

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ



ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

**Методические указания
для самостоятельной и контрольной работы**



Новосибирск 2022

Составитель: канд. тех. наук, доцент *И.С. Тырышкин*

Рецензент: канд. техн. наук, доцент *А.Ю. Кузнецов*

Электронная техника: метод. указания для самост. и контр. работы/ Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: И.С. Тырышкин. – Новосибирск, 2022. – 20 с.

Методические указания предназначены для самостоятельного изучения дисциплины Электронная техника. Содержат цели, задачи, содержание дисциплины. Содержат правила оформления и защиты контрольной работы. Предназначены для студентов очной, заочной форм обучения всех направлений подготовки Инженерного института.

Утверждены и рекомендованы к изданию методической комиссией Инженерного института (протокол № 4 от 30 ноября 2021 г.).

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2022

© Инженерный институт, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ	4
СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	6
ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	7
ЗАЩИТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	7
ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	8
ПРИЛОЖЕНИЕ	13
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	19

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина Электронная техника регламентируется ФГОС ВО по направлению подготовки **35.03.06 Агроинженерия**.

Цель дисциплины - формирование у будущих специалистов системы знаний и практических навыков для решения профессиональных задач технического проектирования, управления, ремонта и обслуживания электронного оборудования в АПК.

Задачи дисциплины - исходя из цели, в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи:

1. Изучение электрофизических и оптических свойств полупроводников.
2. Изучение контактных явлений.
3. Изучение биполярных транзисторов.
4. Изучение полевых транзисторов.
5. Изучение специальных полупроводниковых приборов.
6. Изучение электронных выпрямителей и электронных усилителей.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Электрофизические и оптические свойства полупроводников

При изучении этого раздела необходимо рассмотреть следующие темы:

1. Основные свойства полупроводников. Кристаллическая решетка. Носители электрического заряда. Электропроводность полупроводников.
2. Поглощение света. Люминесценция полупроводников.
3. Фоторезистивный эффект. ЭДС в полупроводнике.

Контрольные вопросы:

- Что такое полупроводник?
- Какие существуют механизмы поглощения света полупроводником?
- Что такое фоторезистивный эффект?

Контактные явления

При изучении этого раздела необходимо рассмотреть следующие темы:

1. Электронно-дырочный переход.
2. Контакт металл-полупроводник. Гетеропереходы. Структура металл-диэлектрик-полупроводник.

Контрольные вопросы:

- Что такое электронно-дырочный переход?
- Что такое гетеропереход?

Биполярные транзисторы

При изучении этого раздела необходимо рассмотреть следующие темы:

1. Устройство и принцип действия. Режимы.
2. Схемы включения. Основные параметры.

Контрольные вопросы:

- Что такое биполярный транзистор?
- Какие бывают режимы и схемы включения?

Полевые транзисторы

При изучении этого раздела необходимо рассмотреть следующие темы:

3. Устройство и принцип действия. Режимы.
4. Схемы включения. Основные параметры.

Контрольные вопросы:

- Что такое полевой транзистор?
- Какие бывают режимы и схемы включения?

Специальные полупроводниковые приборы

При изучении этого раздела необходимо рассмотреть следующие темы:

1. Динисторы. Тиристоры. Варикапы. Туннельные диоды.

Контрольные вопросы:

- Что такое динисторы, тиристоры, варикапы, туннельные диоды?

Электронные выпрямители и электронные усилители

При изучении этого раздела необходимо рассмотреть следующие темы:

1. Основные требования к источникам питания.
2. Выпрямители. Сглаживающие фильтры. Стабилизаторы напряжения и тока.
3. Классификация и основные параметры усилителей.

Контрольные вопросы:

- Какие основные требования к источникам питания?
- Какие существуют схемы выпрямителей?
- Классификация и основные параметры усилителей?

СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа включает в себя два задания:

Задание 1

По статическим характеристикам биполярного транзистора рассчитать графоаналитическим методом параметры усилительного каскада. Для этого необходимо:

- построить нагрузочную прямую;
- построить временные диаграммы токов и напряжений;
- определить наличие или отсутствие искажений формы сигнала;
- определить величины амплитуд токов и напряжений на коллекторе и базе транзистора;

Рассчитать для малого сигнала (линейный режим);

- коэффициенты усиления по току, по напряжению и по мощности;
- входное сопротивление каскада;

Рассчитать:

- полезную мощность в нагрузке;
- мощность, рассеиваемую коллектором транзистора и определить необходимость применения радиатора;
- потребляемую усилительным каскадом мощность;
- коэффициент полезного действия усилительного каскада.

Задание 2

Рассчитать номиналы резисторов и конденсаторов усилительного каскада в схеме с общим эмиттером с эмиттерной стабилизацией.

Примечание: рабочий диапазон частот 30...30000 Гц.

Исходные данные

Для каждого студента исходные данные индивидуальны. Вариант исходных данных выбирается по порядковому номеру студента в списке группы из таблицы 1 (см. ПРИЛОЖЕНИЕ).

Справочные данные — вольт-амперные характеристики биполярных транзисторов (см. ПРИЛОЖЕНИЕ).

ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа оформляется в виде пояснительной записки в соответствии с ЕСКД.

Размер шрифта Times New Roman 14 через полуторный интервал на стандартных листах формата А4. Размеры полей: левое – не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее – не менее 15 мм, нижнее – не менее 20 мм. Схемы, эскизы и графики необходимо выполнять четко и аккуратно.

ЗАЩИТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполненная в полном объеме контрольная работа предъявляется преподавателю в виде пояснительной записки.

Защита проводится в форме устного собеседования. В ходе которого студент должен продемонстрировать точное понимание что и как он сделал. Ответить на все вопросы преподавателя.

Защита считается состоявшейся, если даны ответы на все вопросы. Если хотя бы на один вопрос не получен ответ, защита считается несостоявшейся, а контрольная работа не выполненной.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Пример выполнения задания 1

Дано: транзистор КТ315А, напряжение питания $E_k = 15$ В, сопротивление нагрузки $R_n = 500$ Ом, постоянный ток смещения в цепи базы $I_{Б0} = 350$ мкА, амплитуда переменной составляющей тока базы $I_{БМ} = 150$ мкА.

Выходные статические характеристики транзистора с необходимыми построениями показаны на рис. 1. Нагрузочная линия соответствует графику уравнения $I_k = (E_k - U_{кз})/R_n$. На семействе выходных характеристик координата этой прямой при $U_{кз}=0$ соответствует точке $I_k = E_k/R_n$. Абсцисса при $I_k=0$ соответствует точке $U_{кз} = E_k$. Соединение этих координат и является построением нагрузочной линии. В нашем случае координаты нагрузочной линии: $I_k = 15/500 = 30$ мА и $U_{кз} = 15$ В. Соединяя эти точки, получаем линию нагрузки:

Рисунок 1.

Пересечение нагрузочной линии с заданным значением тока базы $I_{Б0}$ определяет рабочую точку (РТ) транзисторного каскада, нагруженного на резистор. В нашем случае рабочая точка соответствует точке пересечения нагрузочной прямой с характеристикой при $I_b = 350$ мкА на выходных характеристиках. Если в семействе выходных характеристик отсутствует требуемая характеристика (в нашем случае $I_b = 350$ мкА), её следует самостоятельно построить между характеристиками с ближайшими значениями токов базы (на рисунке пунктирная линия). Координаты рабочей точки дают значение рабочего режима выходной цепи $U_{кз0}$ и $I_{к0}$. Определяем параметры режима по постоянному току: $I_{к0} = 19,2$ мА и $U_{кз0} = 5,45$ В.

На входных характеристиках (рис. 2) рабочую точку определяем как точку пересечения ординаты, соответствующей току $I_{Б0} = 350$ мкА, и характеристики при $U_{кз} = 10$ В. Хотя в рабочей точке на выходных характеристиках $U_{кз} \neq 10$ В, входные характеристики в активном режиме практически совпадают и можно воспользоваться $U_{кз} = 10$ В. Определяем: $U_{БЭ0} = 0,745$ В.

По заданному изменению синусоидального тока базы с амплитудой $I_{БМ}$, определяем графически амплитуды токов и напряжений на электродах транзистора. Строим временные диаграммы переменного тока коллектора, напряжения коллектора и базы для случая синусоидального входного тока с амплитудой $I_{БМ} = 150$ мкА. Временные диаграммы строятся с учетом того, что напряжения на базе и коллекторе противофазные, и с соблюдением одинакового масштаба по оси времени. После построения временных диа-

грамм необходимо оценить, имеются ли заметные искажения в выходной цепи транзистора или нет:

Рисунок 2.

Из временных диаграмм видно, что под действием переменного входного тока рабочая точка на выходных характеристиках движется вдоль линии нагрузки. Если рабочая точка какую-либо часть периода входного тока попадает в область насыщения или отсечки сигнала, необходимо уменьшить амплитуду входного сигнала до величины, при которой рабочая точка не будет выходить за пределы активной области работы прибора.

Дальнейшие расчеты производятся только для активного режима работы прибора, называемого линейным.

При нахождении из графиков величин $I_{KM}, U_{KM}^-, U_{KM}^+$ (рис. 1) следует обратить внимание, что амплитудные значения для положительных и отрицательных полувольт сигнала могут быть неодинаковыми, а значит усиление большого сигнала и в активном режиме сопровождается некоторыми искажениями.

Для дальнейших расчетов значения амплитуд определяется как средние за период.

По выходным статическим характеристикам (рис. 1) находим положительные и отрицательные значения токов $I_{KM}^+ = 8 \text{ мА}$ и $I_{KM}^- = 8 \text{ мА}$ и напряжений $U_{KM}^+ = 3,85 \text{ В}$ и $U_{KM}^- = 4,15 \text{ В}$. Затем определяем среднее значение амплитуд:

$$I_{KM} = \frac{I_{KM}^+ + I_{KM}^-}{2} = \frac{8 + 8}{2} = 8 \text{ мА}, U_{KM} = \frac{U_{KM}^+ + U_{KM}^-}{2} = \frac{3,85 + 4,15}{2} = 4 \text{ В}.$$

По входным характеристикам (рис. 2) находим $U_{BM}^+ = 0,024 \text{ В}$ и $U_{BM}^- = 0,028 \text{ В}$:

$$U_{BM} = \frac{U_{BM}^+ + U_{BM}^-}{2} = \frac{0,024 + 0,028}{2} = 0,026 \text{ В}.$$

Затем определяем:

$$K_I = \frac{I_{KM}}{I_{BM}} = \frac{8}{0,15} \approx 53, K_U = \frac{U_{KM}}{U_{BM}} = \frac{4}{0,026} \approx 154$$

и

$$K_p = K_I \times K_U = 54 \times 154 = 8162$$

Находим:

$$R_{BX} = \frac{U_{BM}}{I_{BM}} = \frac{0,026}{0,15 \times 10^{-3}} \approx 173 \text{ Ом}.$$

Определяем полезную мощность, мощность, рассеиваемую на коллекторе и потребляемую мощность:

$$P_{ВЫХ} = \frac{U_{KM} \times I_{KM}}{2} = \frac{4 \times 8 \times 10^{-3}}{2} = 16 \times 10^{-3} = 16 \text{ мВт};$$

$$P_K = U_{KЭ0} \times I_{K0} = 5,45 \times 19,2 \times 10^{-3} = 104,6 \text{ мВт}.$$

Максимальная мощность рассеивания на коллекторе транзистора без радиатора (по справочным данным) 150 мВт.

Следовательно, в нашем случае транзистор можно использовать без радиатора.

$$P_{ПОТР} = E_{KЭ} \times I_{K0} = 15 \times 19,2 \times 10^{-3} = 288 \text{ мВт}.$$

Коэффициент полезного действия каскада

$$\eta = \frac{P_{ВЫХ}}{P_{ПОТР}} \times 100\% = \frac{16}{288} \times 100 = 5,55\%.$$

Пример выполнения задания 2

Схема электрическая принципиальная усилительного каскада на биполярном транзисторе приведена на рис. 3.

Предполагается, что каскад является оконечным. И сопротивление нагрузки R_H включено в коллекторную цепь транзистора.

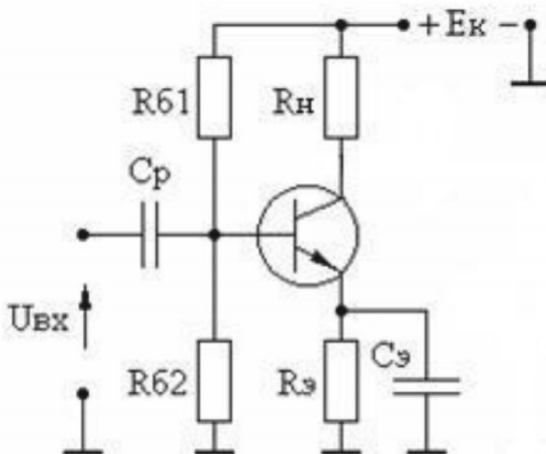


Рисунок 3

Назначение элементов схемы:

R_{61} и R_{62} - делитель напряжения, задает смещение на базе транзистора;

$R_э$ - резистор в эмиттерной цепи транзистора, обеспечивает температурную стабилизацию усилительного каскада.

$C_э$ - блокировочный конденсатор, обеспечивает заданные коэффициенты усиления по переменному току.

C_p - разделительный конденсатор, обеспечивает развязку по постоянному току.

Необходимо рассчитать номиналы R_{61} , R_{62} , $R_э$, $C_э$ и C_p . При этом обеспечить режимы работы транзистора, которые получены в задании 1.

Определим значение резистора $R_э$.

Его значение определяется, исходя из соотношения:

$$R_э = (0,05 \dots 0,15) \cdot E_k / I_{к0} \quad (\text{для мощных транзисторов});$$

$$R_э = (0,1 \dots 0,3) \cdot E_k / I_{к0} \quad (\text{для маломощных транзисторов}).$$

Примечание: в качестве примера используется маломощный транзистор КТ315А.

В нашем случае $I_{к0} = 19,2$ мА, $E_k = 15$ В. Отсюда $R_э = 78$ Ом.

При расчете делителя напряжения необходимо, чтобы ток через делитель был много больше тока базы транзистора. Например: $I_d = E_k / (R_{61} + R_{62}) > 10I_{б0}$. Отсюда $I_d > 3,5$ мА. Пусть $I_d = 3,5$ мА.

Напряжение на базе транзистора определяется как сумма напряжения на эмиттерном переходе и падение напряжения на резисторе $R_э$: $U_б = U_{бэ} + U_э$

Падение напряжения $U_э = R_э I_{к0} = 1,5$ В. Отсюда $U_б = 2,25$ В.

Тогда $R_{62} = U_б / I_d = 642$ Ом, $R_{61} = (E_k - U_б) / I_d = 3,6$ кОм

При расчете значения $C_э$ будем исходить из того, что его сопротивление должно быть много меньше (например, в десять раз) сопротивления $R_э$,

для самой низкой частоты заданного частотного диапазона. В нашем случае это частота $f_H = 30$ Гц.

Тогда $C_3 = 1/(6,28 f_H R_3/10) = 680$ мкФ

При расчете значения C_p будем исходить из того, что его сопротивление должно быть много меньше (например, в десять раз) входного сопротивления усилительного каскада. Входное сопротивление каскада определяется параллельным соединением сопротивлений эмиттерного перехода (входного сопротивления переменному току) транзистора и резисторами делителя R_{61} , R_{62} . Поскольку входное сопротивление много меньше, остальными можно пренебречь.

Тогда $C_p = 1/(6,28 \cdot f_H R_{вх}/10) = 294$ мкФ

ПРИЛОЖЕНИЕ

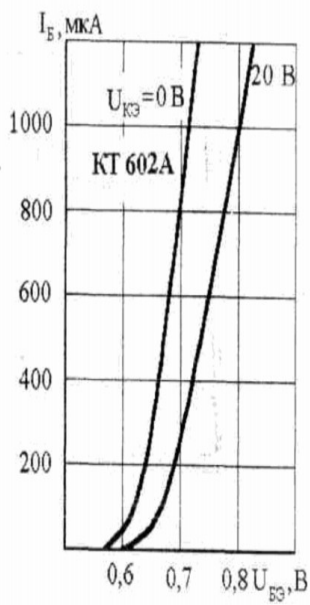
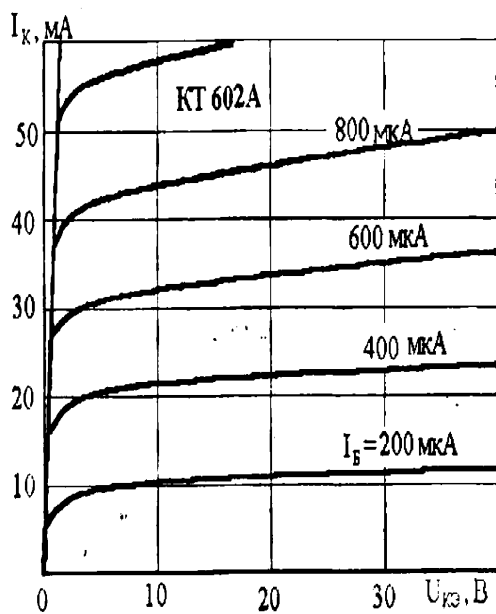
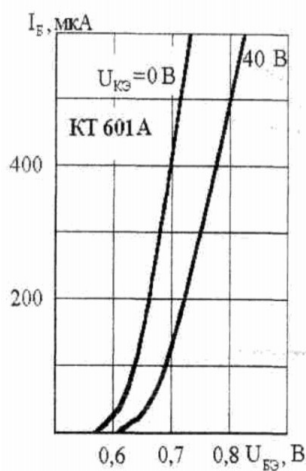
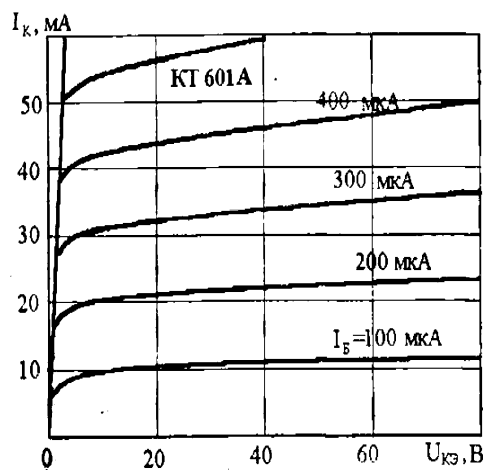
Варианты исходных данных

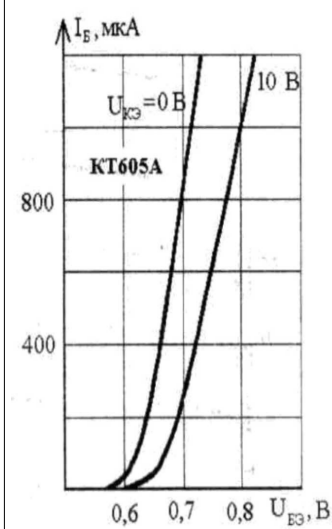
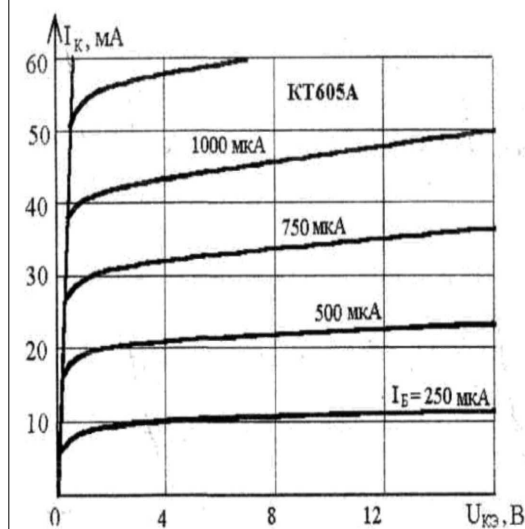
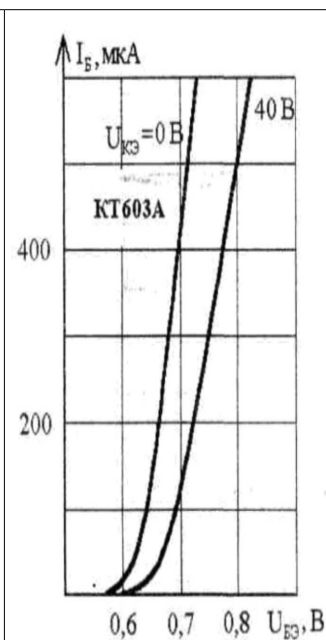
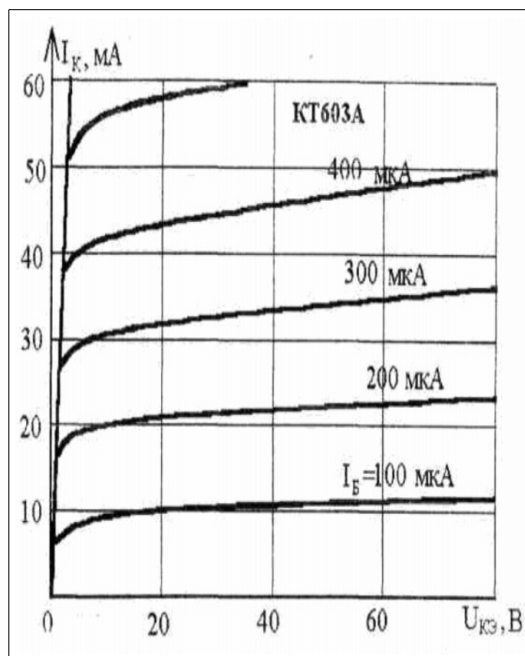
Таблица 1

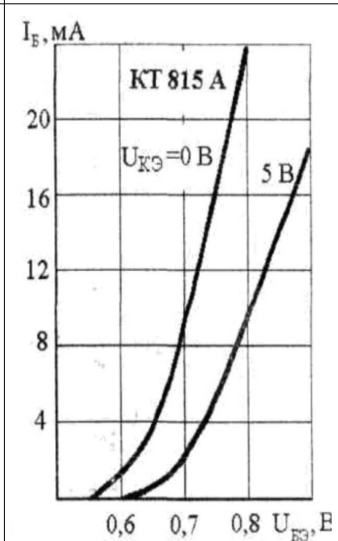
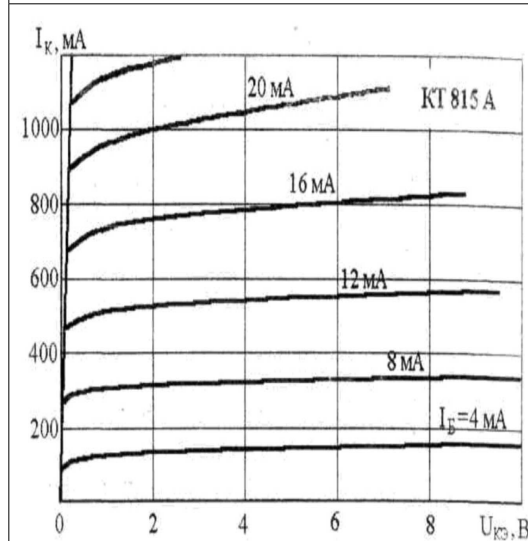
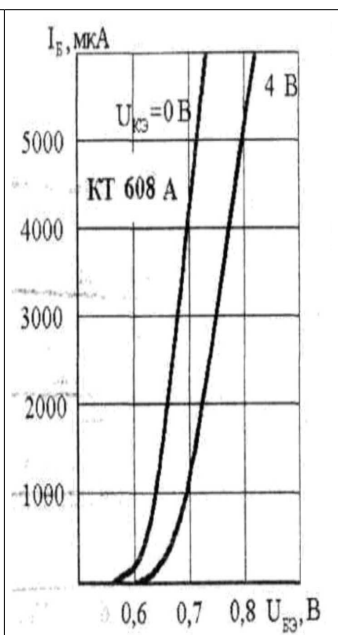
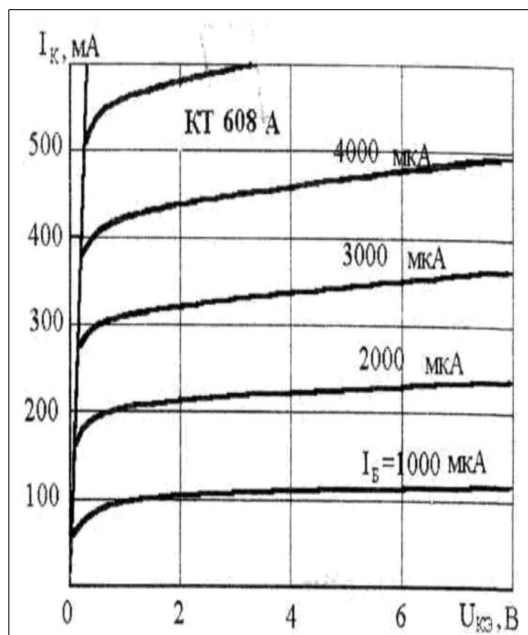
№	Тип БТ	E_K	R_H	I_{BO}	I_{BM}	$P_{кмакс}$, Вт,	
вар		В	Ом	мА	мА	без радиа- тора	с радиато- ром
1	КТ601А	50	1000	0,25	0,15	0,25	1,5
2	КТ602А	30	600	0,45	0,25	0,85	2,5
3	КТ603А	50	1000	0,2	0,15	0,5	2
4	КТ605А	12	200	0,625	0,375	0,6	3
5	КТ608А	6	12	2,5	1,5	0,5	2
6	КТ815А	8	8	12	6	1	10
7	КТ817А	8	4	12,5	7,5	2	25
8	КТ819А	8	4	50	30	3	60
9	КТ902А	40	16	25	15	2	40
10	КТ903А	40	40	15	7,5	2	30
11	КТ601А	60	1200	0,25	0,15	0,25	1,5
12	КТ602А	30	600	0,6	0,25	0,85	2,5
13	КТ603А	60	1000	0,25	0,15	0,5	2
14	КТ605А	12	240	0,5	0,25	0,6	3
15	КТ608А	7,5	15	2,5	1,5	0,5	2
16	КТ815А	6	6	12	6	1	10
17	КТ817А	10	5	12,5	7,5	2	25

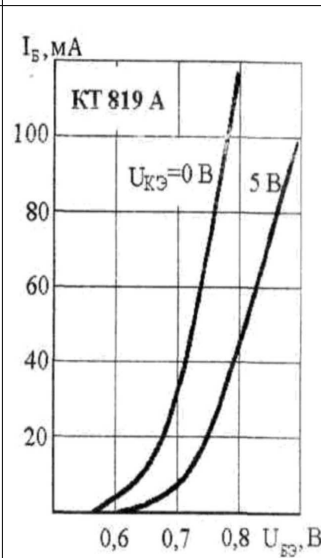
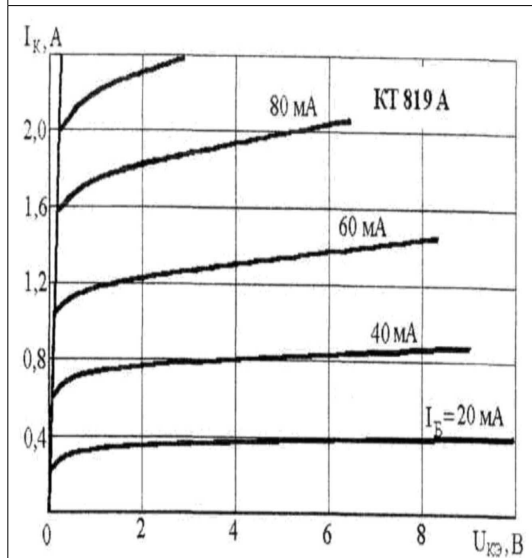
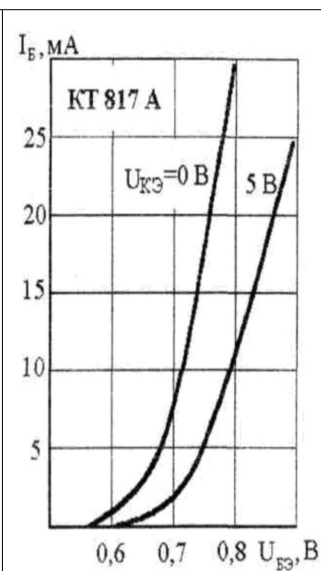
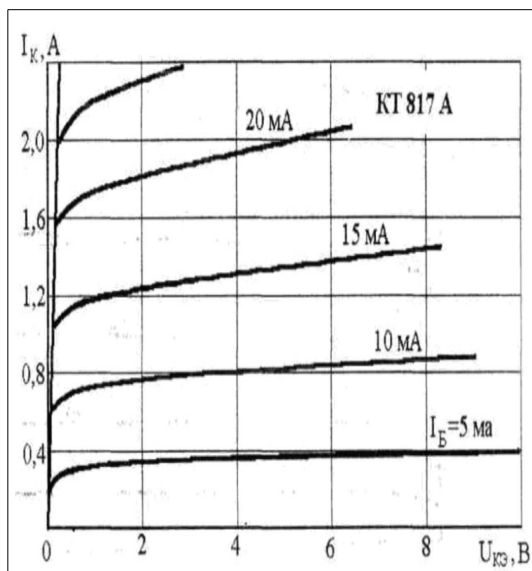
18	КТ819А	10	5	50	30	3	60
19	КТ902А	50	20	25	15	2	40
20	КТ903А	50	50	15	7,5	2	30
21	КТ601А	60	1000	0,3	0,15	0,25	1,5
22	КТ602А	40	800	0,5	0,3	0,85	2,5
23	КТ603А	60	1200	0,2	0,15	0,5	2
24	КТ605А	15	300	0,625	0,375	0,6	3
25	КТ608А	7	14	2,5	1,5	0,5	2
26	КТ815А	6	5	12	8	1	10
27	КТ817А	10	5	15	7,5	2	25
28	КТ819А	10	6	70	30	3	60
29	КТ902А	45	18	25	15	2	40
30	КТ903А	48	40	15	7,5	2	30
31	КТ601А	70	1400	0,25	0,15	0,25	1,5
32	КТ602А	40	1000	0,5	0,3	0,85	2,5
33	КТ603А	60	1000	0,3	0,2	0,5	2
34	КТ605А	15	250	0,625	0,375	0,6	3
35	КТ608А	6	10	2,5	1,5	0,5	2
36	КТ815А	10	10	12	6	1	10
37	КТ817А	7	3,5	12,5	7,5	2	25
38	КТ819А	9	4,5	50	30	3	60
39	КТ902А	48	20	30	15	2	40
40	КТ903А	44	40	15	7,5	2	30
41	КТ601А	75	1500	0,25	0,15	0,25	1,5
42	КТ602А	35	600	0,6	0,3	0,85	2,5
43	КТ603А	75	1500	0,25	0,15	0,5	2
44	КТ605А	15	250	0,75	0,375	0,6	3
45	КТ608А	8	16	3	1,5	0,5	2
46	КТ815А	9	9	10	6	1	10
47	КТ817А	9	4,5	12,5	7,5	2	25
48	КТ819А	10	5	50	30	3	60
49	КТ902А	42	16	30	15	2	40
50	КТ903А	50	40	17,5	7,5	2	30

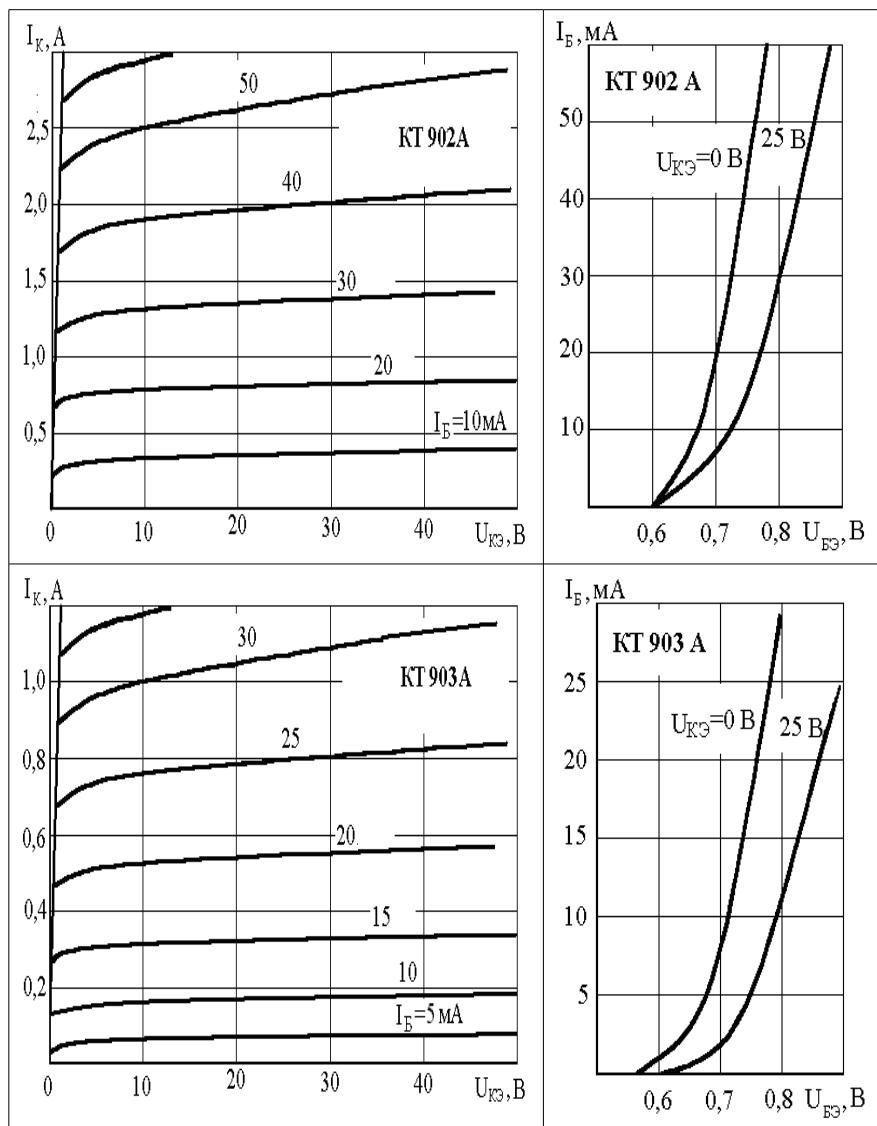
**Вольт-амперные характеристики биполярных транзисторов
(справочные данные)**











РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гальперин, М. В. Электротехника и электроника : учебник / М.В. Гальперин. — 2-е изд. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. — 480 с. — (Высшее образование: Бакалаври-

- ат). - ISBN 978-5-16-107681-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1008791>
2. Электротехника и электроника: Учебник. В 2 томах. Том 1: Электротехника / А.Л. Марченко, Ю.Ф. Опадчий - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 574 с
 3. Тырышкин И.С. Электроника. Основы полупроводниковой электроники: учеб. пособие/ Новосиб. гос. аграр. ун-т; Инженер. ин-т; сост.: И.С. Тырышкин, Н.А. Каторгин. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. – 59 с.
 4. Научная электронная библиотека - <https://www.elibrary.ru/>
 5. Издательство «Лань» - <https://lanbook.com>

Составитель: **Тырышкин Игорь Сергеевич**

ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

**Методические указания
для самостоятельной и контрольной работы**

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 31 марта 2022 г. Формат 60×84^{1/16}.
Объем 1,2 уч.-изд. л. Изд. №74. Заказ №51
Тираж 100 экз.

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института НГАУ
630039, Новосибирск, ул. Никитина, 147