

Содержание 2 и 3 части курсовой работы

Задача 1 (часть 2): По выходным характеристикам полевого транзистора (приложение 2) построить передаточную характеристику при указанном напряжении стока. Определить дифференциальные параметры S , R_i , μ полевого транзистора и построить их зависимости от напряжения на затворе.

Сделать выводы о зависимости параметров транзистора от режима работы.

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

Задача 2 (часть 3):

Используя характеристики заданного биполярного 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.

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.

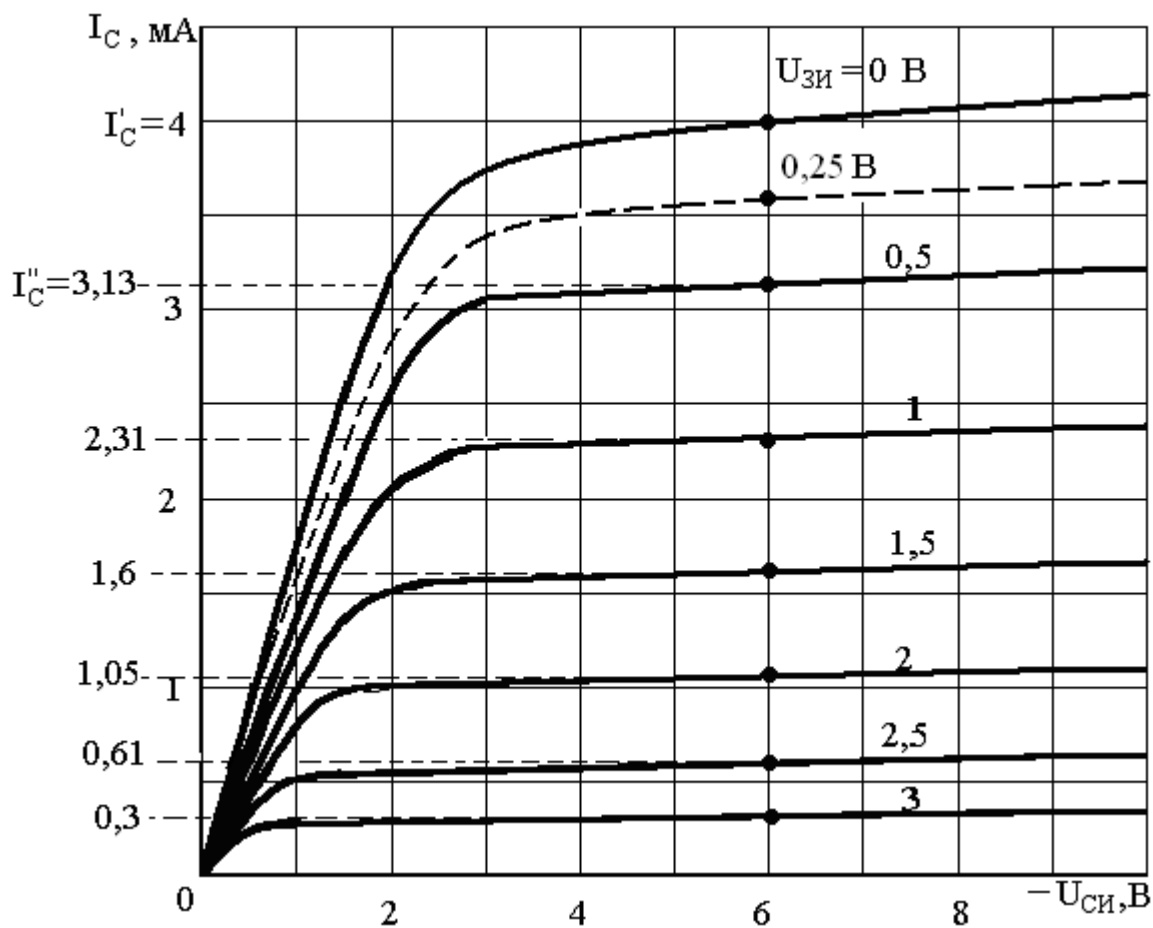


Рисунок 1.1

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

| | | | | | | | | |
|-------------|-----|------|------|-----|------|------|-----|---|
| $U_{зи}, В$ | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4 |
| $I_C, мА$ | 4,0 | 3,13 | 2,31 | 1,6 | 1,05 | 0,61 | 0,3 | 0 |

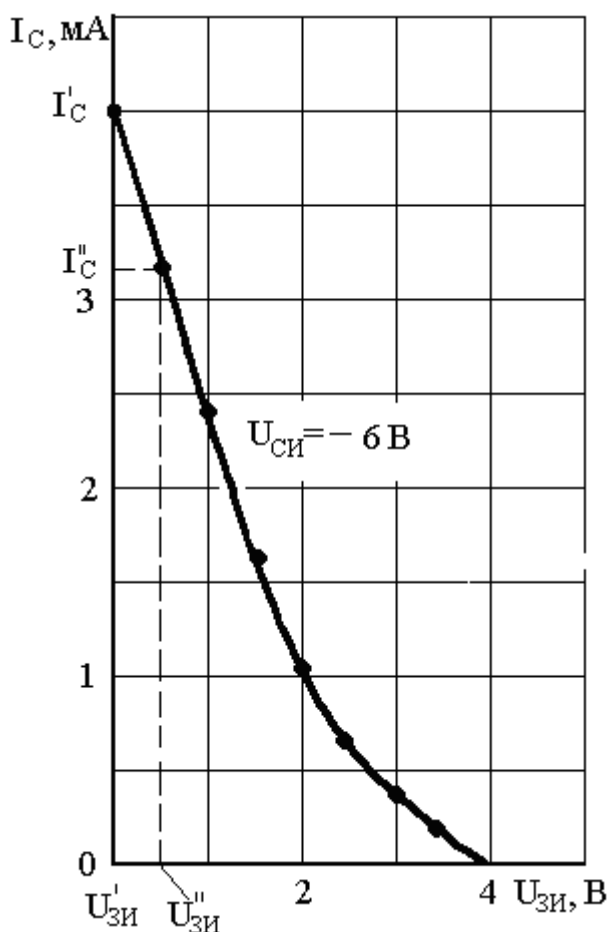


Рисунок 1.2

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

По выходным характеристикам определяем крутизну в 6-8 точках и строим её зависимость от напряжения 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

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{зи}} \Big|_{U_{си} = const}$$

$$S = \frac{I'_C - I''_C}{U''_{зи} - U'_{зи}} = \frac{4 - 3,13}{0,5 - 0} = 1,74 \text{ мА/В.}$$

Аналогично проделываем эту операцию для $U_{зи}=0,75$ В; 1,25 В и т.д. Определяем приращение тока стока ΔI_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 $\Delta U_{си}=\pm 2$ В относительно напряжения $U_{си} = -6$ В (рисунок 1.4). Определяем приращение тока ΔI_C стока при напряжении на затворе 0 В, вычисляем значение

$$R_i = \frac{\Delta U_{си}}{\Delta I_C} \Big|_{U_{зи} = const}$$

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

Таблица 1.3

| | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|
| $U_{зи}, В$ | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| $\Delta I_C, мА$ | 0,14 | 0,1 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,045 | 0,04 |
| $R_i, кОм$ | 28 | 39,2 | 54,8 | 65,6 | 77 | 88,9 | 100 |
| $S, мА/В$ | 1,85 | 1,7 | 1,5 | 1,25 | 1,0 | 0,75 | 0,5 |
| μ | 51,8 | 66,6 | 82,2 | 82 | 77 | 66,6 | 50 |

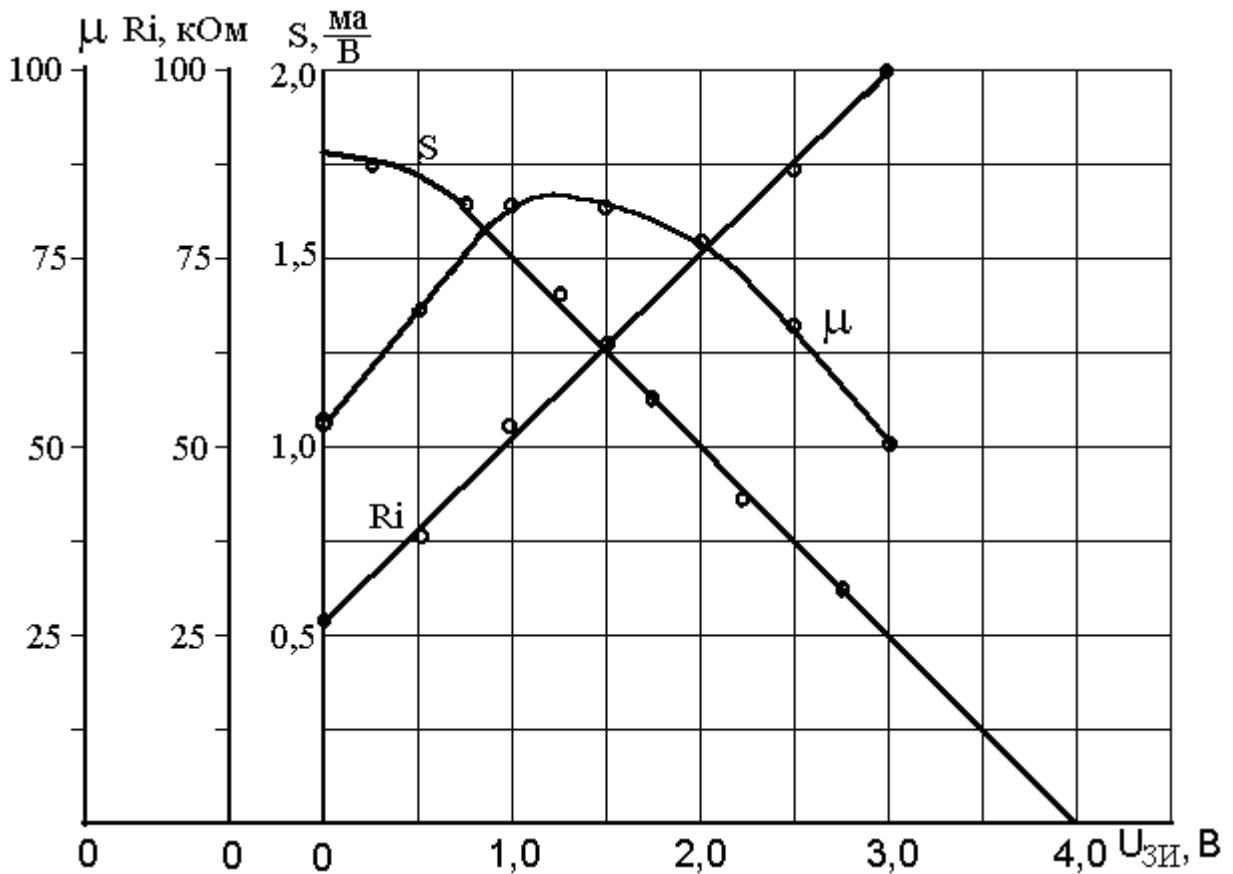


Рисунок 1.3

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 $\mu = S \cdot R_i$. Результат так же заносим в таблицу 1.3 и строим зависимость $\mu = f(U_{зи})$ (рисунок 1.3).

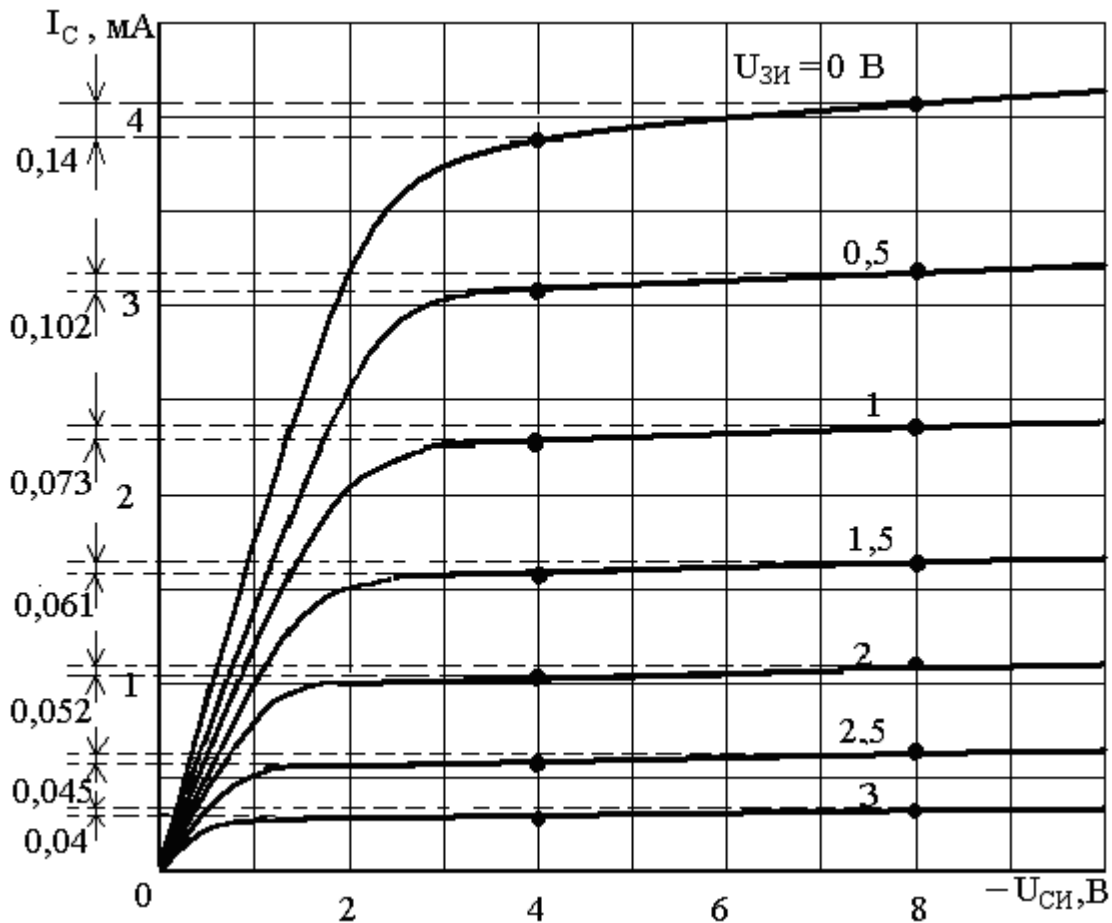


Рисунок 1.4

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

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

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 $h_{11\Omega}$ в других точках при токах базы 50, 150, 250, 450 и 550 мкА и строим зависимость $h_{11\Omega}=f(I_B)$, $\Delta I_B=\text{const}$. Пример зависимости приведен на рисунке 2.4.

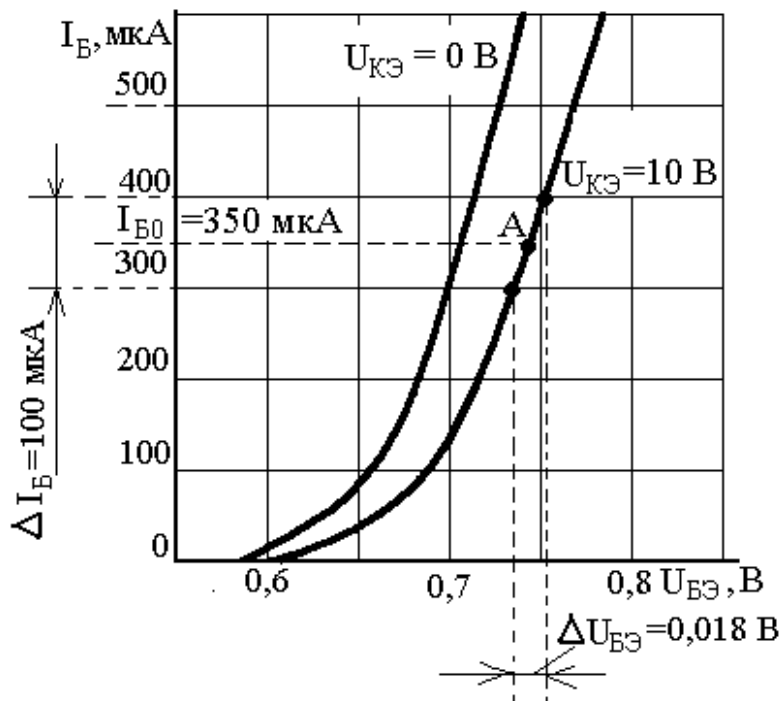


Рисунок 2.1

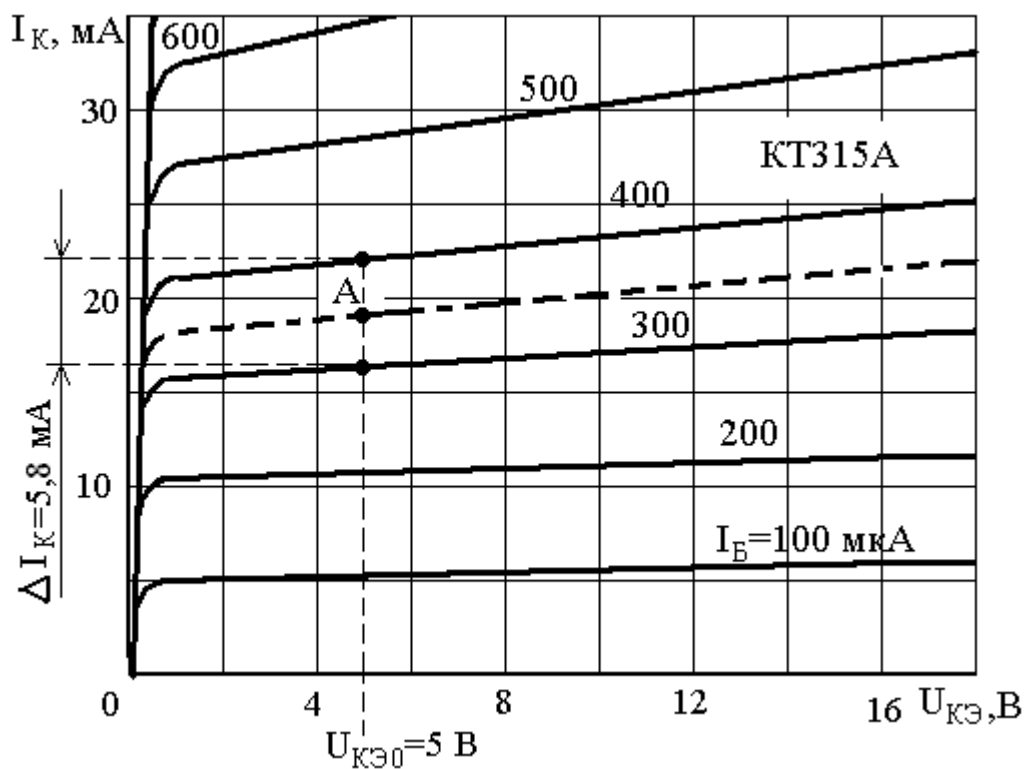


Рисунок 2.2

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

$$h_{21Э} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} \right|_{U_{КЭ} = const} \quad h_{21Э} = \frac{5,8 \cdot 10^{-3}}{(400 - 300) \cdot 10^{-6}} = \frac{5,8 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-6}} = 58.$$

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 | |
| ΔI_K , мА | | | | 5,8 | | | |
| h_{21} , | | | | 58 | | | |

На рисунке 2.3 показано определение выходной проводимости $h_{22Э}$. 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

$$h_{22Э} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{КЭ}} \right|_{I_B = const} \quad h_{22Э} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{4} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ Сим.}$$

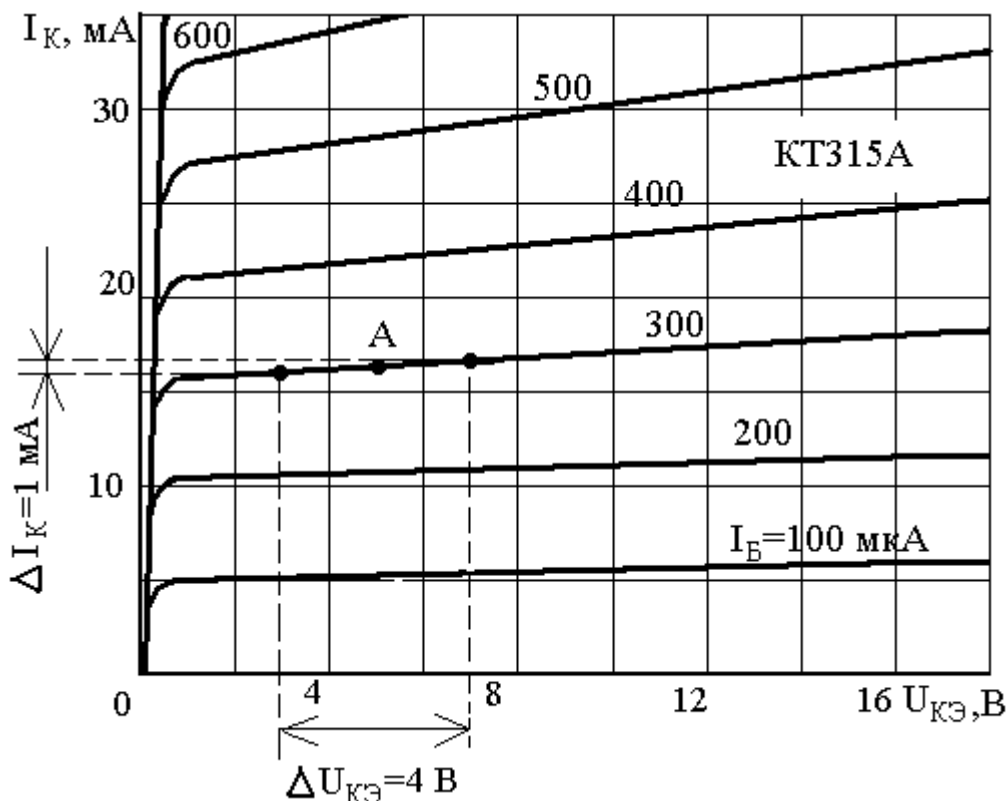


Рисунок 2.3

Результаты помещаем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

| | | | | | | |
|---------------------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| $I_{Б0}$, мкА | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| ΔI_K , мА | | | 1 | | | |
| h_{22} , Сим·10 ⁻³ | | | 0,25 | | | |

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

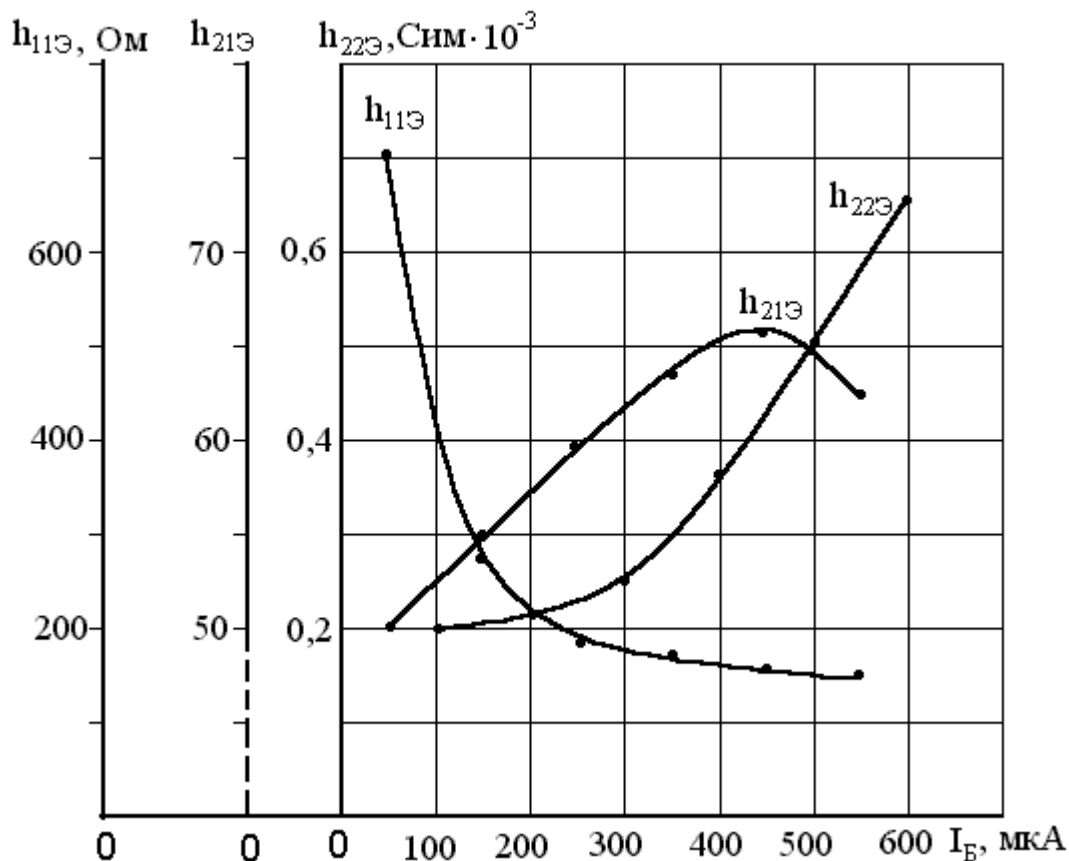


Рисунок 2.4

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Варианты заданий.

Таблица П.1.1. Варианты задания для полевых транзисторов

| № вар | Тип ПТ | $U_{сио}$, В | $U_{зио}$, В | № вар | Тип ПТ | $U_{сио}$, В | $U_{зио}$, 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 903 А | 10 | -8 | 35 | КП 903 Б | 9 | -4 |
| 11 | КП 903 Б | 5 | -4 | 36 | КП 903 В | 18 | -6 |
| 12 | КП 903 В | 10 | -6 | 37 | КП 302А | 18 | -8 |
| 13 | КП 302А | 14 | -8 | 38 | КП 303А | 9 | -2,5 |
| 14 | КП 303А | 6 | -2,5 | 39 | КП 303Б | 10 | -3,2 |
| 15 | КП 303Б | 6 | -3,2 | 40 | КП 303Д | 20 | -8 |
| 16 | КП 303Д | 14 | -8 | 41 | КП 303Е | 20 | -8 |
| 17 | КП 303Е | 12 | -8 | 42 | КП 303В | 11 | -3,2 |
| 18 | КП 303В | 7 | -3,2 | 43 | КП 307Ж | 11 | -4 |
| 19 | КП 307Ж | 7 | -4 | 44 | КП 307В | 10 | -3,2 |
| 20 | КП 307В | 8 | -3,2 | 45 | КП 312А | 9 | -3,6 |
| 21 | КП 312А | 7 | -3,6 | 46 | КП 903 А | 22 | -8 |
| 22 | КП 903 А | 14 | -8 | 47 | КП 903 Б | 11 | -4 |
| 23 | КП 903 Б | 7 | -4 | 48 | КП 903 В | 22 | -6 |
| 24 | КП 903 В | 14 | -6 | 49 | КП 302А | 20 | -8 |
| 25 | КП 302А | 16 | -8 | 50 | КП 303А | 10 | -2,5 |

Таблица П.1.2. Варианты задания для биполярных транзисторов

| № вар | Тип БТ | U _{кэ} , В | № вар | Тип БТ | U _{кэ} , В | № вар | Тип БТ | U _{кэ} , В |
|-------|--------|---------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|---------------------|
| 1 | КТ601А | 30 | 18 | КТ819А | 6 | 35 | КТ608А | 6 |
| 2 | КТ602А | 15 | 19 | КТ902А | 20 | 36 | КТ815А | 6 |
| 3 | КТ603А | 30 | 20 | КТ903А | 25 | 37 | КТ817А | 7 |
| 4 | КТ605А | 6 | 21 | КТ601А | 50 | 38 | КТ819А | 3 |
| 5 | КТ608А | 3 | 22 | КТ602А | 25 | 39 | КТ902А | 30 |
| 6 | КТ815А | 3 | 23 | КТ603А | 50 | 40 | КТ903А | 35 |
| 7 | КТ817А | 4 | 24 | КТ605А | 10 | 41 | КТ601А | 70 |
| 8 | КТ819А | 5 | 25 | КТ608А | 5 | 42 | КТ602А | 35 |
| 9 | КТ902А | 15 | 26 | КТ815А | 5 | 43 | КТ603А | 70 |
| 10 | КТ903А | 20 | 27 | КТ817А | 6 | 44 | КТ605А | 14 |
| 11 | КТ601А | 40 | 28 | КТ819А | 7 | 45 | КТ608А | 7 |
| 12 | КТ602А | 20 | 29 | КТ902А | 25 | 46 | КТ815А | 7 |
| 13 | КТ603А | 40 | 30 | КТ903А | 30 | 47 | КТ817А | 3 |
| 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.

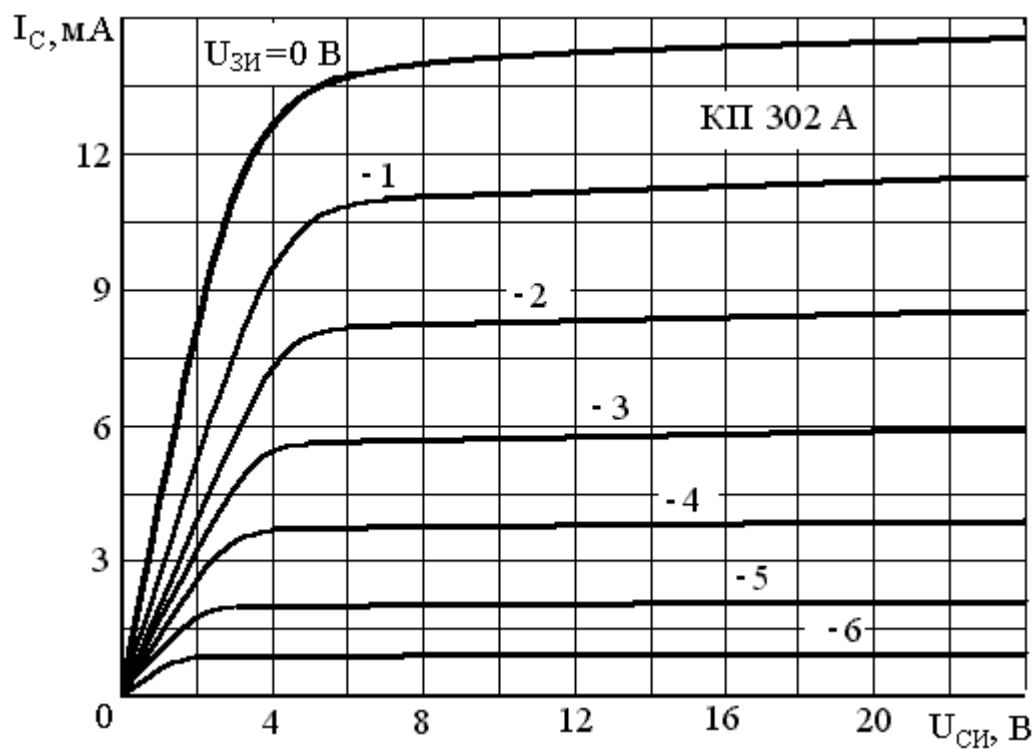


Рисунок П.2.1

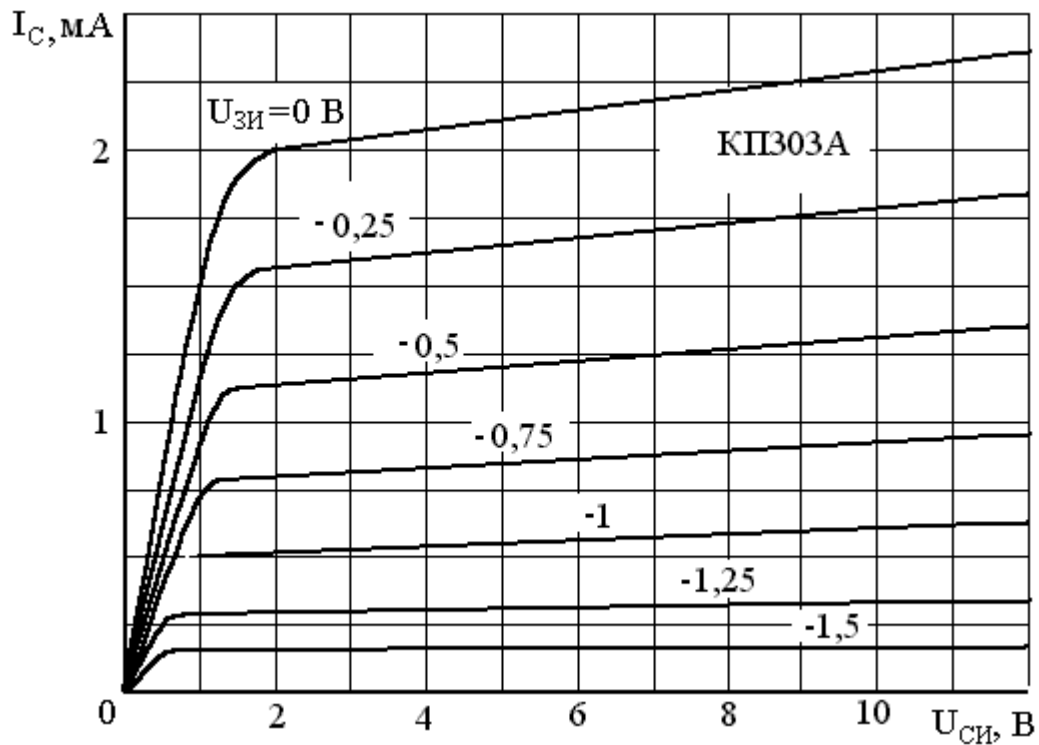


Рисунок П.2.2

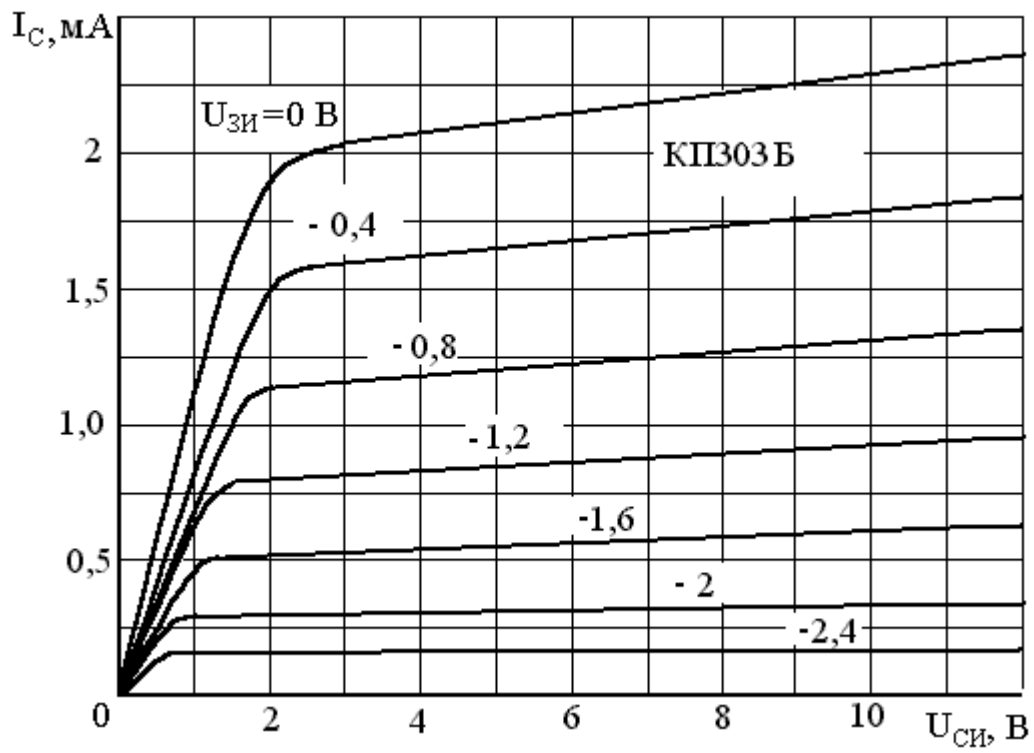


Рисунок П.2.3

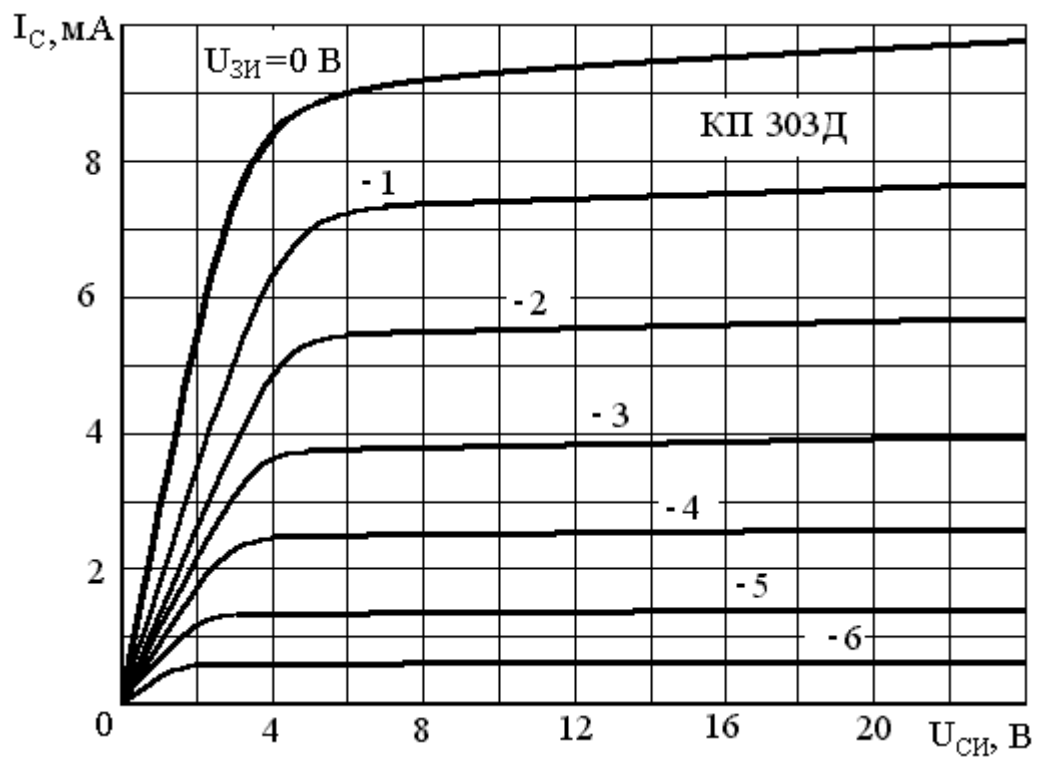


Рисунок П.2.4

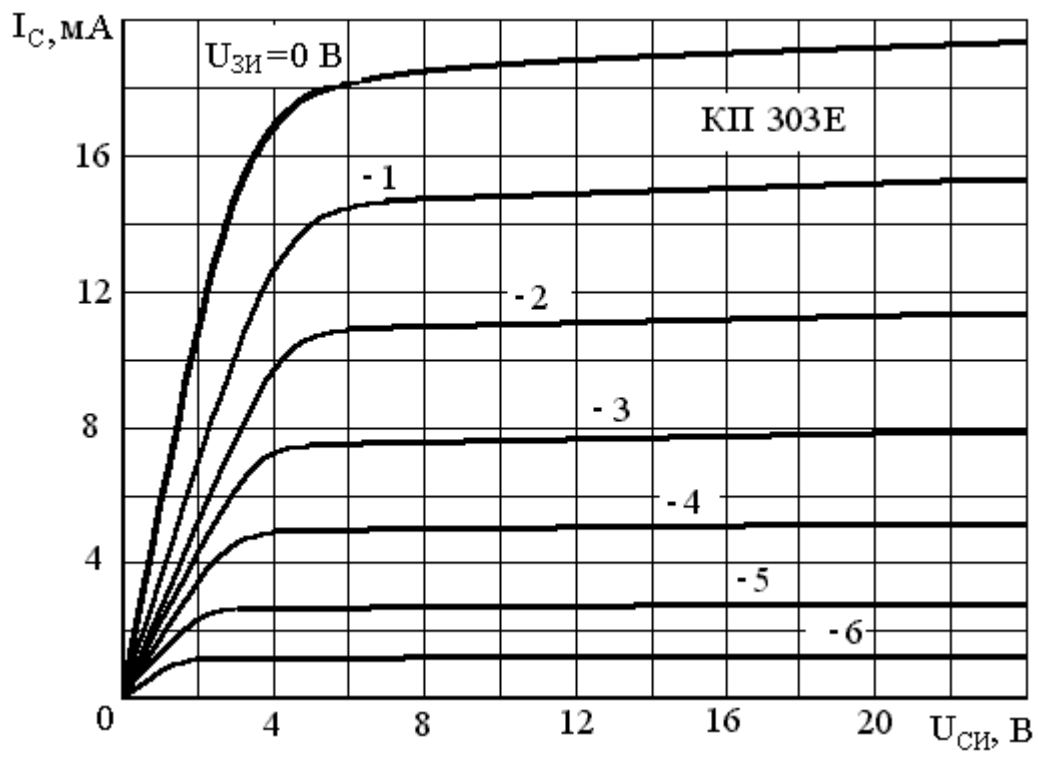


Рисунок П.2.5

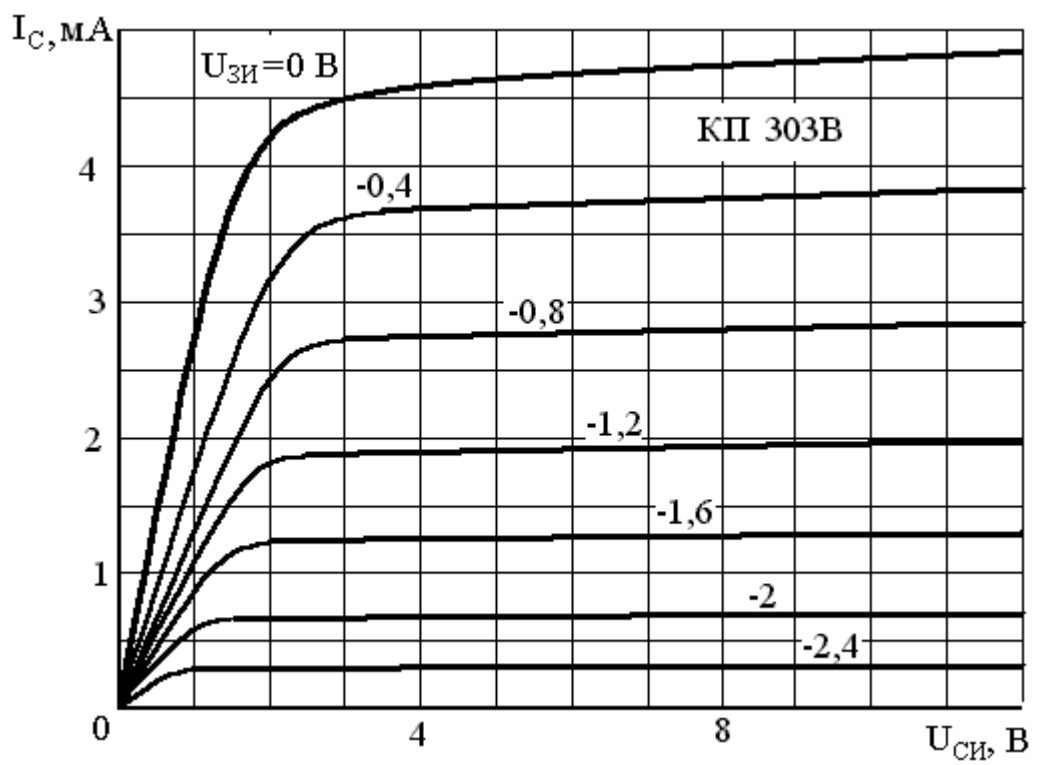


Рисунок П.2.6

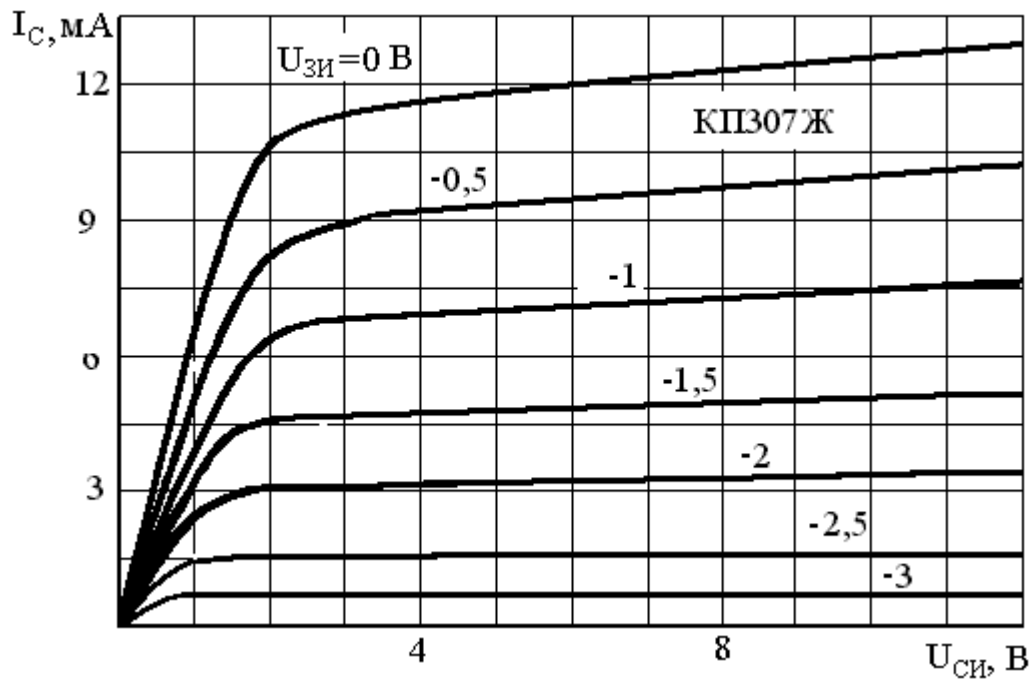


Рисунок П.2.7

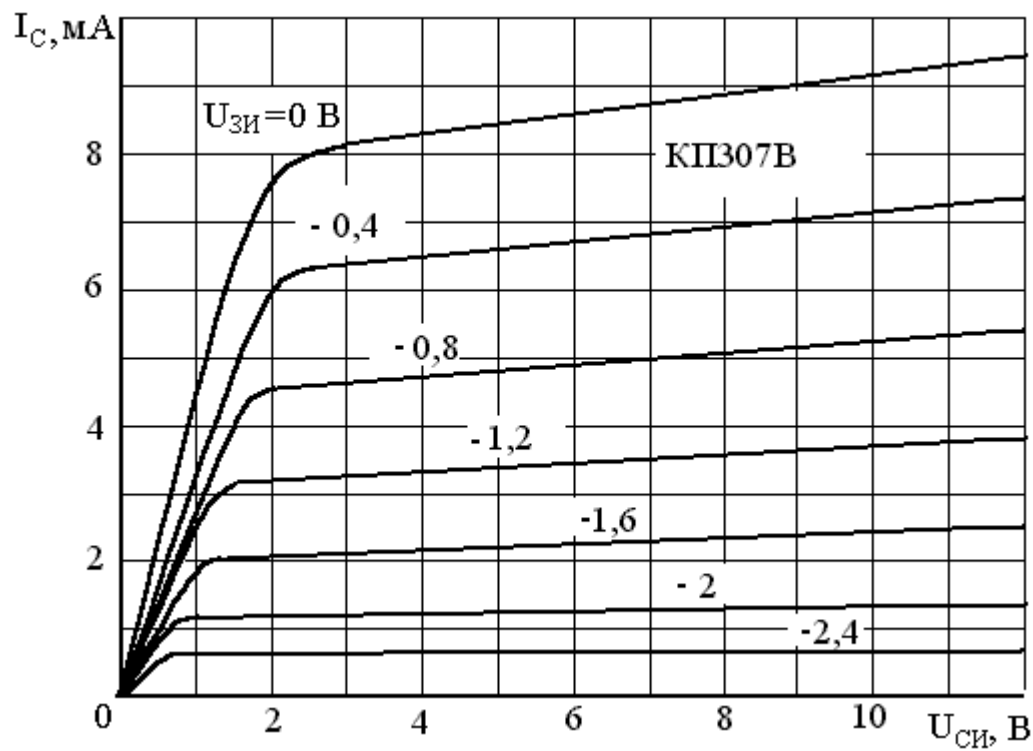


Рисунок П.2.8

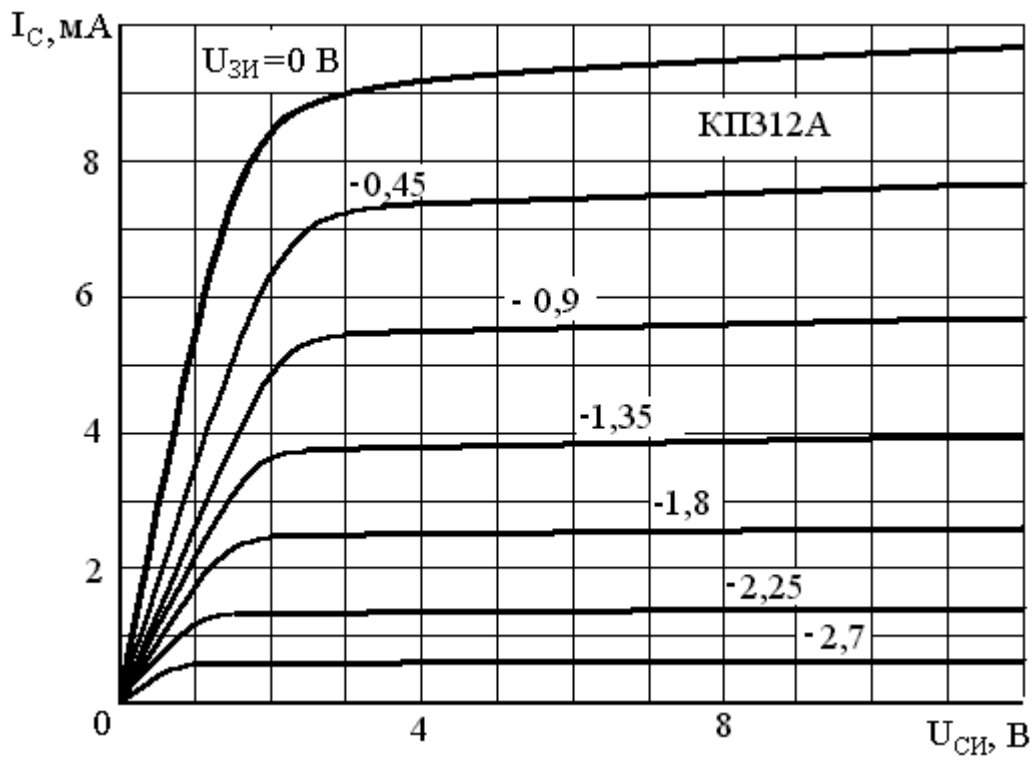


Рисунок П.2.9

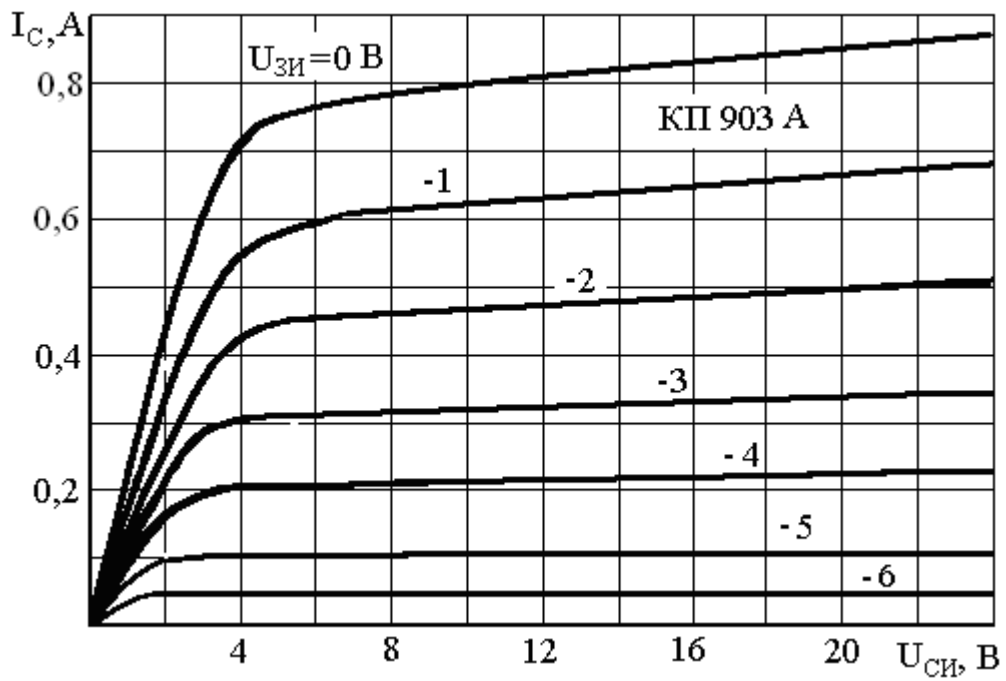


Рисунок П.2.10

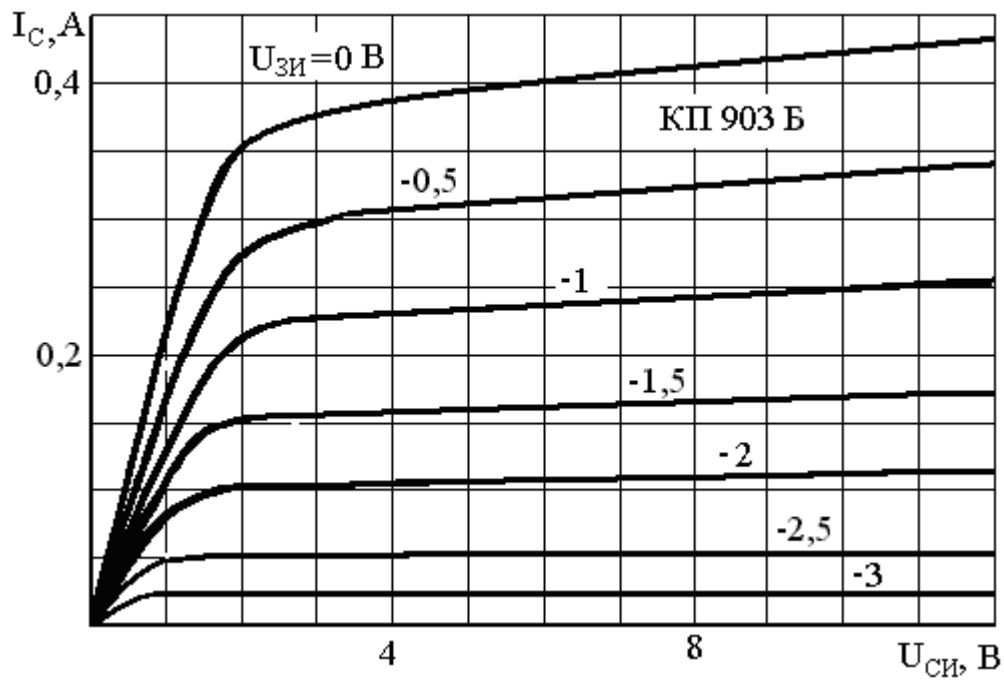


Рисунок П.2.11

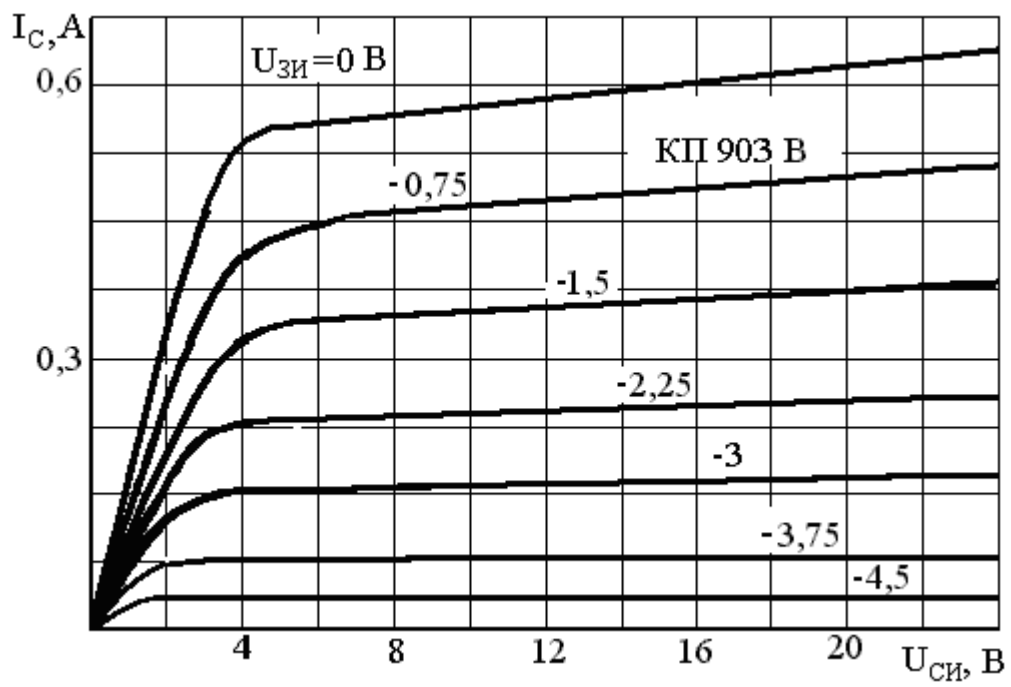


Рисунок П.2.12

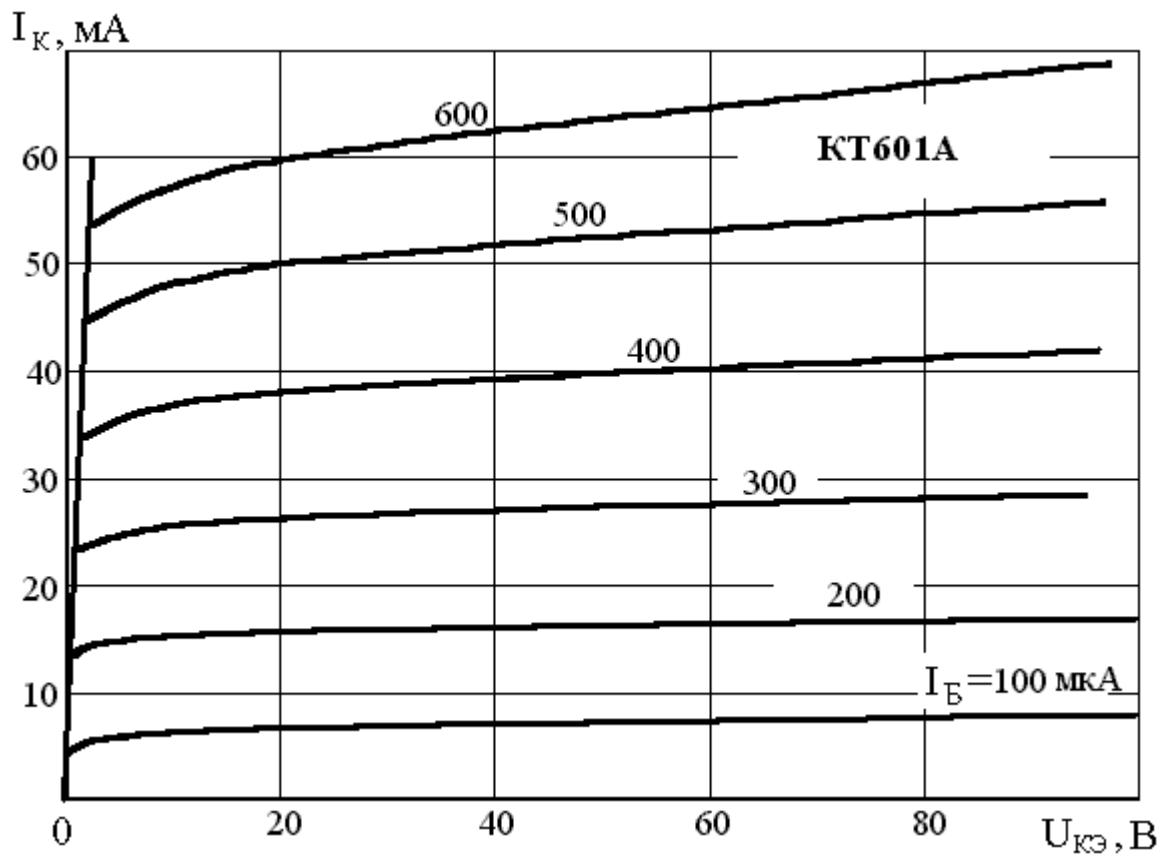


Рисунок П.2.13

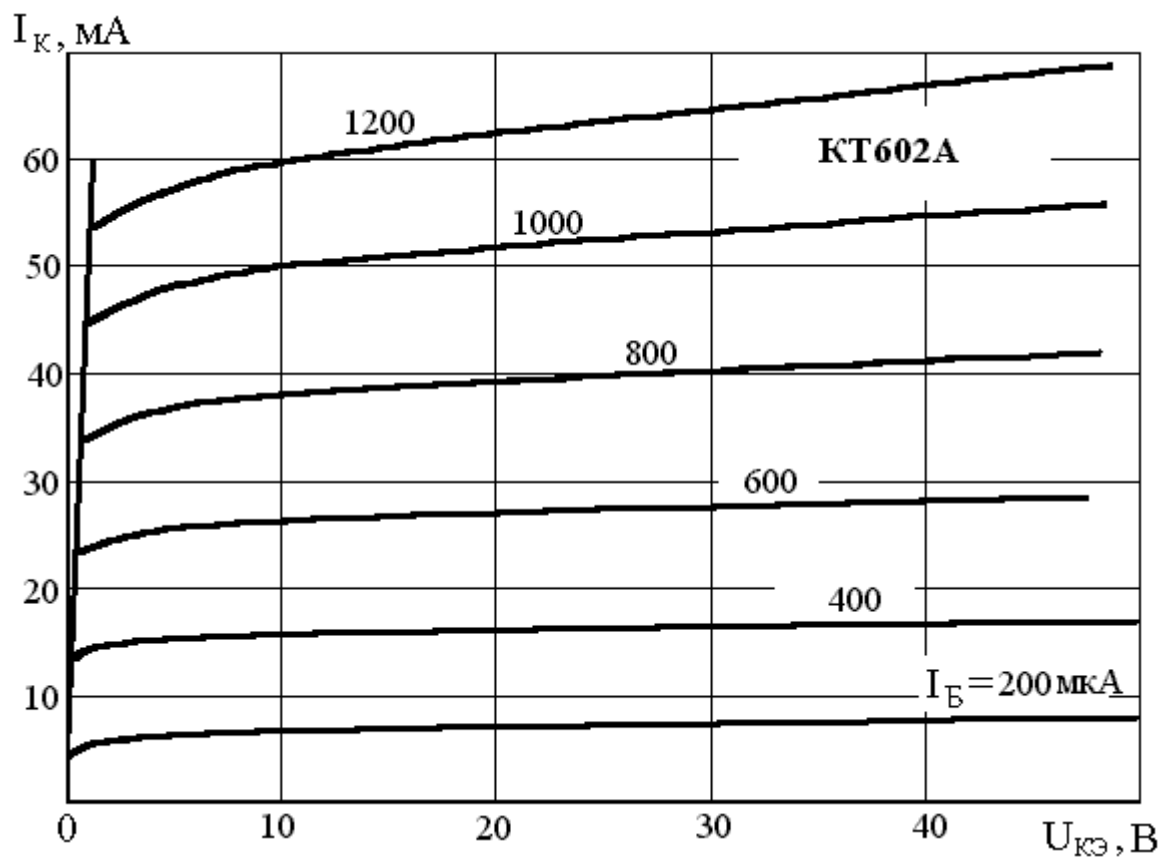


Рисунок П.2.14

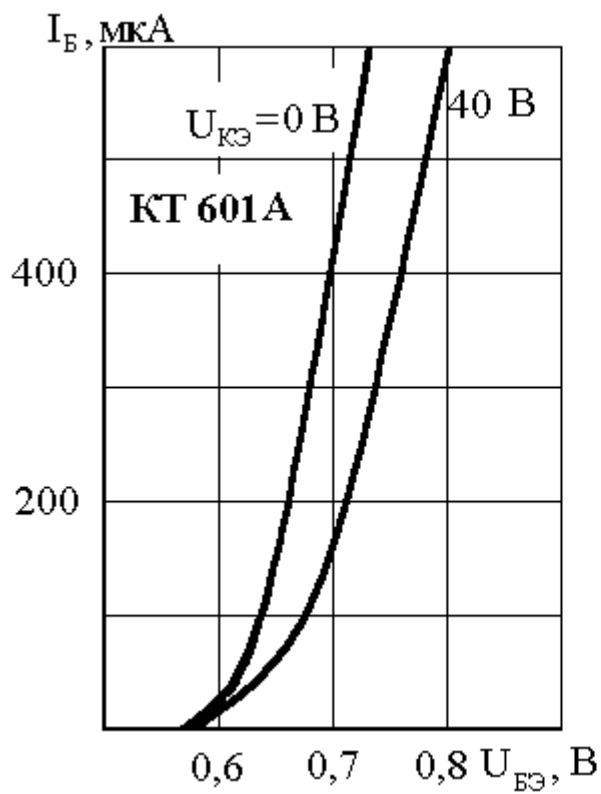


Рисунок П.2.15

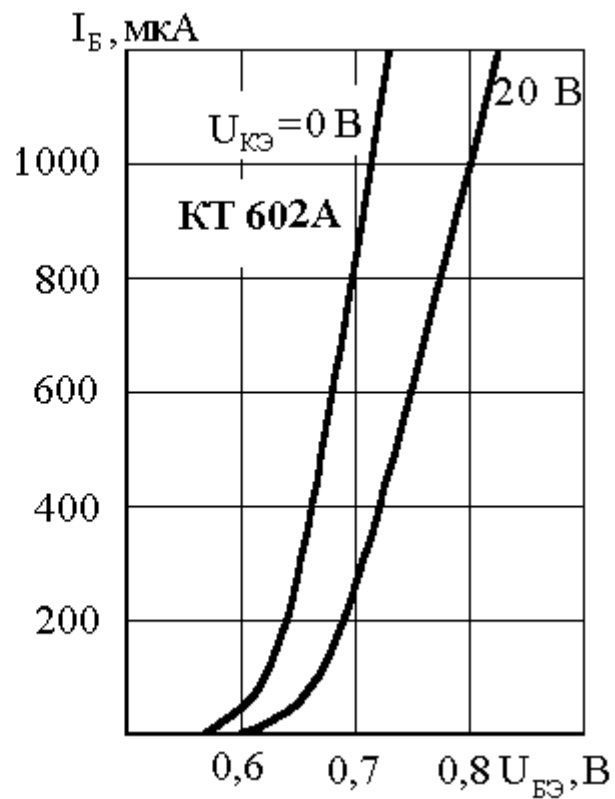


Рисунок П.2.16

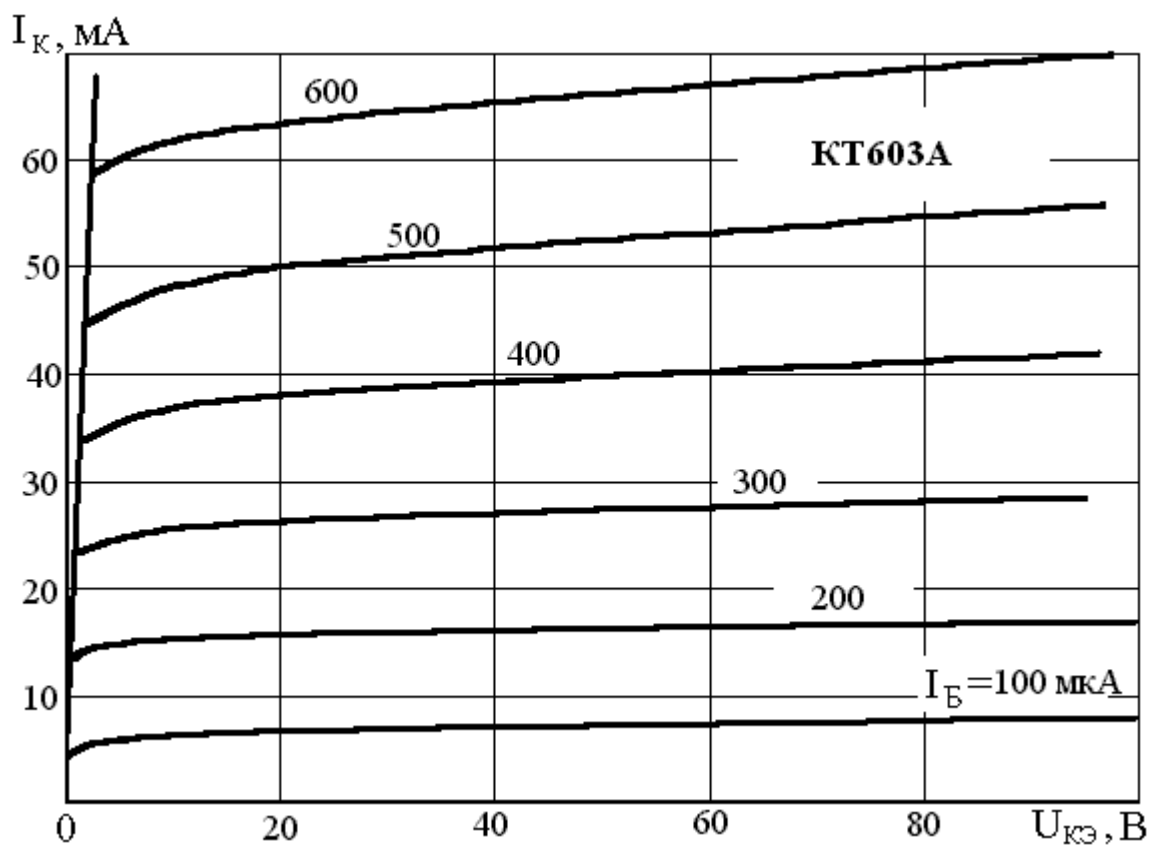


Рисунок П.2.17

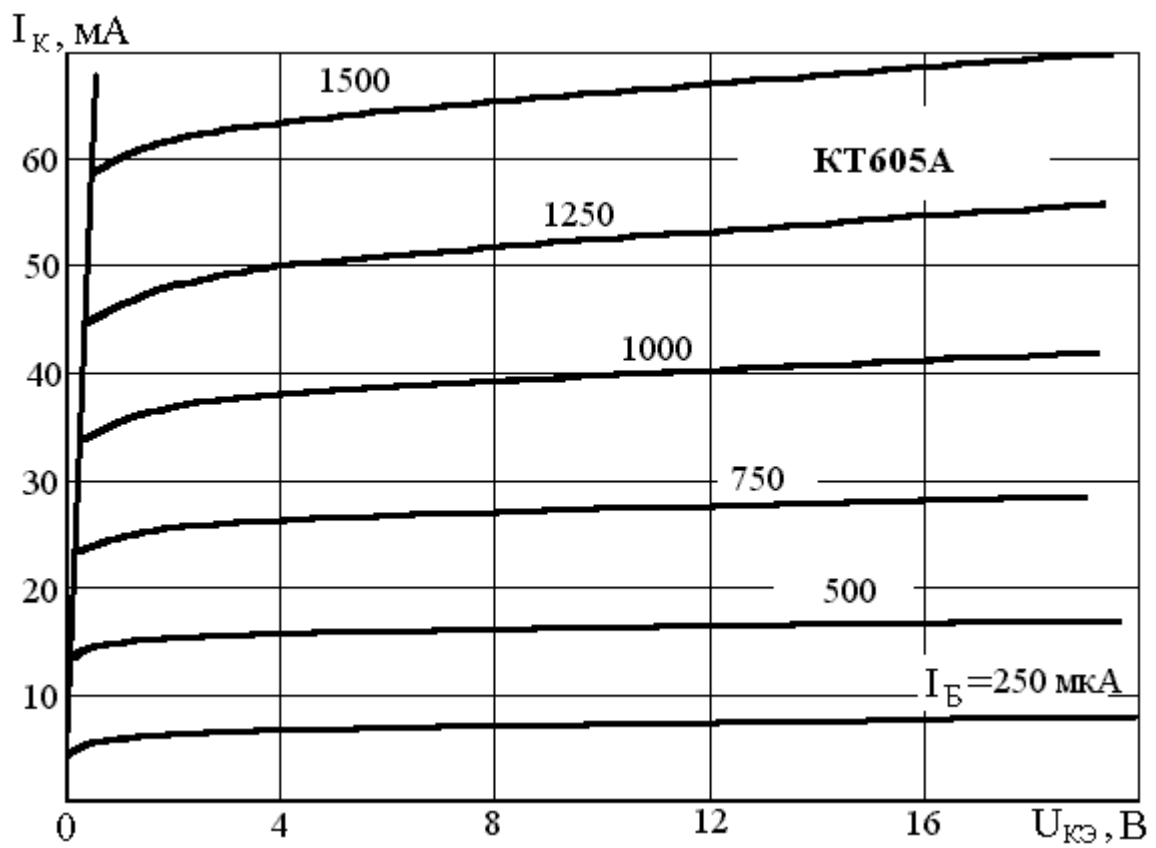


Рисунок П.2.18

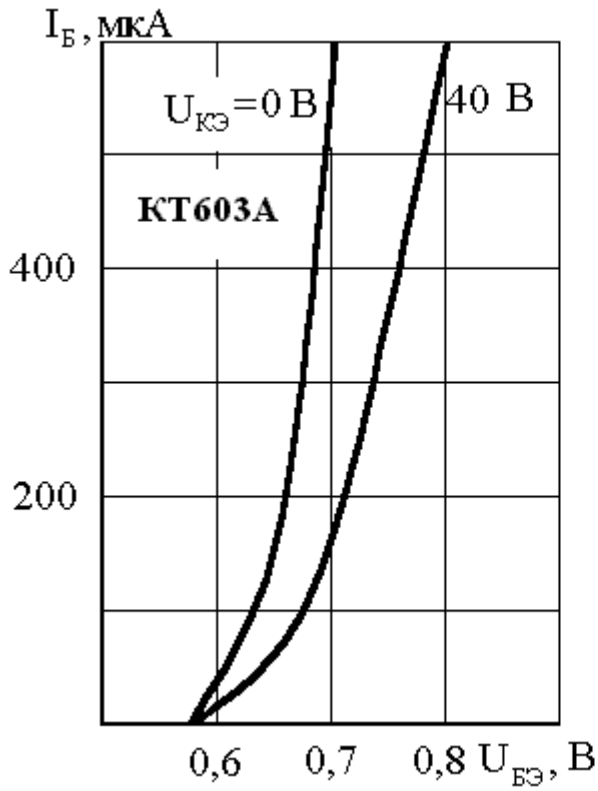


Рисунок П.2.19

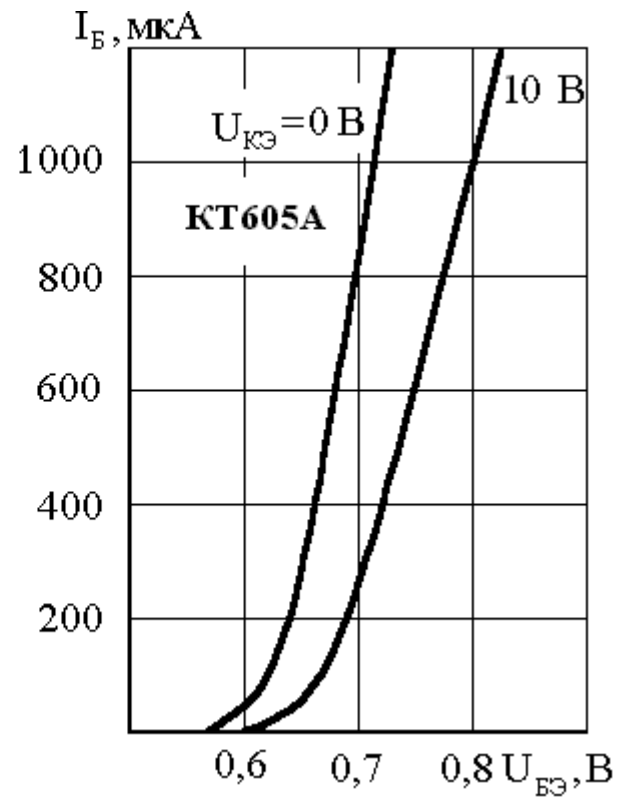


Рисунок П.2.20

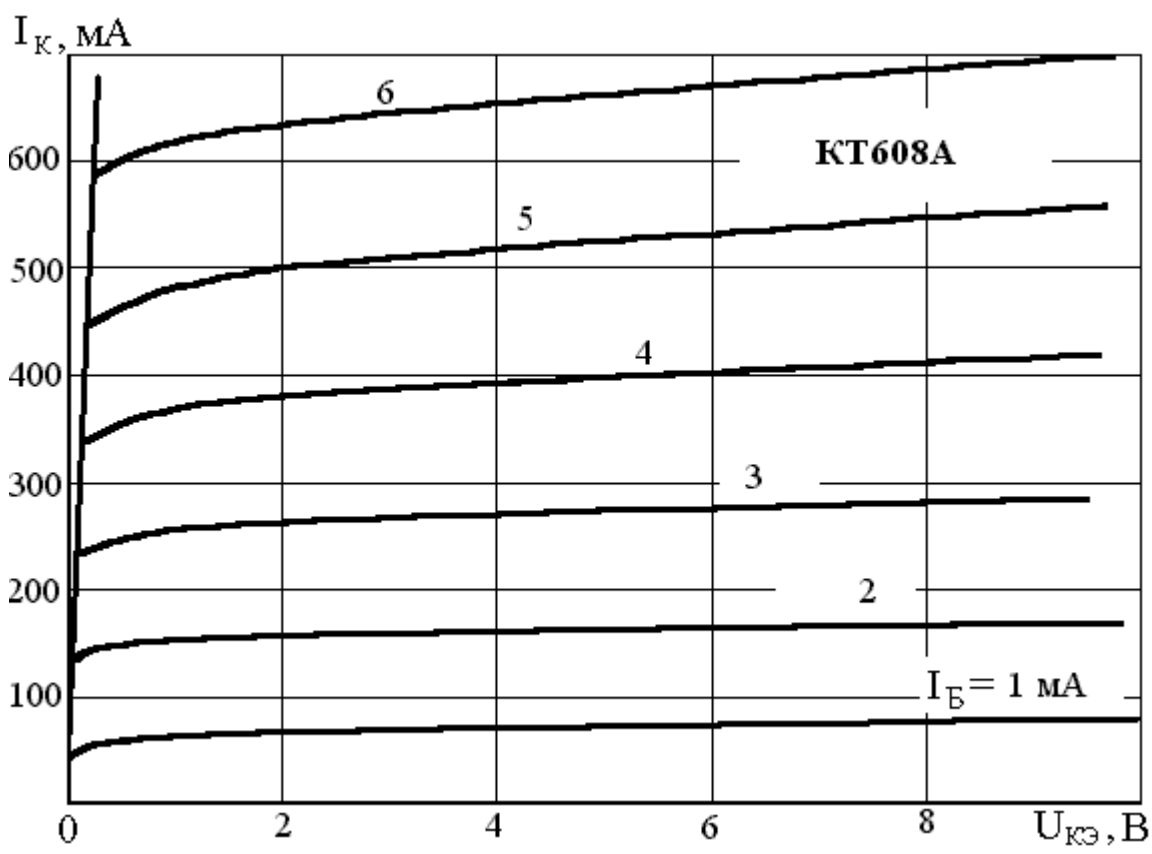


Рисунок П.2.21

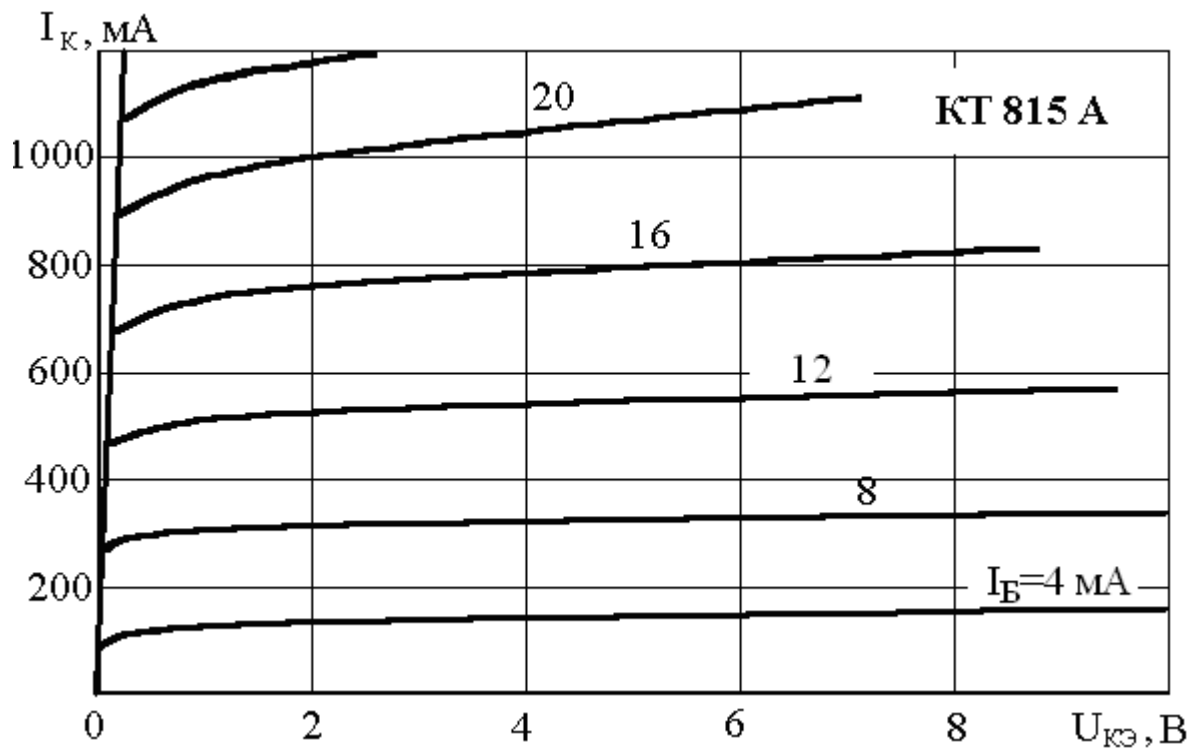


Рисунок П.2.22

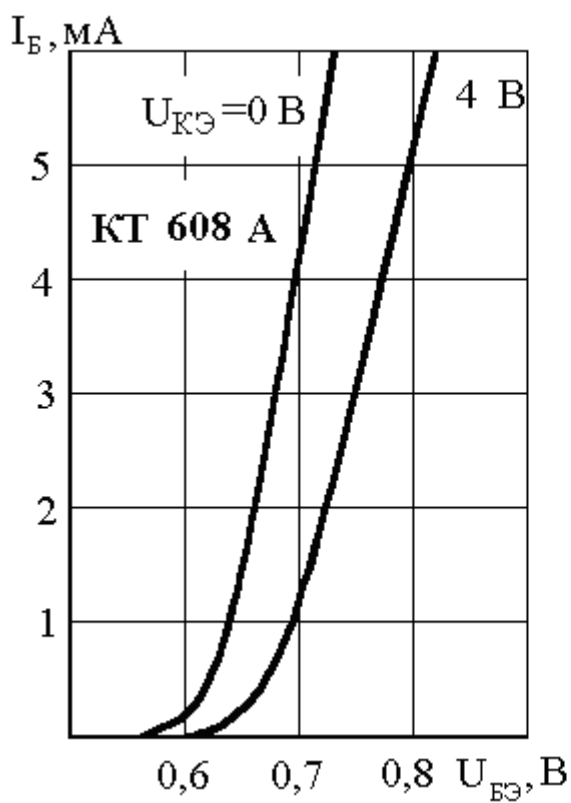


Рисунок П.2.23

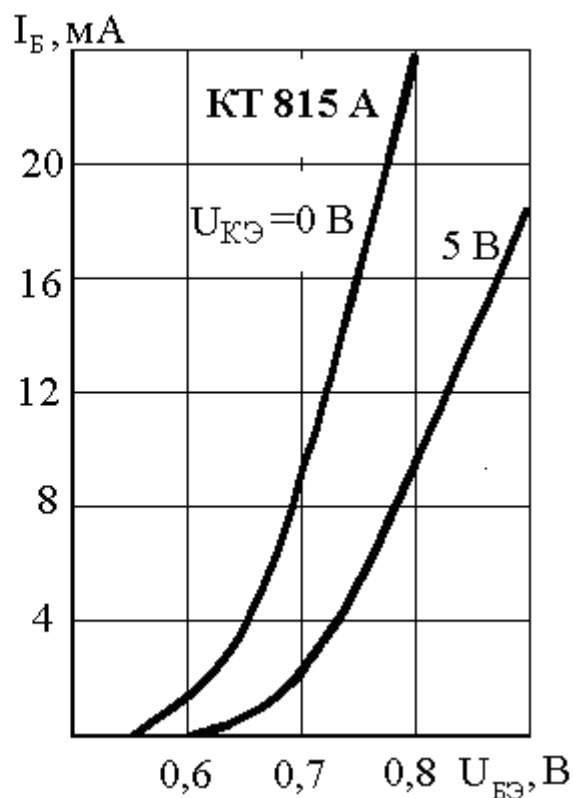


Рисунок П.2.24

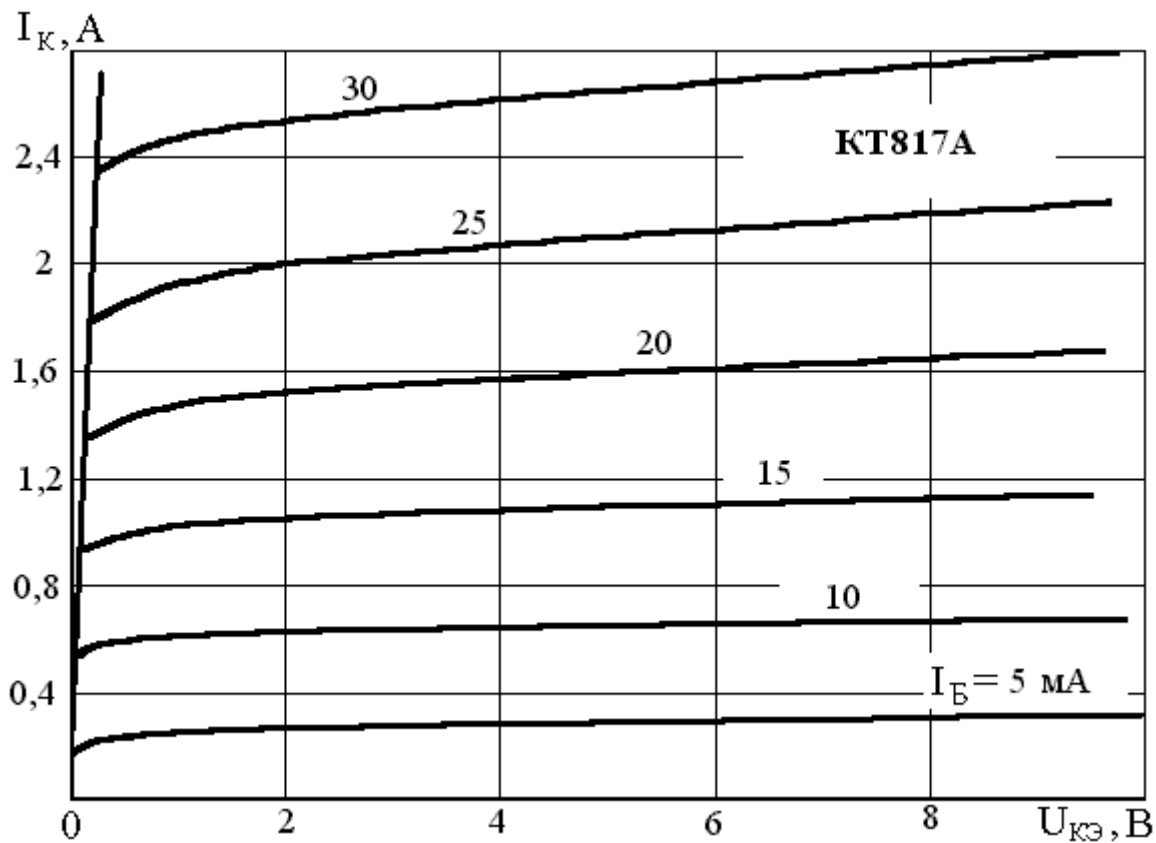


Рисунок П.2.25

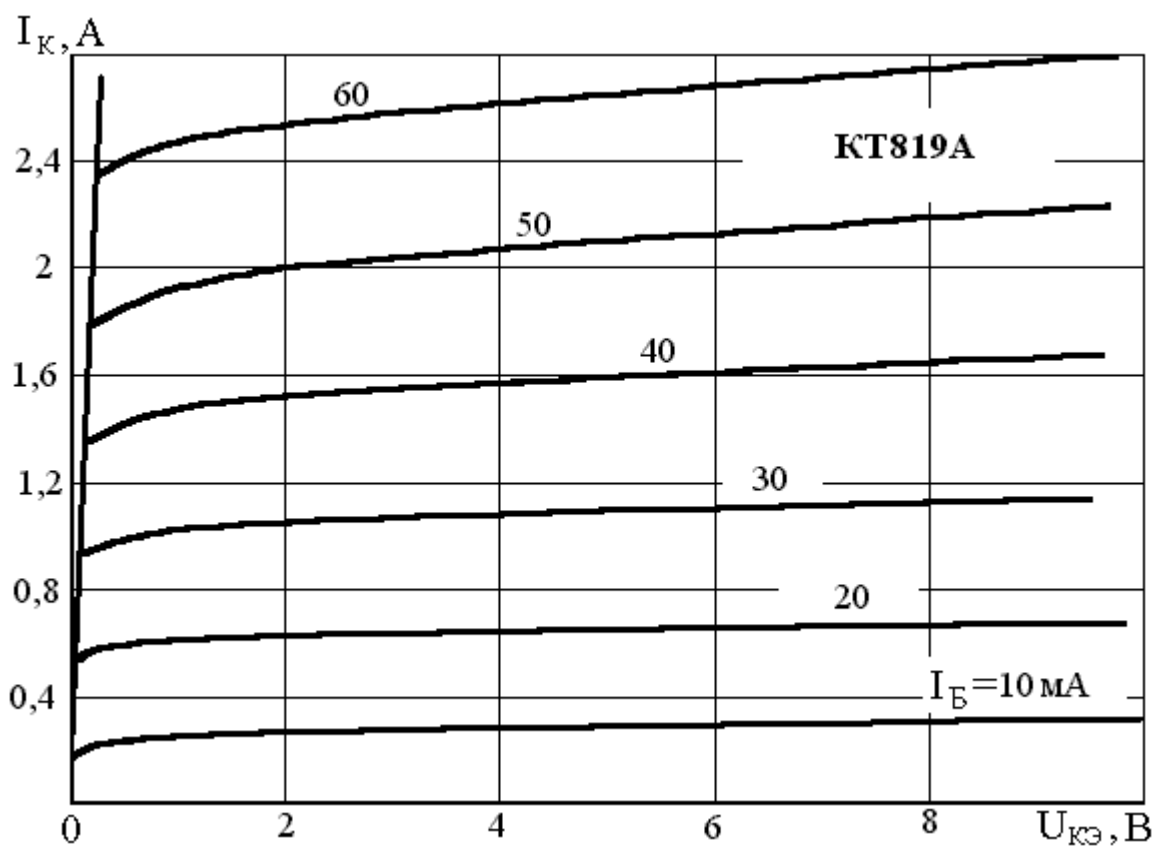


Рисунок П.2.26

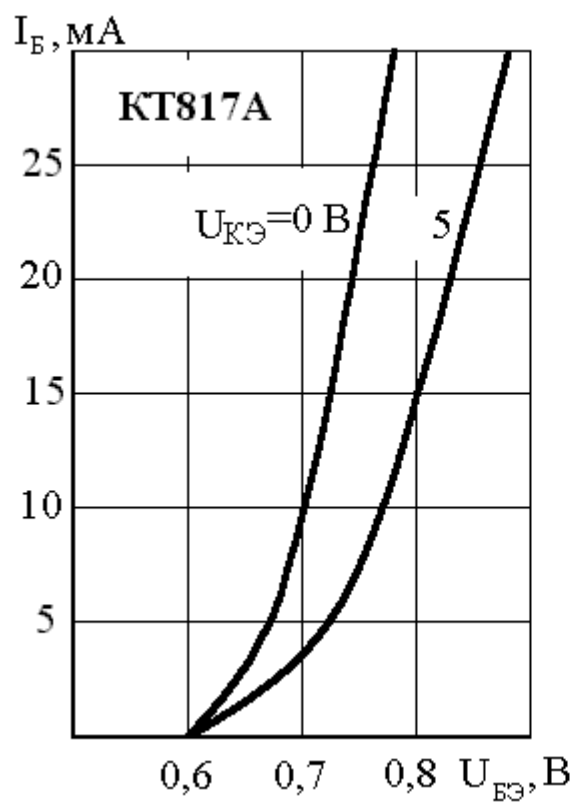


Рисунок П.2.27

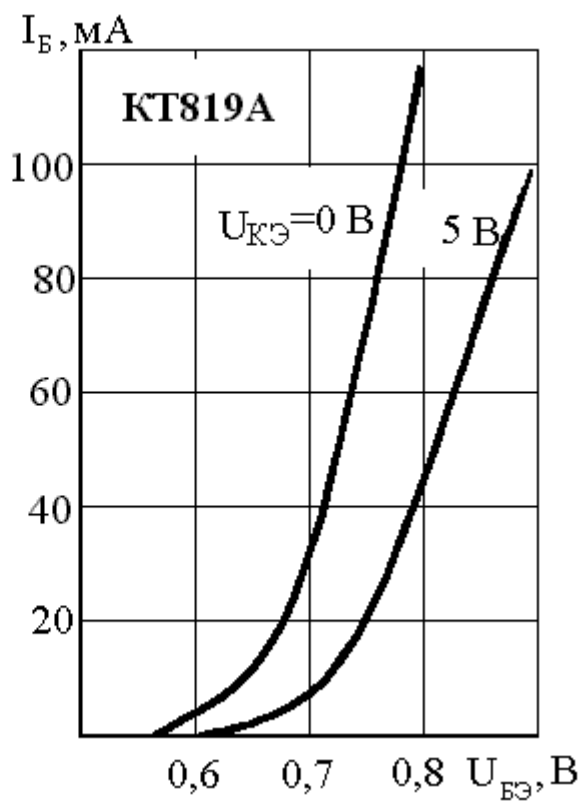


Рисунок П.2.28

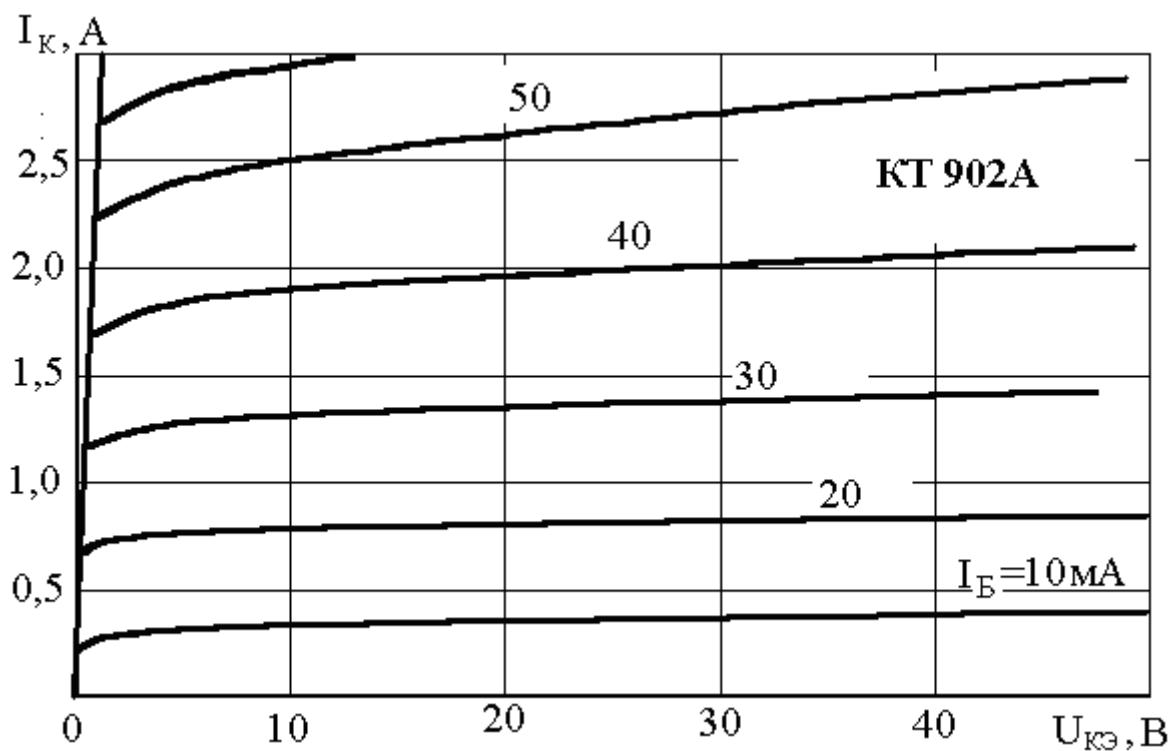


Рисунок П.2.29

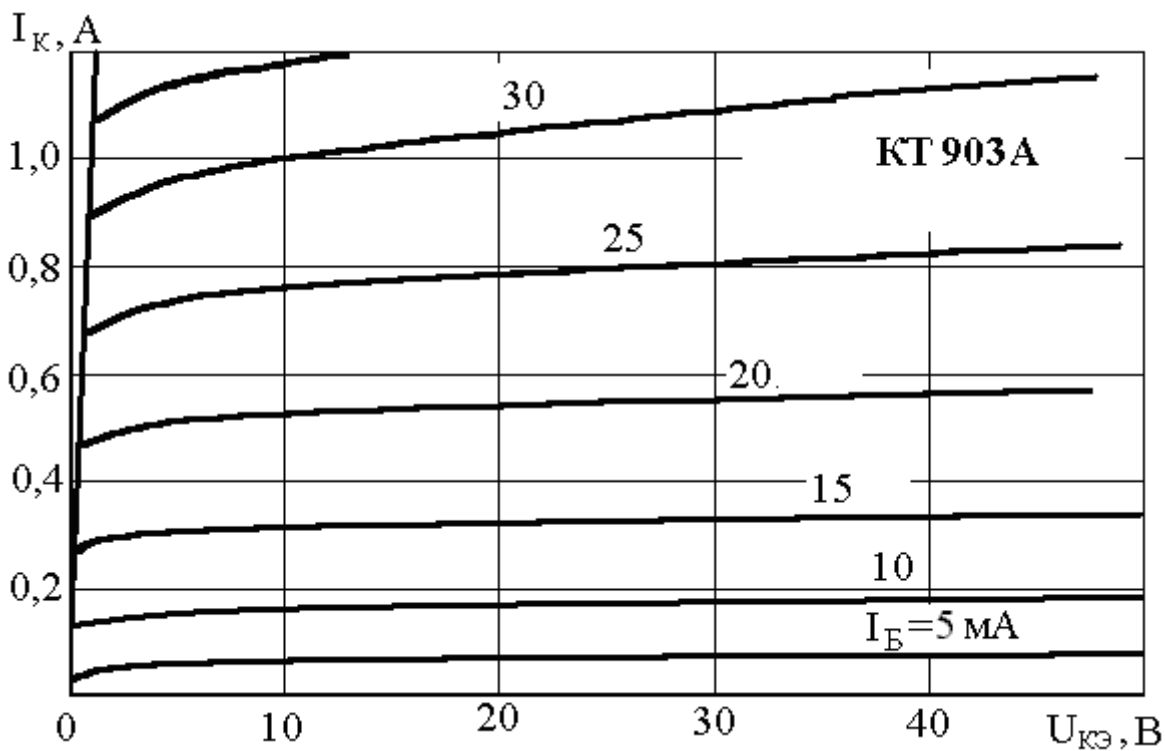


Рисунок П.2.30

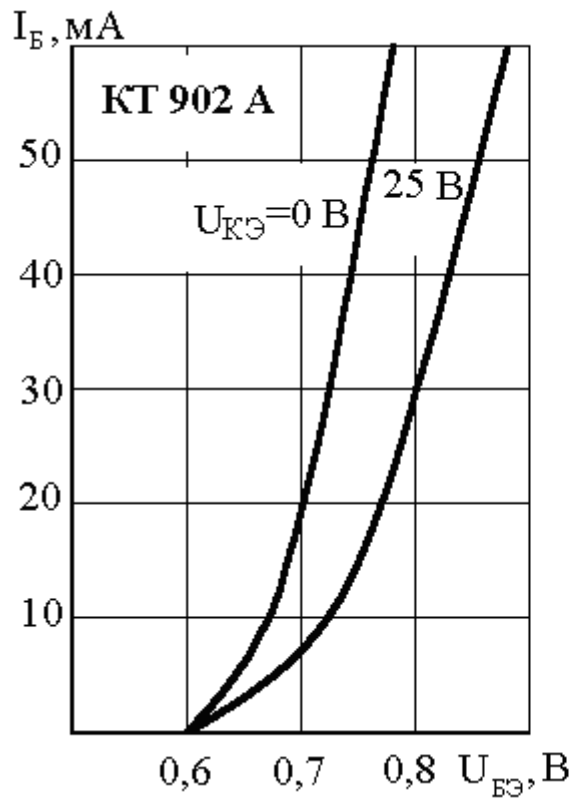


Рисунок П.2.31

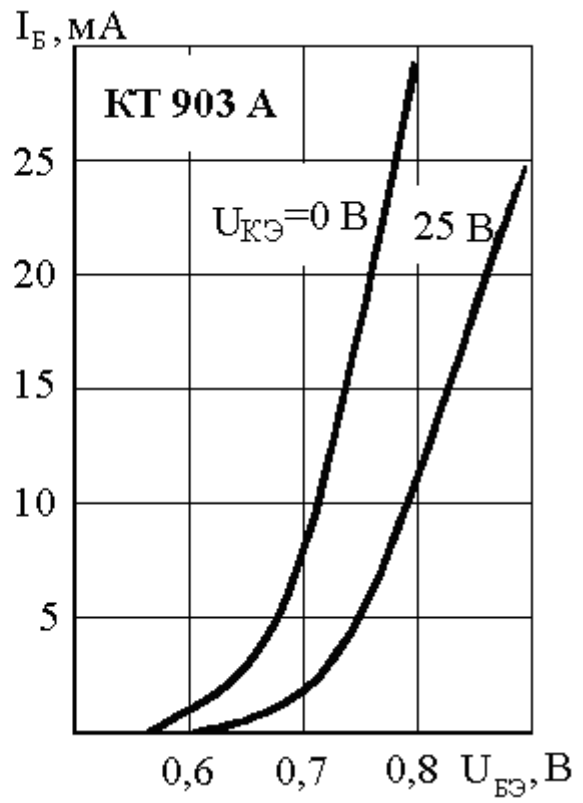


Рисунок П.2.32

Валерий Леонидович Савиных

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЭЛЕКТРОНИКИ**

Методические указания
к выполнению домашнего задания на тему
"Параметры полевого и биполярного транзисторов"

Редактор: А.Н. Игнатов
Корректор: Д.С. Шкитина

Подписано в печать
формат бумаги 60x84/16, отпечатано на ризографе, шрифт №10,
изд. л 1,5, заказ №, тираж 500. СибГУТИ
6300102, Новосибирск, ул. Кирова, 86.