H$ ) будет отличаться от значения напряжения входного сигнала усилителя ( $U_{вх}$ ), так как усилитель обладает собственным входным сопротивлением. Напряжение на нагрузке ( $U_H$ ) также отличается от выходного напряжения усилителя при отключенной нагрузке.

Обратившись к рисунку 4.1, где усилитель представлен как четырехполюсник, можно определить  $U_{вх}$  при заданных  $E_H$ ,  $R_H$  и значением входного сопротивления усилителя  $R_{вх}$ . Из рисунок 2 ясно, что  $U_{вх} < E_H$  из-за падения напряжения на  $R_H$

$$U_{вх} = E_H \cdot R_{вх} / (R_H + R_{вх}). \quad (4.1)$$

Так как значения нижней граничной частоты  $f_H$  диапазона усиливаемых сигналов отличается от 0, то в рассматриваемом усилителе можно использовать разделительные емкости на входе и выходе.

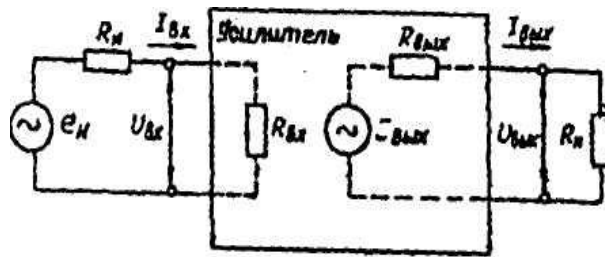


Рисунок 4.2 - Эквивалентная схема усилителя

Возможная последовательность действия при расчете усилительного каскада следующая:

1) Задают значение напряжения источника питания  $E$ . Для заданного типа транзистора должно выполняться условие

$$U_{кэ \max} > E. \quad (4.2)$$

При выборе  $E$  следует учитывать, что чем меньше значение  $E$ , тем экономичнее схема и выше ее надежность. Однако при этом снижается максимальное значение коэффициента усиления, которое можно получить в данном каскаде с температурной стабилизацией рабочей точки посредством включения в схему сопротивления  $R$ .

2) По входным и выходным характеристикам заданного транзистора определяют параметры режима покоя (рабочей точки)  $I_{б0}$ ,  $I_{к0}$ ,  $U_{бэ0}$ .

3) Определяют  $U_{кэ0}$  для выбранного значения  $E$

$$U_{кэо} = (0,3-0,5)E. \quad (4.3)$$

4) Находят значение суммы сопротивлений  $R_k$  и  $R_s$

$$R_s = (E - U_{кэо})/I_{к0}. \quad (4.4)$$

5) Определяют значения  $R_k$  и  $R_s$  из следующих условий

$$R_s = R_k + R_s \text{ и } R_k/R_s = K_u, \quad (4.5)$$

где  $K$  - заданный коэффициент усиления по напряжению.

6) Используя значения  $I_{к0}$ ,  $I_{б0}$ ,  $R_k$ ,  $R_s$ , определяют значения напряжений  $U_{к0}$ ,  $U_{э0}$ .

7) Определяют параметры входного делителя напряжения, полагая  $I_D = (3 - 5) I_{б0}$ , для выбранного значения  $I_D$ .

8) Вычисляют входное сопротивление каскада, определяемое параллельным соединением сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_{вх.тр}$

$$R_{вх} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_{вх.тр}, \quad (4.6)$$

где  $R_{вх.тр}$  - значение входного сопротивления транзистора находят из соотношения,  $R_{вх.тр} = h_{21э} R_{э}$ .

9) Рассчитывают по формулам величины разделительных емкостей

$$C_1 = 1/(2\pi f_H R_{вх}), \quad C_2 = 1/(2\pi f_H R_H). \quad (4.7)$$

10) Определяют напряжение сигнала на входе усилительного каскада

$$U_{вх} = e_H R_{вх} / (R_H + R_{вх}). \quad (4.8)$$

11) Вычисляют напряжение выходного сигнала каскада в области средних частот

$$U_{вых} = K_U U_{вх}. \quad (4.9)$$

12) Определяют коэффициент частотных искажений на верхней частоте диапазона  $M_B = \sqrt{1 + (2\pi f_B t_B)^2}$ ,

где  $t_B = R_{экв} C_{экв}$ ;  $R_{экв} = R_k R_H / (R_k + R_H)$ ;  $C_{экв} = C_{кэ} + C_0$ ;

$C_{кэ}$  - емкость коллектор-эмиттер заданного транзистора;

$C_0$  - паразитная емкость монтажа и нагрузки.

13) Мощность рассеиваемая на транзисторе должна быть меньше допустимого значения мощности, поэтому следует это проверять, используя значения токов и напряжений в рассчитанной схеме усилительного каскада.

14) При выборе типа резистора необходимо учитывать значение мощности, рассеиваемой в нем при работе усилителя.

## Приложение А

### Параметры транзисторов

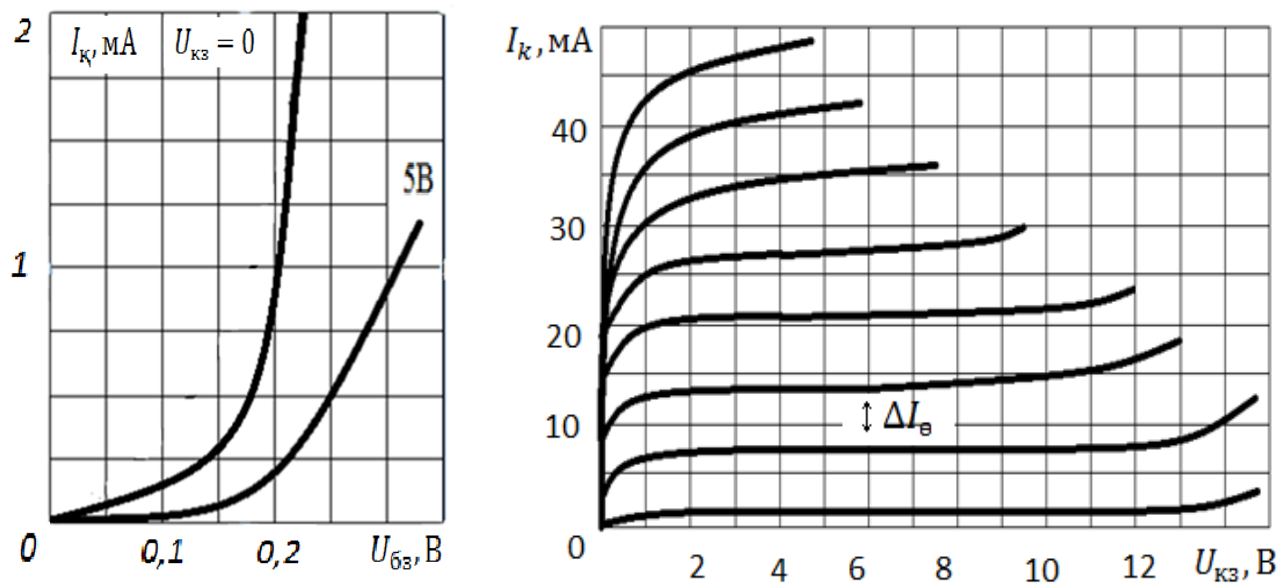


Рисунок А.1 - МП 39

Таблица А.1

$I_{б}$	$U_{кэmax}$	$I_{кmax}$	$P_{кmax}$	$C_{к}$	тип
400 мкА	15В	20 мА	150 мВт	50 пФ	р-п-р



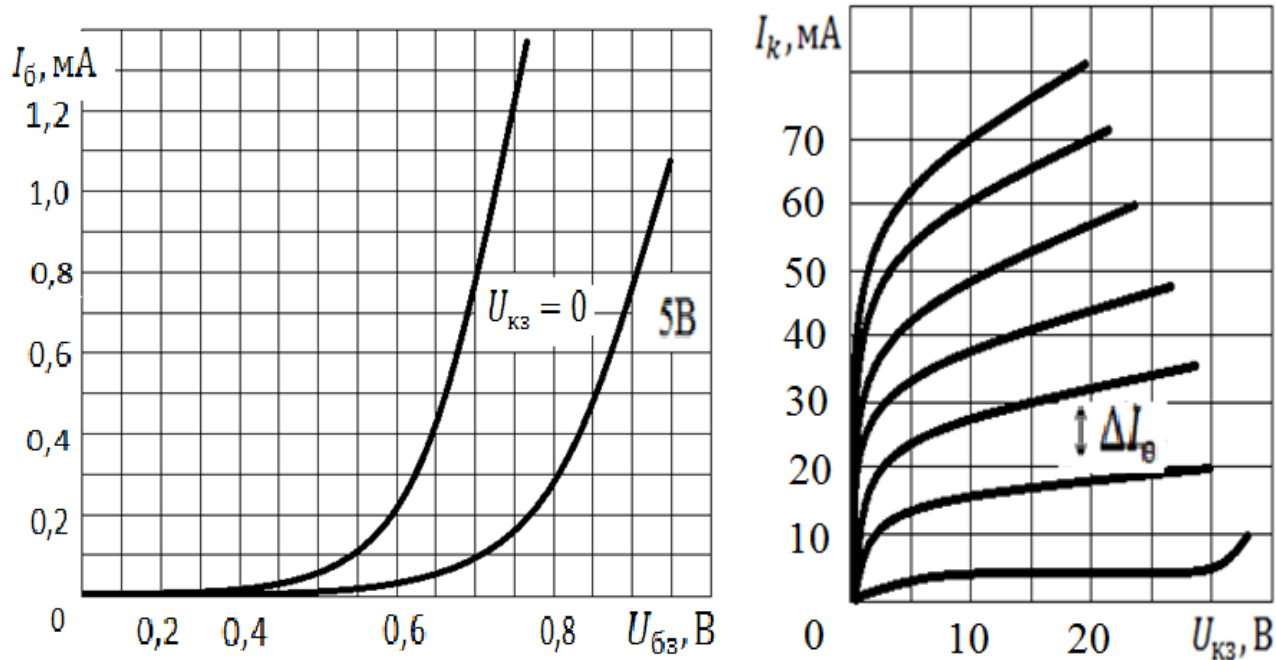


Рисунок А.2 - КТ 104

Таблица А.2

$I_{\text{б}}$	$U_{\text{кэmax}}$	$I_{\text{кmax}}$	$P_{\text{кmax}}$	$C_{\text{к}}$	тип
1,5 мА	30 В	50 мА	150 мВт	50 пФ	р-п-р

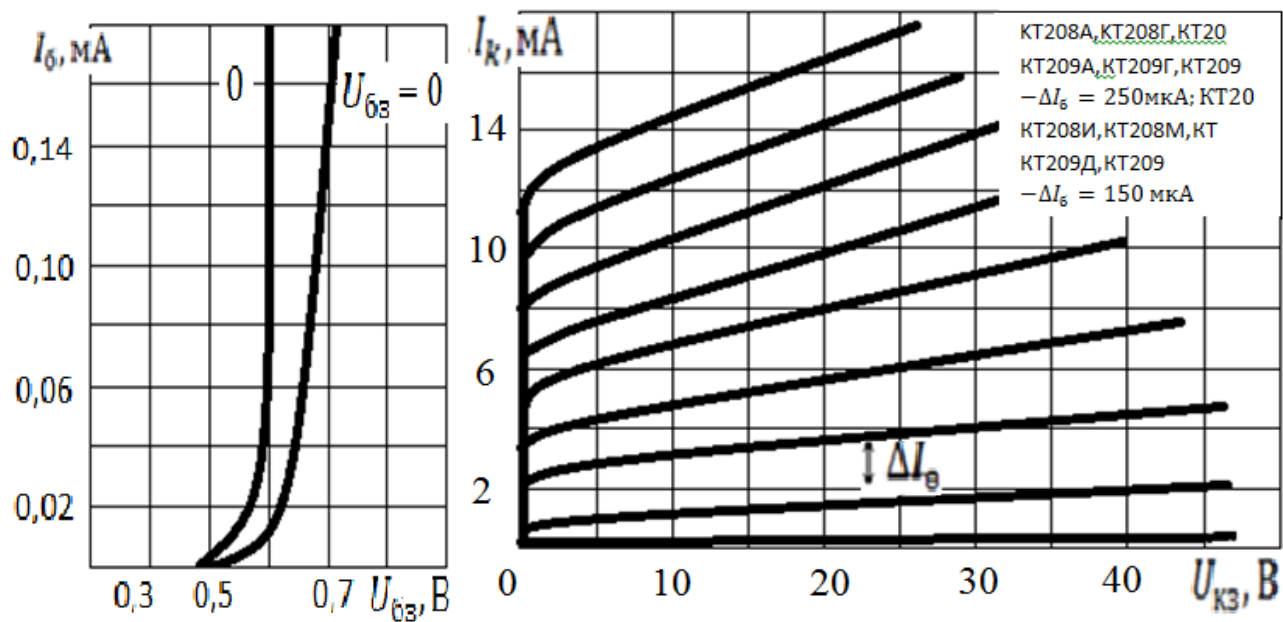


Рисунок А.3 - КТ 208

Таблица А.3

$I_6$	$U_{кэmax}$	$I_{кmax}$	$P_{кmax}$	$C_K$	тип
150мА	15В	300мА	200мВт	20пФ	р-п-р

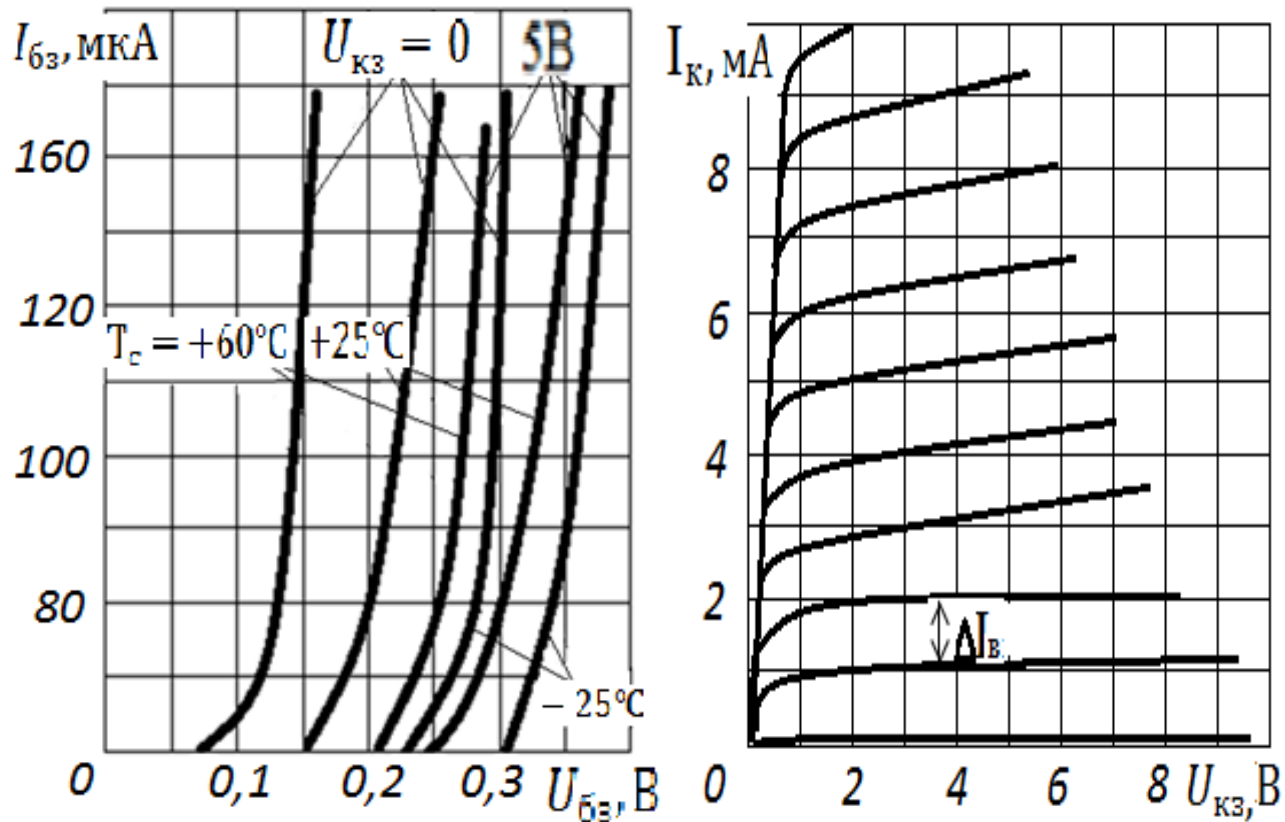


Рисунок А.4 - ГТ 310

Таблица А.4

$I_6$	$U_{кэmax}$	$I_{кmax}$	$P_{кmax}$	$C_K$	тип
20мА	10В	300мА	200мВт	20пФ	р-п-р

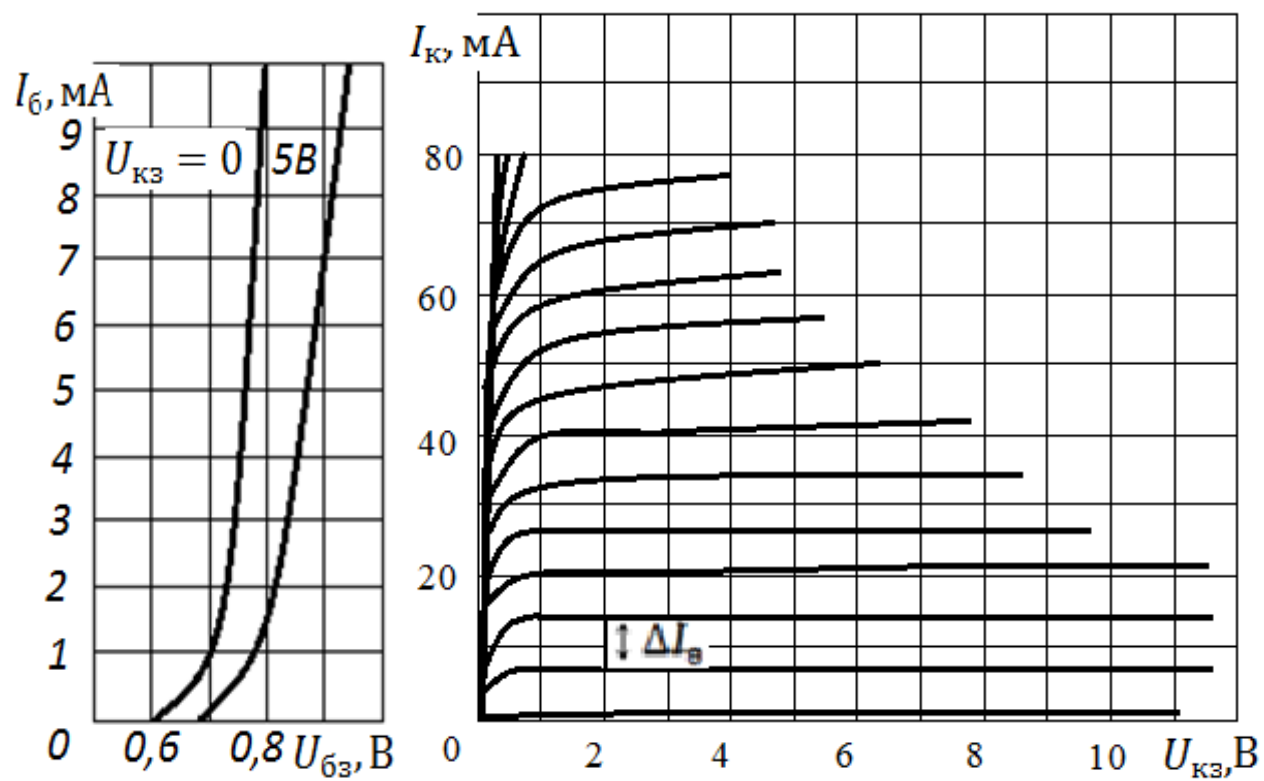


Рисунок А.5 - КТ 313

Таблица А.5

$I_b$	$U_{кэмах}$	$I_{кмах}$	$P_{кмах}$	$C_K$	тип
0,1 мА	50 В	350 мА	300 мВт	12 пФ	р-п-р

## Список литературы

- 1 Касаткин А.С. Электротехника.- М., 2008.
  - 2 Иванов И.И. Электротехника и основы электроники.-СПб., 2012.
  - 3 Касаткин А.С. Курс электротехники.- М., 2005.
  - 4 Белов Н.В.Электротехника и основы электроники. – СПб., 2012.
  - 5 Подкин Ю.Г. Электротехника и электроника.Т.1 – М., 2011.
  - 6 Петленко А.Я. Электротехника и электроника.-М., 2010.
  - 7 Новиков Ю.Н. Электротехника и электроника.- СПб., 2005.
  - 8 Денисенко В.И., Зуслина Е.Х. Теоретические основы электротехники: Учебное пособие.-Алматы: АИЭС, 2000.- 83 с.
  - 9 Денисенко В.И., Креслина С.Ю. Теоретические основы электротехники
- 1 Конспект лекции ( для студентов всех форм обучения специальности 050718 – Электроэнергетика). - Алматы: АИЭС, 2006.- 63 с.

Юрии Владимирович Кузмин  
Эльмира Байджумаевна Даркенбаева

## ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания к расчетно-графическим работам  
для студентов специальности 5В071700

Редактор Л.Т.Сластихина  
Спец.по стандартизации Н.К.Молдабекова

Подписано в печать \_\_\_\_\_  
Тираж экз. 30  
Объем 1,2уч. - изд. л.

Формат 60x84 1/16  
Бумага типографская №1  
Заказ \_\_\_\_\_ Цена 595тенге.

Копировально-множительное бюро  
Некомерческого акционерного общества  
«Алматинского университета энергетики и связи»  
050013, Алматы, Байтурсынова 126.