

## Введение

Методические указания предназначены для студентов-заочников электрических и неэлектрических специальностей при изучении электроники по курсу «ЭОЭиМППТ», часть 2.

Требования к контрольной работе:

1. Контрольная работа выполняется в тетради в клетку либо на листах формата А4 аккуратным разборчивым почерком.
2. Все схемы, таблицы, графики выполнять в соответствии с ГОСТ.
3. Задачи должны содержать исходные данные по вашему варианту, электрическую схему и необходимые пояснения к ходу решения. Все вычисления, графики приводить в решении задач.
4. Контрольная работа предоставляется на рецензию заранее. При наличии замечаний в той же работе приводится исправленный вариант.

Сведения на контрольную работу №2.

Задача 1: Исходные данные для задачи берем из таблицы 1. По статическим характеристикам заданного биполярного транзистора (рисунок 1,2), включенного по схеме с общим эмиттером, рассчитать параметры усилителя графоаналитическим методом. Для этого:

- а) построить линию нагрузки;
- б) построить на характеристиках временные диаграммы токов и напряжений и выявить наличие или отсутствие искаженной формы сигнала, определить величины амплитуд напряжений на коллекторе и базе, тока коллектора;
- в) рассчитать для линейного (мало искажающего) режима коэффициенты усиления по току  $K_I$ , напряжению  $K_U$  и мощности  $K_P$  и входное сопротивление усилителя  $R_{ВХ}$ . Найти полезную мощность в нагрузке  $P$ , мощность, рассеиваемую в коллекторе  $P_K$ , потребляемую мощность  $P_{ПОТ}$  и коэффициент полезного действия  $\eta$ .

Задача 2: Рассчитать  $h$  - параметры транзистора в рабочей точке и построить эквивалентную схему прибора на низкой частоте, используя характеристики заданного биполярного транзистора (задача №1).

Задача 3: Исходные данные для задачи берем из таблицы 2. По выходным характеристикам полевого транзистора (рисунок 3) построить передаточную (стокзатворную) характеристику при указанном напряжении стока. Определить дифференциальные параметры полевого транзистора и построить их зависимость от напряжения на затворе:

$$\mu ; R_i ; S = f(U_{ЗИ}).$$

Задача 4: Решить задачу из задания согласно варианту.

Задача 5: Решить задачу из задания согласно варианту. Получить минимальную функцию и построить функциональную схему для реализации логической функции четырех переменных, заданной в таблице 3.

Таблица

Номера заданий, задач					
Номер варианта	1	2	3	4	5
1	5	5	6	5	1
2	1	1	10	6	2
3	2	2	9	7	3
4	3	3	8	8	4
5	4	4	7	9	5
6	5	6	6	10	6
7	6	6	5	11	7
8	7	7	4	12	8
9	8	8	3	13	9
10	9	9	2	14	10
11	10	10	1	3	1
12	9	9	9	2	2
13	8	8	8	1	3
14	7	7	7	14	4
15	6	6	6	13	5
16	5	5	1	12	6
17	4	4	3	11	7
18	3	3	2	10	8
19	2	2	4	9	9
20	1	1	5	8	10
21	4	4	1	7	1
22	9	9	2	6	2
23	5	5	7	5	3
24	9	9	9	4	4
25	1	1	1	3	5
26	2	2	2	2	6
27	3	3	3	1	7

28	4	4	4	9	8
29	5	5	5	10	9
30	6	6	6	8	10
31	7	7	7	11	1
32	8	8	8	7	2
33	9	9	9	12	3
34	10	10	10	6	4
35	2	2	1	13	5
36	11	11	11	11	10
37	12	12	12	12	6
38	14	14	13	13	5
39	13	13	14	6	4
40	15	15	15	14	7
41	16	16	16	8	8
42	17	17	9	9	4
43	18	18	17	5	2
44	19	19	18	11	3
45	20	20	6	7	1
46	6	6	19	6	9
47	7	7	20	10	10
48	8	8	10	1	1
49	9	9	12	12	14
50	5	5	5	5	5

### Пример решения задачи 1.

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

Выходные статические характеристики транзистора с необходимыми построениями показаны на рисунке 1.1. Нагрузочная линия соответствует графику уравнения  $U_{КЭ} + I_R \times R_H = E_K$ . На семействе выходных характеристик ордината этой прямой при  $U_{КЭ}=0$  соответствует точке  $I_K = E_K / R_H$ . Абсцисса при  $I_K=0$  соответствует точке  $U_{КЭ}=E_K$ . Соединение этих координатах и является построением нагрузочной линии.

В нашем случае координаты нагрузочной линии  $I_K=15/500=30 \text{ мА}$  и  $U_K=15 \text{ В}$ . Соединяя эти точки, получаем линию нагрузки.

Пересечение нагрузочной линии с заданным значением тока базы  $I_B$  определяет рабочую точку (РТ) транзисторного каскада, нагруженного на резистор. В нашем случае рабочая точка соответствует пересечению нагрузочной прямой с характеристикой при  $I_B=350 \text{ мкА}$ .

Если в семействе выходных характеристик отсутствует требуемая характеристика (в нашем случае  $I_B = 350 \text{ мкА}$ ), её следует самостоятельно построить между характеристиками с ближайшими значениями тока базы (на рисунке пунктирная линия).

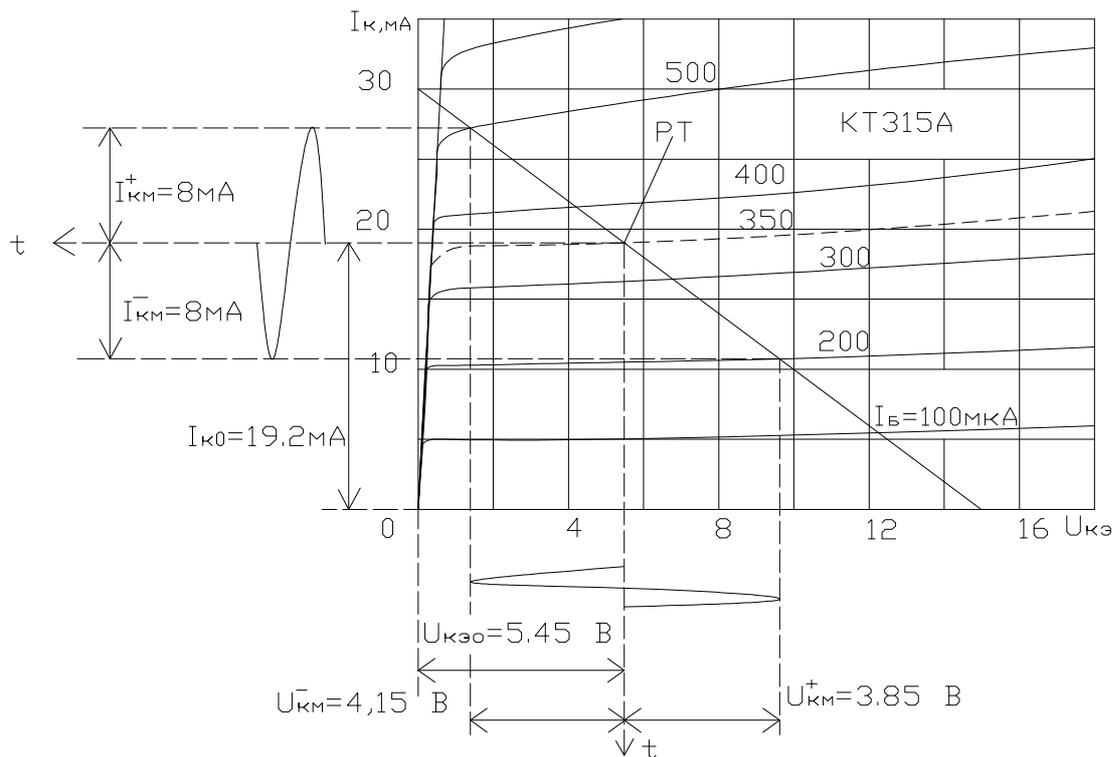


Рисунок 1.1.

Координаты рабочей точки дают значение рабочего режима выходной цепи  $U_{KЭ0}$  и  $I_{K0}$ . Определяем параметры режима по постоянному току  $I_{KЭ0} = 19,2 \text{ мА}$  и  $U_{KЭ0} = 5,45 \text{ В}$ .

На входных характеристиках (рисунок 1.2) рабочую точку определяем как точку пересечения ординаты соответствующей току  $I_{K0} = 350 \text{ мкА}$  характеристики при  $U_{KЭ} = 10 \text{ В}$  (PT). Хотя в рабочей точке на выходных характеристиках  $U_{KЭ} \neq 10 \text{ В}$ , входные характеристики в активном режиме практически совпадают и можно воспользоваться характеристикой для  $U_{KЭ} = 10 \text{ В}$ . Определяем  $U_{БЭ0} = 0,745 \text{ В}$ .

По данному изменению синусоидального тока базы с амплитудой  $I_{БМ}$  определяем графически амплитуды токов и напряжений на электродах транзистора. Построим временные диаграммы переменного тока коллектора, напряжения коллектора и базы для случая синусоидального входного тока с амплитудой  $I_{БМ} = 150 \text{ мкА}$ . Временные диаграммы строятся с учетом того, что напряжения на базе и коллекторе противофазные. После построения временных диаграмм необходимо оценить, имеются ли заметные искажения в выходной цепи транзистора или нет.

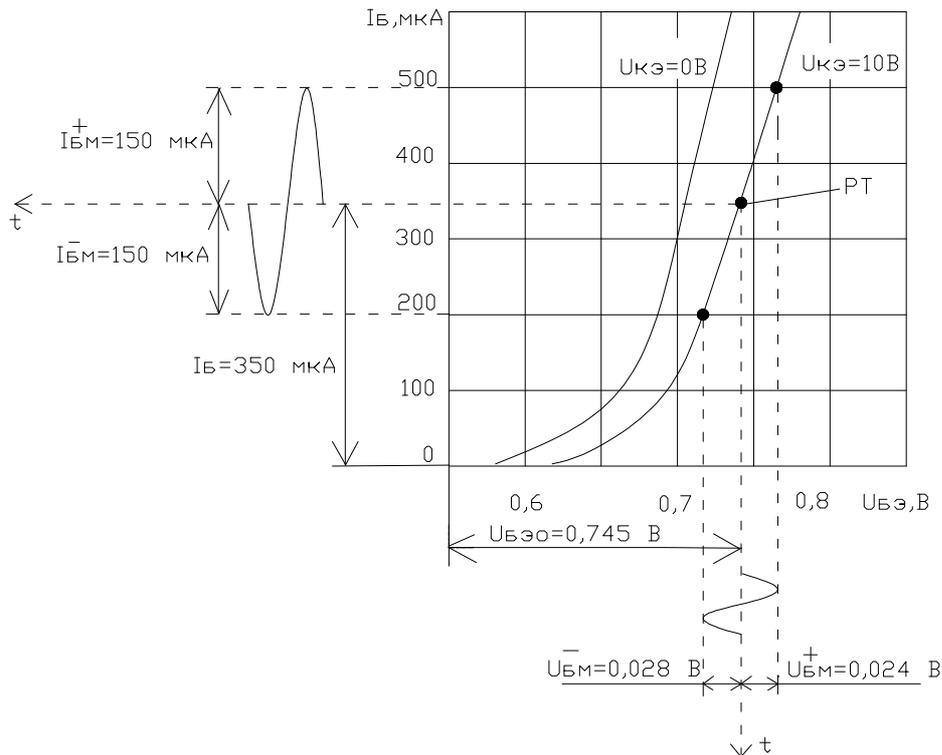


Рисунок 1.2

Из временных диаграмм видно, что под воздействием переменного входного тока 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 или неискажающим.

При нахождении из графиков величин  $I_{KM}$ ,  $U_{KM}$ ,  $U_{BM}$  следует обратить внимание, что амплитудные значения для положительных и отрицательных полуволн сигнала могут быть неодинаковыми, а значит, усиление большого сигнала в активном режиме сопровождается некоторыми искажениями.

Для дальнейших расчетов значения амплитуд определяется как среднее за период.

По выходным статическим характеристикам (рисунок 1.1) находим положительные и отрицательные амплитуды токов и напряжений  $I_{KM}^+ = 8 \text{ mA}$  и  $I_{KM}^- = 8 \text{ mA}$ , а также  $U_{KM}^+ = 3,85 \text{ V}$  и  $U_{KM}^- = 4,15 \text{ V}$ . Затем определяем среднее значение амплитуд:

$$I_{KM} = \frac{I_{KM}^+ + I_{KM}^-}{2} = \frac{8 + 8}{2} = 8 \text{ mA},$$

$$U_{KM} = \frac{U_{KM}^+ + U_{KM}^-}{2} = \frac{3,85 + 4,15}{2} = 4B.$$

По входным характеристикам находим  $U_{BM}^+ = 0,024 B$  и  $U_{BM}^- = 0,028 B$ .

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

Затем определяем коэффициенты усиления:

по току:  $K_I = \frac{I_{KM}}{I_{BM}} = \frac{8}{0,15} \approx 53,$

по напряжению:  $K_U = \frac{U_{KM}}{U_{BM}} = \frac{4}{0,026} \approx 154,$

по мощности:  $K_P = K_I \cdot K_U = 53 \cdot 154 = 8162.$

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

Определяем мощности.

Полезная мощность:

$$P = P = \frac{U_{KM} \times I_{KM}}{2} = \frac{4 \times 8 \times 10^{-3}}{2} = 16 \cdot 10^{-3} = 16 \text{ мВт}.$$

Мощность, рассеиваемая на коллекторе:

$$P_{KO} = U_{KЭО} \times I_{KO} = 5,45 \times 19,2 \times 10^{-3} = 104,6 \text{ мВт}.$$

Потребляемая мощность:

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

Коэффициент полезного действия каскада:

$$\eta = \frac{P}{P_{II}} \cdot 100\% = \frac{16}{288} \cdot 100\% \approx 5,55\%.$$

Пример решения задачи 2.

Определим Н-параметры биполярного транзистора *КТ 315А*, рабочая точка:  $I_{Б0} = 350 \text{ мкА}$ ;  $U_{КЭ0} = 5,45 \text{ В}$ .

При любой схеме включения транзистор может быть представлен в виде активного четырехполюсника, на входе которого действует напряжение  $u_1$  и протекает ток  $i_1$ , а на выходе – напряжение  $u_2$  и ток  $i_2$ .

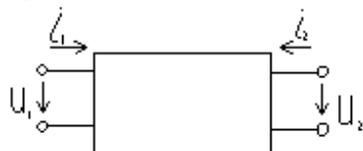


Рис.2.1. Схема транзистора, представленного в виде активного четырехполюсника.

Для транзисторов чаще всего используются  $h$  – параметры, так как они наиболее удобны для измерений. Система уравнений, показывающая связь напряжений и токов с  $h$ - параметрами, имеет вид:

$$\begin{vmatrix} U_1 \\ I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} I_1 \\ U_2 \end{vmatrix}$$

В систему  $h$ - параметров входят следующие величины.

Входное сопротивление

$$h_{11} = \frac{\Delta U_1}{\Delta I_1} \quad \text{при } U_2 = const \quad \text{или} \quad (\Delta U_2 = 0),$$

представляет собой сопротивление транзистора между входными зажимами для переменного входного тока при коротком замыкании на выходе, т.е. при отсутствии выходного переменного напряжения. А если бы на выходе было переменное напряжение, то оно за счет обратной связи, существующей в транзисторе, влияло бы на входной ток. В результате входное сопротивление получалось бы различным в зависимости от переменного напряжения на выходе, которое, в свою очередь, зависит от сопротивления нагрузки  $R$ . Но параметр  $h_{11}$  должен характеризовать сам транзистор, и поэтому он определяется при  $U_2 = const$ , т.е. при  $R_H = 0$ .

Параметр  $h_{11Э}$  определим следующим образом. На входных характеристиках (рисунок 2.2) зададимся приращением тока базы  $\Delta I_B = \pm 50 = 100 \text{ мкА}$  относительно

рабочей точки  $I_{BO}=350$  мкА. Соответствующее приращение напряжения база-эмиттер составит  $\Delta U_{БЭ1}=0,018$  В. Входное сопротивление:

$$h_{11Э} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_{Б}} = \frac{0,018}{0,1 \times 10^{-3}} = 180 \text{ Ом}$$

Коэффициент обратной связи по напряжению:

$$h_{12} = \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} \quad \text{при } I_1 = const \text{ или } (\Delta I_1 = 0),$$

показывает, какая доля выходного переменного напряжения передается на вход транзистора вследствие наличия в нем внутренней обратной связи.

Условие  $I_1 = const$  подчеркивает, что входная цепь разомкнута для переменного тока.

Параметр  $h_{12Э}$  определим по входным характеристикам. При постоянстве тока базы ( $I_{BO} = 350$  мкА) найдем приращение напряжения база-эмиттер:  $\Delta U_{БЭ2}=0,035$  В. Тогда коэффициент обратной связи по напряжению составит:

$$h_{12Э} = \frac{\Delta U_{БЭ2}}{\Delta U_{КЭ}} = \frac{0,035}{10 - 0} = 0,0035$$

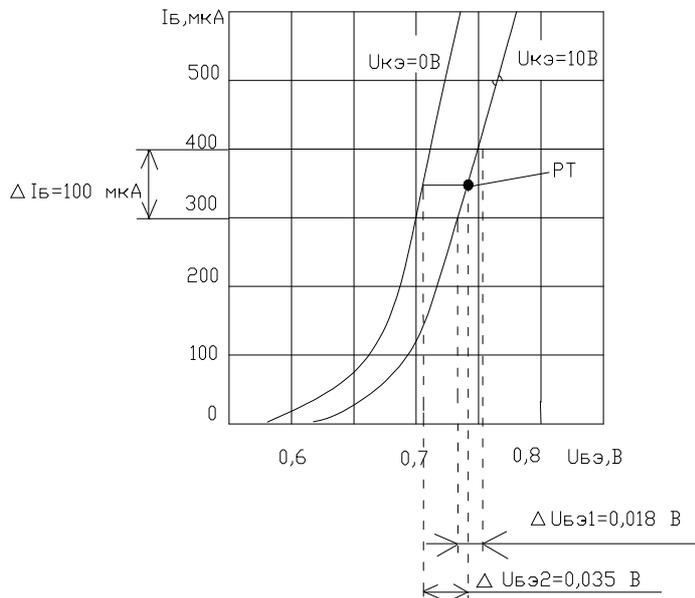


Рисунок 2.2

Коэффициент усиления по току (коэффициент передачи тока):

$$h_{21} = \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1} \quad \text{при } U_2 = const \text{ или } (\Delta U_2 = 0),$$

показывает усиление тока транзистором в режиме работы без нагрузки.

Условие  $U_2 = const$ , т.е.  $R_H = 0$ , здесь задается для того, чтобы изменение выходного тока  $I_2$  зависело только от изменения входного тока  $I_1$ . Если бы выходное напряжение менялось, то оно влияло бы на выходной ток, и по изменению этого тока уже нельзя было бы правильно оценить усиление.

По выходным характеристикам определим параметр  $h_{21\Omega}$  (рисунок 2.3).  
 Зададимся приращением тока базы относительно рабочей точки  $\Delta I_B = 100 \text{ мкА}$ , соответствующее приращение тока коллектора составит  $\Delta I_{K1} = 5,6 \text{ мА}$ .  
 Коэффициент передачи тока базы:

$$h_{21\Omega} = \frac{\Delta I_{K1}}{\Delta I_B} = \frac{5,6 \times 10^{-3}}{(400 - 300) \times 10^{-6}} = 56.$$

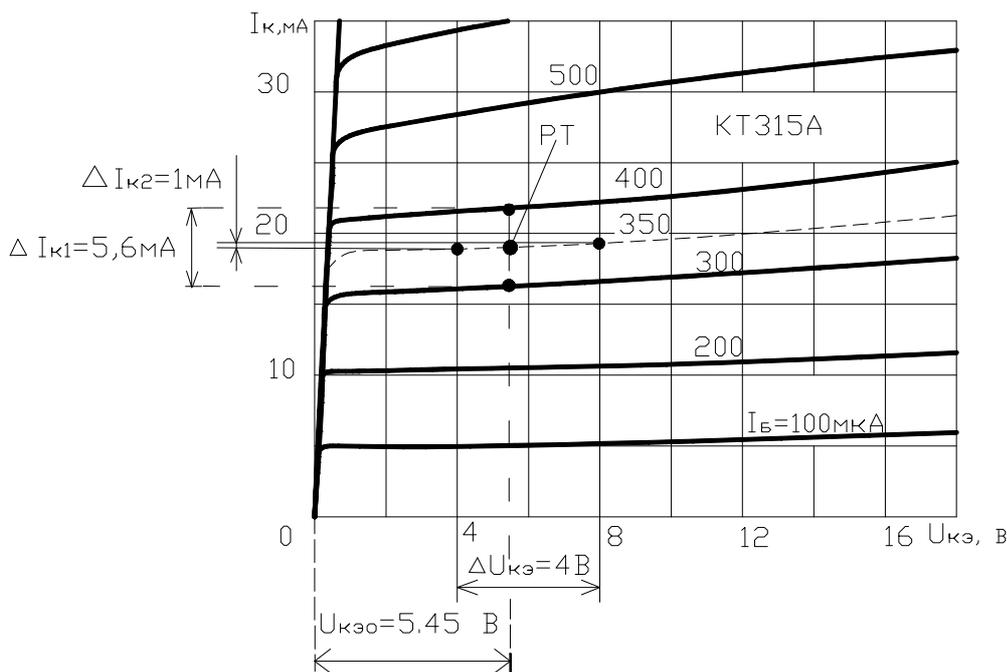


Рисунок 2.3

Выходная проводимость:

$$h_{22} = \frac{\Delta I_2}{\Delta U_2} \quad \text{при } I_1 = \text{const} \quad \text{или} \quad (\Delta I_1 = 0),$$

представляет собой внутреннюю проводимость для переменного тока между выходными зажимами транзистора. Если ток  $I_1$  не будет постоянным, то его изменения вызовут изменения тока  $I_2$  и значение  $h_{22}$ , будет определено неправильно.

Величина  $h_{22}$  измеряется в сименсах (См).

Выходную проводимость определим по выходным характеристикам. Около рабочей точки зададимся приращением напряжения коллектор-эмиттер:  $\Delta U_{КЭ} = 4В$ . Соответствующее приращение тока коллектора составит  $\Delta I_{К2} = 1 \text{ мА}$ . Выходная проводимость:

$$h_{22Э} = \frac{\Delta I_{К2}}{\Delta U_{КЭ}} = \frac{1 \times 10^{-3}}{4} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ См}$$

Н – параметры транзистора позволяют достаточно просто создать его схему замещения, в которой присутствуют только резисторы, управляемые источник напряжения и источник тока.

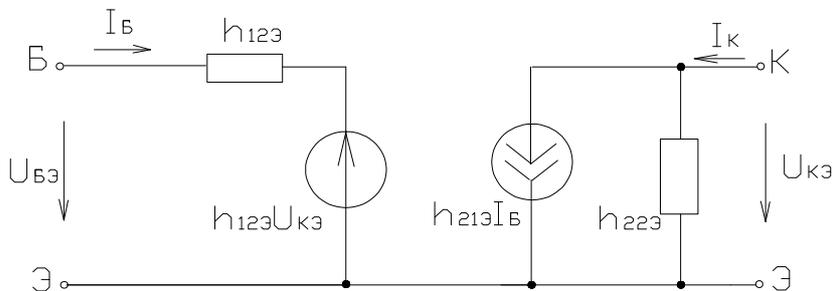
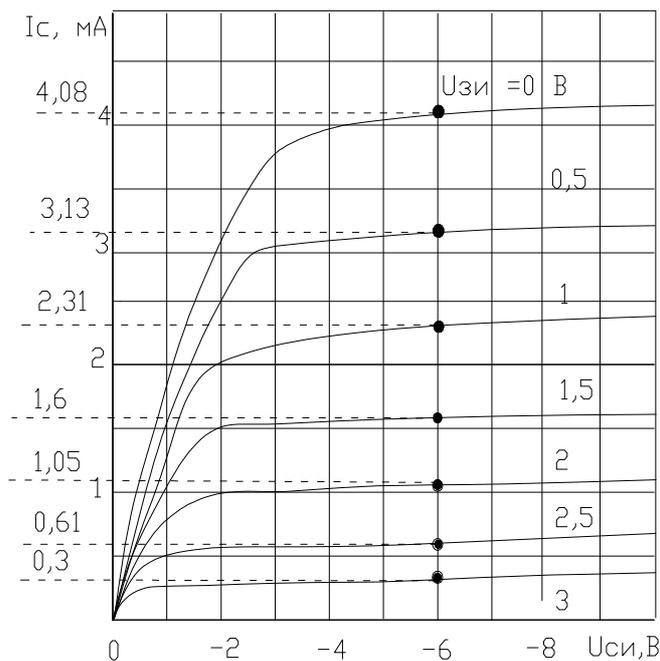


Рис.2.4. Эквивалентная схема транзистора с использованием  $h$ - параметров.

Пример решения задания 3.

Пусть дан полевой транзистор типа КП103, напряжение сток-исток  $U_{СИО} = -6 В$ ;  $U_{ЗИО} = 4 В$ . Даны выходные характеристики( рисунок 3.1). Для построения стокзатворной характеристики (прямой передачи) определим ток стока при  $U_{ЗИ} = 0 В; 0,5 В$  и т.д.



суюнок 3.1

Результаты заносим в таблицу 3.1

Таблица 3.1

$U_{ЗИ}, В$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4
$I_C, мА$	4,08	3,13	2,31	1,6	1,05	0,61	0,3	0

По полученным результатам строим характеристику прямой передачи – стокзатворную характеристику (рисунок 3.2)

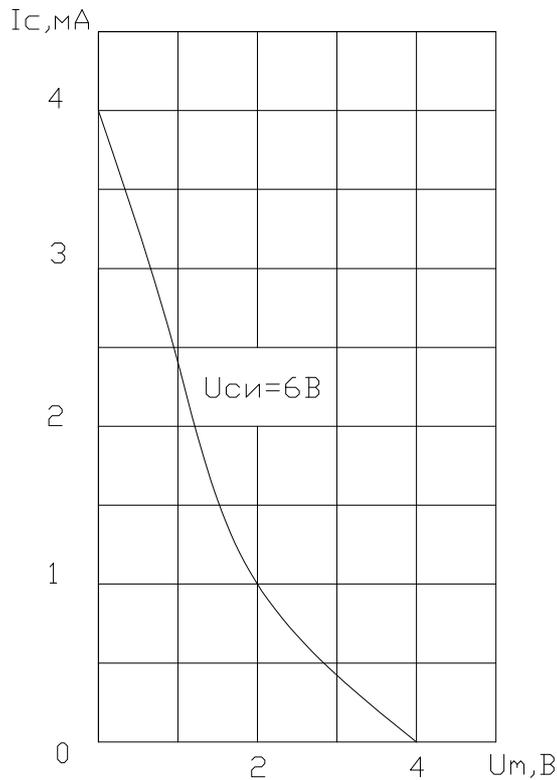


Рисунок 3.2

Определяем крутизну и строим ее зависимость от напряжения на затворе. Сначала найдем крутизну при напряжении на затворе  $U_{зИ1}=0,25 \text{ В}$ .

Определяем токи  $I_{C1}=4,08 \text{ mA}$  и  $I_{C2}=3,13 \text{ mA}$  при напряжениях  $U_{зИ1}=0 \text{ В}$  и  $U_{зИ2}=0,5 \text{ В}$ , соответственно (рисунок 3.1). Затем вычисляем крутизну характеристику передачи:

$$S = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зИ}} / U_{си} = 6 \text{ В} = \frac{4,08 - 3,13}{0,5 - 0} = 1,9 \text{ mA/V}$$

Аналогично проделываем эту операцию при  $U_{зИ}=0,75 \text{ В}$ ;  $1,25 \text{ В}$ ;  $1,75 \text{ В}$  и т.д. Результаты вычислений заносим в таблицу 3.2 и построим зависимость  $S=f(U_{зИ})$  (рисунок 3.4).

Таблица 3.2

$U_{зИ}, \text{ В}$	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	4
$S, \text{ mA/V}$	1,9	1,64	1,42	1,1	0,88	0,62	0

Для определения дифференциального сопротивления стока  $R_C$  задаемся приращением напряжения  $U_{СИ} = \pm 2 В$  относительно напряжения  $U_{СИ0} = 6 В$  (рисунок 3.3).

Определяем приращение тока стока при напряжении на затворе  $U_{ЗИ} = 0 В$ . Вычисляем значение сопротивления стока:

$$R_C = \frac{\Delta U_{СИ}}{\Delta I_C} \Big/ U_{ЗИ} = 0 В = \frac{4}{0,14 \times 10^{-3}} = 28,5 \text{ кОм}$$

Аналогичным образом определяем сопротивление  $R_C$  при  $U_{СИ} = 0,5 В; 1 В$  и т.д.

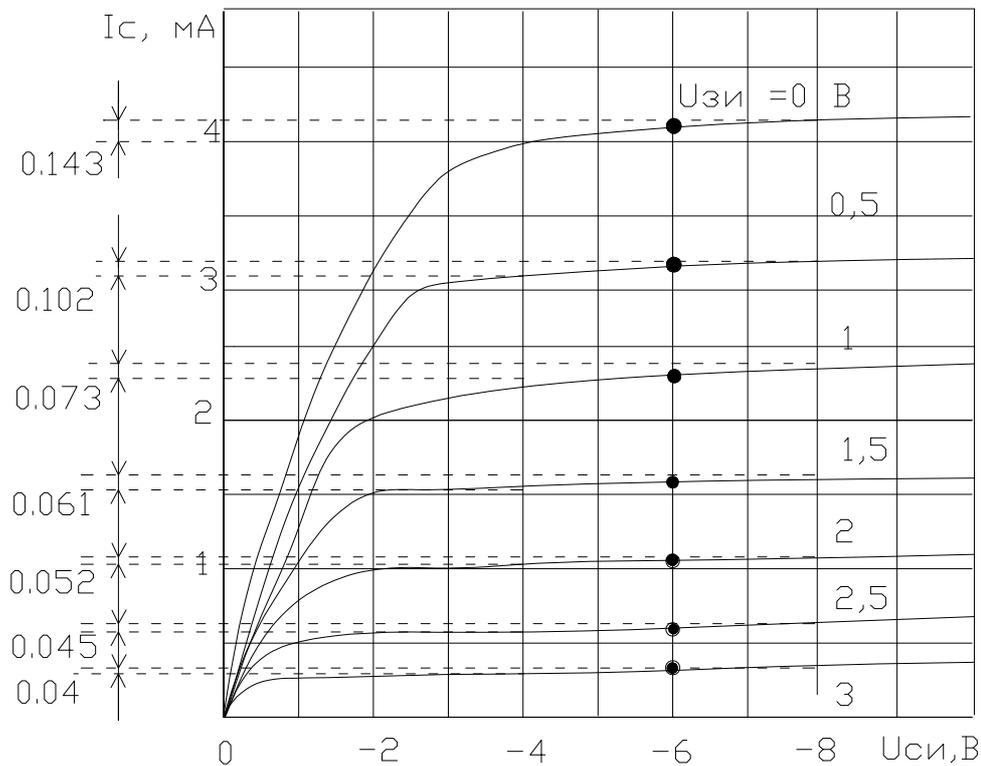


Рисунок 3.3

Таблица 3.3

$U_{зи}, В$	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
$\Delta I_c, мА$	0,14	0,1	0,7	0,6	0,5	0,045	0,04
$R_c, кОм$	28	39,2	54,8	65,6	77	88,9	100
$S, мА/В$	2	1,75	1,5	1,25	1	0,75	0,5
$\mu$	56	68,5	82,2	82	77	66,6	50

Результаты заносим в таблицу 3.3 .

Построим зависимость  $R_c = f(U_{зи})$  (рисунок 3.4 ).

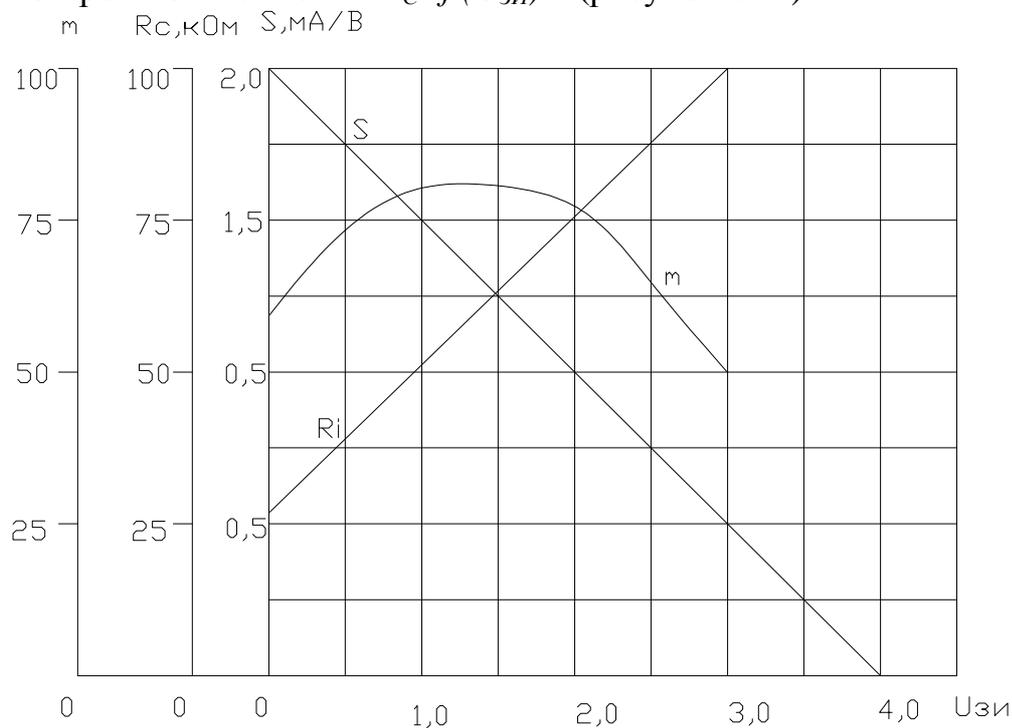


Рисунок 3.4.

По графику на рисунке 3.4 определяем значения крутизны  $S$  для тех же величин что и  $R_c$ . Результаты также занесем в таблицу 3.3.

Определяем коэффициент усиления транзистора по формуле:  $\mu = S \times R_c$ .  
Результат также заносим в таблицу 3.3 и строим зависимость  $\mu = f(U_{зи})$ .

Пример решения задачи 5.

Получить минимальную форму и построить функциональную схему для реализации логической функции четырех переменных:

	Номер конституенты															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	0	0	1	0	0	0	1	1	-	-	0	1	0	0	1	1

Для построения принципиальной схемы использовать логические элементы.

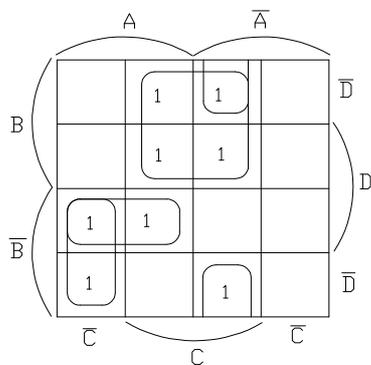
Решение.

1. Представляем заданную функцию в виде таблицы:

A	B	C	D	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	-
1	0	0	1	-
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

$$F = \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + \bar{A}BC\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D} + A\bar{B}CD + ABC\bar{D} + ABCD$$

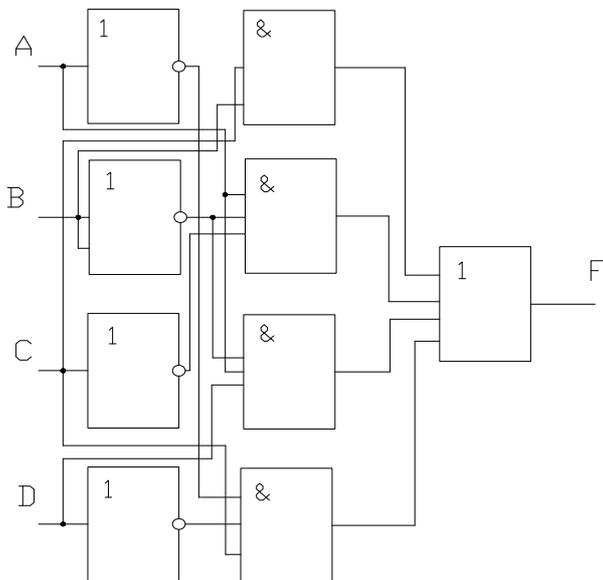
2. Наносим функцию на диаграмму Вейча.



2. Выполняем накрытие всех единичных значений.
3. Используя правила алгебры-логики, записываем результат накрытий:

$$F = BC + A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}D + \bar{A}C\bar{D}$$

4. Реализуем функцию в виде логической схемы:



**Исходные данные:**

Таблица 1

вариант	Тип БТ	$E_K, В$	$R_H, Ом$	$I_{BO}, мкА$	$I_{BM}, мкА$
1	КТ603а	50	1000	200	150
2	КТ605а	12	200	625	375
3	КТ603а	60	1000	250	150
4	КТ605а	12	240	500	250
5	КТ603а	60	1200	200	150
6	КТ605а	15	300	625	375
7	КТ603а	60	800	300	200
8	КТ605а	15	250	625	375
9	КТ603а	75	1200	250	150
10	КТ605а	15	200	750	375
11	KN603а	80	1600	300	120
12	КТ605а	15	320	200	100
13	КТ605а	14	250	625	220
14	КТ603а	55	1000	250	100
15	КТ605а	15	300	500	200
16	КТ603а	70	1400	250	100
17	КТ605а	12	240	625	300
18	КТ603а	60	1200	300	150
19	КТ605а	15	300	750	300
20	КТ603а	60	1000	30	150

Таблица 2

Вариант	Тип <i>ПТ</i>	$U_{СИО}, В$	$U_{ЗИО}, В$
1	КП 103 К	7	4
2	КП 903 А	10	8
3	КП 103 К	8	4
4	КП 903 А	12	8
5	КП 103 К	9	4
6	КП 903 А	14	8
7	КП 103 К	10	4
8	КП 903 А	16	8
9	КП 103 К	11	4
10	КП 903 А	18	8
11	КП 103 К	8,5	4
12	КП 903 А	11	8
13	КП 103 К	10,5	4
14	КП 903 А	11	8
15	КП 103 К	9,5	4
16	КП 903 А	14,5	8
17	КП 103 К	7,5	4
18	КП 903 А	15	8
19	КП 103 К	11,5	4
20	КП 903 А	17,5	8

Таблица 3

№ варианта	Номер конституенты															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	0	0	0	-	-	1	1	0	0	0	1	1	-
2	1	0	1	1	0	-	1	0	0	1	1	0	0	1	1	-
3	0	1	0	1	1	-	1	0	0	0	1	1	-	0	1	1
4	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	-	-	0
5	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-	-	1	0	1	0
6	1	0	1	1	1	0	0	1	-	-	0	0	0	1	1	0
7	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	-
8	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	-	-	1	1	0	0
9	0	0	1	1	1	0	0	0	1	-	0	1	1	-	0	1
0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	-	-	0	0	-	1	0

### Характеристики транзисторов:

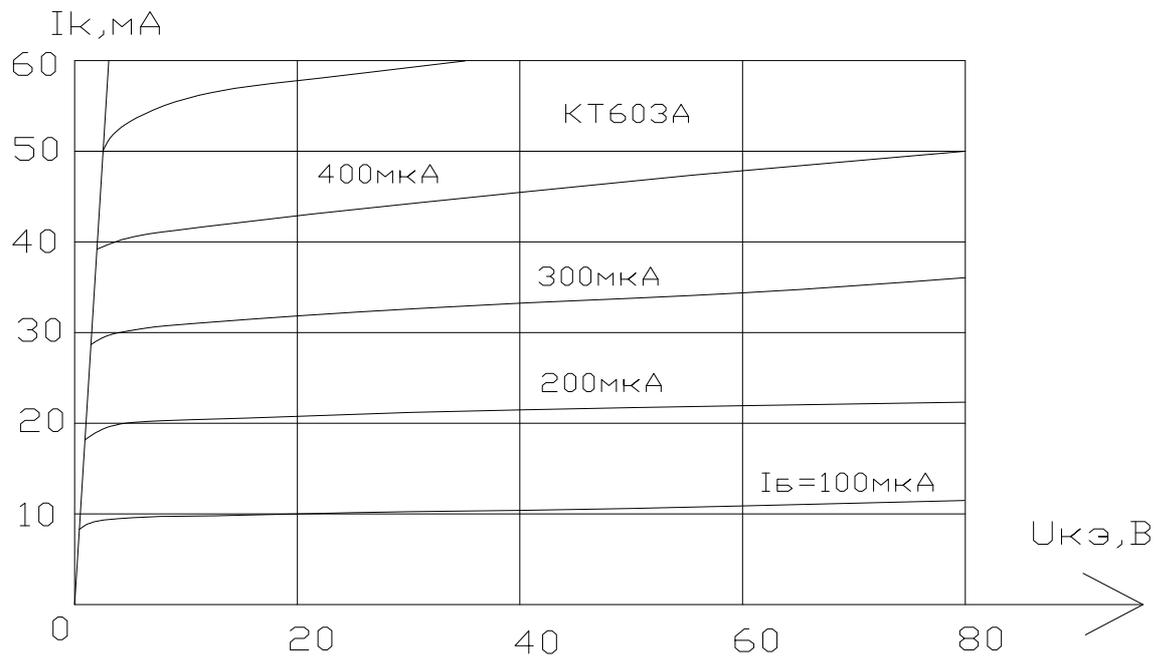


Рис. 1а. Выходные характеристики транзистора.

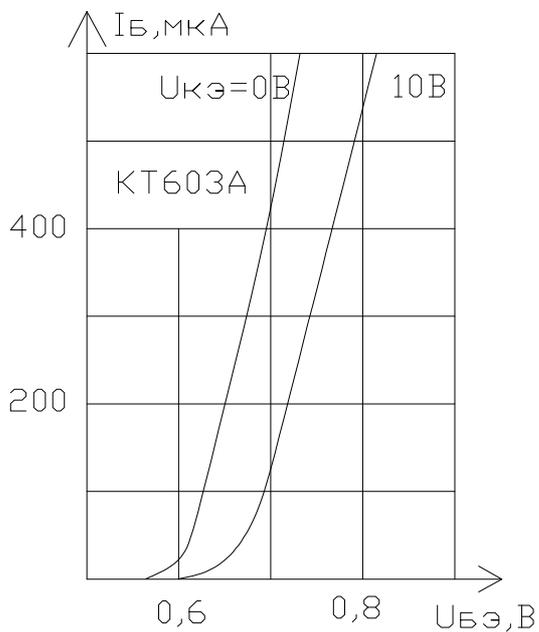


Рис. 1б. Входные характеристики транзистора.

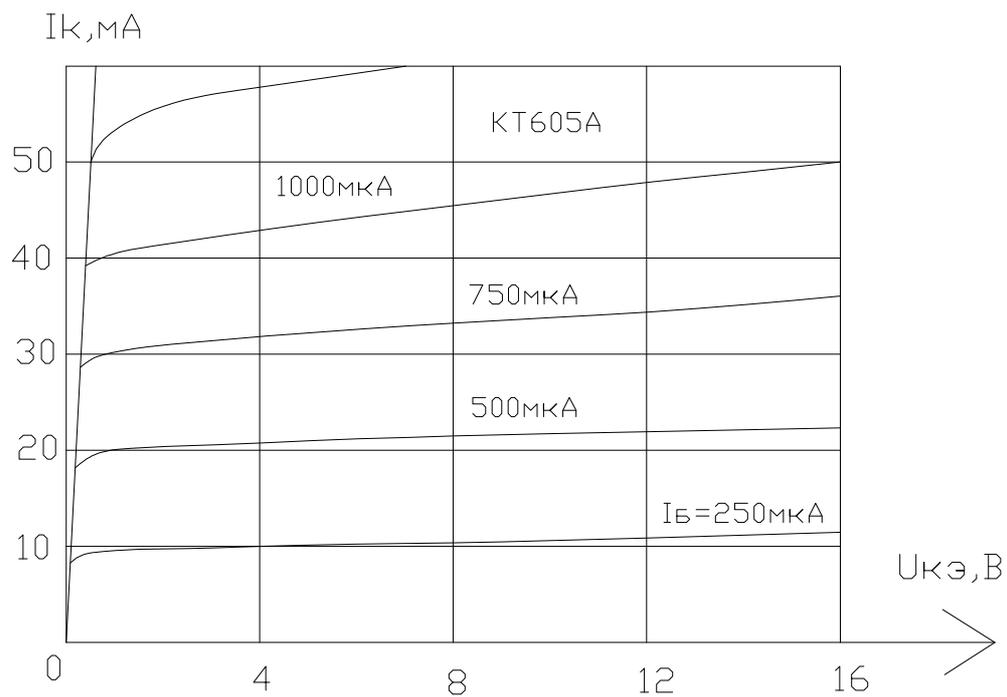


Рис. 2а. Выходные характеристики транзистора.

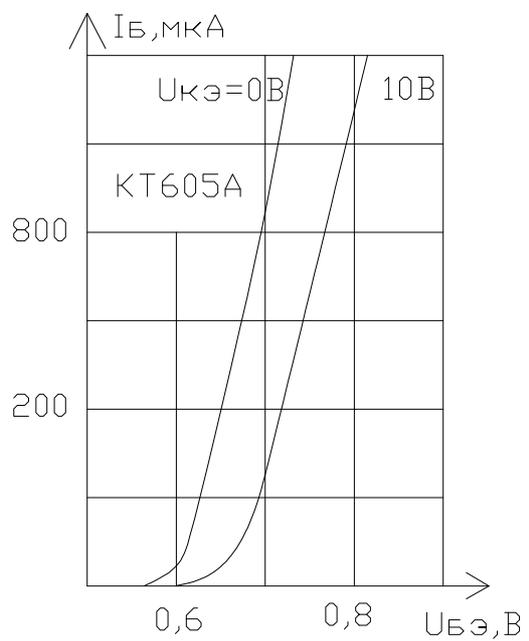


Рис. 2а. Входные характеристики транзистора.

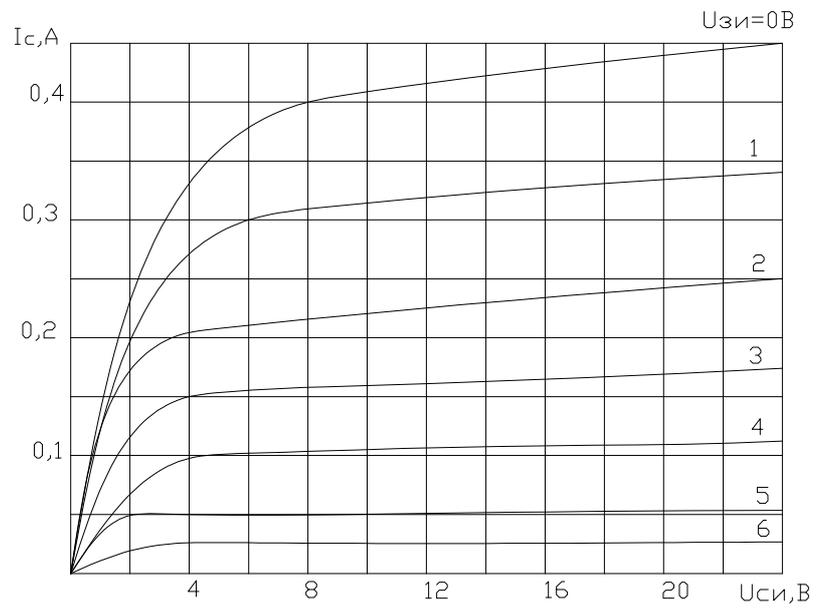


Рис. 3.а. Выходные характеристики транзистора КП 903 А.

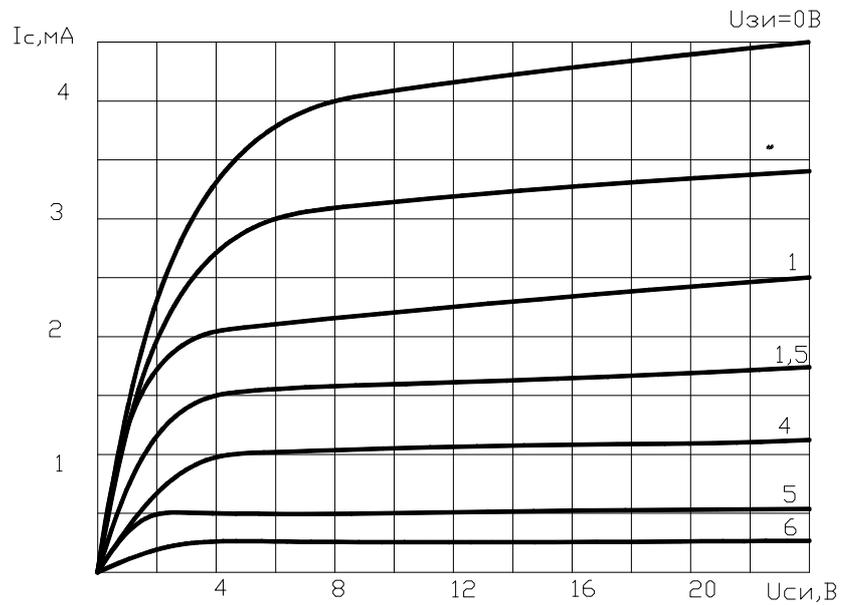


Рис. 3.б. Выходные характеристики транзистора КП 103 А.

#### Задание 4.

1. Диод, у которого при прямом напряжении  $0,8 В$  максимально допустимый ток равен  $100 мА$ , соединен последовательно с резистором нагрузки  $R_H = 100 Ом$ . Каково наибольшее значение напряжения источника, при котором диод будет работать в безопасном режиме?

2. Кремниевый стабилитрон подключен по схеме (рис. 4), где  $R_H = 2 кОм$ . Данные стабилитрона  $U_{CT} = 6,8В$ ;  $I_{CT \max} = 3мА$ ;  $I_{CT \min} = 0,5мА$ .

Найти  $R_B$ , если  $U_{BX}$  изменяется от  $U_{BX \min} = 10В$  до  $U_{BX \max} = 20В$ . Определить будет ли обеспечена стабилизация во всём диапазоне изменения  $U_{BX}$ .

3. Стабилитрон в схеме стабилизатора напряжения включаем параллельно с резистором  $R_H = 2кОм$ . Найти сопротивление ограничительного резистора  $R_B$ , если входное напряжение меняется в пределах  $U_{BX \min} = 15В$  до  $U_{BX \max} = 30В$ . Определить, будет ли обеспечена стабилизация во всем диапазоне входного напряжения. Параметры стабилитрона  $U_{CT} = 12В$ ;  $I_{CT \max} = 67мА$ ;  $I_{CT \min} = 1мА$ .

4. Транзистор типа  $p-n-p$  включен по схеме с  $ОЭ$ . В каком режиме работает транзистор, если

а)  $U_{БЭ} = -0,4В$ ;  $U_{КЭ} = -0,3В$ ;

б)  $U_{БЭ} = -0,4В$ ;  $U_{КЭ} = -10В$ ;

в)  $U_{БЭ} = 0,4В$ ;  $U_{КЭ} = -10В$ .

5. В биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером, ток базы  $I_B = 20мкА$ , ток коллектора  $I_K = 1мА$ . Определить коэффициенты передачи тока эмиттера  $\alpha$  и  $\beta$ , если током  $I_{КО}$  можно пренебречь.

6. Транзистор, имеющий  $\beta = 100$ , включен по схеме с общим эмиттером. Определить ток базы, ток эмиттера, коэффициент передачи тока эмиттера  $\alpha$ , если ток коллектора  $I_K = 1мА$ , а начальным током коллектора  $I_{КО}$  можно пренебречь.

7. К цепи, состоящей из последовательно соединенных диода  $VD$  и резистора  $R = 150 Ом$  приложено напряжение  $U = U_H = 5В$  (рис. 5). Определить ток в цепи и падения напряжений на её элементах. ВАХ диода в увеличенном масштабе

нелинейного участка её прямой ветви и решение методом пересечения характеристик приведены на рис. 5,а и 5,б.

8. Определить, как изменится рабочий режим цепи на рис. 5,б в случае увеличения  $R$  в 2 раза ( $R \sim 300 \text{ Ом}$ ).

9. Определить, как изменится рабочий режим цепи на рис. 5,а,б при условии увеличения напряжения питания с  $5 \text{ В}$  до  $7 \text{ В}$ .

10. Для схемы на рис. 6,а определить входное напряжение, обеспечивающее получение выходного напряжения  $U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{П}} / 2$ . Параметры схемы:

$U_{\text{П}} = 15 \text{ В}$ ;  $R_{\text{К}} = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_{\text{Б}} = 50 \text{ Ом}$ . Транзистор КТ830А. Коэффициент передачи тока  $h_{21Э} = 25$ . Входные и выходные характеристики транзистора приведены на рис. 6, а, б, в.

11. Для условий примера 10 найти диапазон изменения входного напряжения, соответствующей работе транзистора в активном режиме.

12. На входе цепи на рис. 5,а действует напряжение  $u_{\text{ВХ}} = 5 + 2 \sin \omega t$ . Для параметров, заданных в примере 7, определить ток цепи.

13. На входе цепи на рис. 5,а действует входное напряжение  $u_{\text{ВХ}} = 3 + 4 \sin \omega t$ . Для параметров цепи, заданных в примере 12, определить ток цепи (при решении можно использовать рис. 5,в)

14. На входе схемы на рис.6 действует напряжение  $u_{\text{ВХ}} = 1,76 + 0,5 \sin \omega t$ . Для параметров схемы примера 10 определить  $I_{\text{К}}$  и  $U_{\text{ВЫХ}}$ .

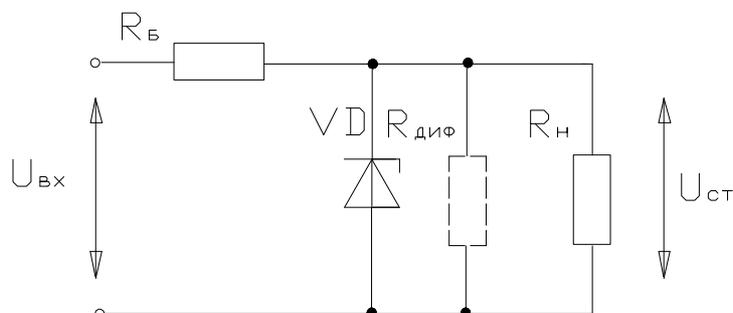
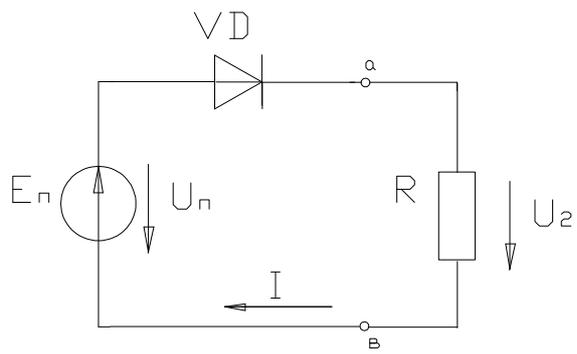
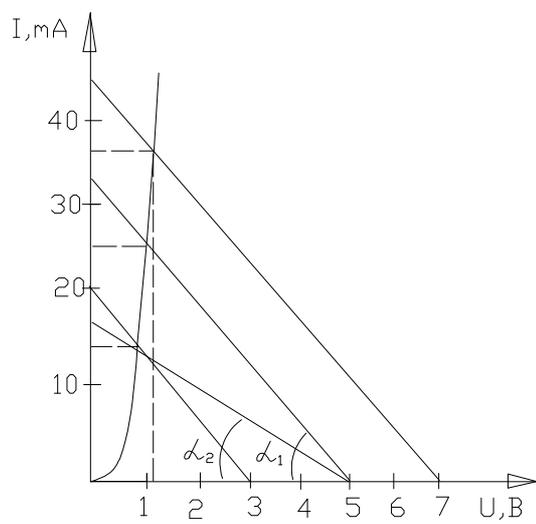


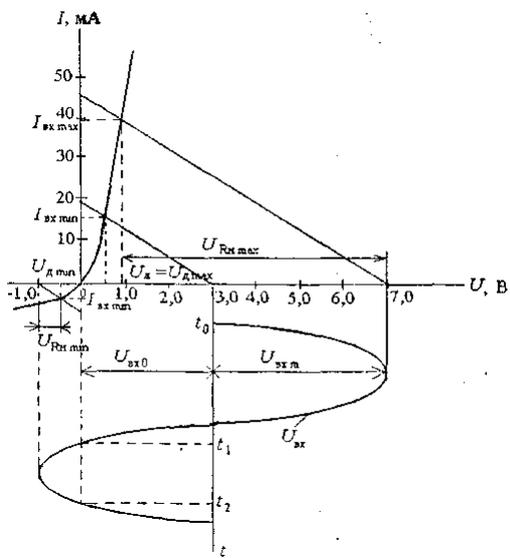
Рис.4.



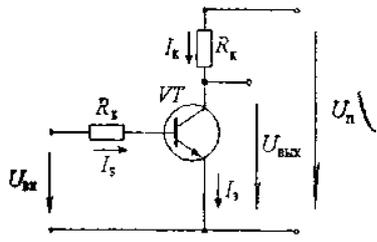
a)



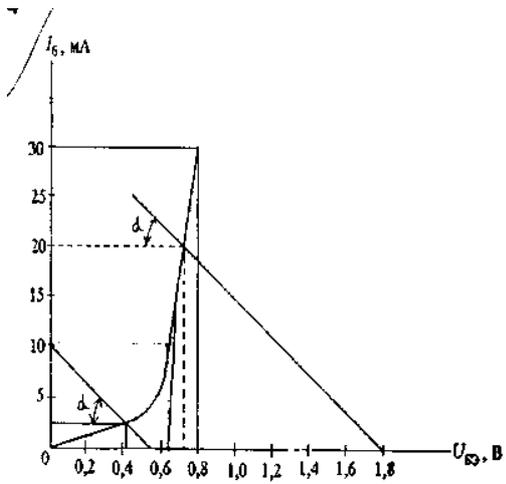
b)



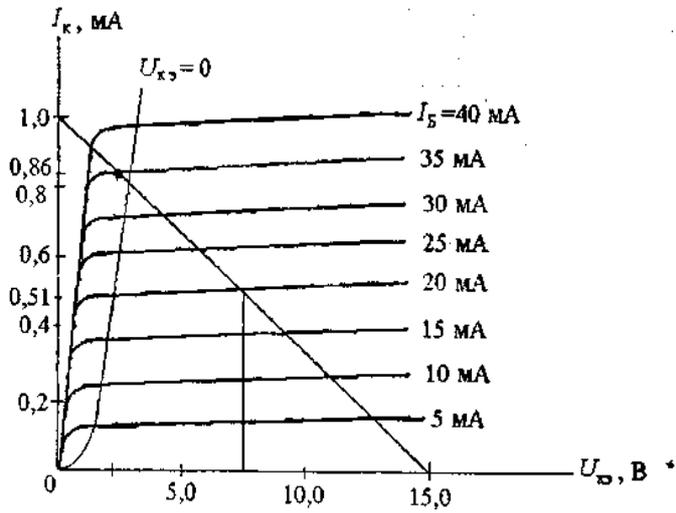
В)  
Рис. 5.



a)



б)



в)

Рис 6.

## Вопросы по дисциплине «Электротехника и электроника»

### Часть 2.

1. Общие сведения из теории полупроводников. Основные положения теории электропроводности.
2. Электронно-дырочный переход (процессы при прямом и обратном включении  $p-n$  перехода).
3. Чем определяются объёмный заряд и потенциальный барьер в полупроводниках?
4. Полупроводниковые диоды (классификация, характеристики, параметры).
5. Устройство и принцип действия биполярного транзистора.
6. Схем включения биполярного транзистора, их свойства.
7. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора.  $H$ -параметры, схема замещения.
8. Коэффициент передачи тока при включении биполярного транзистора по схеме с  $OЭ$ ,  $OБ$ ,  $OК$ .
9. Какая из схем включения биполярного транзистора обеспечивает максимальное усиление по мощности?
10. Полевой транзистор. Устройство, принцип действия, разновидности.
11. Принцип действия полевого транзистора с управляющим  $p-n$  переходом, характеристики.
12. МДП-транзисторы, принцип действия, характеристики.
13. Тиристоры. Устройство, принцип действия.
14. Неуправляемые выпрямители (назначение, основные особенности, работа на примере однополупериодной схемы).
15. Неуправляемые выпрямители (назначение, основные особенности, работа на примере мостовой схемы)
16. Стабилизаторы. Общие сведения. Основные сведения.
17. Параметрический стабилизатор напряжения.
18. Компенсационный стабилизатор напряжения.
19. Общие сведения об усилителях, классификация усилителей, структурная схема.  
Анализ работы усилительного каскада на примере схемы с  $OЭ$ .
20. Температурная стабилизация каскада усиления на примере с  $OЭ$ .
21. Режимы работы усилительных каскадов.
22. Обратные связи в усилителях (определение, назначение виды ОС).
23. Усилители постоянного тока (УПТ).
24. Дифференциальные усилители (ДУ).
25. Операционные усилители (ОУ) (общие сведения, назначение, обозначение, основные параметры).
26. Обратные связи в операционных усилителях, инвертирующий и неинвертирующий ОУ.
27. Электронный ключ на биполярном транзисторе.

28. Электронные схемы, реализующие логические операции *И*, *ИЛИ*, *НЕ*.
29. Триггеры на цифровых интегральных схемах. Назначение, классификация.
30. Цифровые счетчики импульсов.
32. Микропроцессы (МП). Состав и структура микропроцессорной системы.