

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

С.Г. Камзолова

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Пособие по выполнению контрольных домашних заданий  
для студентов II курса специальности 201300  
дневного обучения

Москва

Рецензент: д-р техн. Наук, проф. В.Д. Рубцов

Камзолова С.Г.

Общая электротехника и электроника. Пособие по выполнению контрольных домашних заданий. – М.: МГТУ ГА, 2005г.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов II курса специальности 201300 дневного обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 26.04.2005г. и методического совета 26.04.2005г.

## I. КОНТРОЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №1

Всем вариантам:

1. Дать определение следующих терминов: диффузия, дрейф, генерация носителей заряда, рекомбинация, собственные полупроводники, примесные полупроводники, акцептор, донор, энергия ионизации акцептора, энергия ионизации донора, р-п-переход, переход Шотки.

2. Нарисовать структуру и описать принцип действия заданных диодов.

3. Дать определение основных параметров, специфичных для заданных диодов.

4. Описать область применения заданных диодов.

Для заданных ниже диодов выполнить дополнительно следующее:

выпрямительный диод – привести вольтамперную характеристику любого германиевого диода, по ней рассчитать дифференциальное сопротивление диода в открытом и закрытом состояниях;

стабилитрон – привести вольтамперную характеристику (для любого диода), по ней определить напряжение стабилизации, минимальный и максимальный токи стабилизации и произвести расчет дифференциального сопротивления для середины рабочего участка;

стабистор – привести вольтамперную характеристику (любого диода), по ней определить напряжение стабилизации, минимальный и максимальный токи стабилизации; нарисовать схему последовательного соединения со стабилитроном и пояснить принцип термокомпенсации;

импульсный диод – указать на эпюрах время восстановления обратного сопротивления и время установления прямого сопротивления, объяснить, почему именно переходные процессы являются определяющими при выборе соответствующего диода;

лавинно-пролетный диод (ЛПД) – указать на вольтамперной характеристике (с пояснением) положение точки покоя, показать с помощью эпюр  $U$  и  $I$ , что ЛПД способен к генерации СВЧ - колебаний.

Вариант	Тип диода
1	Выпрямительный, переключательный
2	Стабилитрон, детекторный
3	Стабистор, импульсный
4	Импульсный, диод Шотки
5	Выпрямительный, смесительный
6	Смесительный, стабистор
7	Детекторный, стабилитрон
8	Переключательный, ЛПД
9	ЛПД, туннельный
10	Туннельный, выпрямительный

5. Решить задачи по теме "Биполярные транзисторы".

5.1. В соответствии с таблицей 2 произвести расчет соответствующих параметров усилителя (рис.1).

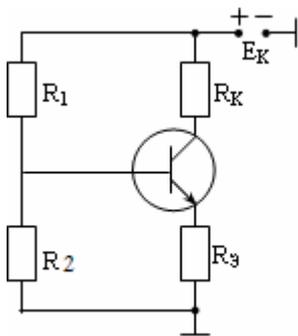


Рис. 1

Таблица 2

Вариант	$\beta$	$R_1$ , кОм	$R_2$ , кОм	$R_k$ , кОм	$R_3$ , Ом	$E_k$ , В	Рассчитать
1	50	51	51	1.0	100	10	$U_k$
2	49	39	39	0.91	91	15	$U_{кэ}$
3	60	100	51	1.2	100	10	$I_3$
4	70	110	62	0.62	150	12	$I_k$
5	75	91	30	0.75	200	15	$I_6$
6	80	100	100	1.1	210	10	$I_k, I_3$
7	40	82	43	1.0	300	15	$U_3$
8	45	47	47	1.3	330	12	$I_k, I_6$
9	65	100	47	1.5	91	10	$U_{кэ}$
10	70	82	51	0.72	150	15	$U_3, U_k$

Методические указания.

Преобразуем схему, представленную на рис. 1, в вид (рис. 2):

$$E_{экв} = \frac{E_k}{R_1 + R_2} \cdot R_2;$$

$$R_{экв} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2};$$

$$I_6 = \frac{E_{экв}}{R_{экв} + (1 + \beta)R_3};$$

$$I_k = \beta \cdot I_6; \quad I_3 = (1 + \beta) \cdot I_6;$$

$$U_k = E_k - I_k R_k ; U_{э} = I_{э} R_{э} ; U_{кэ} = U_k - U_{э}$$

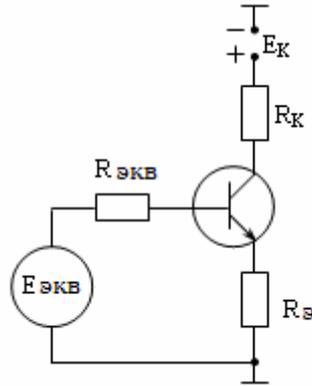


Рис. 2

5.2. В соответствии с табл.3 для схемы, изображенной на рис.3, выполнить следующее:

- а) Построить нагрузочную прямую постоянного тока и указать на ней точку покоя А.
- б) Определить ток коллектора  $I_k$  и напряжение коллектор-эмиттер  $U_{кэ}$ .
- в) Определить значение  $R_о^*$ , обеспечивающее заданную в табл. 3 степень насыщения S.
- г) Указать положение новой точки покоя  $A^*$  на входных и выходных характеристика

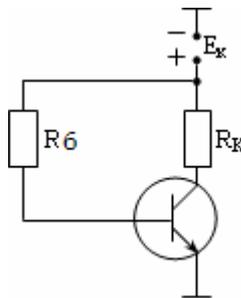


Рис. 3

Вариант	$R_{\beta} R_{\sigma}$ , кОм	$R_k R_k$ , Ом	$E_k E_k$ , В	S
1	100	1000	10	1
2	20	200	10	1.1
3	300	910	12	1.2
4	3	30	30	1.05
5	8	120	25	1
6	0.051	720	20	1.1
7	51	510	40	1.05
8	0.82	1.3	16	1.1
9	0.39	18	100	1
10	0.25	10	100	1.2

Примечание: 1) входные и выходные характеристики транзистора и предельно- допустимые параметры указаны в приложении 1;

2) при изображении схемы (рис. 3) необходимо обратить внимание на тип БТ (n-p-n или p-n-p)

### Методические указания

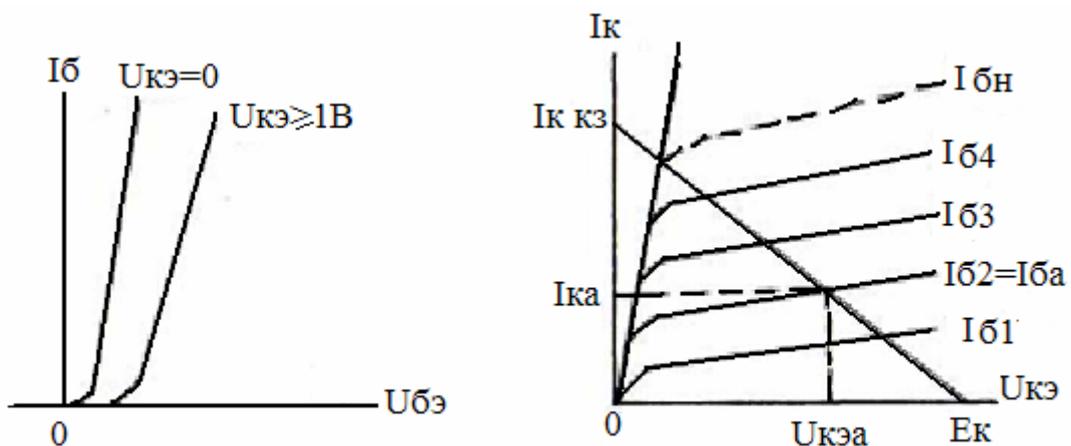


Рис. 4

Нагрузочная прямая постоянного тока строится по двум точкам:  $U_{кэ} = E_k$ ,  $I_k = 0$ ;  $U_{кэ} = 0$ ,  $I_{ккз} = E_k / R_k$ .

Координаты точки покоя А находятся по току базы:

$$I_{бА} = E_k / R_б.$$

Ток базы насыщения  $I_{бн}$  определяется как параметр кривой, исходящей из точки  $M_N$ .

Сопротивление  $R_о^*$  находится по формуле:

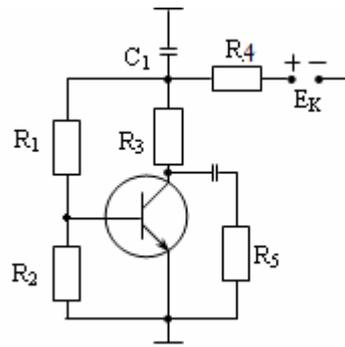
$$R_о^* = \frac{E_k}{S \cdot I_{бн}}.$$

5.3. Построить нагрузочную прямую переменного тока (рис.5, табл.4).

Таблица 4

Вариант (приложение1)	$I_B$ , мА	$R_3$ , Ом	$R_4$ , Ом	$R_5$ , Ом	$E_k$ , В
1	0.1	1000	100	1000	10
2	0.5	200	30	200	10
3	0.04	910	51	910	12
4	10	30	5	30	30
5	3	120	10	120	25
6	400	720	51	720	20
7	0.8	510	20	510	40
8	20	1.3	0.5	1.3	16
9	100	18	0.5	18	100
10	0.4	10	1.0	10	100

**Примечание: сопротивление емкостей  $X_c = 0$ .**



**Рис. 5**

### Методические указания

Далее приводится последовательность действий:

- 1) Определить сопротивление постоянному току  $R_{\Sigma} = R_3 + R_4$ .
- 2) Построить нагрузочную прямую для  $R_{\Sigma}$ .
- 3) Указать точку покоя А ( по току базы).
- 4) Найти сопротивление переменному току  $R_{\approx} = \frac{R_3 R_5}{R_3 + R_5}$ .
- 5) Построить вспомогательную прямую по координатам:

$$U_{кэ} = E_k, I_k = 0; \quad U_{кэ} = 0, I'_{ккэ} = \frac{E_k}{R_{\approx}}.$$

- 6) Построить нагрузочную прямую  $R_{\approx}$  переносом вспомогательной прямой таким образом, чтобы она проходила через точку покоя.

5.4. Построить зону безопасной работы заданного транзистора. Она ограничена линиями насыщения, допустимых тока и напряжения на электродах транзистора и мощностью рассеяния на коллекторе.

5.5. Рассчитать h- параметры по характеристикам заданного в п.5.3. транзистора в точке покоя, определенной там же.

Расчеты производить по формулам:

$$h_{113} = \frac{\Delta U_{63}}{\Delta I_6} \Big|_{U_{к3}=\text{const}} ;$$

$$h_{123} = \frac{\Delta U_{63}}{\Delta U_{к3}} \Big|_{I_6=\text{const}} ;$$

$$h_{213} = \frac{\Delta I_{к}}{\Delta I_6} \Big|_{U_{к3}=\text{const}} ;$$

$$h_{223} = \Delta I_{к} / \Delta U_{к3} \Big|_{I_6=\text{const}}.$$

## II. Контрольное домашнее задание №2

1. Выбрать тип включения операционного усилителя (ОУ): если "К" положителен, то выбирается схема неинвертирующего усилителя, если отрицателен, то инвертирующего. Исходные данные указаны в табл.5.

Таблица 5

№ варианта	f, кГц	$U_{вх}$ , мВ	$R_{и}$ , кОм	$R_{н}$ , кОм	K
1	10	15	100	0.1	300
2	100	2	0.1	0.05	500
3	1000	50	0.01	1	100
4	20	30	150	2	-200
5	15	100	15	5.1	100
6	8	3	0.15	0.075	150
7	6	50	0.05	0.05	-20
8	900	120	0.1	0.1	10
9	1500	100	0.02	0.15	-5
10	1000	120	0.075	1.5	50
11	100	1.5	0.01	2	-10
12	70	30	0.1	2.7	100
13	90	3	15	0.075	-30
14	2000	50	0.1	1.5	-25
15	3000	120	0.02	3.3	5
16	1500	100	0.075	1.2	-10
17	1000	5	100	0.39	-50
18	50	6	150	0.43	15
19	1200	10	120	0.51	200
20	1700	12	130	1.5	250

Примечание:  $f$  – частота входного сигнала;

$U_{вх}$  - амплитуда входного сигнала;

$R_n$  - сопротивление нагрузки;

$R_{ист}$  - сопротивление источника сигнала;

$K$  – коэффициент усиления;

Знак "минус" говорит об инверсии фазы.

2. По таблице основных сведений на ОУ ( приложение 2) выбрать те микросхемы, частота единичного усиления которых не менее, чем в 3 раза превышает частоту входного сигнала; при этом выбрать 2...3 самые низкочастотные.

3. Определить сопротивление нагрузки  $R_{н\text{имс}}$ , на которое могут работать выбранные Вами микросхемы, по отношению максимального выходного напряжения к максимальному выходному току:

$$R_{н\text{имс}} [\text{кОм}] = \frac{U_{\text{вых max}}}{I_{\text{вых max}}} \frac{[B]}{[mA]} .$$

Если  $R_n < 3 R_{н\text{имс}}$ , то между усилителем, обеспечивающим заданное значение  $K$ , и сопротивлением  $R_n$  необходимо поставить повторитель.

4. Определить амплитуду выходного сигнала по формуле:

$$U_{\text{вых}} = K U_{\text{вх}} ;$$

$U_{\text{вых}}$  должно быть меньше  $U_{\text{вых max}}$ .

5. Если сопротивление источника сигнала  $R_{ист}$  на порядок меньше входного сопротивления схемы  $R_{вх}$ , то повторитель на входе ( между источником и усилителем) не ставится.

Входное сопротивление микросхемы определяется как отношение максимального входного напряжения к входному току:

$$R_{вх\text{имс}} [\text{кОм}] = \frac{U_{\text{вх max}}}{I_{\text{вх}}} \frac{[B]}{[mA]} .$$

Для неинвертирующего усилителя  $R_{\text{вх}} = R_{\text{вх имс}}$ , для инвертирующего усилителя  $R_{\text{вх}} = R_1$ .

6. Выбрать номиналы навесных элементов. Из соображений стабильной работы схемы  $R_1$  и  $R_2$  выбираются из ряда 100 Ом... 100 кОм. Для обеспечения согласования инвертирующего усилителя (без дополнительного согласования) с источником сигнала нужно, чтобы

$$R_1 > 10R_{\text{ист}}.$$

При этом проверить, чтобы  $R_2$  было не более 100 кОм.

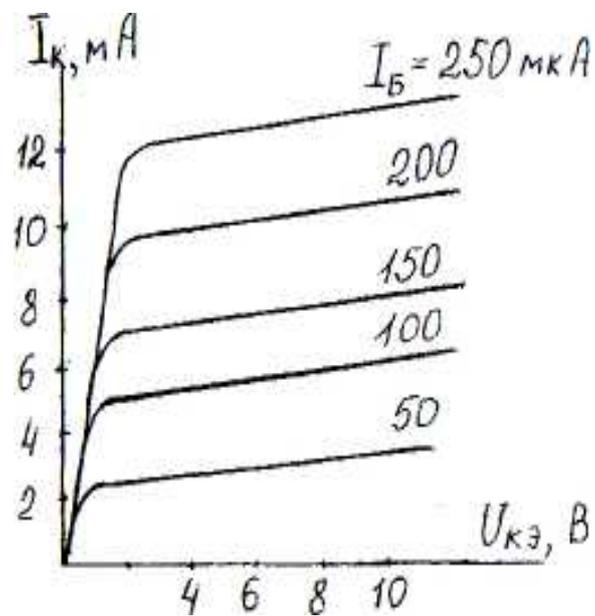
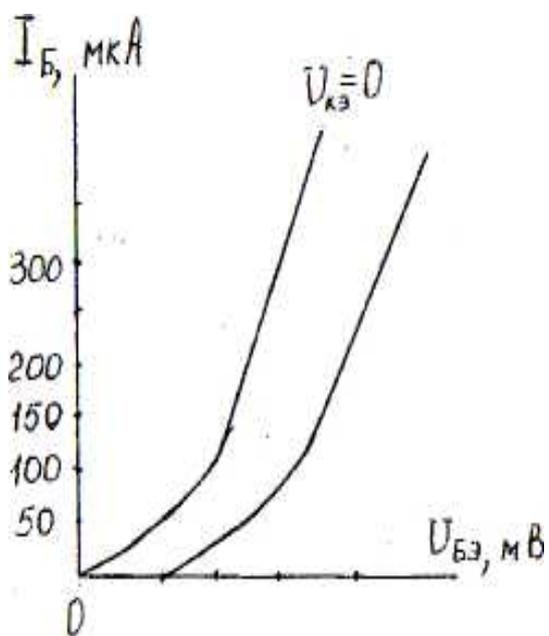
7. Если для решения поставленной задачи можно использовать несколько типов микросхем из приложения 2, то предпочтение следует отдать микросхеме с минимальными значениями специфических параметров (ООСС, напряжение синфазной помехи, скорость нарастания).

Определить окончательно тип микросхемы. Нарисовать принципиальную электрическую схему.

8. Нарисовать фрагмент разветвленной логической схемы, состоящей не менее, чем из 5 элементов (И, ИЛИ, НЕ) и имеющей не менее 5 входных сигналов. Эпюры входных сигналов задать произвольно.

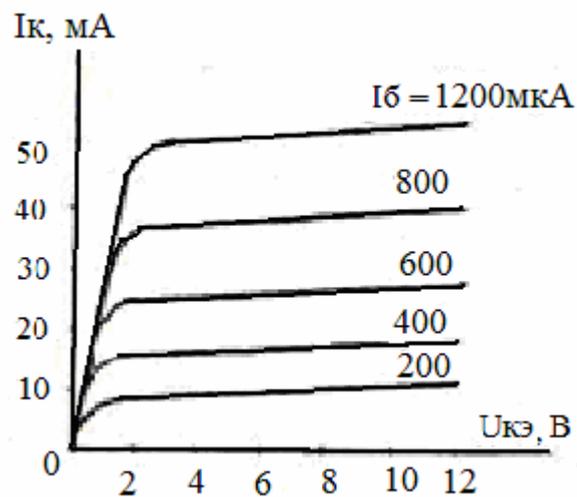
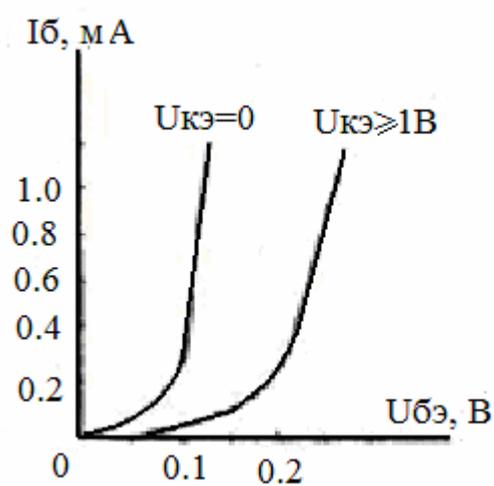
Нарисовать эпюры сигналов на входах всех элементов. Ориентироваться на систему потенциальных элементов «транзисторно-транзисторная логика».

Приложение 1



Предельные эксплуатационные данные

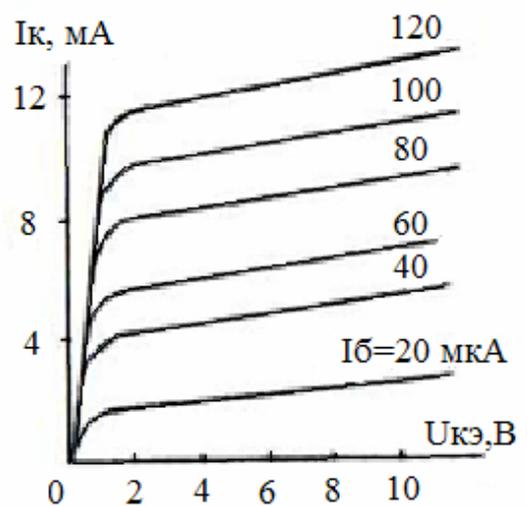
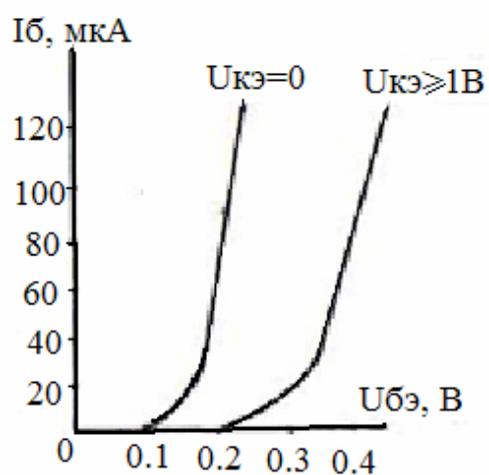
Ток коллектора, $mA$ .....	10
Напряжение коллектор-эмиттер, $V$ .....	10
Мощность на коллекторе, $mW$ .....	60



### Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора, мА.....	55
Напряжение коллектор-эмиттер, В.....	12
Мощность на коллекторе, мВт.....	170

## Транзистор малой мощности

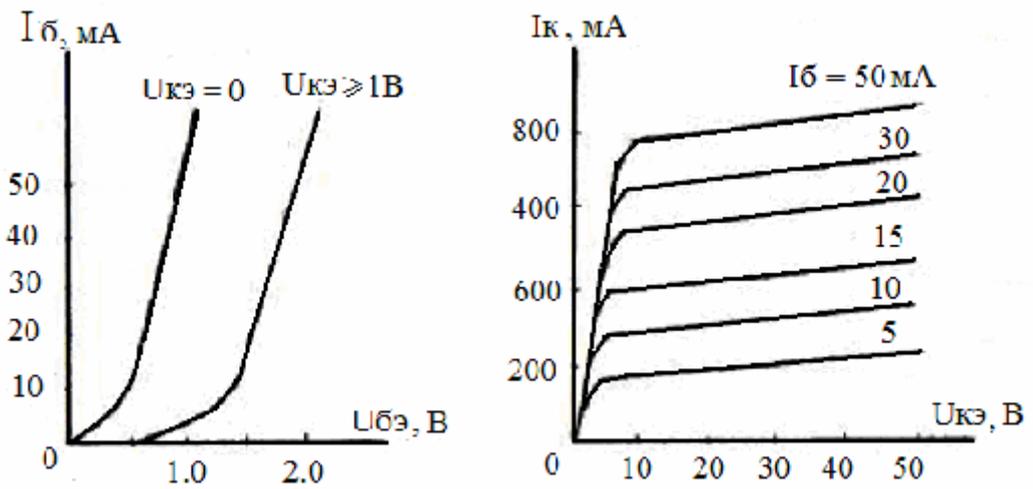


### Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора, mA.....	15
Напряжение коллектор-эмиттер, В.....	15
Мощность на коллекторе, мВт.....	60

№ 4

Транзистор средней мощности

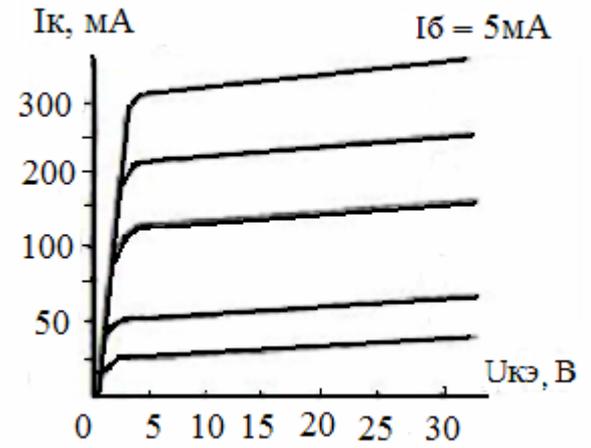
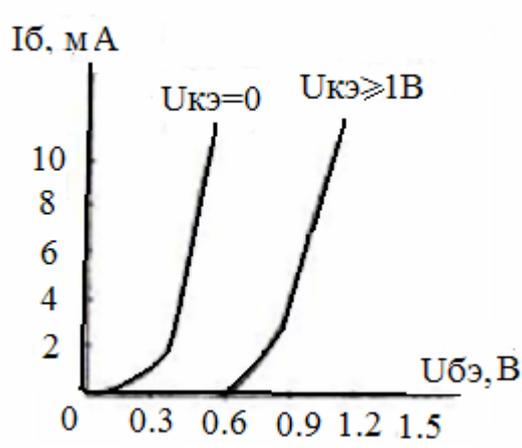


Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора, мА.....	1000
Напряжение коллектор-эмиттер, В.....	50
Мощность на коллекторе, Вт.....	6

№ 5

Транзистор средней мощности

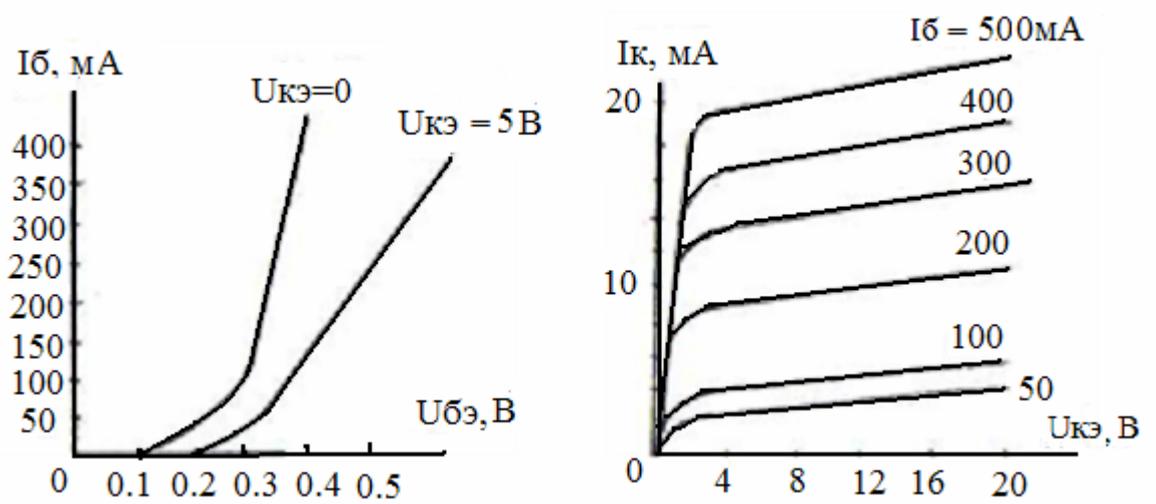


Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора, mA.....	250
Напряжение коллектор-эмиттер, В.....	30
Мощность на коллекторе, Вт.....	1,2

№ 6

Транзистор большой мощности

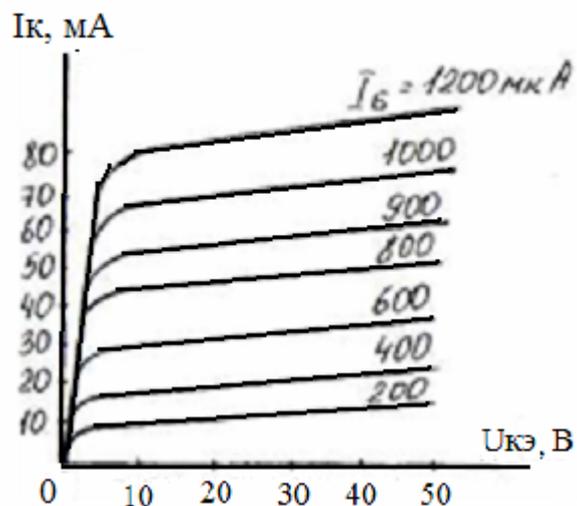
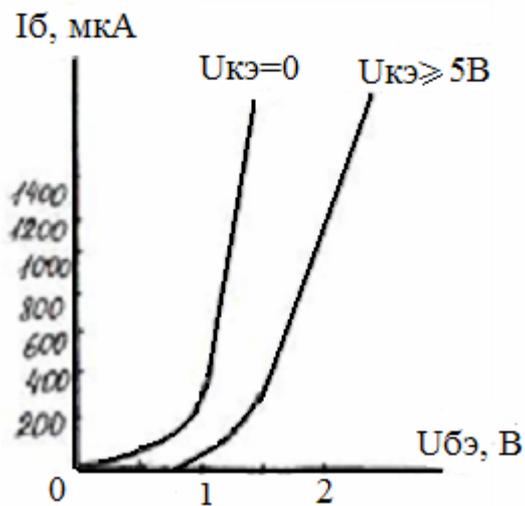


### Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора, А.....	20
Напряжение коллектор-эмиттер, В.....	30
Мощность на коллекторе, Вт.....	50

№ 7

Транзистор средней мощности

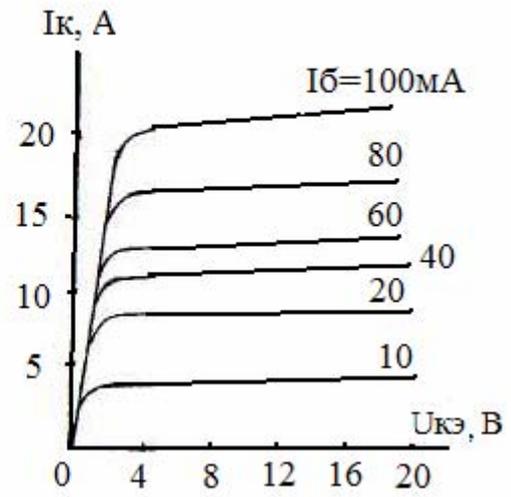
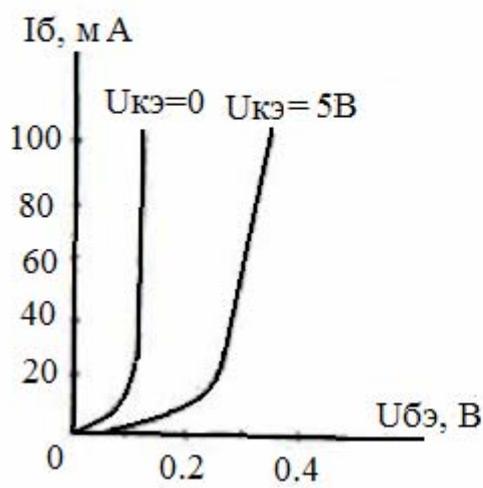


Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора, мА.....	70
Напряжение коллектор-эмиттер, В.....	50
Мощность на коллекторе, Вт.....	6

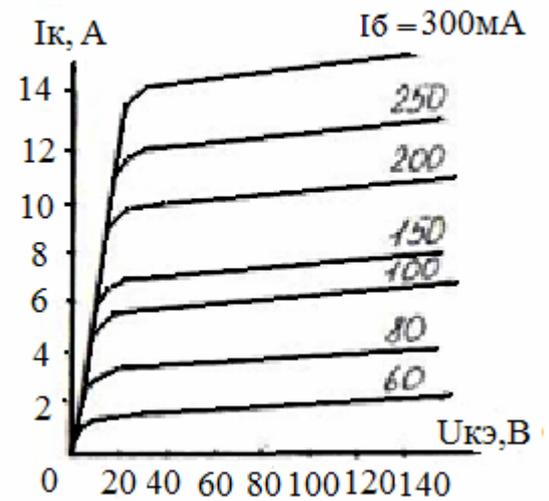
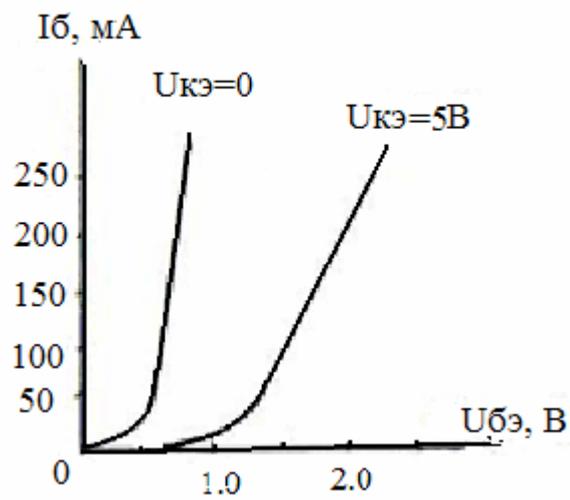
№ 8

Транзистор большой мощности



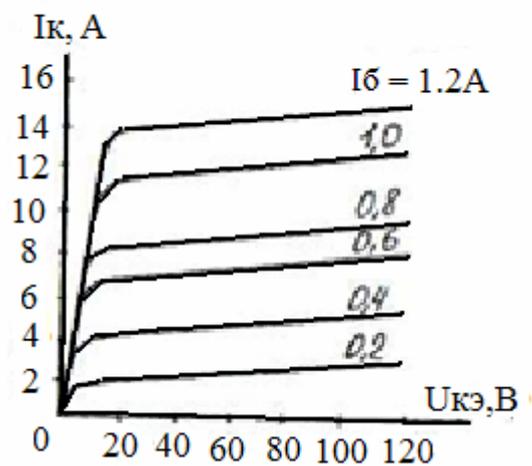
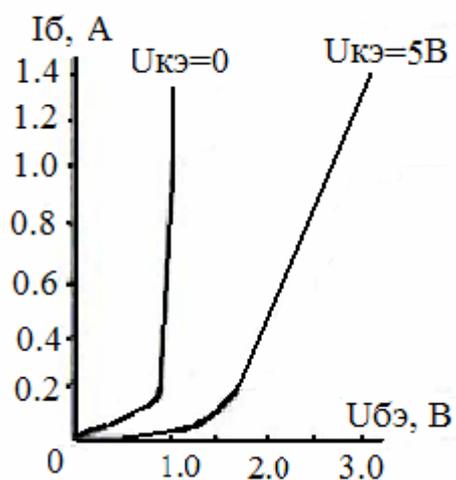
### Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора, А.....	20
Напряжение коллектор-эмиттер, В.....	20
Мощность на коллекторе, Вт.....	70



### Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора, А.....	7
Напряжение коллектор-эмиттер, В.....	120
Мощность на коллекторе, Вт.....	120



### Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора, А.....	15
Напряжение коллектор-эмиттер, В.....	120
Мощность на коллекторе, Вт.....	40

Параметр	К140 УД1	К140 УД5	К140 УД6	К140 УД7	К140 УД8	К514 УД1	К553 УД2	К140 УД14
Коэффициент усиления $K_0$ , В/мВ	2	1	70	50	50	50	20	50
Напряжение смещения $U_{смo}$ , мВ	7	5	5	4	20	15	7.5	2
Входные токи $I_{вх}$ , нА	$10^3$	$10^4$	30	200	0.2	0.1	10	2
Частота единичного усиления $f_1$ , мГц	5	14	1	0.8	1	1	1	2.5
Скорость нарастания $\rho$ , В/мкс	0.5	6	2.5	10	5	2	0.5	4
ООСС, дБ	60	60	80	70	64	70	70	85
Максимальный выходной ток $I_{вых_{max}}$ , мА	3	3	25	20	20	20	15	20
Максимальное выходное напряжение $U_{вых_{max}}$ , В	6	.5	11	11	11	10	10	13
Максимальное входное напряжение $U_{вх_{max}}$ , В	1.5	3	15	12	10	10	10	10
Максимальное инфазное входное напряжение $E_{сиф_{max}}$ , В	3	6	11	11	12	10	10	13
Напряжение питания $E_{к}^{\pm}$ , В	$\pm 12.6$	$\pm 12.6$	$\pm 15$	$\pm 15$	15	$\pm 15$	$\pm 15$	$\pm 15$
Ток потребления $I_{потр}$ , мА	8	12	2.8	2.8	5	3.5	3.5	0.6