

**Выбор варианта задания.**

Вариант задания для задач 1,2 определяется по двум последним цифрам студенческого пароля, если они до 50. Если две последние цифры больше 50, то вариант задания определяется как две последние цифры минус 50.

**Задача 1.**

По выходным характеристикам полевого транзистора (приложение 2, см. стр. 6-12) построить передаточную характеристику при указанном напряжении стока. Определить дифференциальные параметры  $S$ ,  $R_i$ ,  $m$  полевого транзистора и построить их зависимости от напряжения на затворе.

Сделать выводы о зависимости параметров транзистора от режима работы.

Исходные данные для задачи берутся из таблицы П.1.1 приложения 1.

**Задача 2.**

Используя характеристики заданного биполярного (приложение 2, см. стр. 12-19) транзистора определить  $h$ -параметры биполярного транзистора и построить зависимости этих параметров от тока базы.

Сделать выводы о зависимости параметров транзистора от режима работы.

Исходные данные для задачи берем из таблицы П.1.2 приложения 1.

**Задача 3.**

В соответствии с предпоследней цифрой студенческого пароля выберите принципиальную схему логического элемента и приведите исходные данные вашего варианта задачи по разделу “Цифровые элементы и устройства”, указанные в таблице 1. Варианты принципиальных схем приведены на рисунке 1.

Таблица 1

цифра студенческого пароля	Принципиальная схема элемента	Напряжение питания, В.	Пороговые напряжения МДП транзисторов VT1 и VT2	Уровень входного напряжения, В.
0	Рис. 1а	9	1	0,5
1	Рис. 1б	9	1	1
2	Рис. 1в	9	1	2
3	Рис. 1а	5	2	1
4	Рис. 1в	5	2	3
5	Рис. 1б	5	2	4
6	Рис. 1в	12	3	0,5

7	Рис. 1а	12	3	4
8	Рис. 1б	12	3	2
9	Рис. 1в	9	2	3

Укажите на схеме полярность источника питания, соответствующую вашему варианту. Укажите, какую логическую функцию выполняет элемент. Поясните назначение каждого транзистора. Приведите таблицу истинности. Приведите вид передаточной характеристики рассматриваемого Вами логического элемента. Используя данные задания Вашего варианта, приведите на передаточных характеристиках эюру входного напряжения и определите, в каком логическом состоянии находится цепь, рассматриваемого вами элемента.

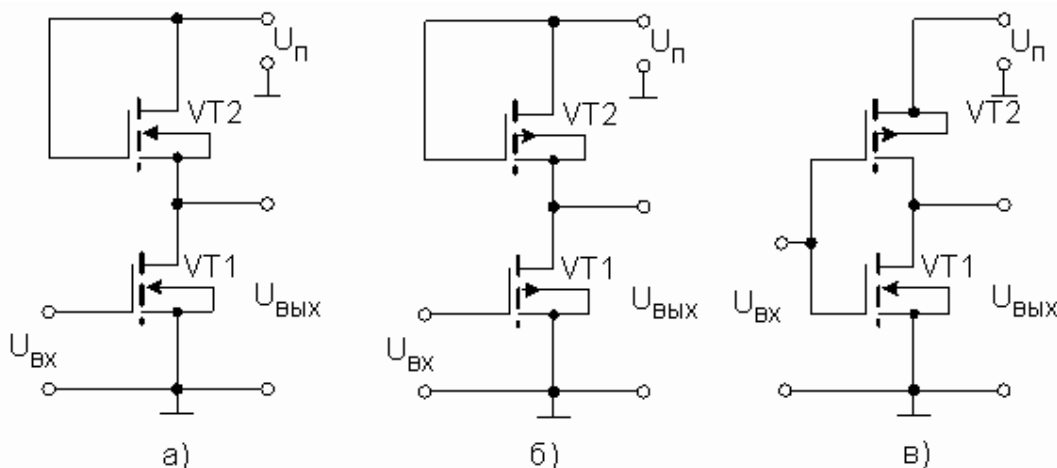


Рис. 1 – схемы логических элементов

#### Задача 4.

В соответствии со второй цифрой пароля выберете принципиальную схему устройства на основе идеального операционного усилителя и приведите исходные данные вашего варианта в соответствии с таблицей 2. Варианты схем приведены на рисунке 2.

Таблица 2

цифра студентского пароля	Схема устройства	Напряжение питания операционного усилителя, В.	Номиналы резисторов, кОм.			Амплитуда входного напряжения, мВ
			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
0	Рис. 2а	±6	1	10	0,82	100
1	Рис. 2б	±9	2	11	1,8	200
2	Рис. 2а	±12	3	33	2,7	150
3	Рис. 2б	±15	10	100	9,1	250
4	Рис. 2а	±10	11	330	12	60
5	Рис. 2б	±12	4,7	470	4,3	20
6	Рис. 2а	±8	6,8	680	5,1	50
7	Рис. 2б	±13	82	820	6,8	300
8	Рис. 2а	±9	10	1000	8,2	10
9	Рис. 2б	±7	3,3	47	10	40

Изобразите передаточную характеристику устройства, соответствующего Вашему варианту.

Поясните назначение каждого элемента устройства. Определите коэффициент усиления Вашего устройства и амплитуду выходного напряжения. Укажите, какое входное сопротивление имеет рассматриваемое Вами устройство. Приведите примерный вид амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) Вашего устройства и причины отклонения реальной АЧХ от идеальной.

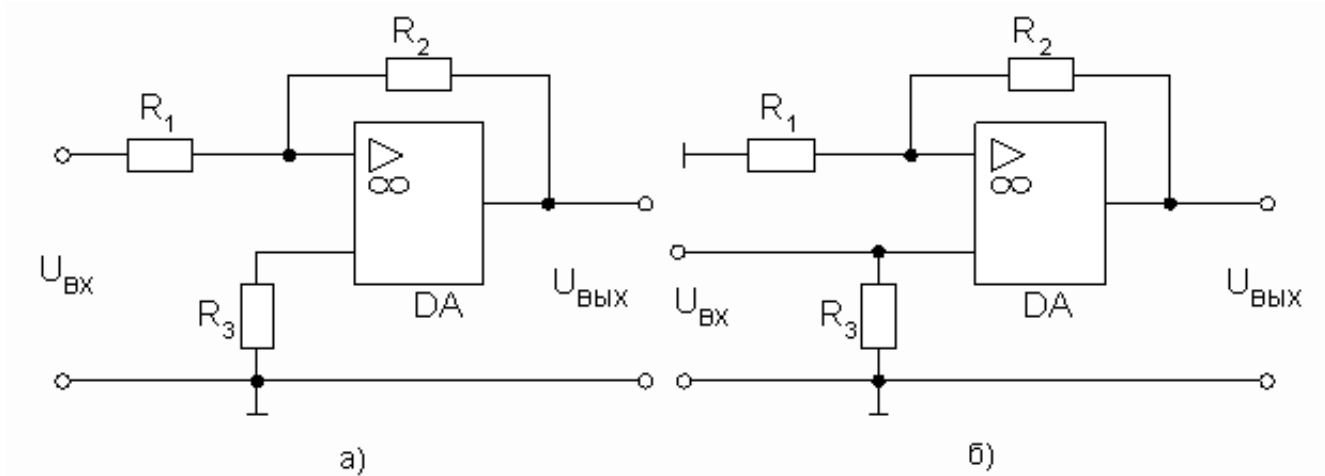


Рис. 2 - Схемы устройств на основе операционного усилителя к задаче 2

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты задания для полевых транзисторов

Таблица П.1.1.

№ вар	Тип ПТ	$U_{СИ0}, В$	$U_{ЗИ0}, В$	№ вар	Тип ПТ	$U_{СИ0}, В$	$U_{ЗИ0}, В$
1	КП 302А	12	-8	26	КП 303А	8	-2,5
2	КП 303А	4	-2,5	27	КП 303Б	8	-3,2
3	КП 303Б	4	-3,2	28	КП 303Д	18	-8
4	КП 303Д	10	-8	29	КП 303Е	16	-8
5	КП 303Е	10	-8	30	КП 303В	9	-3,2
6	КП 303В	5	-3,2	31	КП 307Ж	9	-4
7	КП 307Ж	5	-4	32	КП 307В	9	-3,2
8	КП 307В	7	-3,2	33	КП 312А	8	-3,6
9	КП 312А	6	-3,6	34	КП 903 А	18	-8
10	КП 903А	10	-8	35	КП 903 Б	9	-4
11	КП 903Б	5	-4	36	КП 903 В	18	-6
12	КП 903В	10	-6	37	КП 302А	18	-8
13	КП 302А	14	-8	38	КП 303А	9	-2,5



14	КТ605А	8	31	КТ601А	60	48	КТ819А	4
15	КТ608А	4	32	КТ602А	30	49	КТ902А	35
16	КТ815А	4	33	КТ603А	60	50	КТ903А	15
17	КТ817А	5	34	КТ605А	12			

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Характеристики транзисторов.

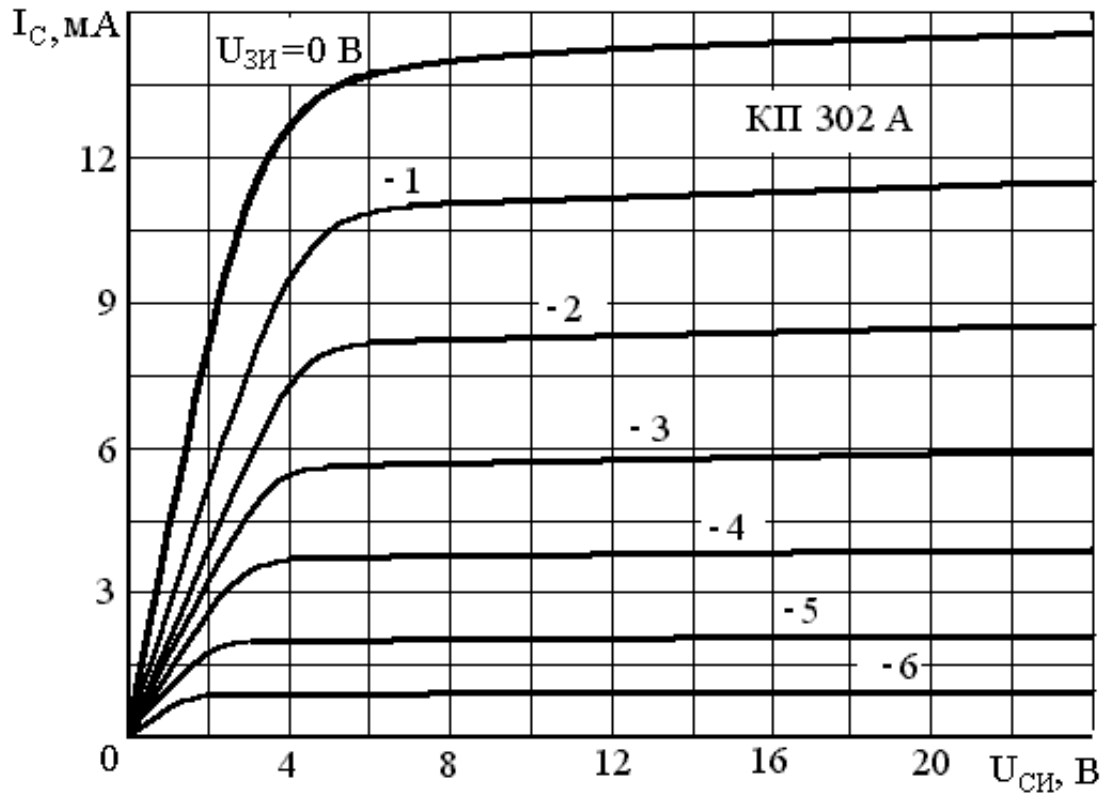


Рисунок П.2.1

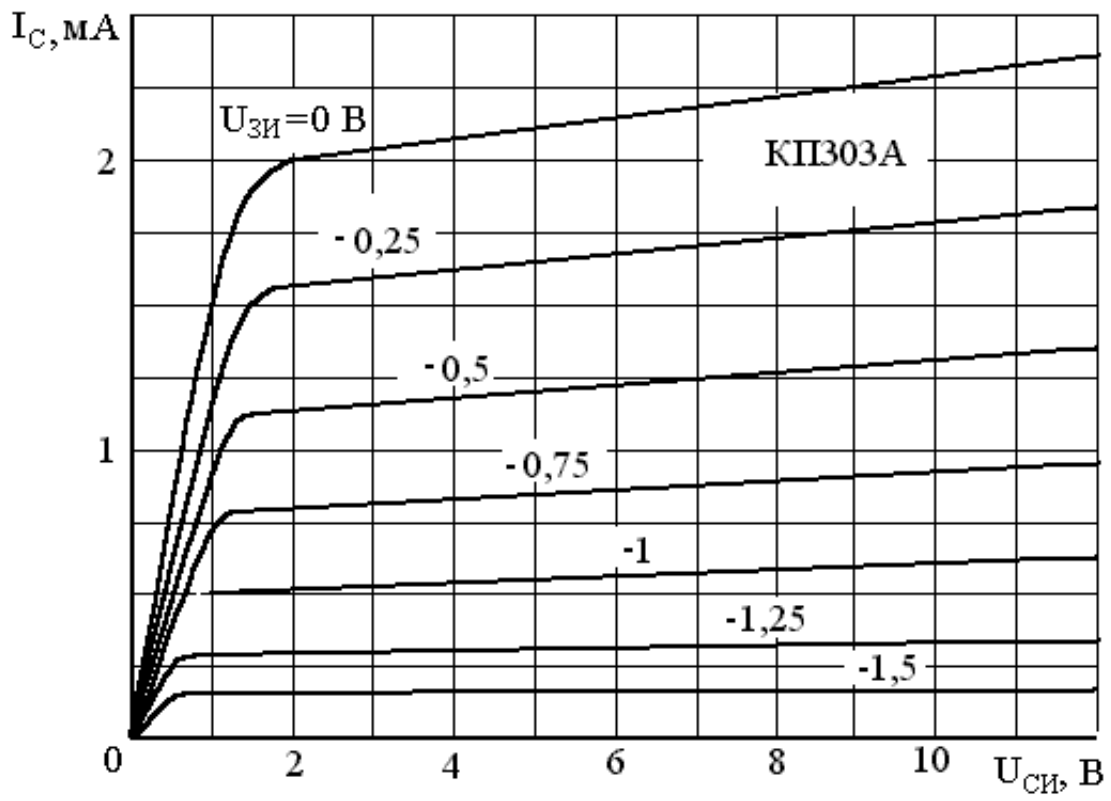


Рисунок П.2.2

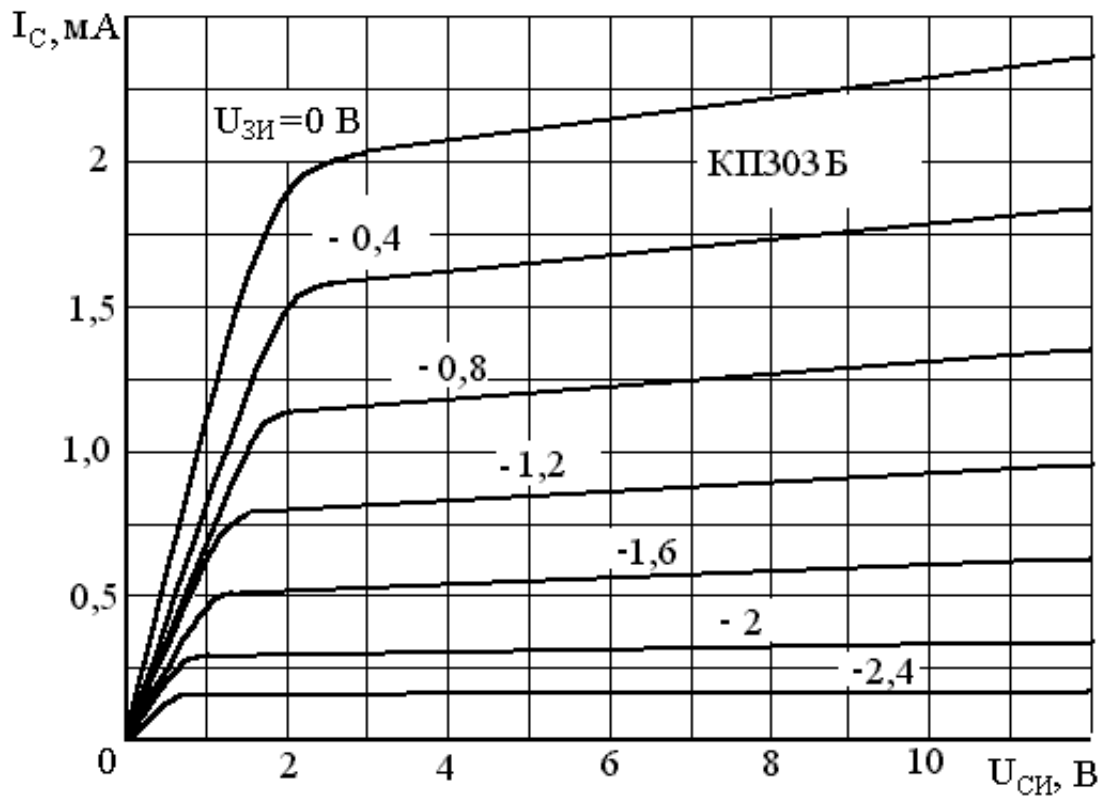


Рисунок П.2.3

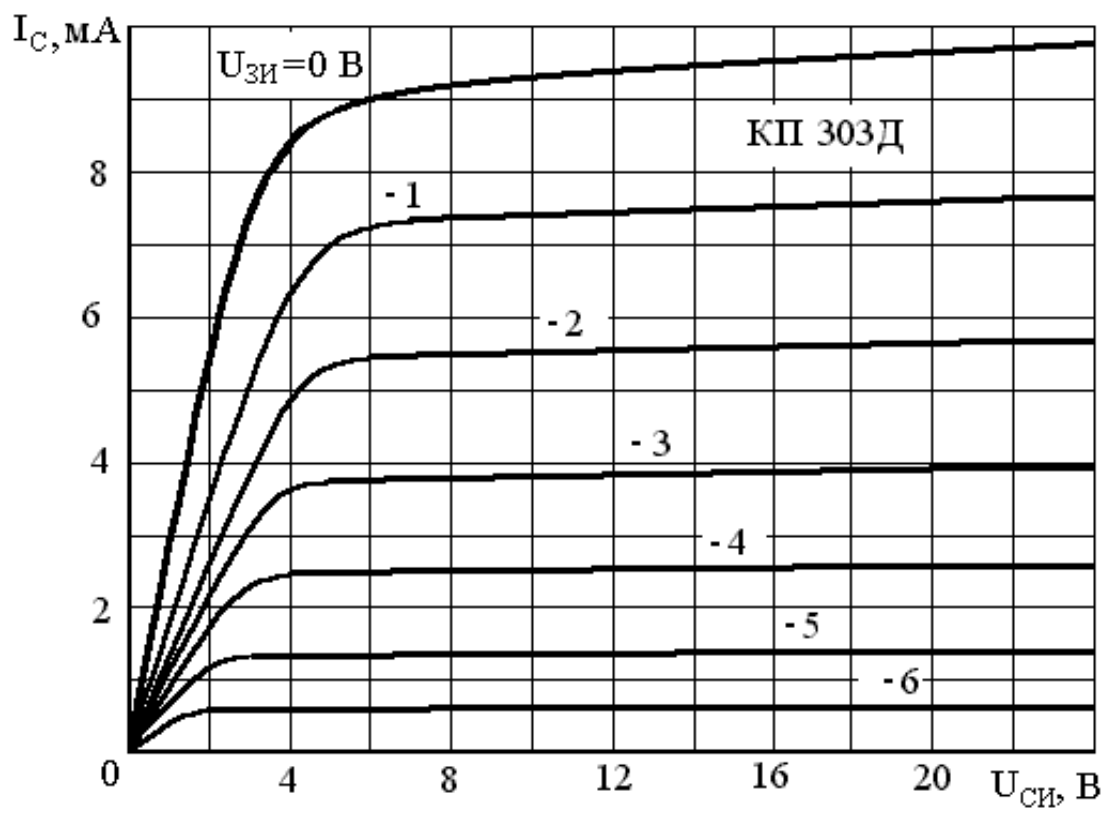


Рисунок П.2.4

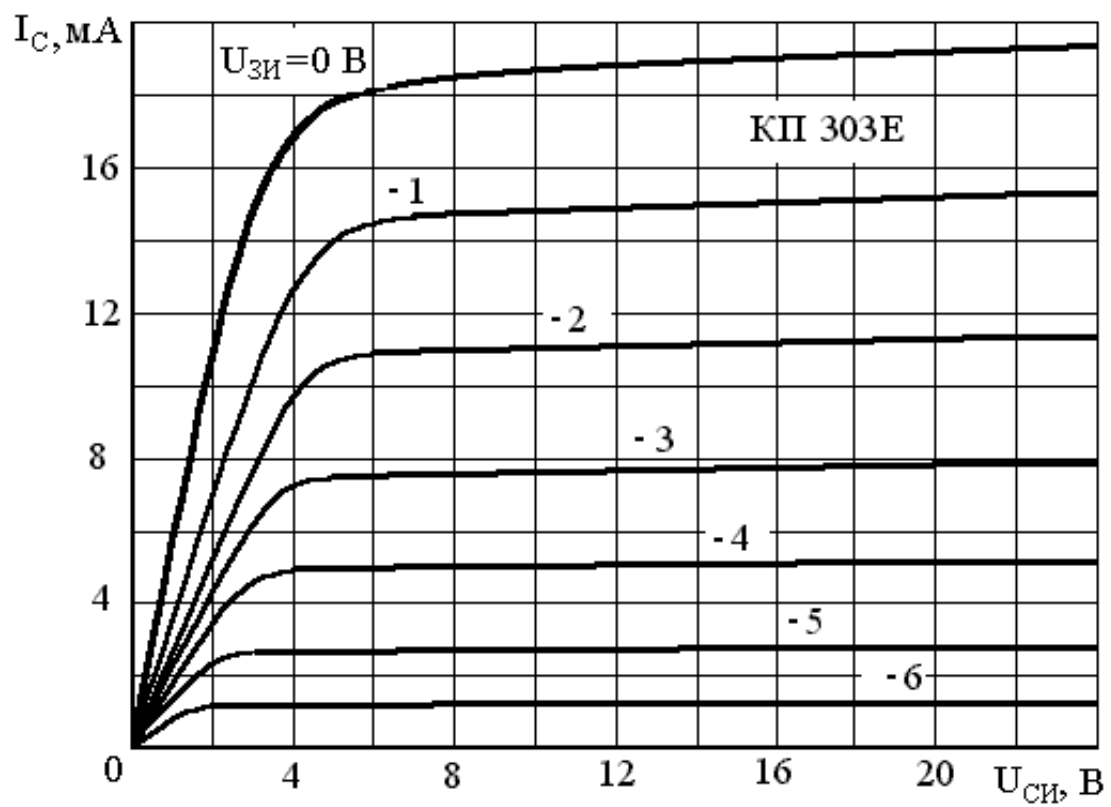


Рисунок П.2.5

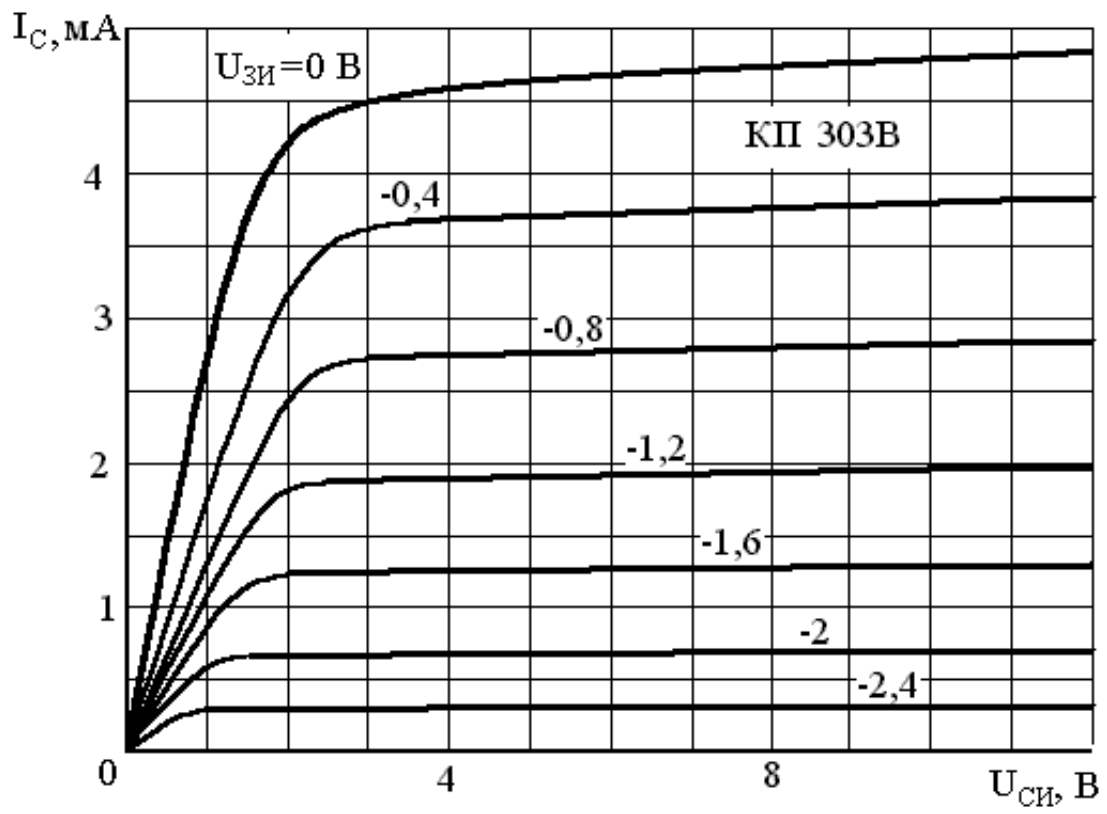


Рисунок П.2.6

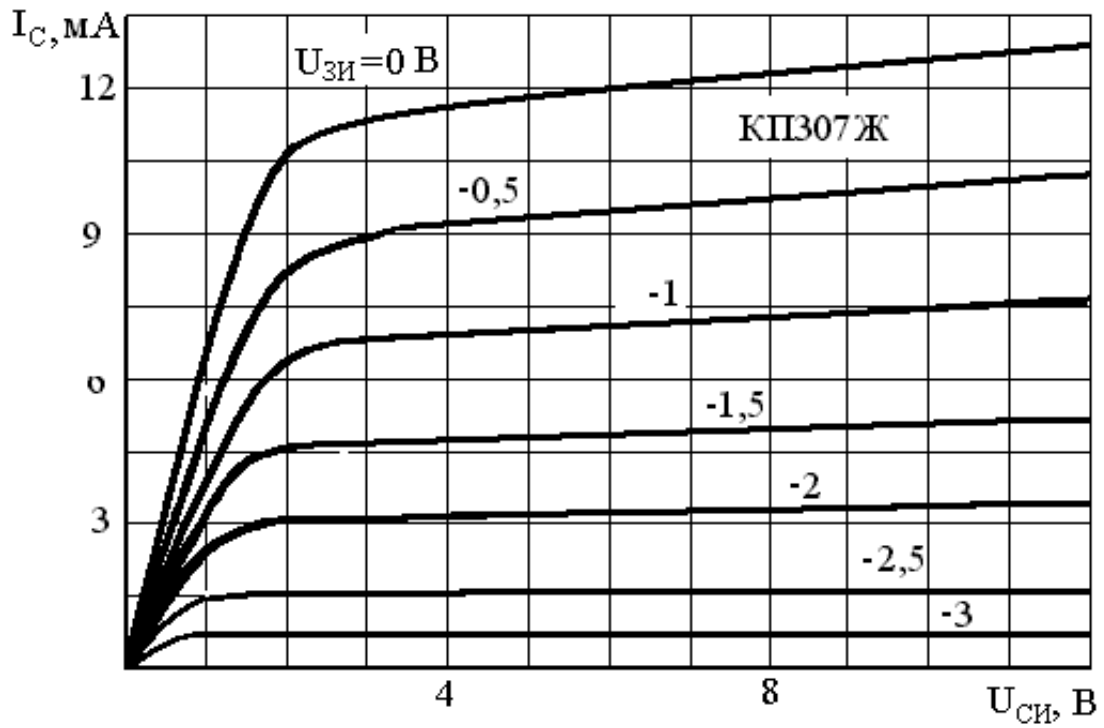


Рисунок П.2.7



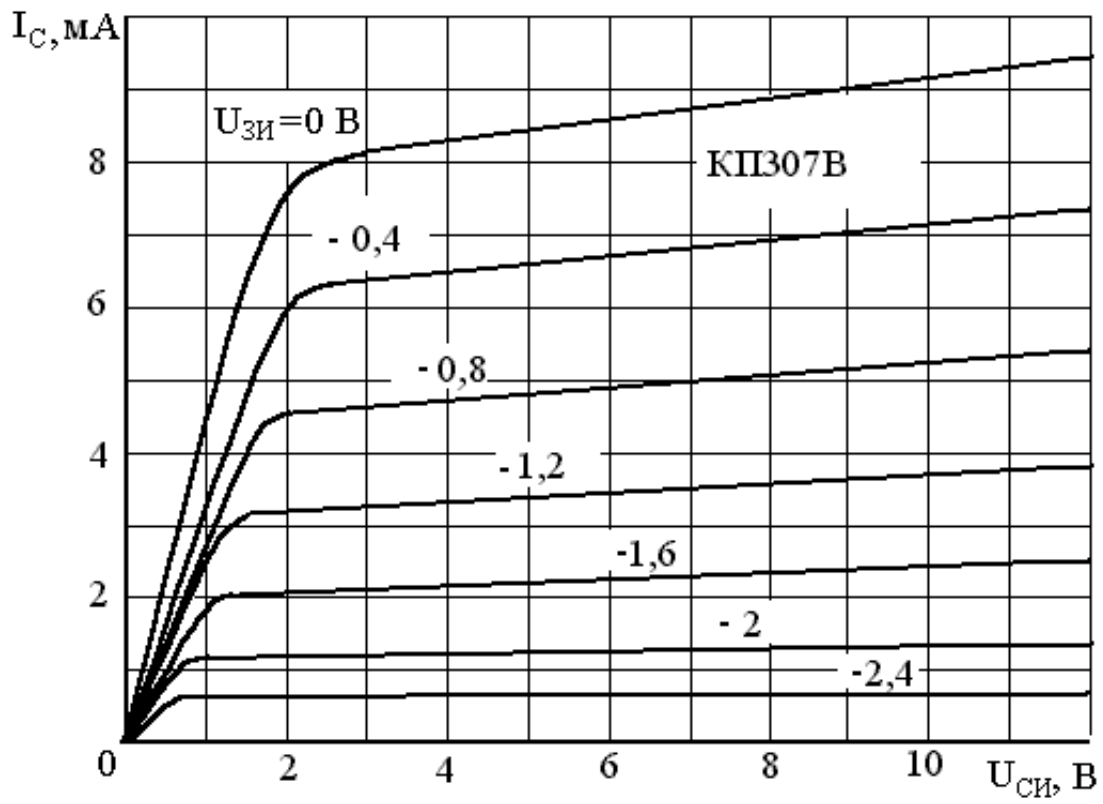


Рисунок П.2.8

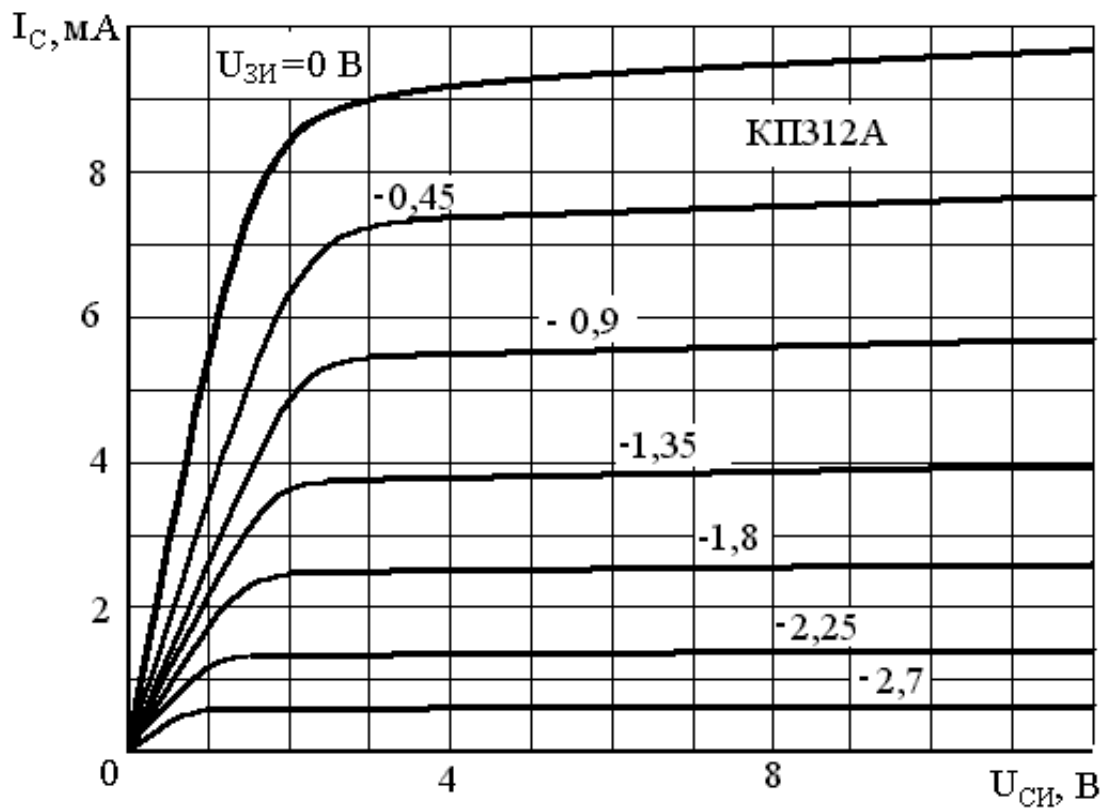


Рисунок П.2.9

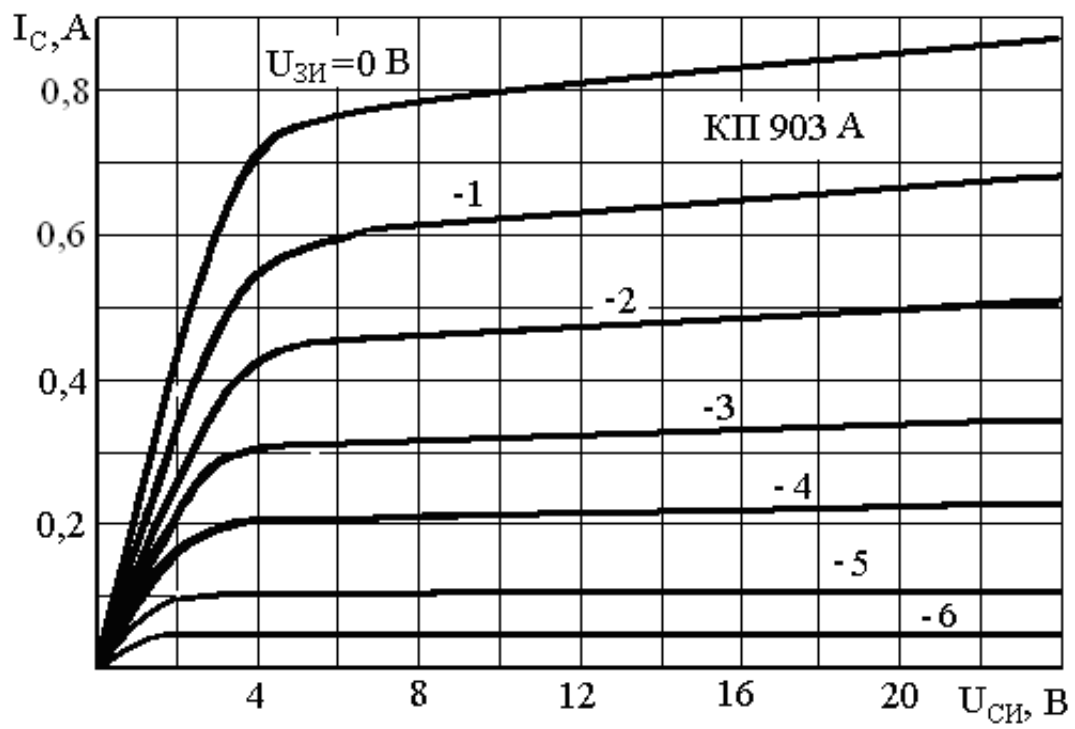


Рисунок П.2.10

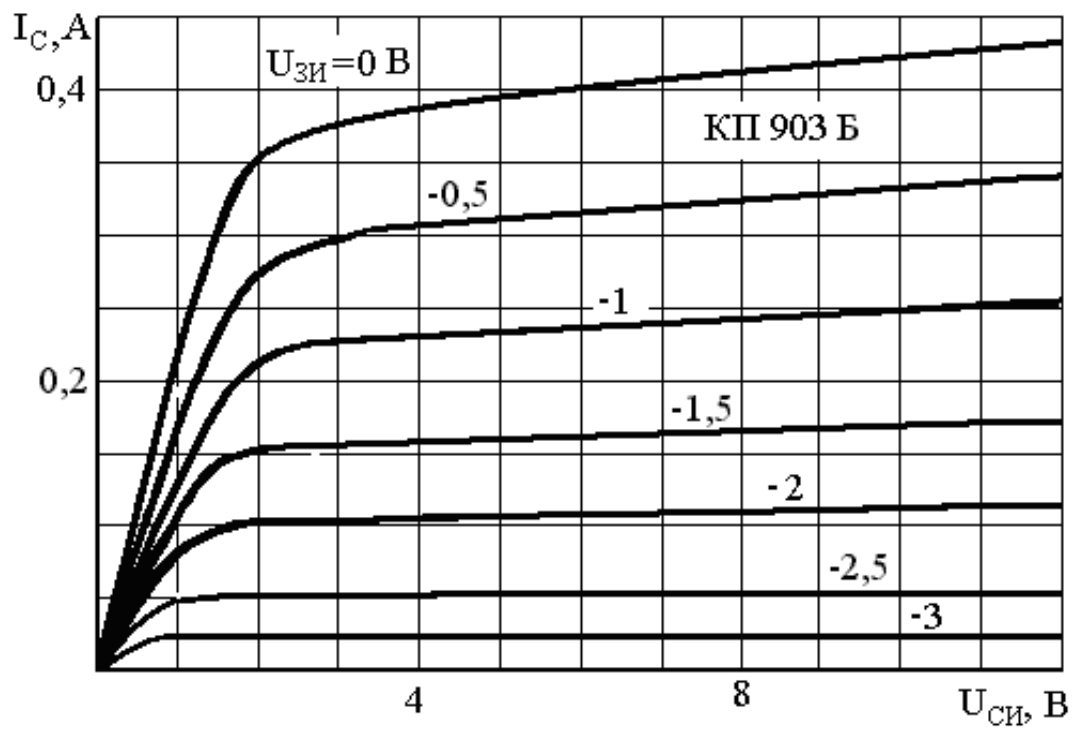


Рисунок П.2.11

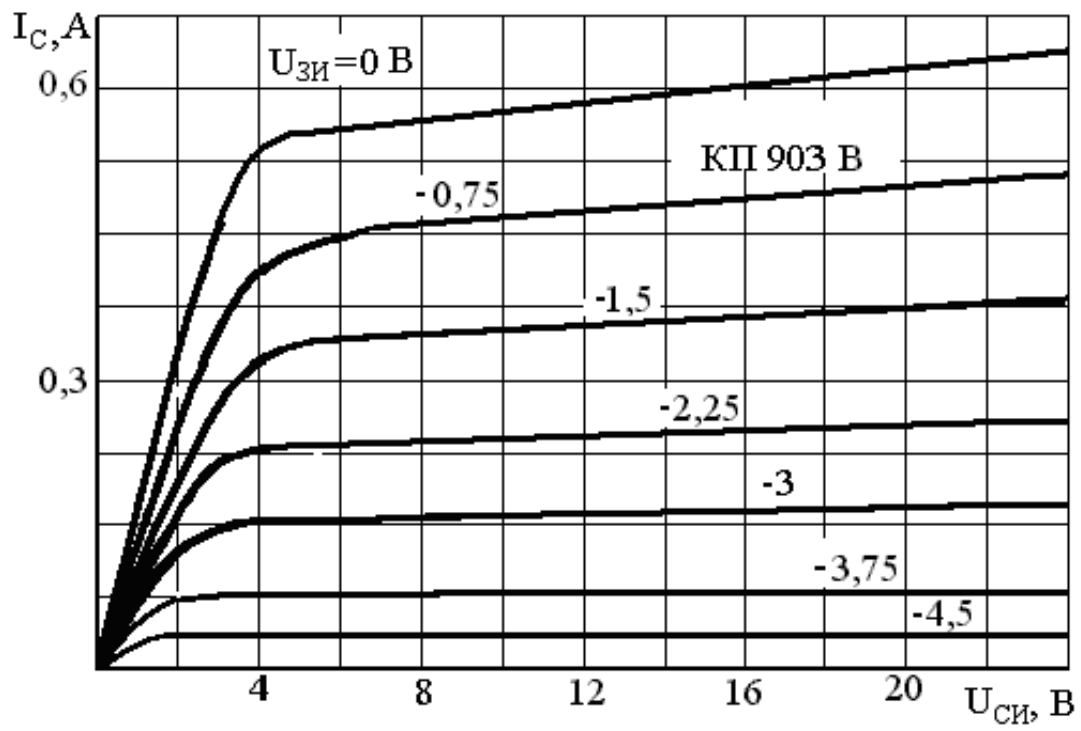


Рисунок П.2.12

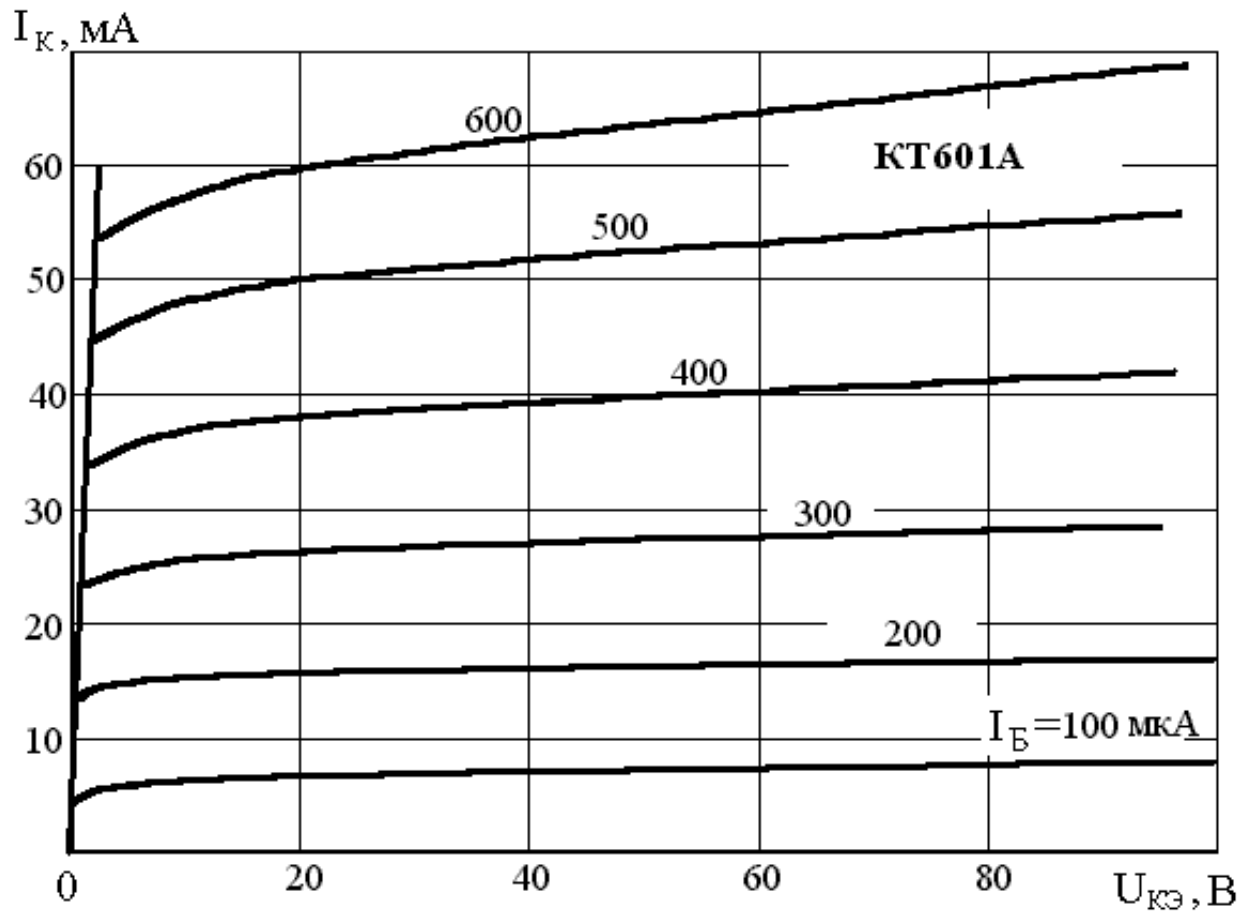


Рисунок П.2.13

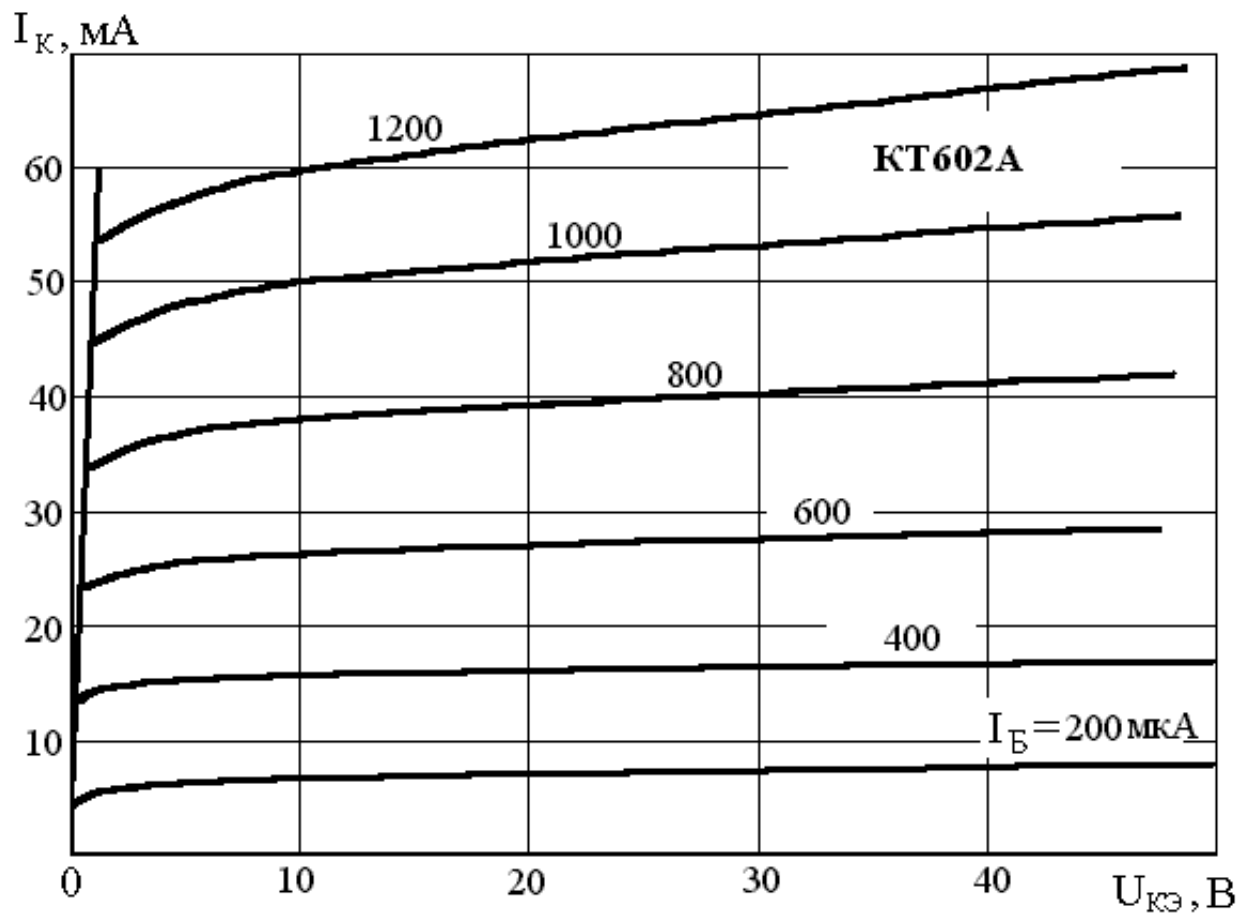


Рисунок П.2.14

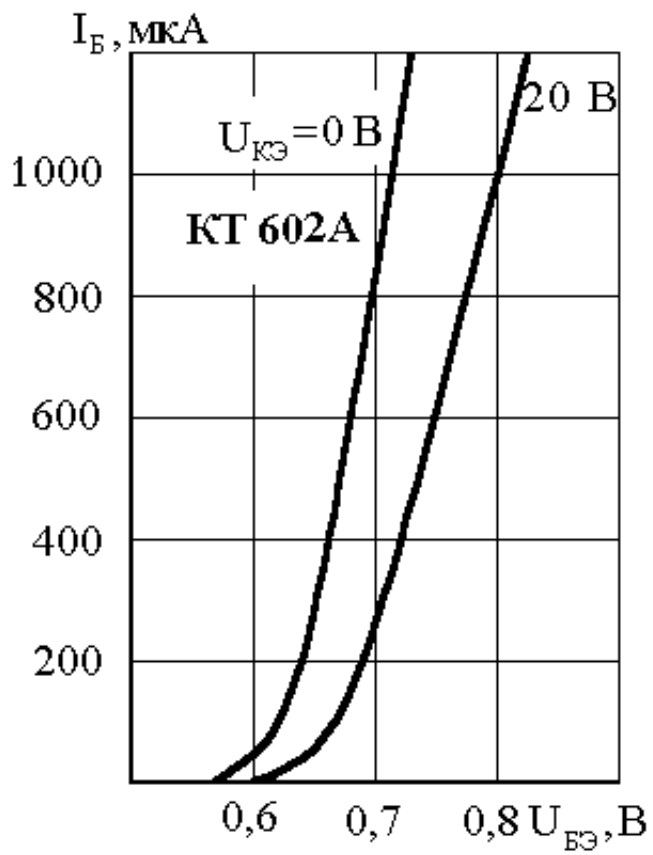
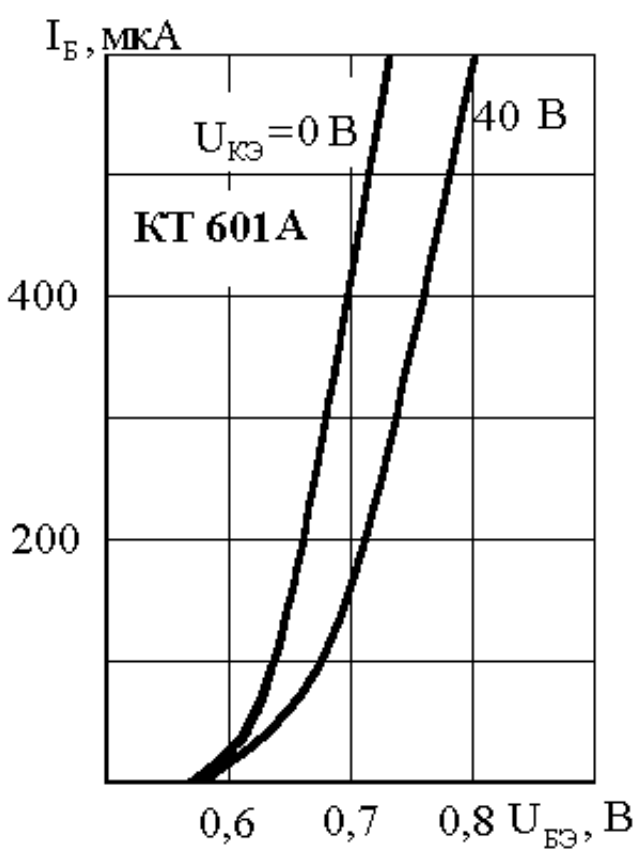


Рисунок П.2.15 Рисунок П.2.16

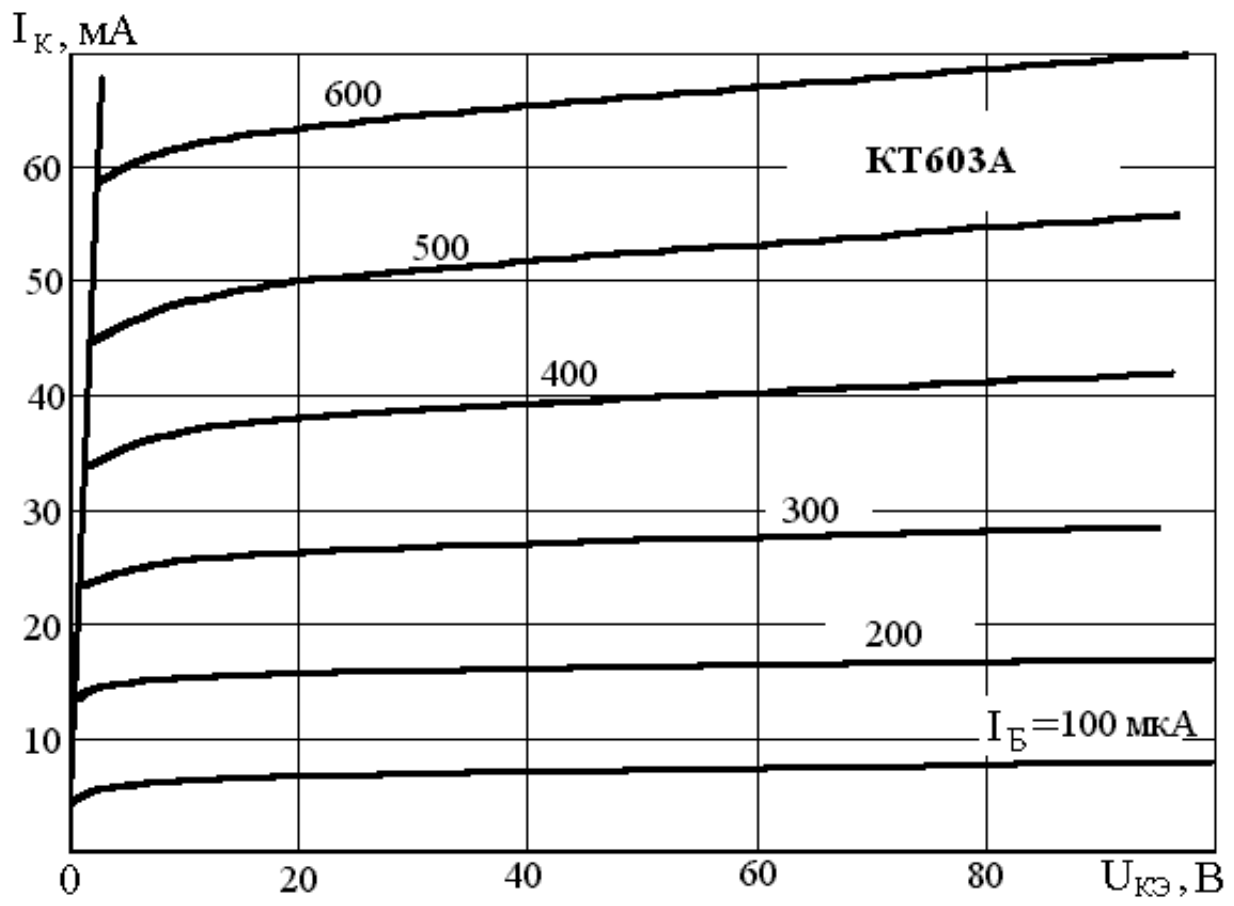


Рисунок П.2.17

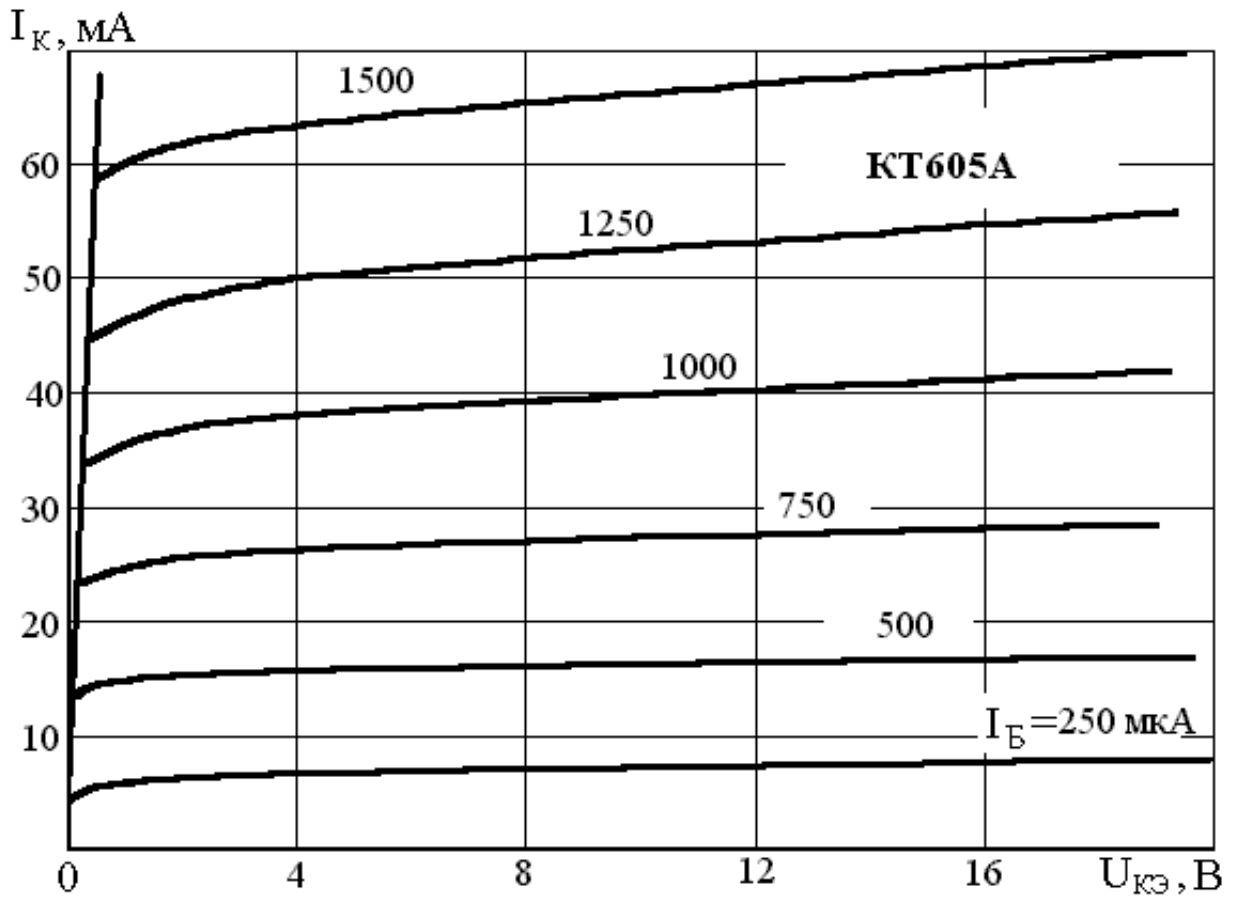


Рисунок П.2.18

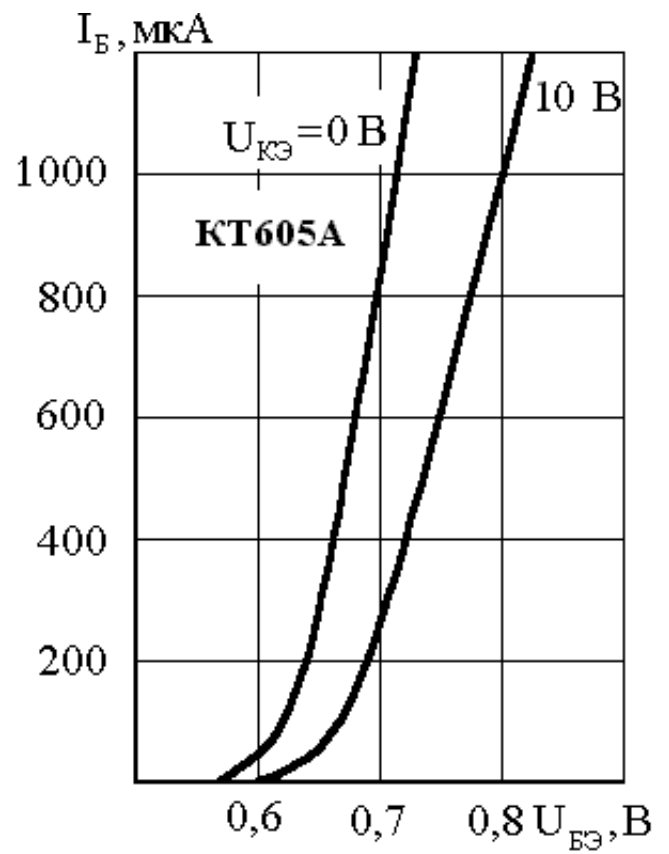
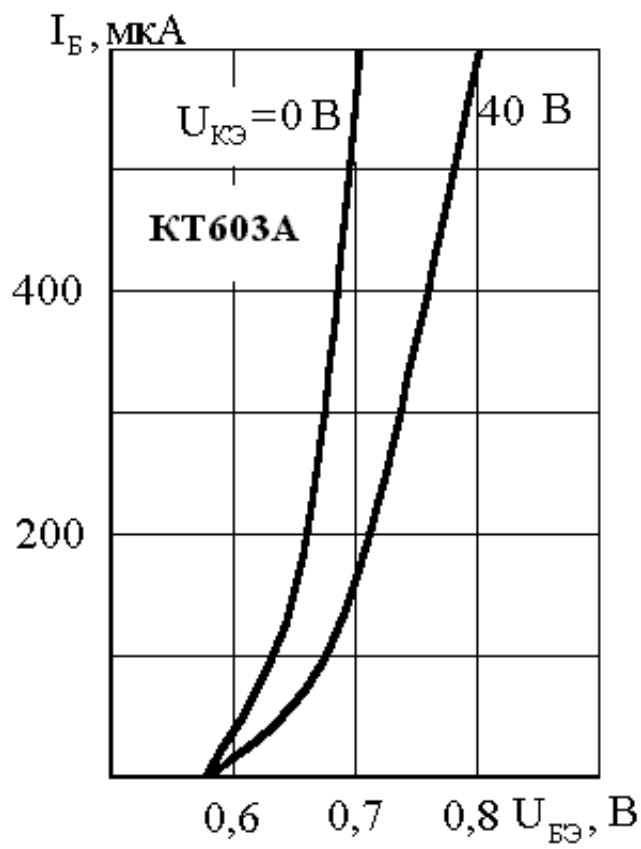


Рисунок П.2.19 Рисунок П.2.20

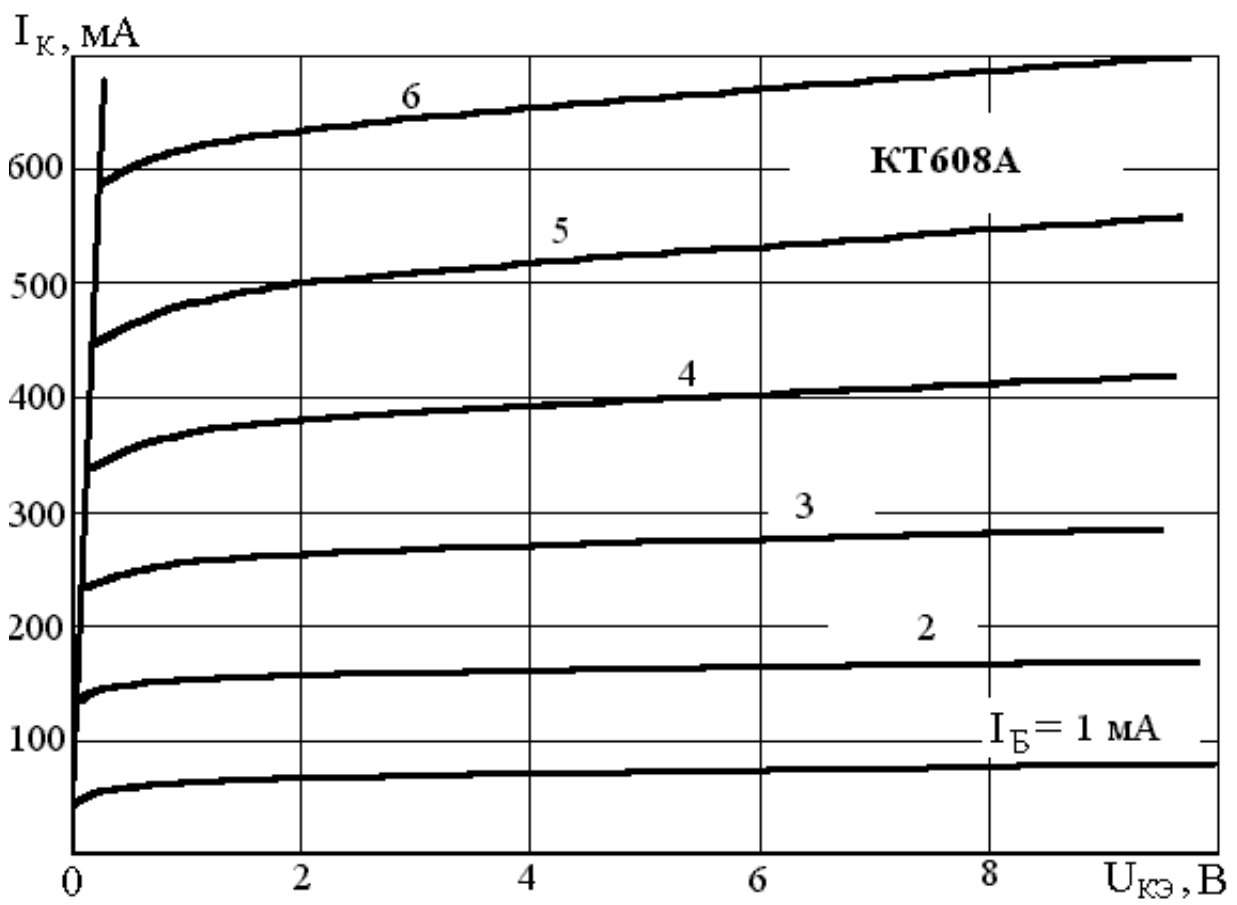


Рисунок П.2.21

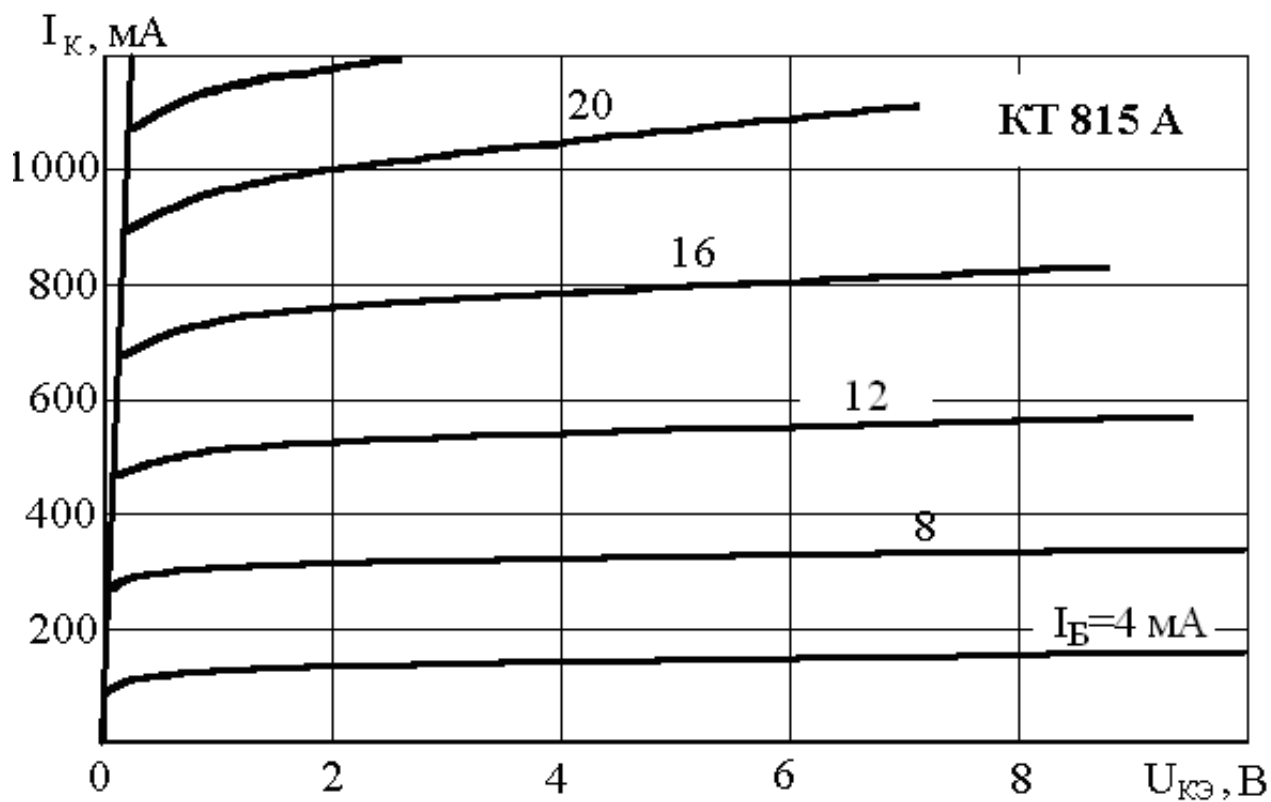


Рисунок П.2.22

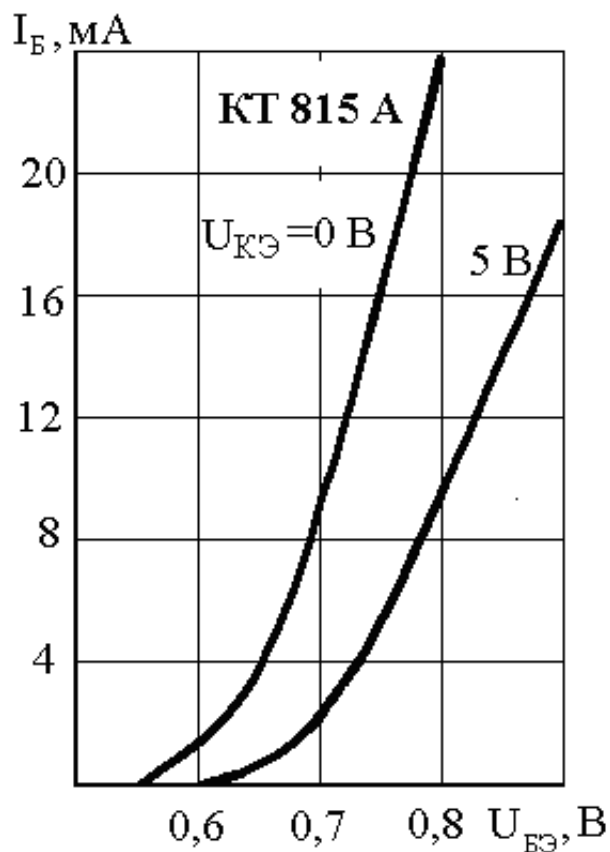
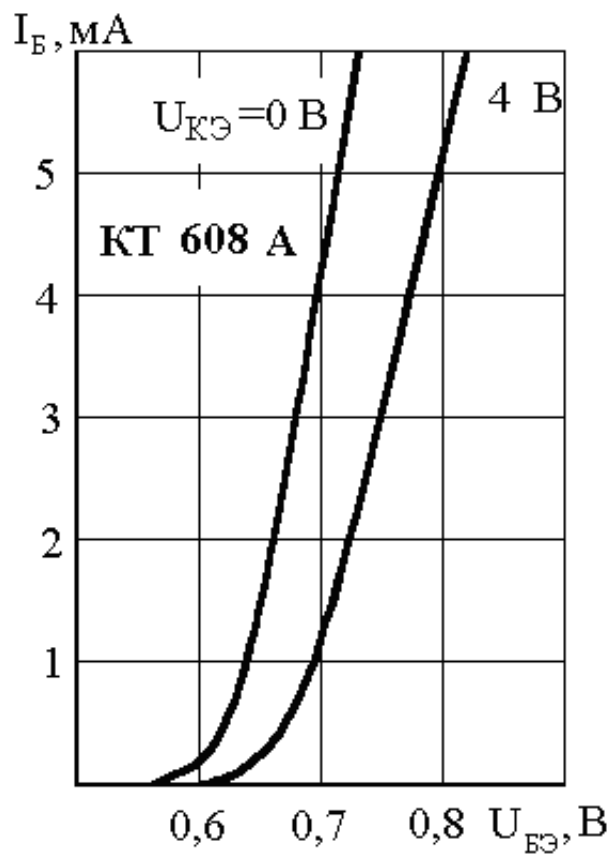


Рисунок П.2.23 Рисунок П.2.24

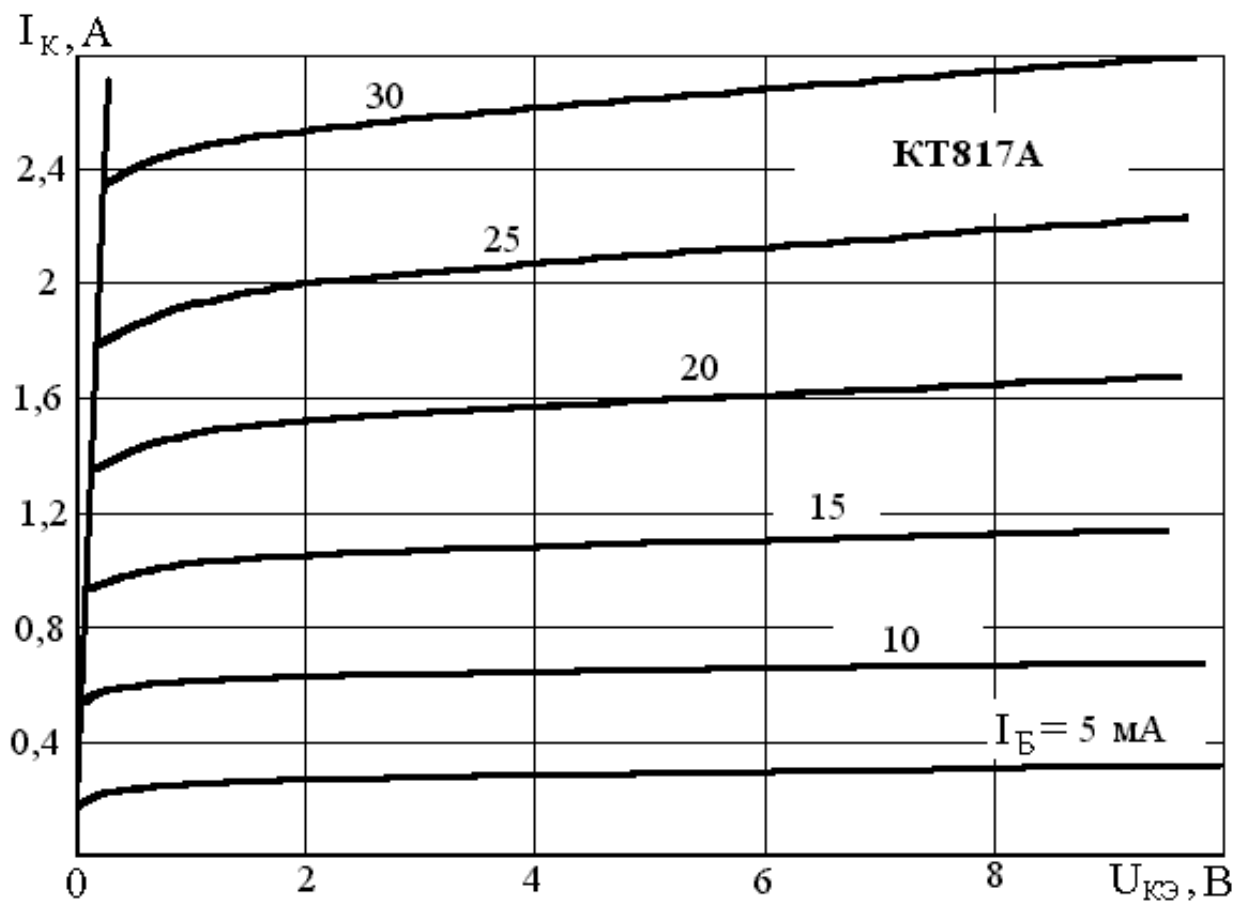


Рисунок П.2.25

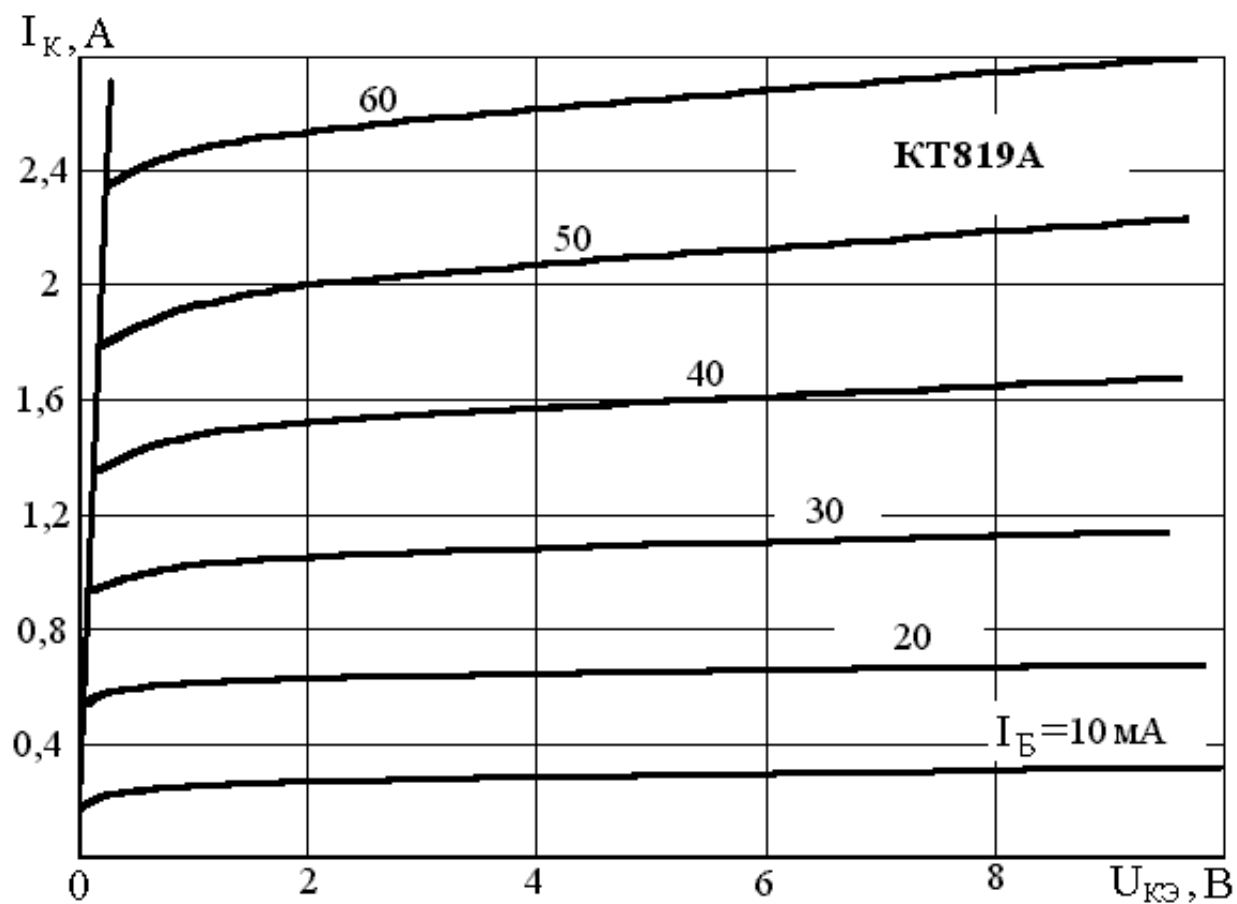


Рисунок П.2.26



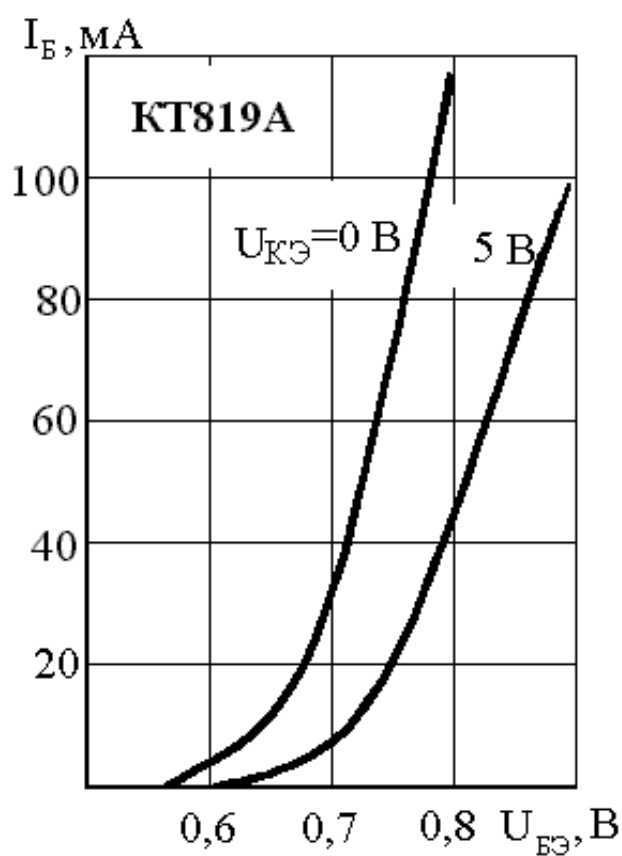
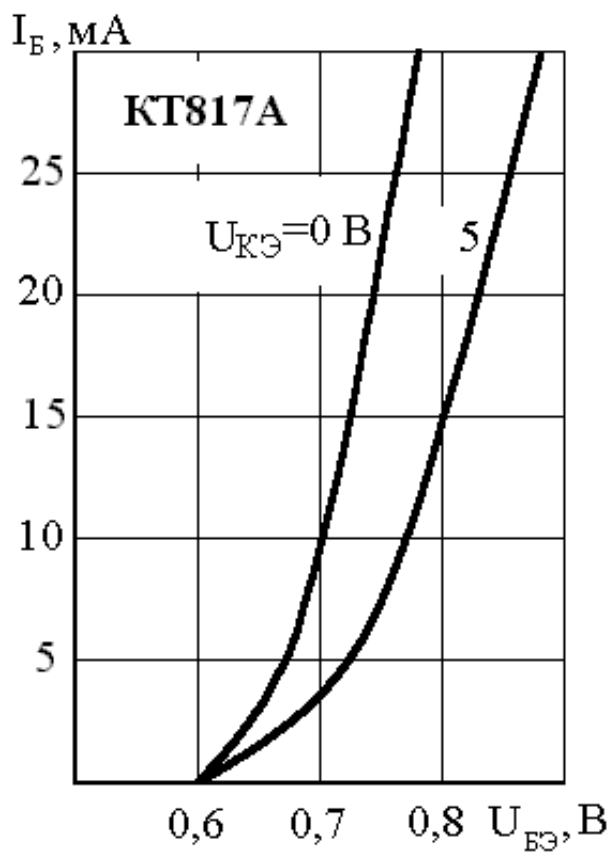


Рисунок П.2.27 Рисунок П.2.28

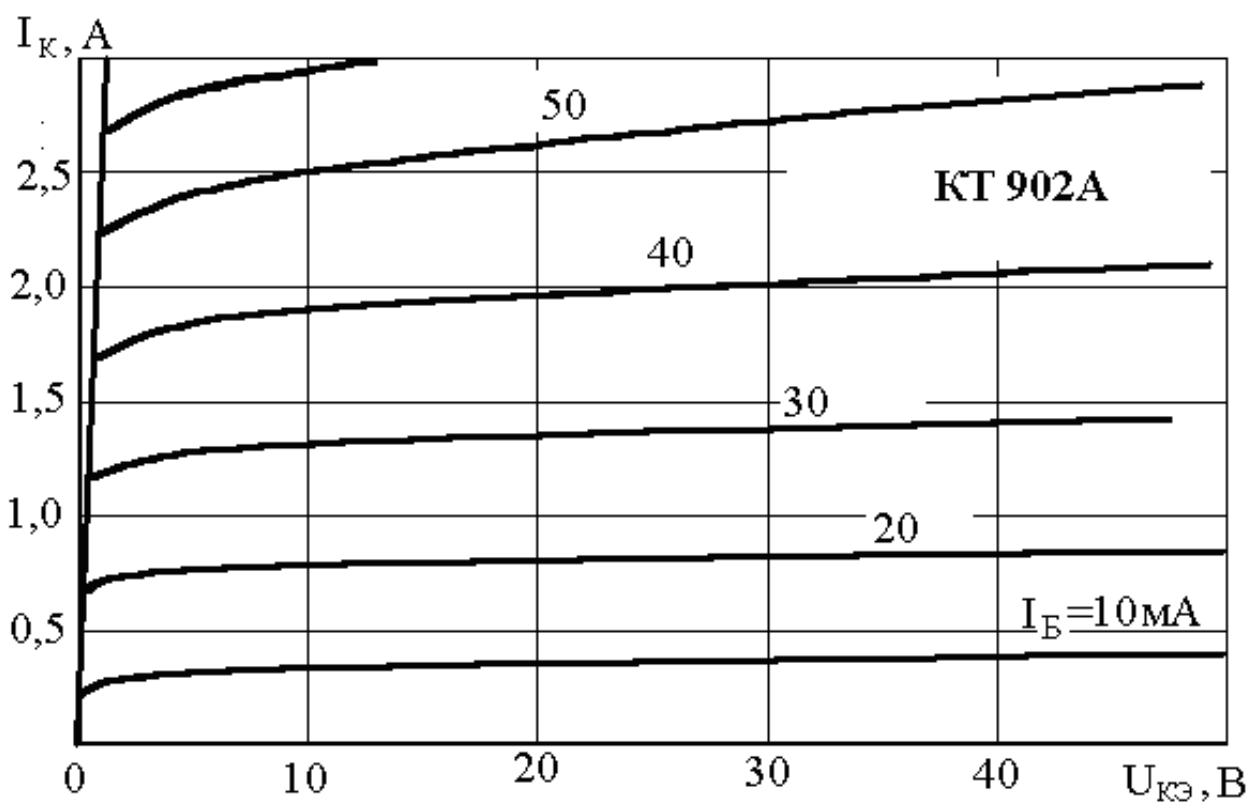


Рисунок П.2.29

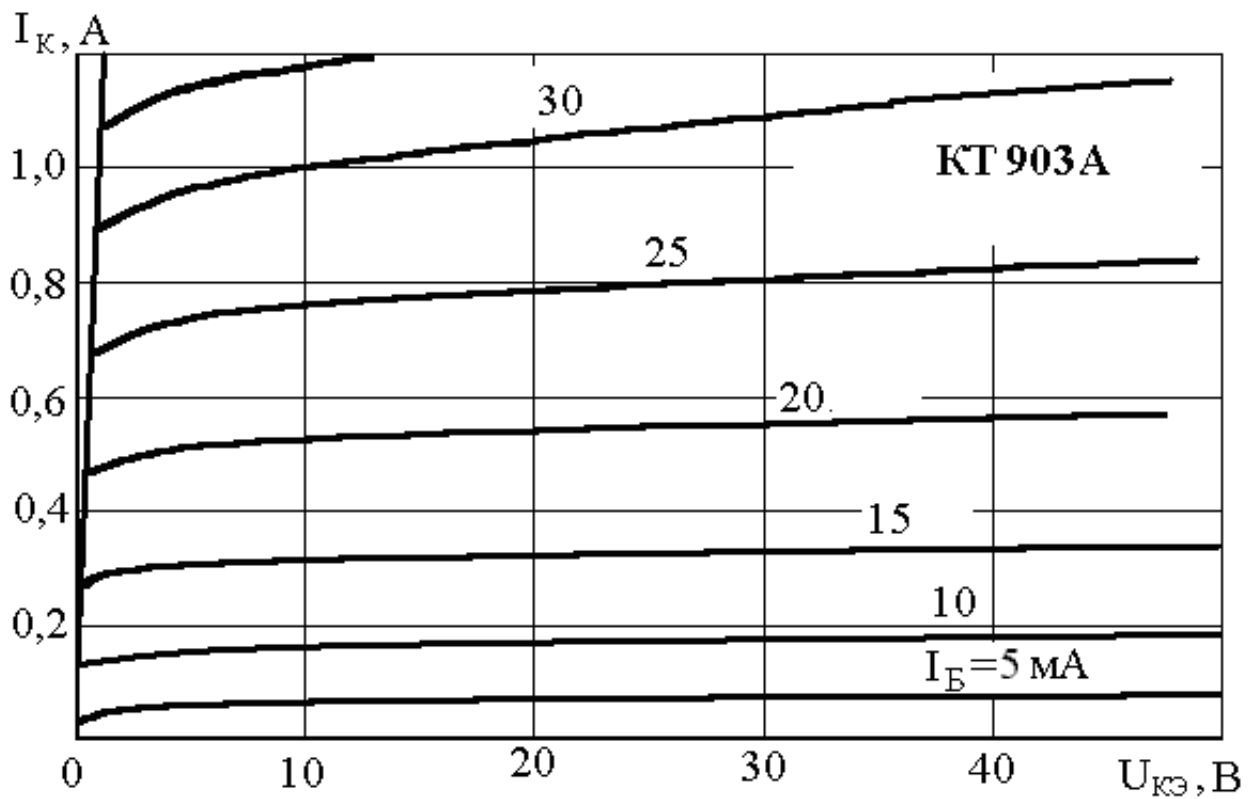


Рисунок П.2.30

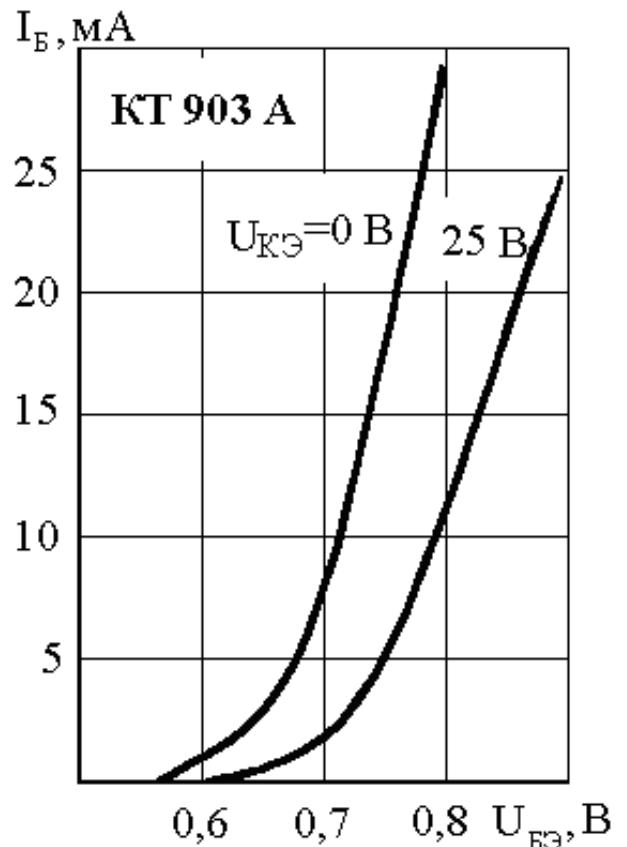
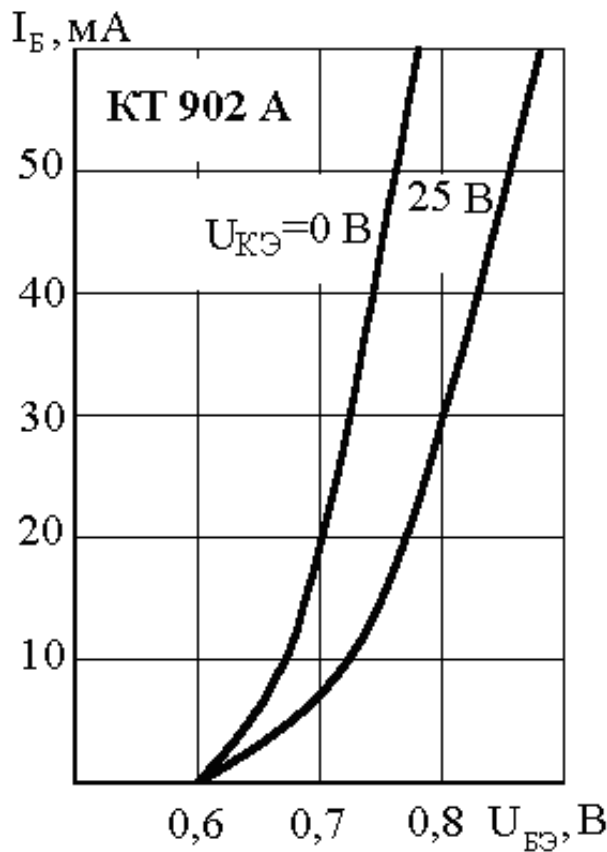


Рисунок П.2.31 Рисунок П.2.32

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### Пример решения задачи 1

Приведены выходные характеристики полевого транзистора с p-каналом типа КП103 (рисунок 1.1). Построим характеристику прямой передачи и определим параметры при напряжении сток-исток  $U_{СИ0} = -6$  В. Напряжение отсечки транзистора  $U_{ЗИ0} = 4$  В.

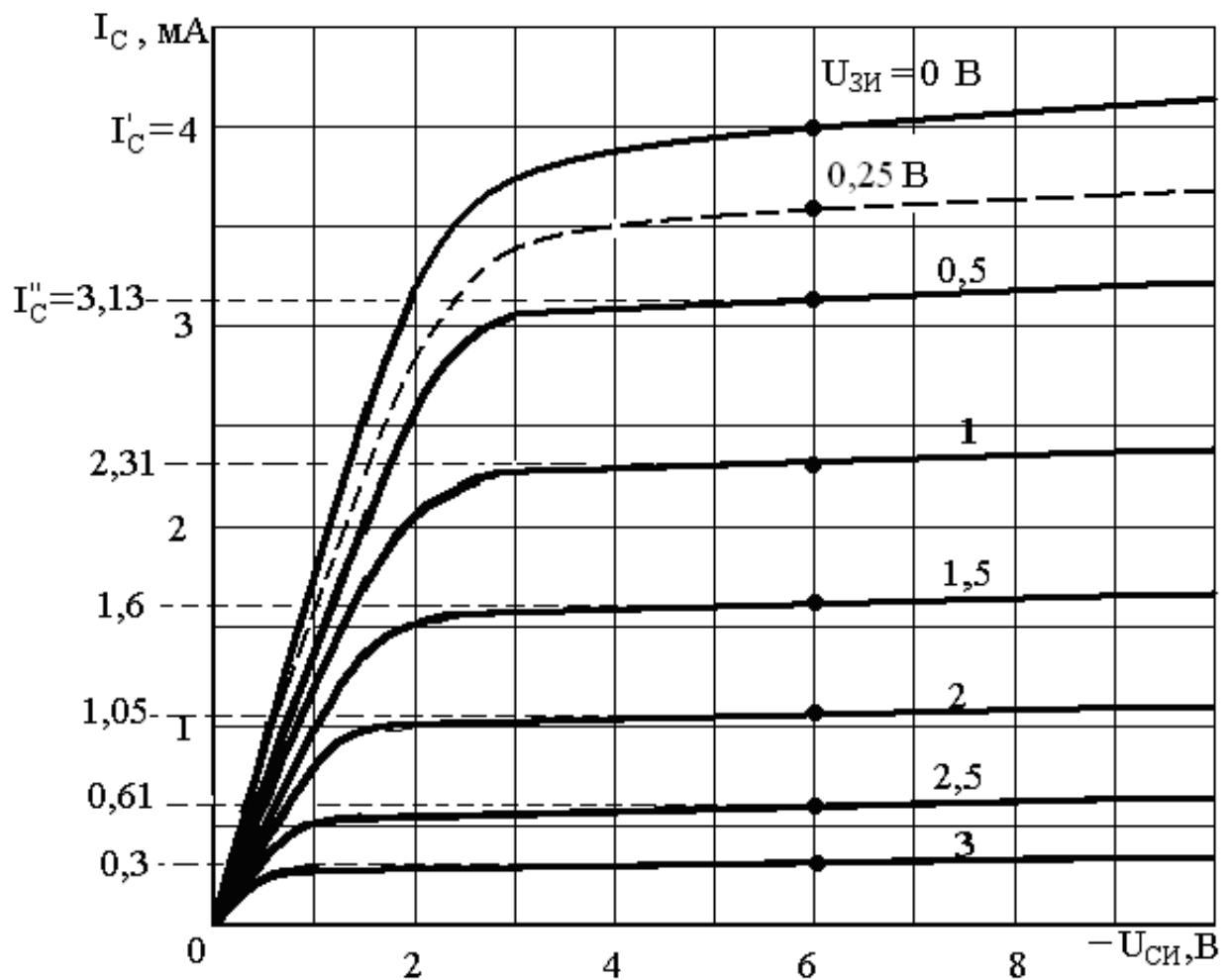


Рисунок 1.1

Для построения характеристики прямой передачи определяем ток стока при  $U_{ЗИ}=0$  В; 0,5 В и т.д. (рисунок 1.1). Результаты заносим в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

$U_{ЗИ}, \text{ В}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4
$I_C, \text{ мА}$	4,0	3,13	2,31	1,6	1,05	0,61	0,3	0

По полученным результатам строим характеристику прямой передачи (рисунок 1.2).

По выходным характеристикам определяем крутизну в 6-8 точках и строим её зависимость от напряжении на затворе. В нашем примере сначала находим крутизну при напряжении на затворе  $U_{ЗИ}=0,25$  В. Для этого, относительно этой точки берем приращение напряжения

$\Delta U_{ЗИ}=0,25$  В. Определяем токи при напряжениях  $U'_{ЗИ}=0$  В и  $U''_{ЗИ}=0,5$  В. Они равны соответственно  $I'_C=4$  мА и  $I''_C=3,13$  мА (рисунок 1.1). Затем вычисляем крутизну

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{ЗИ}} \Big|_{U_{СИ} = const} = 1,74 \text{ мА/В.}$$

$$S = \frac{I'_C - I''_C}{U''_{ЗИ} - U'_{ЗИ}} = \frac{4 - 3,13}{0,5 - 0} =$$

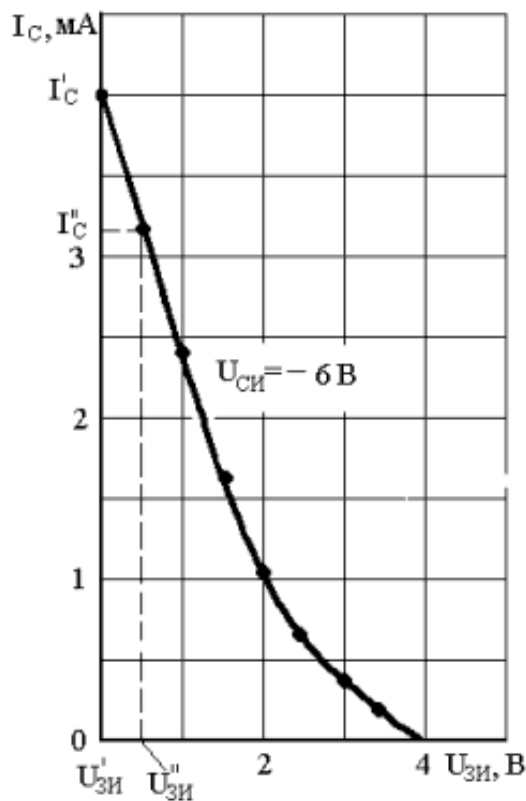


Рисунок 1.2

Аналогично проделываем эту операцию для  $U_{ЗИ}=0,75\text{В}; 1,25\text{ В}$  и т.д.

Определяем приращение тока стока  $\Delta I_C$  и результаты вычислений заносим в таблицу 1.2. Строим график  $S=f(U_{ЗИ})$  (рисунок 1.3)

Таблица 1.2

$U_{ЗИ}, \text{В}$	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	4
$\Delta I_C, \text{мА}$	0,87	0,82	0,71	0,55	0,44	0,31	0
$S, \text{мА/В}$	1,74	1,64	1,42	1,1	0,88	0,62	0

Для определения выходного сопротивления  $R_i$  задаемся приращением  $\Delta U_{СИ}=\pm 2\text{ В}$  относительно напряжения  $U_{СИ}=-6\text{ В}$  (рисунок 1.4). Определяем приращение тока  $\Delta I_C$  стока при напряжении на затворе  $0\text{ В}$ , вычисляем значение  $R_i = \frac{\Delta U_{СИ}}{\Delta I_C} | U_{ЗИ} = \text{const}$ .

Результат заносим в таблицу 1.3. Аналогично проделываем для  $U_{ЗИ}=0,5\text{ В}; 1,0\text{ В}$  и т.д. На рисунке 1.3 строим зависимость  $R_i=f(U_{ЗИ})$ .

Таблица 1.3

$U_{ЗИ}, \text{В}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$\Delta I_C, \text{мА}$	0,14	0,1	0,07	0,06	0,05	0,045	0,04
$R_i, \text{кОм}$	28	39,2	54,8	65,6	77	88,9	100
$S, \text{мА/В}$	1,85	1,7	1,5	1,25	1,0	0,75	0,5

m	51,8	66,6	82,2	82	77	66,6	50
---	------	------	------	----	----	------	----

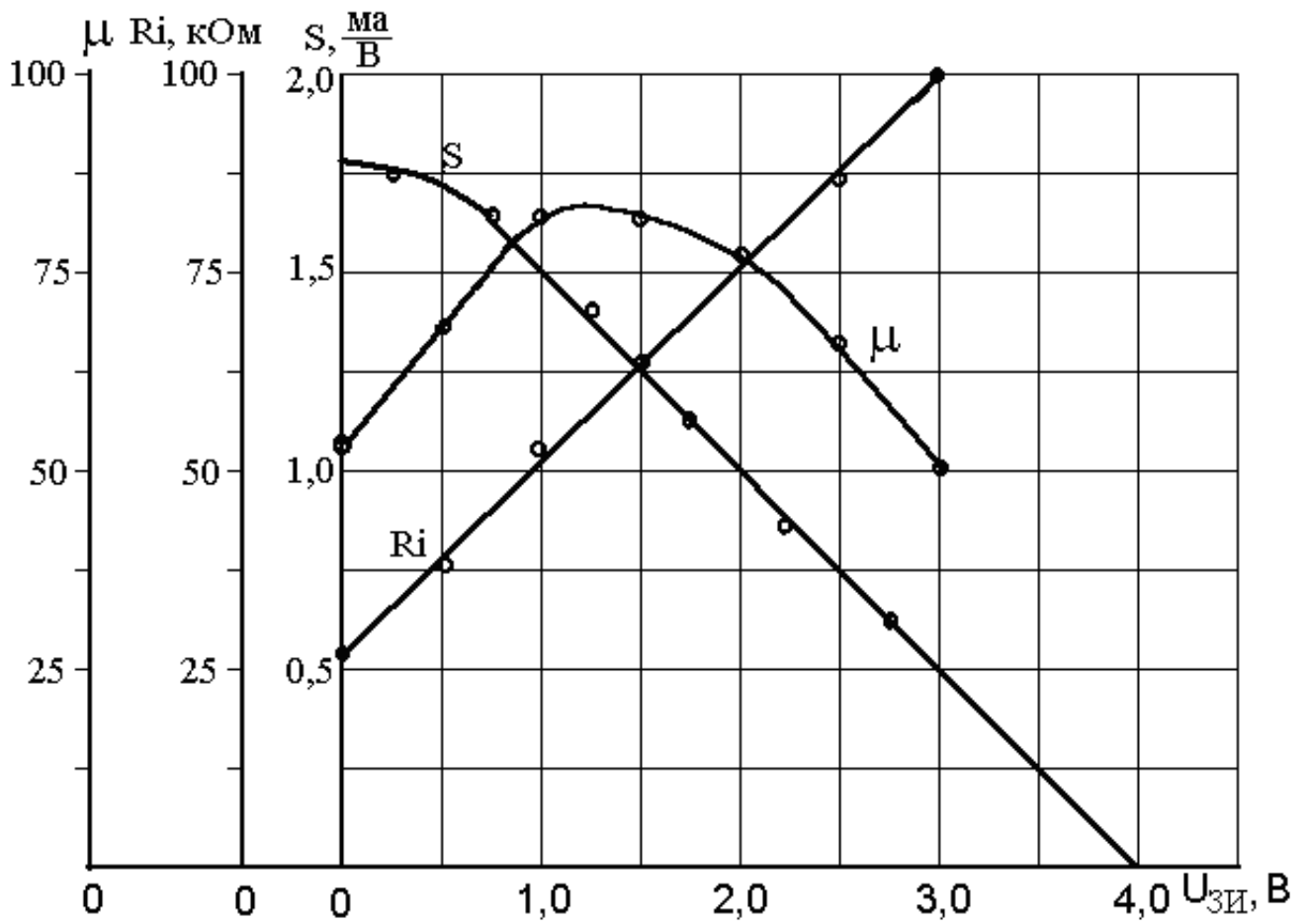


Рисунок 1.3

Из рисунка 1.3 определяем значение крутизны для тех же величин  $U_{зи}$ , что и  $R_i$ . Результат так же заносим в таблицу 1.3.

В заключении определяем коэффициент усиления транзистора  $m = S \times R_i$ .

Результат так же заносим в таблицу 1.3 и строим зависимость  $m = f(U_{зи})$  (рисунок 1.3).

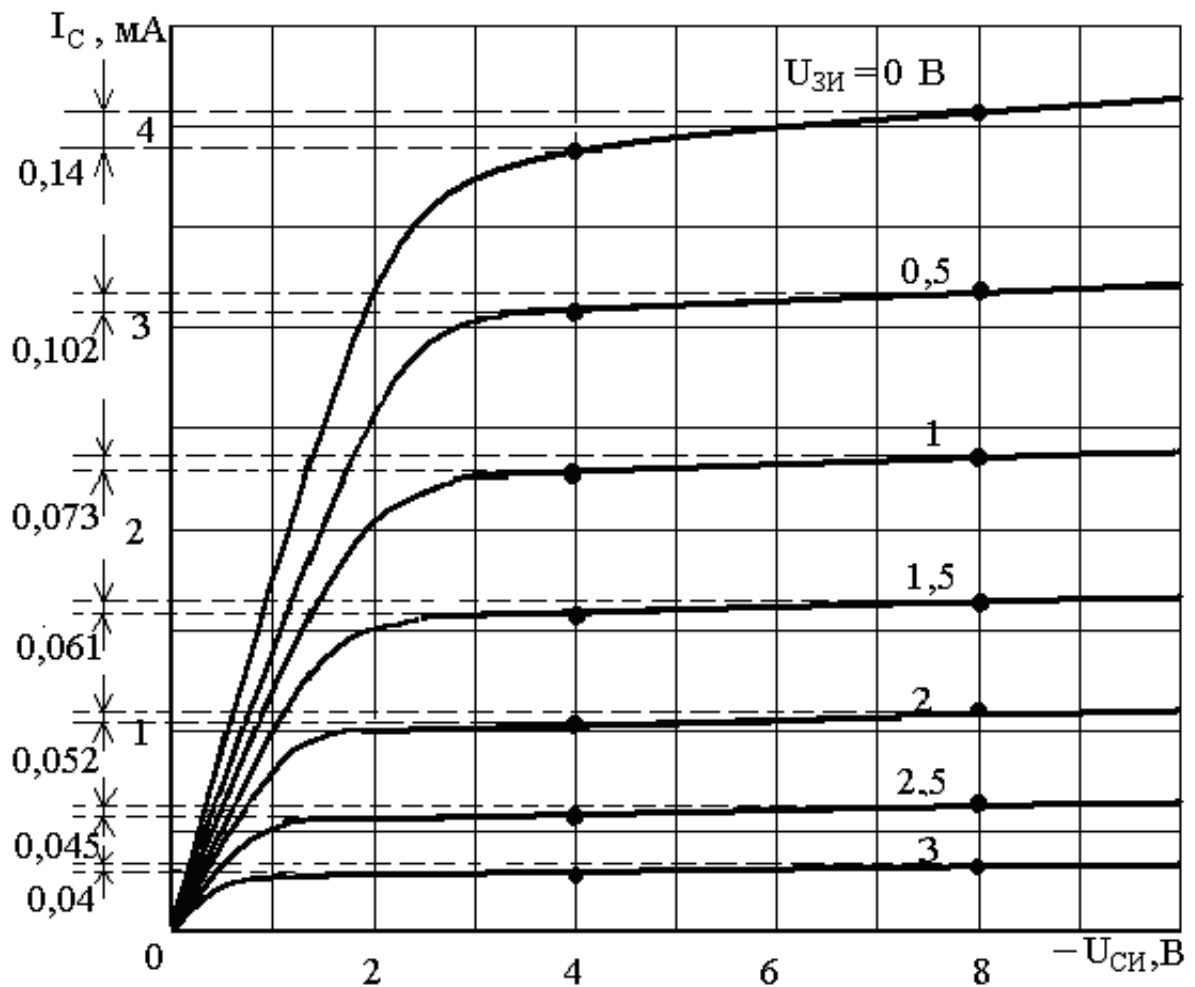


Рисунок 1.4

Пример решения задачи 2

Определим h-параметры для транзистора КТ315А при напряжении на коллекторе  $U_{КЭ}=5$  В. Например, найдем параметр  $h_{11Э}$  в точке А при токе базы  $I_{Б0}=350$  мкА. На входных характеристиках (рисунок 2.1) при напряжении на коллекторе  $U_{КЭ}=10$  В (хотя задано напряжение на коллекторе  $U_{КЭ}=5$  В выбираем напряжение  $U_{КЭ}=10$  В, т.к. в активном режиме входные характеристики практически совпадают) задаемся приращением тока базы  $\Delta I_B = \pm 50 = 100$  мкА относительно рабочей точки  $I_{Б0}=350$  мкА. Соответствующее приращение напряжения база-эмиттер составит  $\Delta U_{БЭ}=0,018$  В. Тогда входное сопротивление

$$h_{11Э} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_B} \Big|_{U_{КЭ} = const} \quad h_{11Э} = \frac{0,018}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 180 \text{ Ом}$$

Результаты заносим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

$I_{Б0}$ , мкА	50	150	250	350	450	550
$\Delta U_{БЭ}$ , В				0,018		
$h_{11}$ , Ом				180		

Аналогично находим  $h_{11Э}$  в других точках при токах базы 50, 150, 250, 450 и 550 мкА и

строим зависимость  $h_{11Э} = f(I_B)$ ,  $\Delta I_B = \text{const}$ . Пример зависимости приведен на рисунке 2.4.

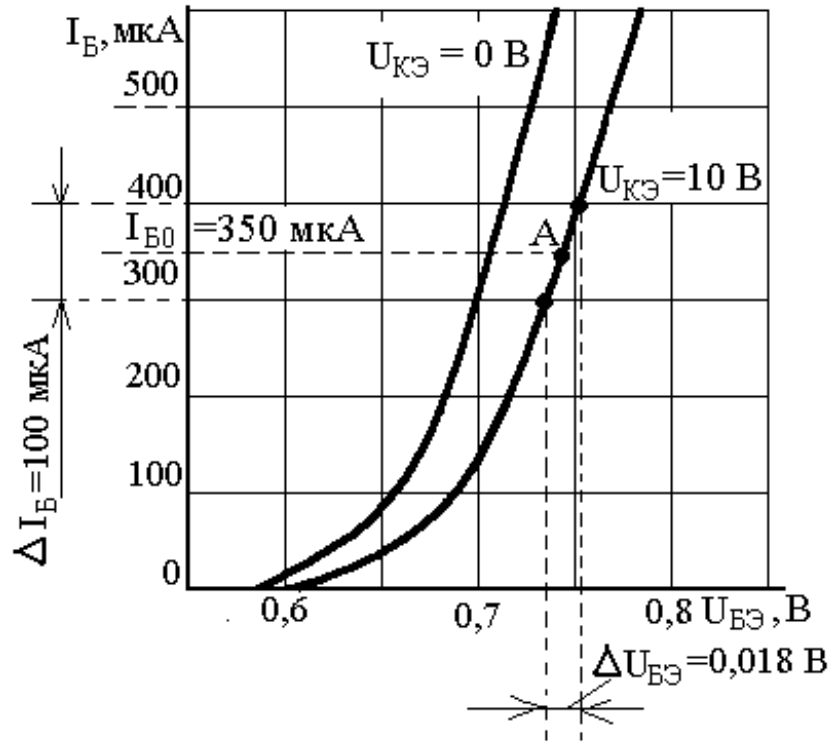


Рисунок 2.1

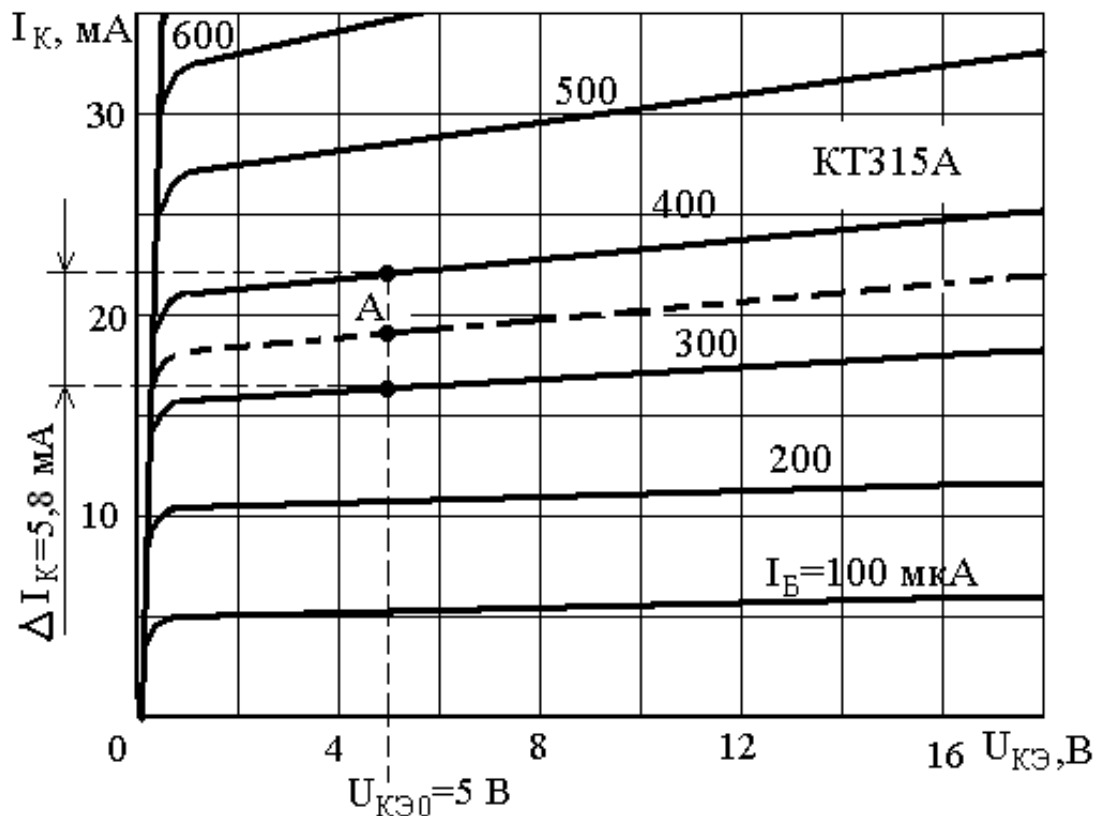


Рисунок 2.2

По выходным характеристикам находим параметры  $h_{21Э}$  и  $h_{22Э}$  при том же токе базы и заданном напряжении  $U_{КЭ0} = 5$  В. Определение параметра  $h_{21Э}$  показано на рисунке 2.2.

Задаемся приращением тока базы относительно рабочей точки также

$\Delta I_B = \pm 50 = 100$  мкА и соответствующее приращение тока коллектора составляет  $\Delta I_K = 5,8$

мА. Коэффициент передачи тока базы составит

$$h_{219} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} \Big|_{U_{КЭ} = const} \quad h_{219} = \frac{5,8 \cdot 10^{-3}}{(400 - 300) \cdot 10^{-6}} = \frac{5,8 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-6}} = 58$$

Аналогично определяем этот параметр и при других токах базы. Результаты помещаем в таблицу 2.2 и строим зависимость  $h_{21} = f(I_B)$  (рисунок 2.4).

Таблица 2.2

$I_{B0}$ , мкА	50	150	250	350	450	550	
$\Delta I_K$ , мА				5,8			
$h_{21}$ ,				58			

На рисунке 2.3 показано определение выходной проводимости  $h_{229}$ . Около точки А с напряжением  $U_{КЭ} = 5$  В задаемся приращением напряжения коллектор-эмиттер  $\Delta U_{КЭ} = \pm 2$  В. Соответствующее приращение тока коллектора составляет  $\Delta I_K = 1$  мА. Выходная проводимость равна

$$h_{229} = \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{КЭ}} \Big|_{I_B = const} \quad h_{219} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{4} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ См}$$

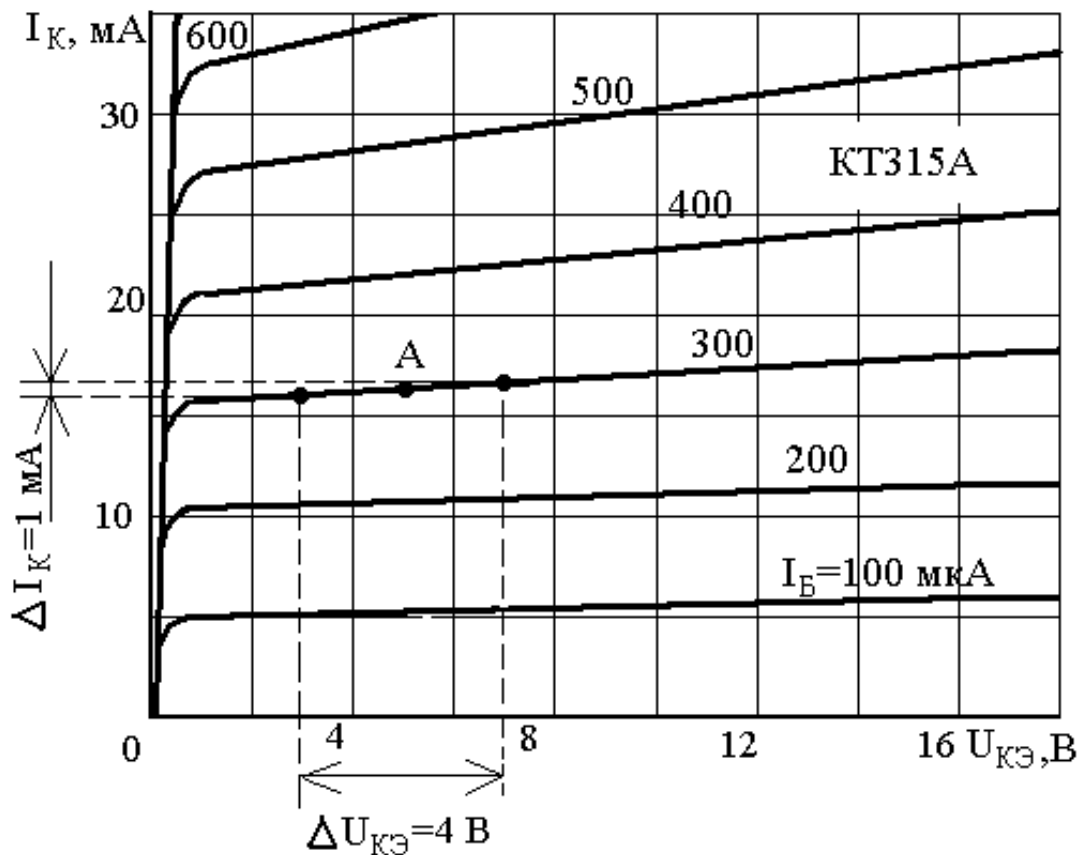


Рисунок 2.3

Результаты помещаем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

$I_{B0}$ , мкА	100	200	300	400	500	600
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----



$\Delta I_K, \text{мА}$			1			
$h_{22}, \text{Сим} \times 10^{-3}$			0,25			

Строим зависимость  $h_{22\Theta} = f(I_B)$  (рисунок 2.4).

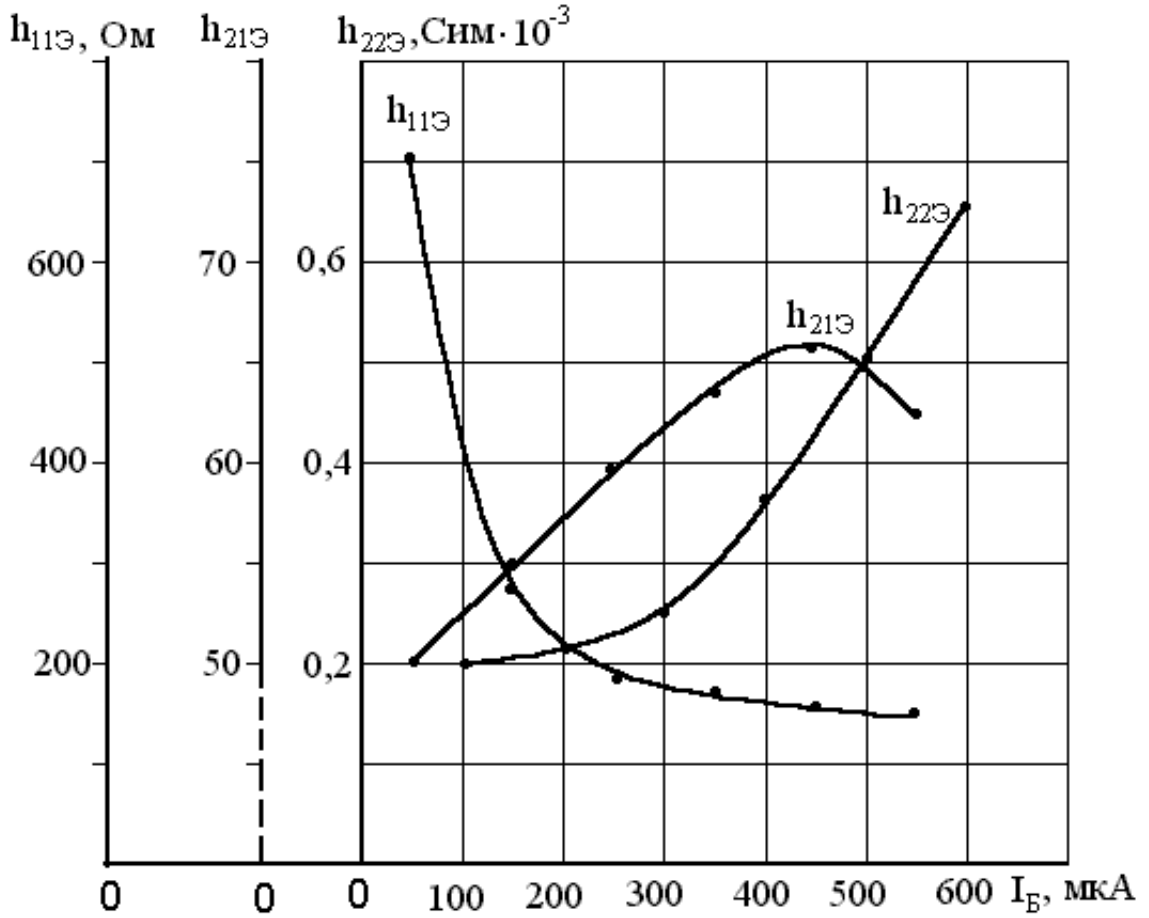


Рисунок 2.4

Параметр  $h_{12\Theta}$  по характеристикам обычно не определяется, так как входные характеристики для рабочего режима практически сливаются, и определение параметра даёт очень большую погрешность.