

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

по дисциплине «Электротехника, электроника , схемотехника»

части1 «Электротехника»

Задание №1.

Задача посвящена знакомству с методами расчета сложных резистивных цепей.

На рис.3. 1 приведены схемы резистивных цепей в режиме постоянного тока. Номер схемы и параметры элементов схемы определяются в соответствии с вариантом по таблицам 3.1 и 3.2 соответственно.

Выполните следующее:

1. Перерисуйте схему своего варианта. Выпишите значения элементов схемы. Во всех вариантах внутреннее сопротивление источника тока равно 100 кОм.
2. Составьте систему уравнений электрического равновесия цепи на основе правил Кирхгофа.
3. Составьте и проверьте баланс мощности для исходной схемы.

Общие указания к решению

Если внутреннее сопротивление R_r источника тока I_r много больше всех остальных сопротивлений схемы, то им пренебрегают. Тогда ток ветви, где включен I_r , будет равен величине I_r , т. е. указывать и рассчитывать его не надо.

Если в цепи требуется рассчитать токи, то первым пунктом решения задачи любым методом является обозначение токов ветвей схемы.

Если в ветви имеется два или более последовательно соединенных сопротивлений, то, естественно, указывается один ток.

Типовая задача

На рис. 3.2, а) приведена схема цепи. Значения ее элементов: $E = 10\text{В}$, $I_r = 2\text{ А}$, $R_1 = 1\text{ Ом}$, $R_2 = 2\text{ Ом}$, $R_3 = 3\text{ Ом}$, $R_4 = 4\text{ Ом}$, $R_5 = 5\text{ Ом}$, $R_6 = 6\text{ Ом}$, $R_r = 100\text{ кОм}$.

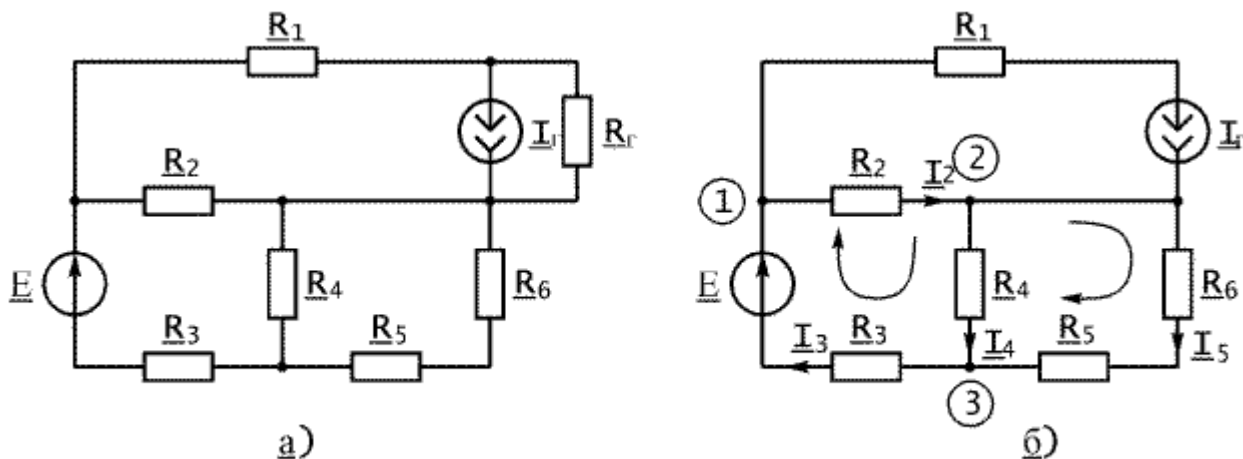


Рис. 3.2

Анализ исходных данных

Внутреннее сопротивление источника тока $R_{\Gamma} = 100 \text{ кОм}$ много больше остальных сопротивлений схемы, поэтому оно практически не будет влиять на распределение токов в цепи и им можно пренебречь. Тогда предложенная схема может быть заменена эквивалентной (рис. 3.2, б), более удобной для расчетов.

Решение

1. Составление уравнений электрического равновесия цепи на основе правил Кирхгофа.

1.1. Указываем направление токов в схеме на рис. 3.2, б.

1.2. Считаем количество узлов $n_y = 3$ и количество ветвей $n_b = 5$, в том числе количество ветвей с источниками тока $n_t = 1$.

1.3. Определяем количество уравнений, которое необходимо составить по правилам Кирхгофа для токов и для напряжений:

$$n_y - 1 = 3 - 1 = 2 \text{ ур. и}$$

$$N = n_b - (n_y - 1) - n_t = 5 - 2 - 1 = 2 \text{ ур. соответственно.}$$

1.4 Выбираем $N = 2$ контура в схеме на рис. 3.2, б и направления их обхода для составления уравнений. Учитываем, что в контур нельзя включать ветвь с источником тока, если неизвестно напряжение на его зажимах.

Выбираем контура 1-2-3-1 и 2-3-2.

1.5 Составляем систему уравнений

$$\left. \begin{array}{l} \textcircled{1} -I_3 + I_{\Gamma} + I_2 = 0 \\ \textcircled{2} -I_2 + I_4 + I_5 - I_{\Gamma} = 0 \\ \textcircled{1} R_2 I_2 + R_4 I_4 + R_3 I_3 = E \\ \textcircled{2} (R_5 + R_6) I_5 - R_4 I_4 = 0 \end{array} \right\}.$$

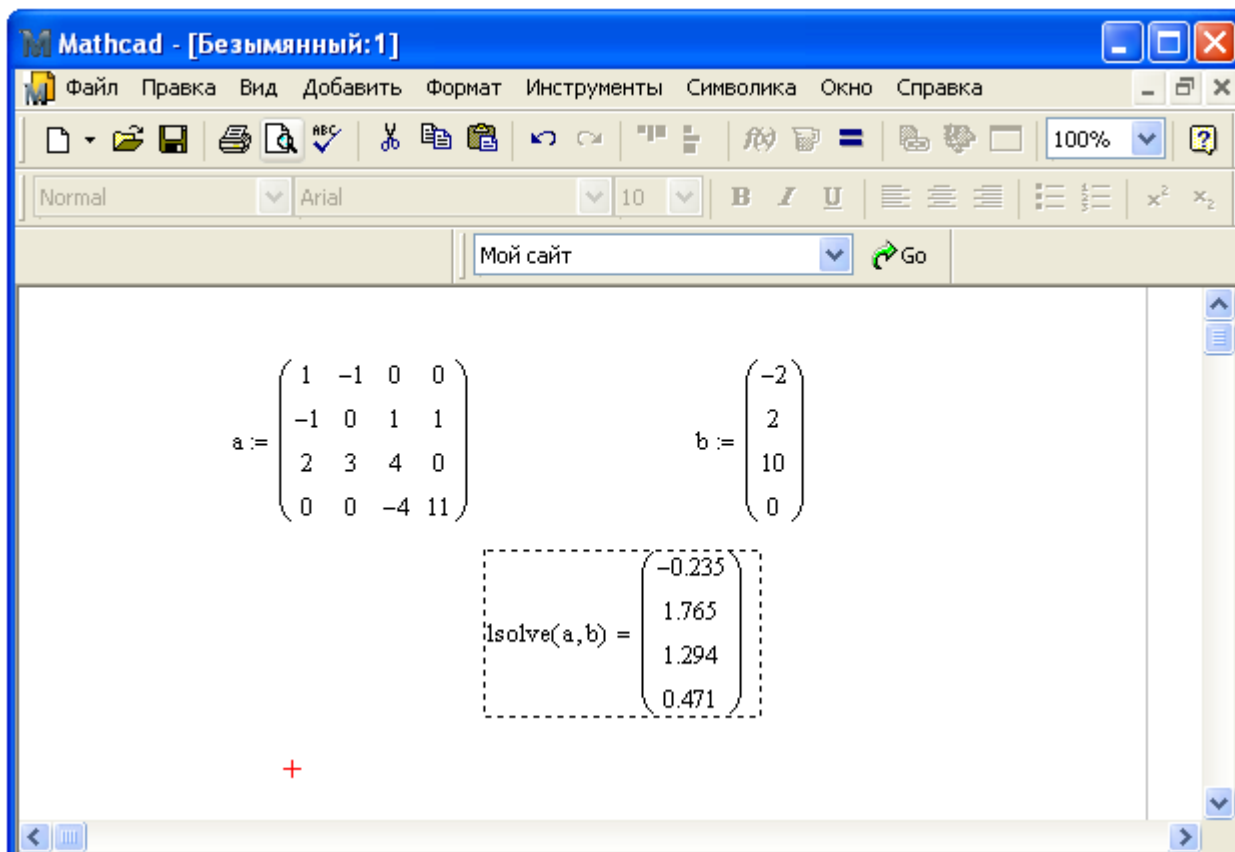
2. Расчет токов и напряжений.

В этой системе неизвестными величинами являются токи I_2, I_3, I_4, I_5 .

Ток $I_1 = I_r = 2$ А. Решить систему линейных алгебраических уравнений можно, используя программу MathCAD. Для этого запишем систему в матричной форме.

Коэффициент при I_2	Коэффициент при I_3	Коэффициент при I_4	Коэффициент при I_5	Свободный член
1	-1	0	0	-2
-1	0	1	1	0
2	3	4	0	10
0	0	-4	11	0

Создаем матрицу коэффициентов при неизвестных [a] и свободных членов [b]



В результате получаем корни системы:

$$I_2 = -0.235$$

$$I_3 = 1.765$$

$$I_4 = 1.294$$

$$I_5 = 0.471$$

Для проверки правильности решения подставим значения рассчитанных токов, например в уравнение 1:

$$-1.765 + 2 \cdot -0.235 = 0$$

Рассчитаем падения напряжений на всех резисторах по закону Ома:

$$U_{R1} = R_1 \cdot I_1 = 1 \cdot 2 = 2 \text{ В}$$

$$\begin{aligned}
U_{R2} &= R_2 \cdot I_2 = 2 \cdot (-0.23) = -0.46 \text{ В} \\
U_{R3} &= R_3 \cdot I_3 = 3 \cdot 1.765 = 5.295 \text{ В} \\
U_{R4} &= R_4 \cdot I_4 = 4 \cdot 1.294 = 5.176 \text{ В} \\
U_{R5} &= R_5 \cdot I_5 = 5 \cdot 0.471 = 2.355 \text{ В} \\
U_{R6} &= R_6 \cdot I_6 = 6 \cdot 0.471 = 2.826 \text{ В}
\end{aligned}$$

Проверка баланса мощностей

При составлении баланса мощностей учитываем, что мощности, потребляемые резистивными элементами цепи, всегда положительны, а мощности, отдаваемые источниками энергии, определяются алгебраическими суммами. Если направление напряжения на зажимах источника и направление тока через источник противоположны, то мощность источника положительна, если направления напряжения и тока совпадают, то – отрицательна.

Исходя из сказанного, баланс мощностей для схемы на рис. 3.2, б определяется выражением

$$R_1 I_\Gamma^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2 + (R_5 + R_6) I_5^2 = EI_3 + U_\Gamma I_\Gamma, \quad (3.1)$$

где U_Γ – напряжение на зажимах источника тока. Напряжение U_Γ легко найти, если из схемы на рис. 3.2, б выделить контур с элементами $R_1 - R_2 - I_\Gamma$ (рис. 3.6) и составить для него уравнение

$$U_\Gamma - R_1 I_\Gamma + R_2 I_2 = 0, \quad (3.2).$$

$$\text{где } I_2 = -0,23 \text{ А.}$$

После числовых подстановок в (3.2) получим, что $U_\Gamma = 2,46 \text{ В}$.

Используя значения токов, рассчитанных в разделе 2 настоящей задачи, в уравнении баланса (3.1), запишем:

$$1 \cdot 2^2 + 2 \cdot (-0,23)^2 + 3 \cdot 1,76^2 + 4 \cdot 1,3^2 + (5 + 6) 0,471^2 = 10 \cdot 1,76 + 2,46 \cdot 2$$

$$22,6 \text{ Вт} \gg 22,5 \text{ Вт.}$$

Допускается 3% несовпадения баланса.

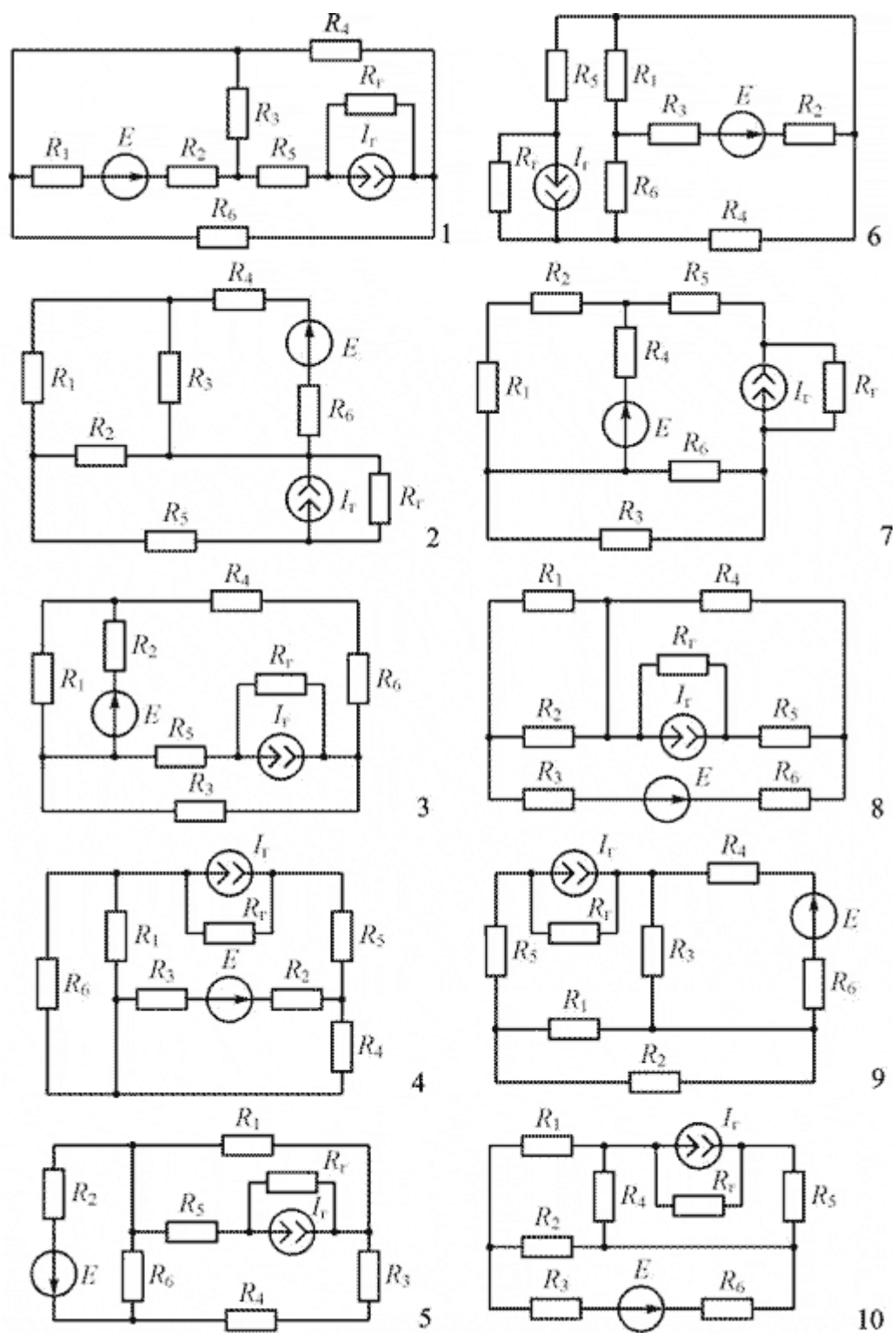


Рис. 3.1

Таблица 3.1

Варианты										Номер схемы или задания
00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1
01	11	21	31	41	51	61	71	81	91	2
02	12	22	32	42	52	62	72	82	92	3
03	13	23	33	43	53	63	73	83	93	4
04	14	24	34	44	54	64	74	84	94	5
05	15	25	35	45	55	65	75	85	95	6
06	16	26	36	46	56	66	76	86	96	7
07	17	27	37	47	57	67	77	87	97	8
08	18	28	38	48	58	68	78	88	98	9
09	19	29	39	49	59	69	79	89	99	10

Таблица 3.2

Варианты	E , В	I_r , А	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом
от 00 до 09	8	3	10	20	30	40	50	60
от 10 до 19	9	2	5	10	25	20	25	30
от 20 до 29	10	1	3	4	5	6	7	8
от 30 до 39	11	2	40	50	60	70	30	50
от 40 до 49	12	2.5	80	70	60	50	40	30
от 50 до 59	13	3	30	80	70	60	50	40
от 60 до 69	9	1	60	50	40	30	20	10
от 70 до 79	11	1,5	7	6	15	40	30	20
от 80 до 89	12	2	4	8	12	16	20	24
от 90 до 99	13	2.5	6	12	12	18	18	6

Задание №2.

Задача посвящена анализу переходного процесса в цепи первого порядка, содержащей резисторы, конденсатор или индуктивность. В момент времени $t = 0$ происходит переключение ключа K , в результате чего в цепи возникает переходной процесс.

1. Перерисуйте схему цепи (см. рис. 2.1) для Вашего варианта (таблица 1).
2. Выпишите числовые данные для Вашего варианта (таблица 2).
3. Рассчитайте все токи и напряжение на C или L в три момента времени

$$t=0-, t=0+, t=\infty.$$

Типовая задача

Цепь (рис. 2.2 а) содержит резисторы $R_1 = 1 \text{ кОм}$, $R_2 = 1,5 \text{ кОм}$, $R_3 = 0,5 \text{ кОм}$, $R_4 = 2,5 \text{ кОм}$, индуктивность $L = 6,3 \text{ мГн}$ и источник постоянного напряжения $E = 9 \text{ В}$. В момент $t = 0$ происходит размыкание ключа K и в цепи возникает переходной процесс.

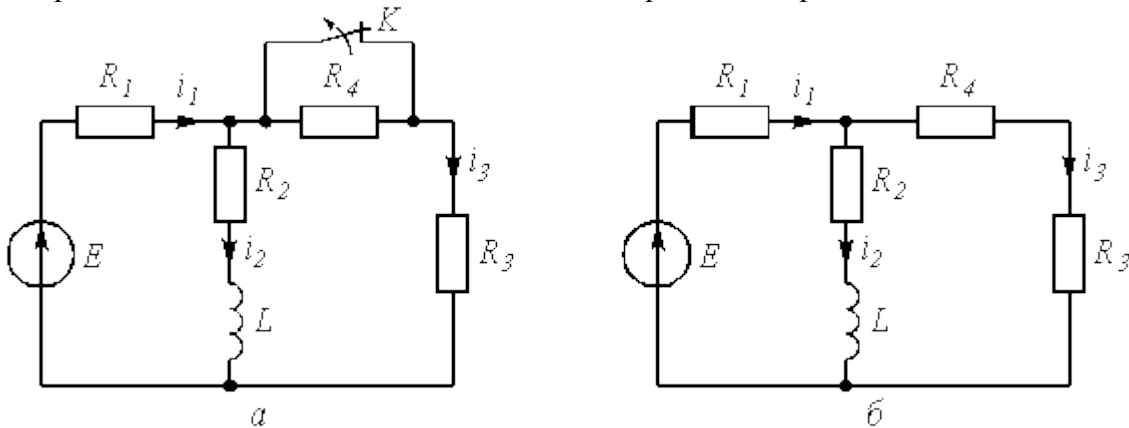


Рис 2.2

1. Находим токи i_1 , i_2 , i_3 и напряжение u_L в три момента времени $t = 0_-$, 0_+ и ∞ .

1.1. Момент $t = 0_-$. Он соответствует стационарному состоянию цепи до коммутации. В этом состоянии резистор R_4 закорочен ключом K и не влияет на работу цепи. Сама схема (рис. 2.2 а) представляет собой цепь, в которой $u_L(0_-) = 0$, поэтому она может быть рассчитана по следующим формулам:

$$i_1(0_-) = \frac{E}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{9}{\left(1 + \frac{1,5 \cdot 0,5}{1,5 + 0,5}\right) 10^3} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 6,5 \text{ мА};$$

$$i_2(0_-) = i_1(0_-) \frac{R_3}{R_2 + R_3} = \frac{6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^3}{(1,5 + 0,5) 10^3} = 1,6 \text{ мА};$$

$$i_3(0_-) = i_1(0_-) \frac{R_2}{R_2 + R_3} = \frac{6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^3}{(1,5 + 0,5) 10^3} = 4,9 \text{ мА}.$$

1.2. Момент $t = 0_+$. Это первое мгновение после размыкания ключа. В соответствие с законом коммутации

$$i_2(0_+) = i_2(0_-) = 1,6 \text{ мА}. \quad (3.1)$$

Остальные величины находим путем составления и решения системы уравнений по законам Кирхгофа, описывающих электрическое состояние цепи в момент $t = 0_+$ (рис. 2.2 б):

$$\left. \begin{aligned} i_1(0_+) - i_2(0_+) - i_3(0_+) &= 0 \\ R_1 i_1(0_+) + R_2 i_2(0_+) + u_L(0_+) &= E \\ (R_3 + R_4) i_3(0_+) + R_1 i_1(0_+) &= E \end{aligned} \right\}.$$

После числовых подстановок с учетом (3.1) получим:

$$\left. \begin{aligned} i_1(0_+) - 1,6 \cdot 10^{-3} - i_3(0_+) &= 0 \\ 10^3 i_1(0_+) + 1,5 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} + u_L(0_+) &= 9 \\ (0,5 + 2,5) 10^3 i_3(0_+) + 10^3 i_1(0_+) &= 9 \end{aligned} \right\}.$$

Решая систему, находим:

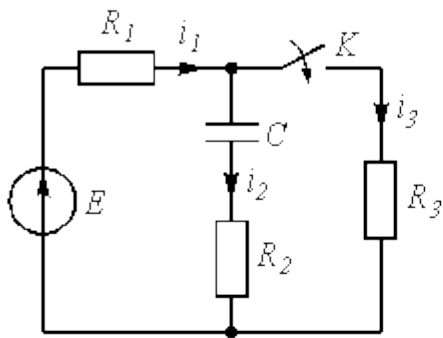
$$i_1(0_+) = 3,45 \text{ мА}, \quad i_3(0_+) = 1,85 \text{ мА}, \quad u_L(0_+) = 3,15 \text{ В}. \quad (3.2)$$

1.3. Момент $t = \infty$. Означает новое стационарное состояние цепи после окончания переходного процесса. Внешне схема цепи при $t = \infty$ соответствует рис. 2.2 б, причем $u_L(\infty) = 0$, а токи рассчитываются по формулам:

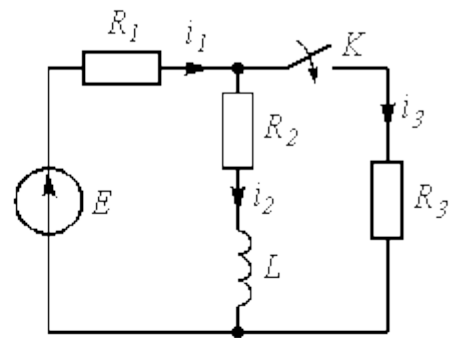
$$i_1(\infty) = \frac{E}{R_1 + \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}} = \frac{9}{\left[1 + \frac{1,5(0,5 + 2,5)}{1,5 + 0,5 + 2,5} \right] 10^3} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 4,5 \text{ мА};$$

$$i_2(\infty) = i_1(\infty) \frac{R_3 + R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{4,5 \cdot 10^{-3} \cdot (0,5 + 2,5)}{(1,5 + 0,5 + 2,5) 10^3} = 3 \text{ мА};$$

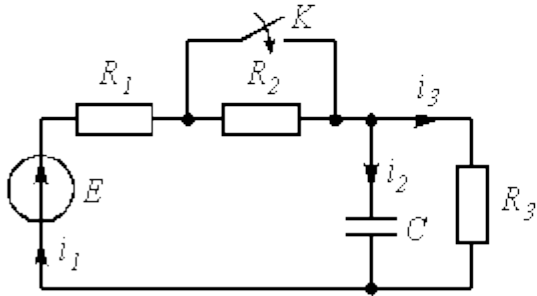
$$i_3(\infty) = i_1(\infty) - i_2(\infty) = 4,5 - 3 = 1,5 \text{ мА}.$$



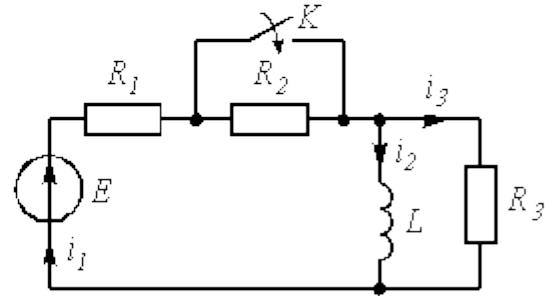
1



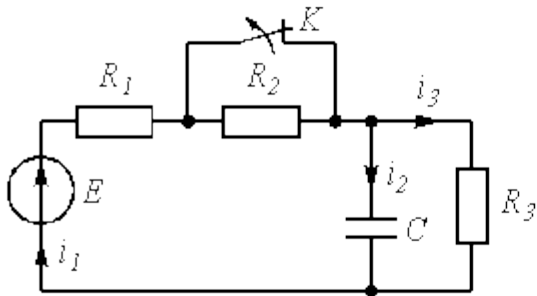
6



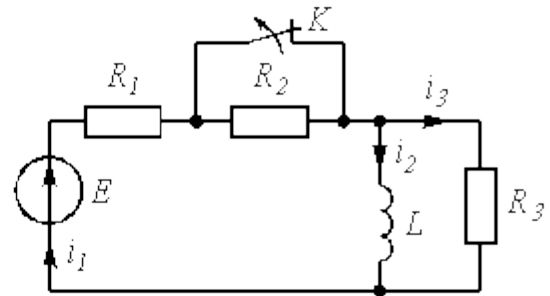
2



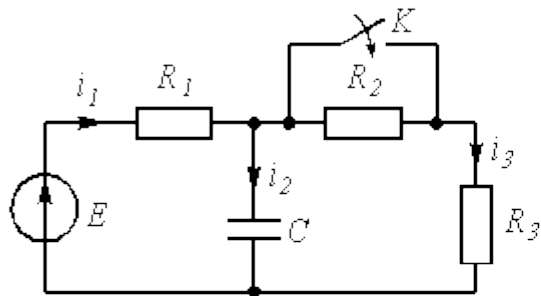
7



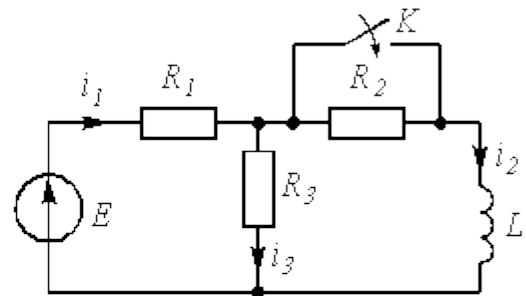
3



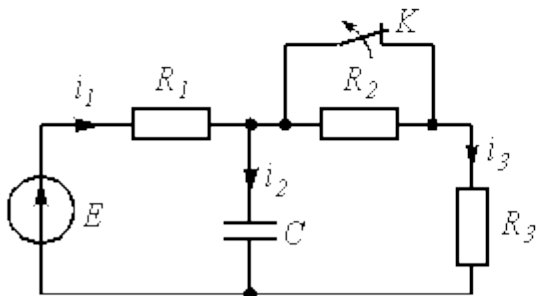
8



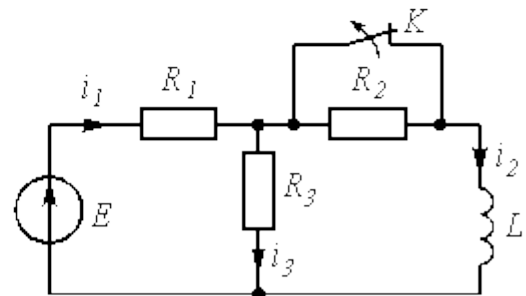
4



9



5



10

Рисунок 2.1.

Таблица 1

Варианты										Номер схемы или задания	
00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1	
01	11	21	31	41	51	61	71	81	91	2	
02	12	22	32	42	52	62	72	82	92	3	
03	13	23	33	43	53	63	73	83	93	4	
04	14	24	34	44	54	64	74	84	94	5	
05	15	25	35	45	55	65	75	85	95	6	
06	16	26	36	46	56	66	76	86	96	7	
07	17	27	37	47	57	67	77	87	97	8	
08	18	28	38	48	58	68	78	88	98	9	
09	19	29	39	49	59	69	79	89	99	10	

Таблица 2

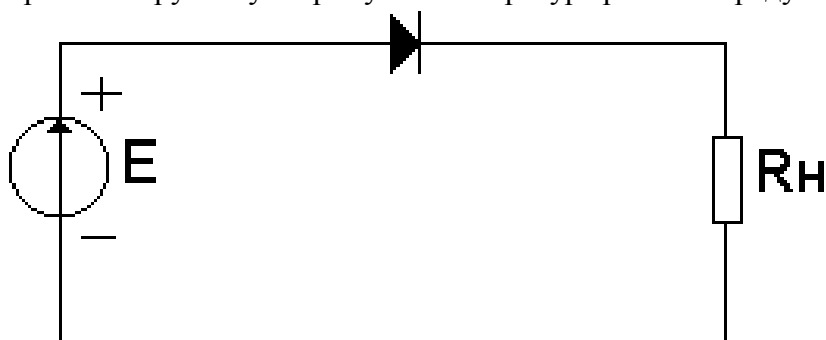
Варианты	C , нФ или L , мГн	$R1$, кОм	$R2$, кОм	$R3$, кОм	E , В
От 00 до 09	20	2	2	2	10
От 10 до 19	10	1	1	1	5
От 20 до 29	10	1	2	2	12
От 30 до 39	15	1	1	2	12
От 40 до 49	15	2	2	1	10
От 50 до 59	15	1	2	1	10
От 60 до 69	20	2	1	2	12
От 70 до 79	20	2	1	1	12
От 80 до 89	15	1	0,5	0,5	5
От 90 до 99	10	0,5	1	1	5

Часть2 « Электроника»

Задание №3.

Для своего варианта определить:

1. Сопротивление диода постоянному току при заданном прямом напряжении и температуре t_1 градусов.
2. Сопротивление диода постоянному току при заданном обратном напряжении и температуре t_2 градусов.
3. Дифференциальное сопротивление диода при заданном прямом напряжении и температуре t_1 градусов.
4. Дифференциальное сопротивление диода при заданном обратном напряжении и температуре t_2 градусов.
5. Рассчитать ток и напряжение в нагрузке, и падение напряжения на диоде в схеме, приведенной ниже, при заданном напряжении источника E и сопротивлении нагрузки R_n . Построить нагрузочную прямую. Температура равна t_1 градусов.



Варианты задания. № варианта соответствует последней цифре кода студента.

№ варианта	Тип диода	Прямое напряжение $U_{пр}$, В	Обратное напряжение $U_{обр}$, В	Напряжение источника E , В	R_n Ом	Температура t_1 , град.	Температура t_2 , град.
1	мд226а	0,6	300	2	10	25	25
2	2д104а	0,4	200	2	100	25	70
3	Д237а	0,6	200	2	40	25	125
4	Д229а	0,5	100	2	10	25	125
5	Д237б	0,5	200	2	25	25	25
6	2д102а	0,8	200	2	40	25	120
7	2д103а	0,6	40	2	40	25	125
8	Кд105б	0,6	200	2	10	25	85
9	2д106а	0,8	50	2	2	25	70
0	д226	0,6	200	2	8	25	80

Пример решения задачи №1.

Исходные данные: тип диода Д223А

$U_{пр}=0.8$ В; $U_{обр}=40$ В; $R_n=40$ Ом; $t_1=+25^\circ$; $t_2=+125^\circ$; $E=2$ В

3.1. Определить сопротивление диода постоянному току R_0 при $U=U_{пр}$, $t=t_1$ и при $U=U_{обр}$, $t=t_2$

По вольтамперной характеристике диода в прямом включении определяем, что при $U_{пр}=0.8$ В ток $I_{пр}=16$ мА.

$$R_{0\text{ пр}} = U_{\text{пр}} / I_{\text{пр}} = 0.8/16 = 50 \text{ Ом}$$

По вольтамперной характеристике диода в обратном включении определяем, что при $U_{\text{обр}} = 40 \text{ В}$ ток $I_{\text{обр}} = 10 \text{ мкА}$.

$$R_{0\text{ обр}} = U_{\text{обр}} / I_{\text{обр}} = 40/10 = 4 \text{ МОм}$$

Обратим внимание, что сопротивление диода в прямом включении много меньше сопротивления в обратном включении.

3.2. Определить дифференциальное сопротивление $R_{\text{дифф.}}$ при $U = U_{\text{пр}}, t = t_1$ и при $U = U_{\text{обр}}, t = t_2$.

На вольтамперной характеристике диода в прямом включении в окрестности точки $U_{\text{пр}} = 0.8 \text{ В}$ задаем приращение тока $\Delta I = 20 \text{ мА}$ и смотрим какое при этом получается приращение напряжения $\Delta U_{\text{пр}}$.

$$\Delta U_{\text{пр}} = 0.1 \text{ В}$$

$$R_{\text{дифф. пр.}} = \Delta U_{\text{пр}} / \Delta I = 0.1/20 = 5 \text{ Ом}$$

На вольтамперной характеристике диода в обратном включении в окрестности точки $U_{\text{обр}} = 40 \text{ В}$ задаем приращение тока $\Delta I = 10 \text{ мкА}$ и смотрим какое при этом получается приращение напряжения $\Delta U_{\text{обр}}$.

$$\Delta U_{\text{обр}} = 15 \text{ В}$$

$$R_{\text{дифф. обр.}} = \Delta U_{\text{обр}} / \Delta I = 15/10 = 1.5 \text{ МОм}$$

3.3. Рассчитать ток и напряжение в нагрузке, и падение напряжения на диоде в схеме Рис. 3.1.

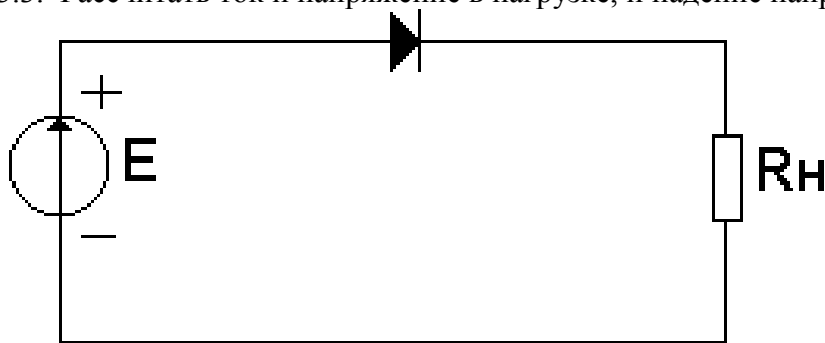


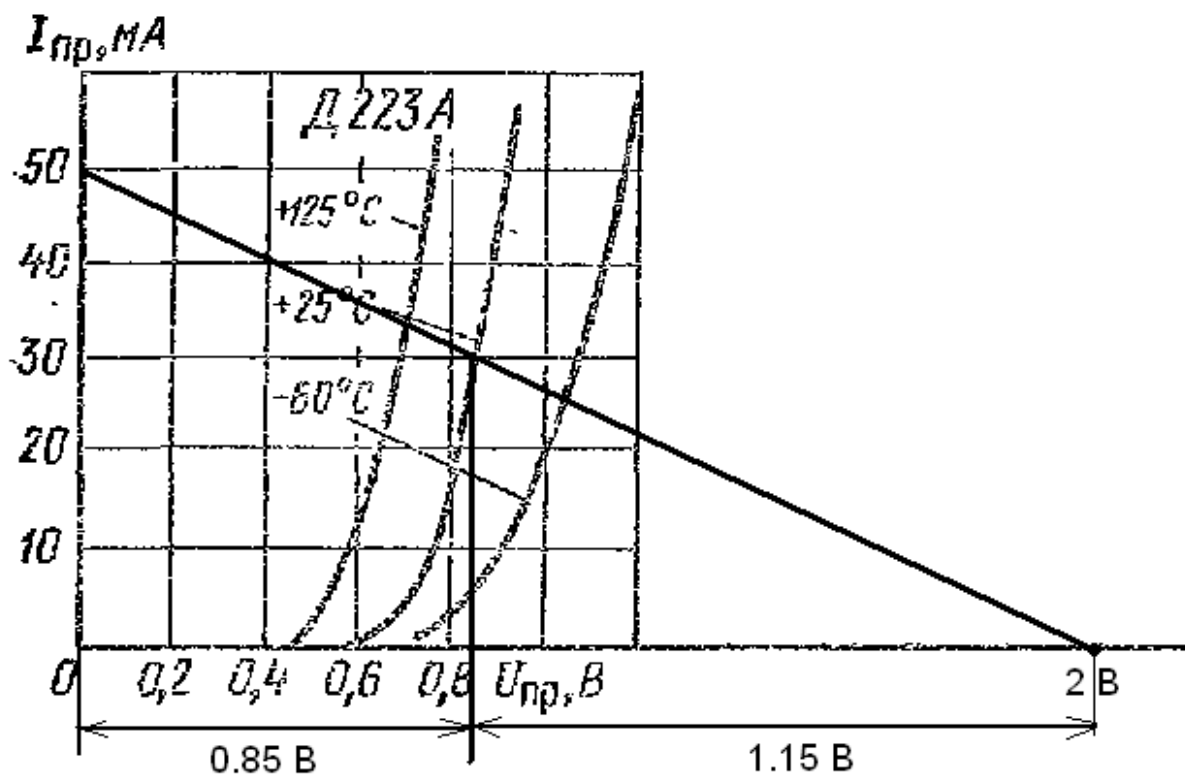
Рисунок 3.1.

Строим нагрузочную прямую. Для этого на горизонтальной оси откладываем напряжение $E = 2 \text{ В}$, а на вертикальной оси ток, равный $E/R_{\text{н}} = 2/40 = 50 \text{ мА}$.

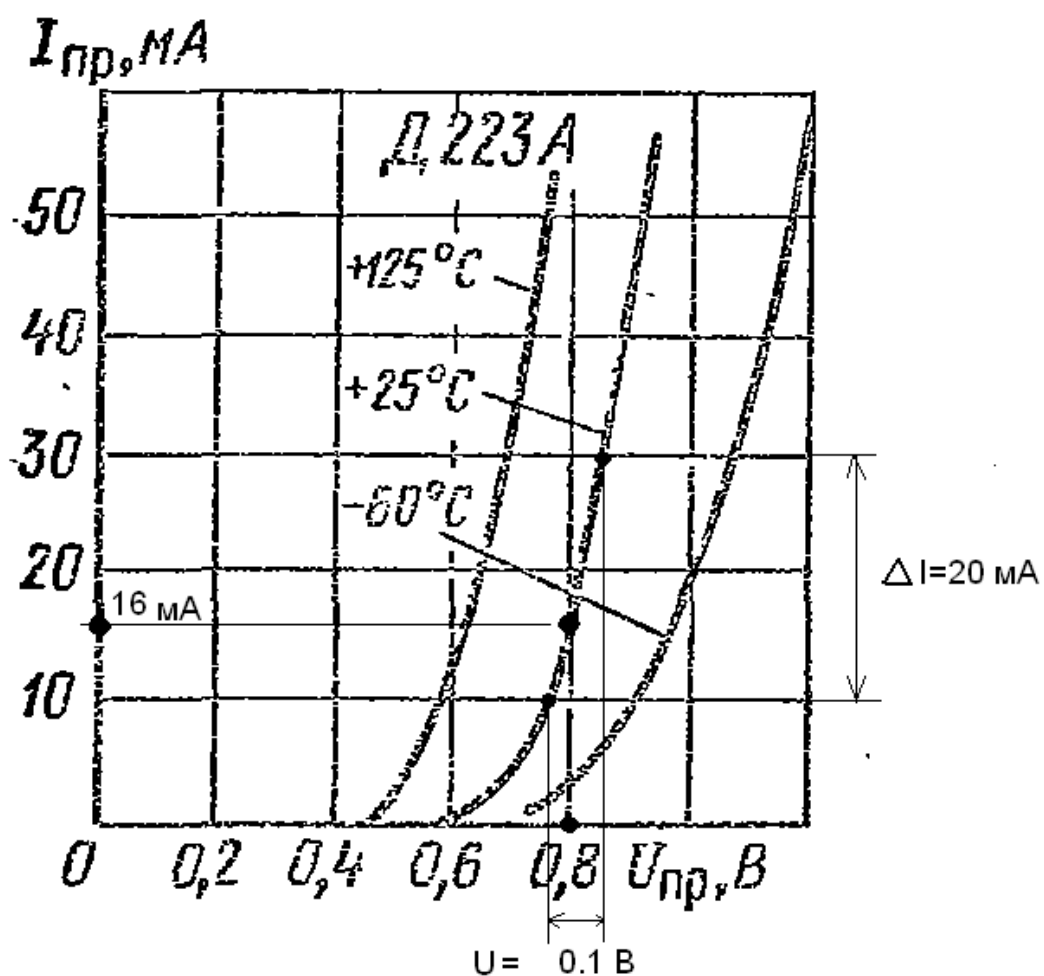
Через эти точки проводим прямую. Это и есть нагрузочная прямая.

Точка пересечения нагрузочной прямой с ВАХ при $t = +25^\circ$ позволяет определить все токи и напряжения цепи.

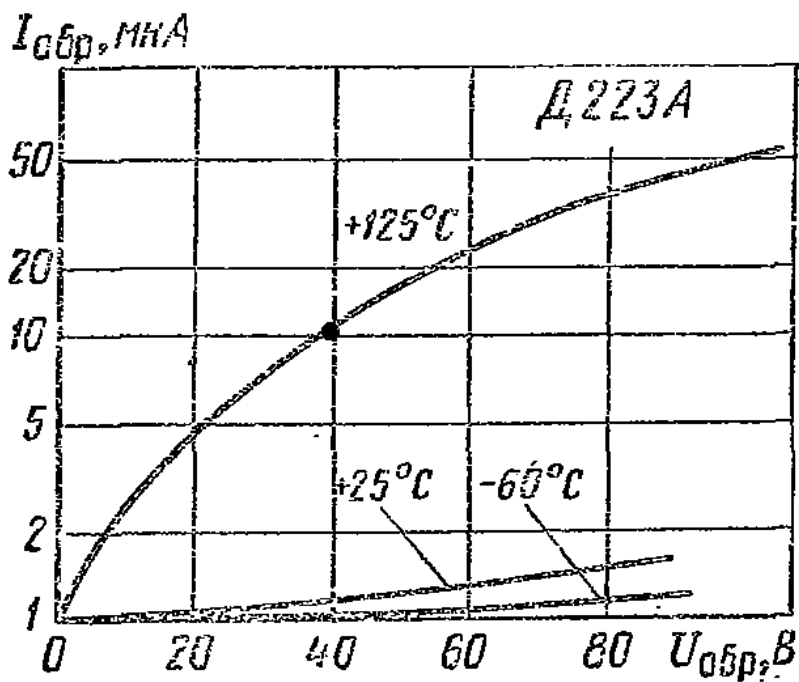
$$I_{\text{нагр.}} = 30 \text{ мА}; U_{\text{нагр.}} = 1.15 \text{ В}; U_{\text{диода}} = 0.85 \text{ В}$$



Построение нагрузочной прямой.

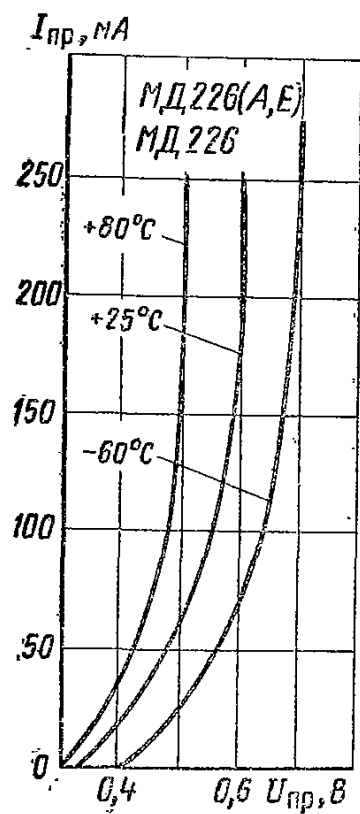


ВАХ диода в прямом включении.

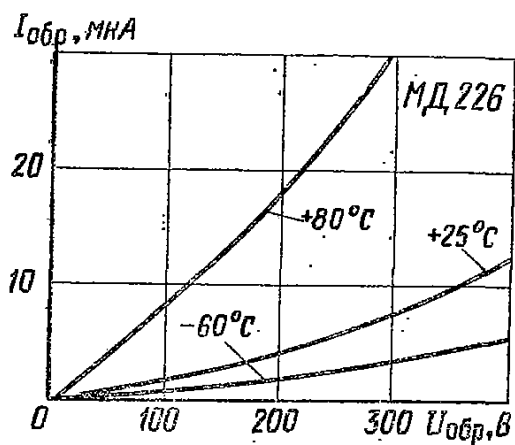


ВАХ диода в обратном включении.

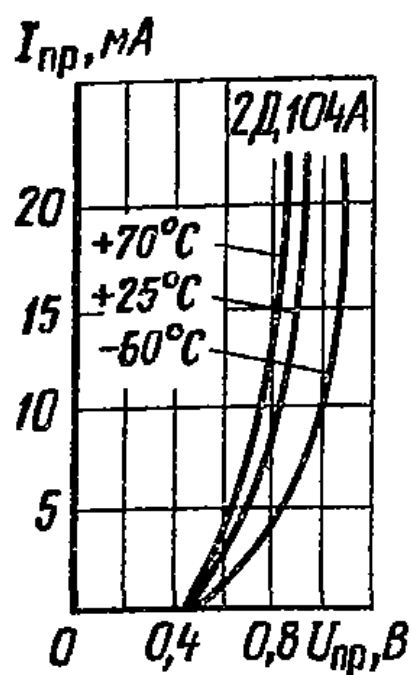
Вольтамперные характеристики диодов.



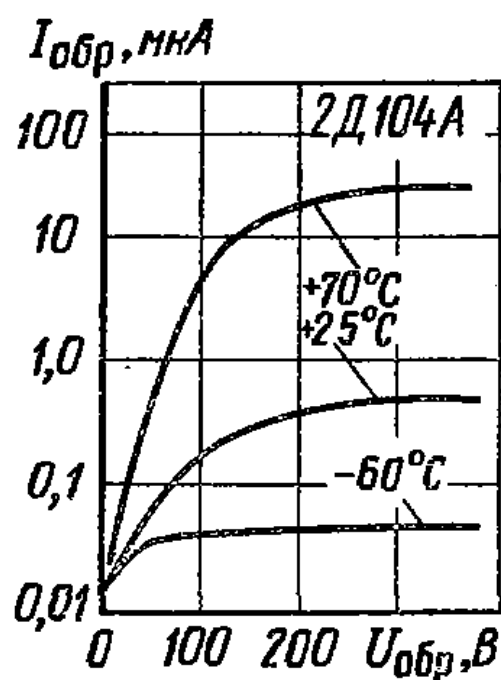
← Зависимости прямого тока от напряжения



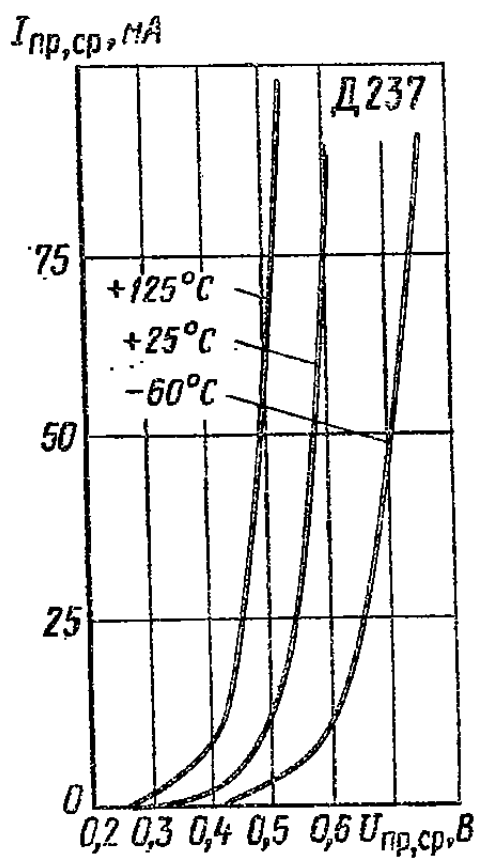
Зависимости обратного тока от напряжений



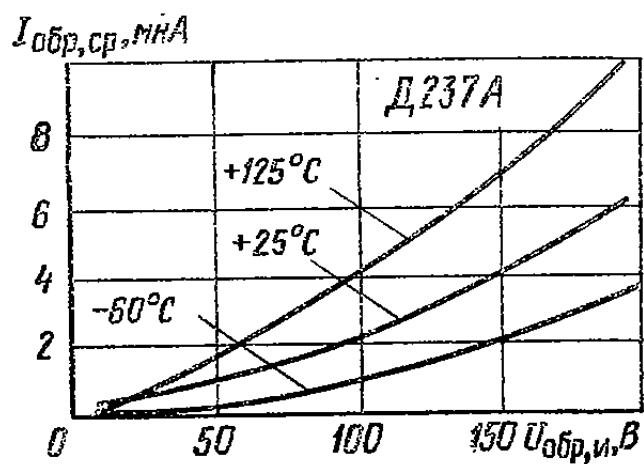
Зависимости
прямого тока
от напряжения



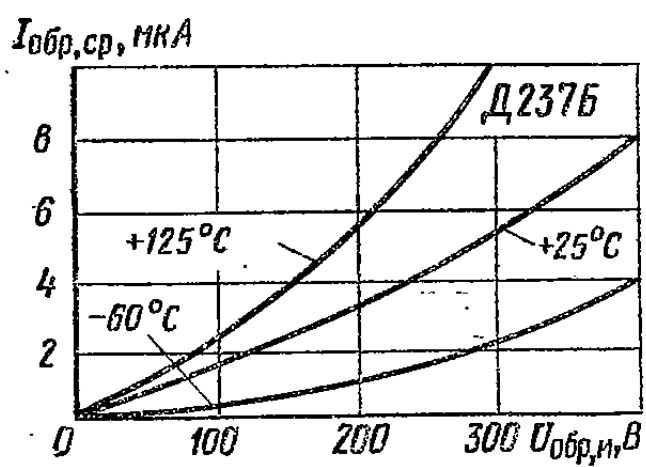
Зависимости об-
ратного тока от на-
пряжения



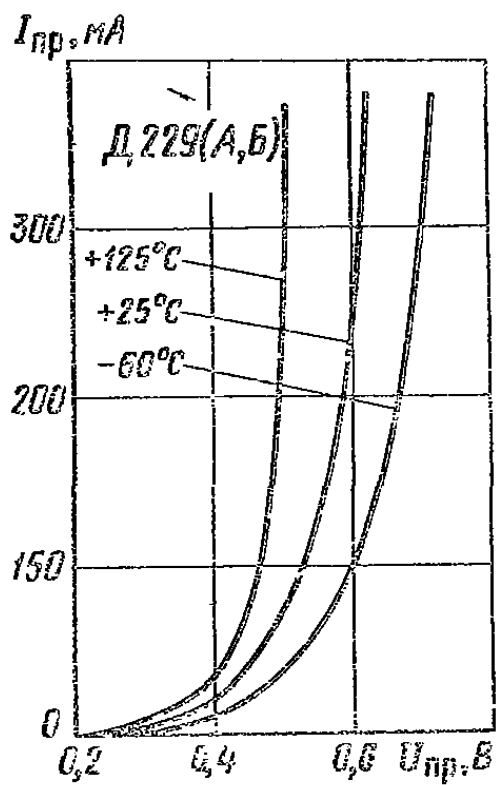
Зависимости прямого тока от напряжения



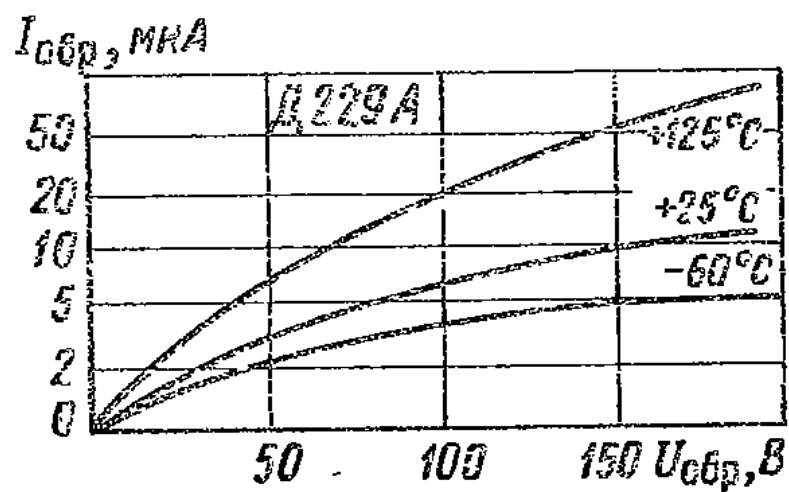
Зависимости обратного тока от напряжения



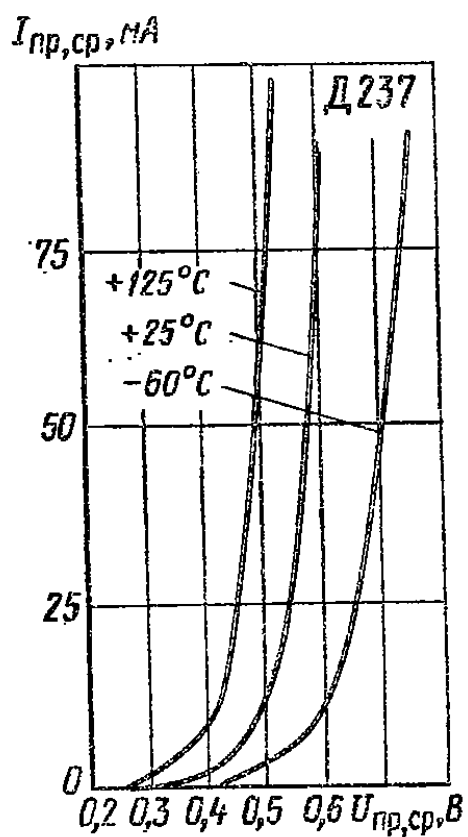
Зависимости обратного тока от напряжения



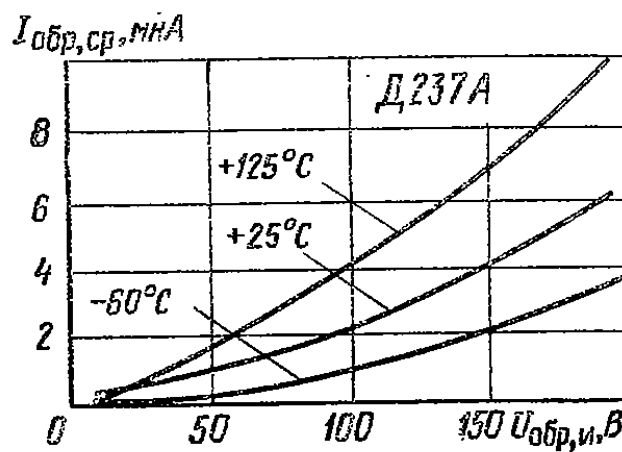
Зависимости прямого тока от напряжения



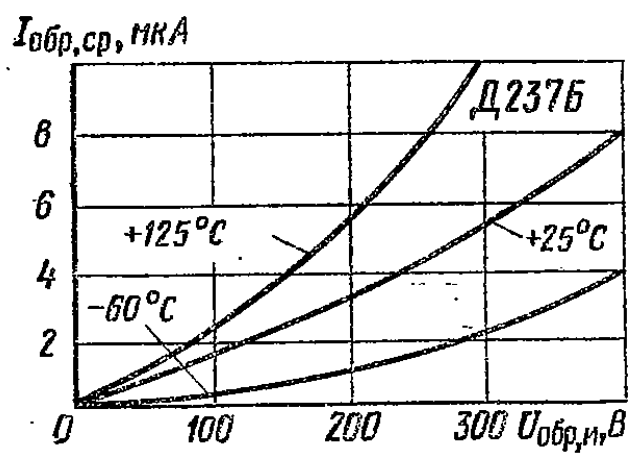
Зависимости обратного тока от напряжения



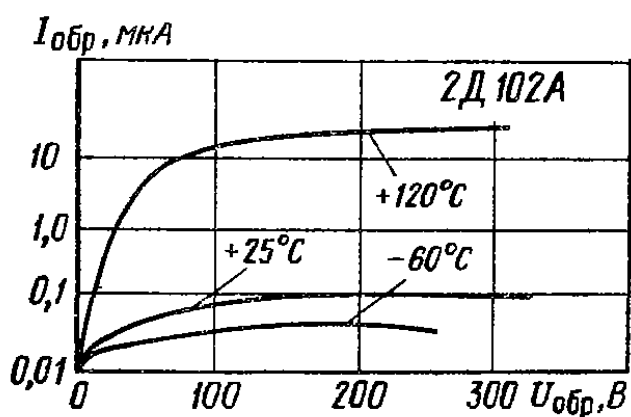
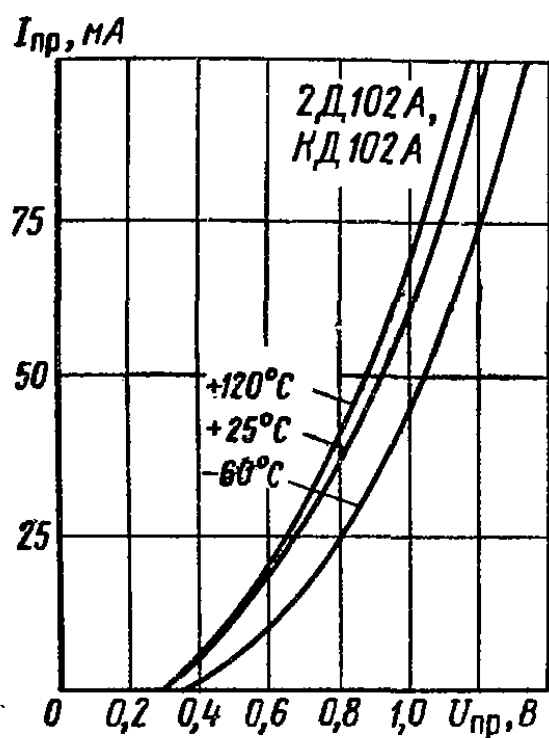
Зависимости прямого тока от напряжения



Зависимости обратного тока от напряжения

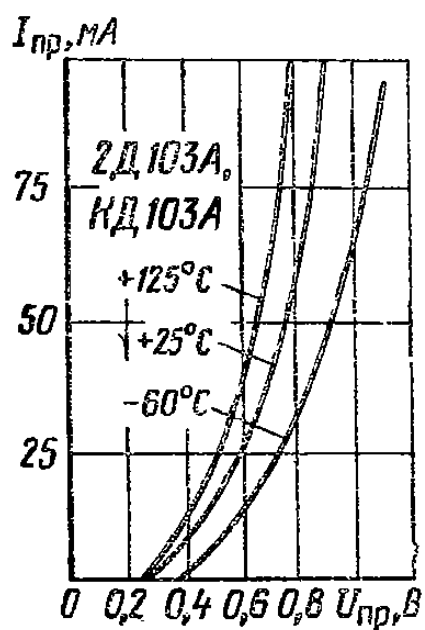


Зависимости обратного тока от напряжения

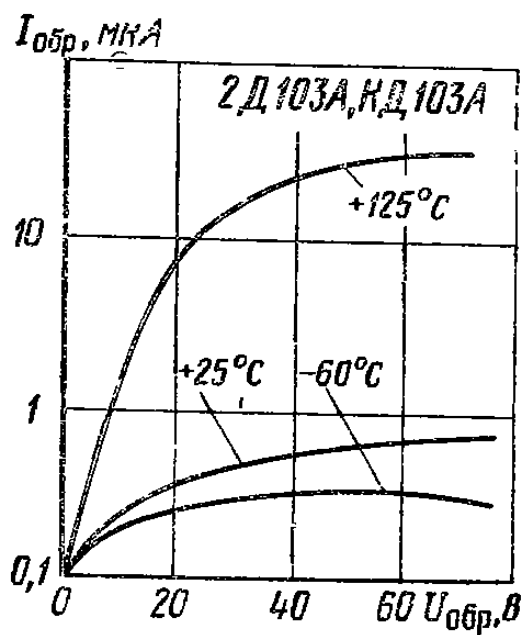


Зависимости обратного тока от напряжения

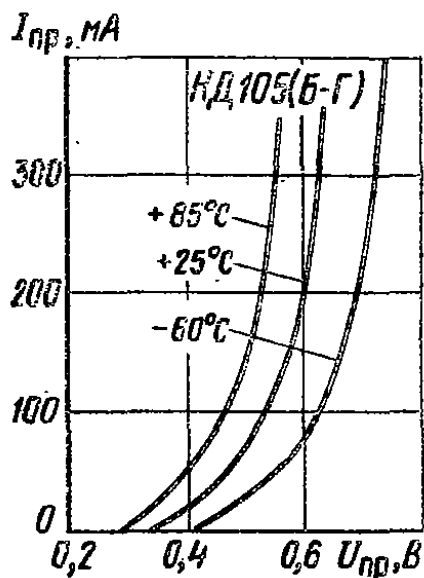
← Зависимости прямого тока от напряжения



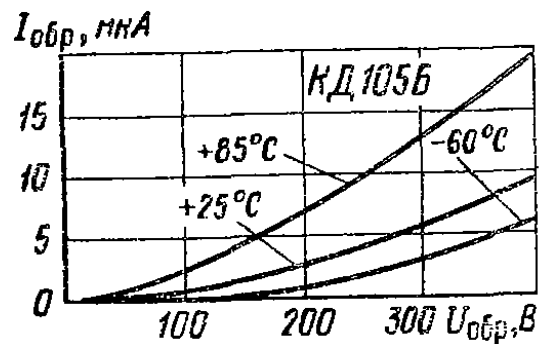
Зависимости прямого тока от напряжения



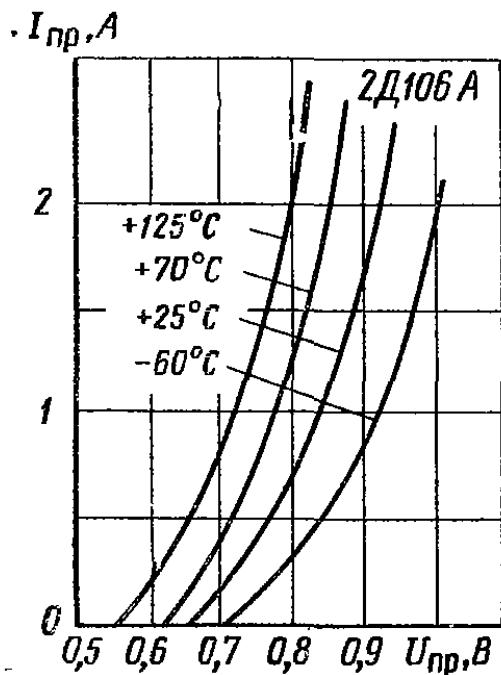
Зависимости обратного тока от напряжения



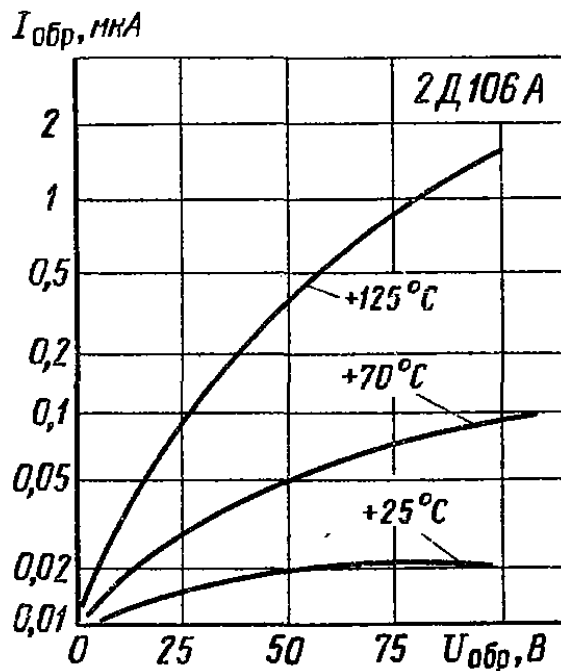
Зависимости прямого тока от напряжения



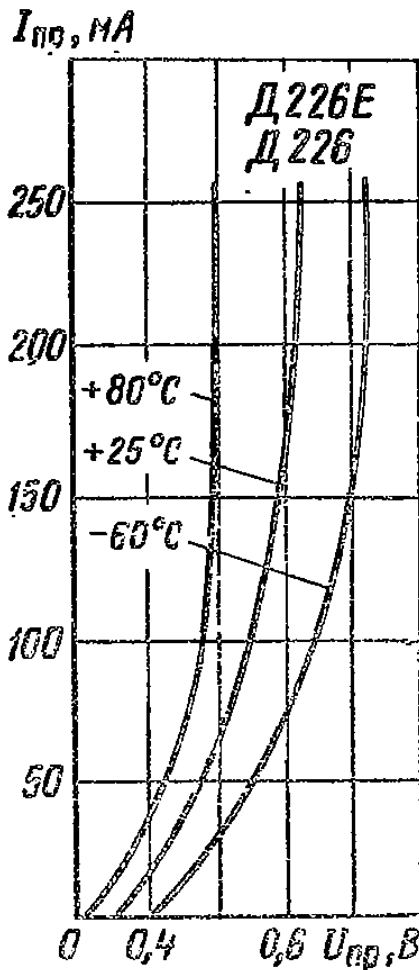
Зависимости обратного тока от напряжения



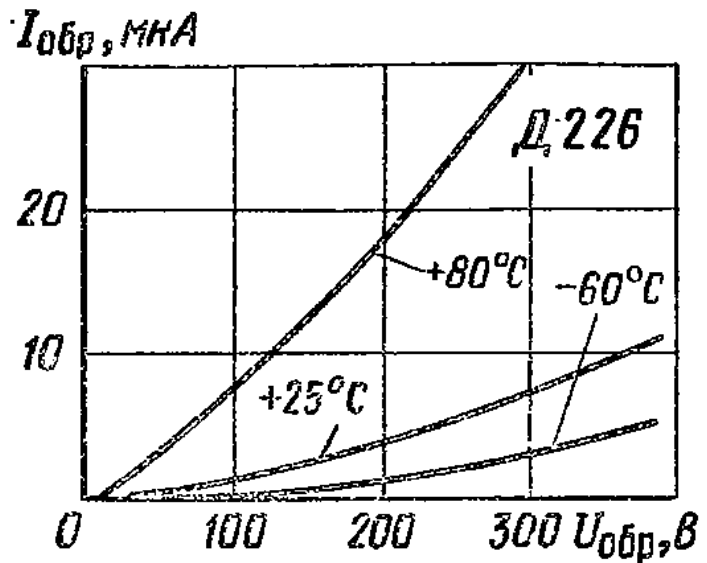
Зависимости прямого тока от напряжения



Зависимости обратного тока от напряжения



Зависимости прямого тока
от напряжения



Зависимости обратного тока
от напряжения

Задание №4.

Исходные данные для задачи берем из таблицы П.1.1 По статическим характеристикам заданного биполярного транзистора (приложение 1), включенного по схеме с общим эмиттером, рассчитать параметры усилителя графоаналитическим методом. Для этого:

- построить линию нагрузки;
- построить на характеристиках временные диаграммы токов и напряжений и выявить наличие или отсутствие искажений формы сигнала, определить величины амплитуд напряжений на коллекторе и базе, тока коллектора;
- 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 $P_{\sim}$, мощность, рассеиваемую в коллекторе P_K , потребляемую мощность $P_{потр}$ и коэффициент полезного действия η .
- используя характеристики заданного биполярного транзистора определить h -параметры в рабочей точке.

Варианты заданий для последней цифры кода студента.

Таблица П.1.1

№ вар.	Тип БТ	$E_K, В$	$R_H, Ом$	$I_{B0}, мкА$	$I_{BM}, мкА$			
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	1500	250	150			

Пример решения задачи №2.

Дано: транзистор КТ315А, напряжение питания $E_K = 15 В$, сопротивление нагрузки $R_H = 500 Ом$, постоянный ток смещения в цепи базы $I_{B0} = 350 мкА$, амплитуда переменной составляющей тока базы $I_{BM} = 150 мкА$.

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

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

Пересечение нагрузочной линии с заданным значением тока базы I_{B0} определяет рабочую точку (РТ) транзисторного каскада, нагруженного на резистор. В нашем случае рабочий точка соответствует пересечению нагрузочной прямой с характеристикой при $I_B = 350 мкА$. Если в семействе выходных характеристик отсутствует требуемая характеристика (в нашем случае $I_B = 350 мкА$), её следует самостоятельно построить между характеристиками с ближайшими значениями тока базы (на рисунке пунктирная линия).

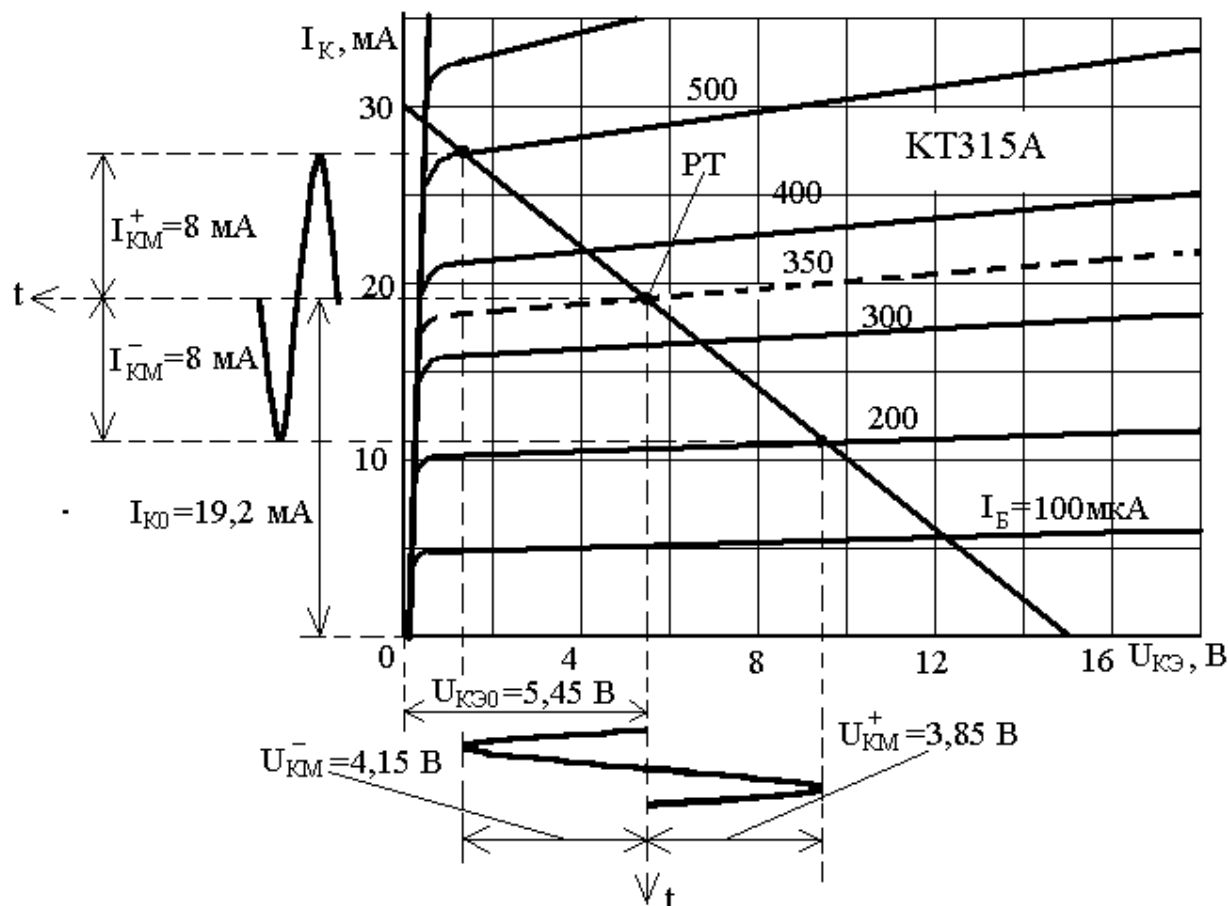


Рисунок 1.1

Координаты рабочей точки дают значение рабочего режима выходной цепи $U_{KЭ0}$ и I_{K0} . Определяем параметры режима по постоянному току

$$I_{K0} = 19,2 \text{ mA и } U_{KЭ0} = 5,45 \text{ V.}$$

На входных характеристиках (рисунок 1.2) рабочую точку определяем как точку пересечения ординаты, соответствующей току $I_{B0} = 350 \text{ мкА}$, и характеристики при $U_{KЭ} = 10 \text{ В}$ (РТ). Хотя в рабочей точке на выходных характеристиках $U_{KЭ0} = 10 \text{ В}$, входные характеристики в активном режиме практически совпадают и можно воспользоваться характеристикой для

$$U_{KЭ} = 10 \text{ В. Определяем: } U_{BЭ0} = 0,745 \text{ В.}$$

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 $I_{БМ} = 150 \text{ мкА}$. Временные диаграммы строятся с учетом того, что напряжения на базе и коллекторе противофазные, и с соблюдением одинакового масштаба по оси времени. После построения временных диаграмм необходимо оценить, имеются ли заметные искажения в выходной цепи транзистора или нет.

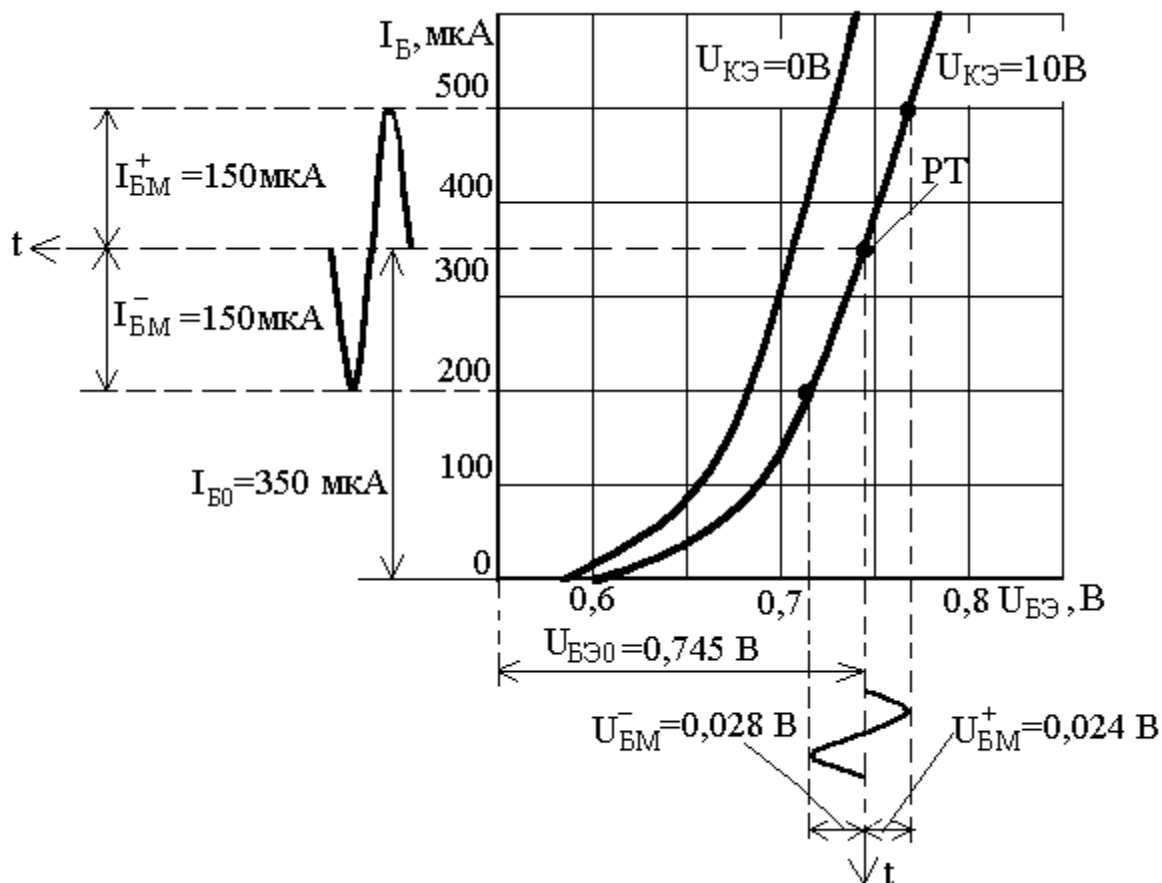


Рисунок 1.2

Из временных диаграмм видно, что под действием переменного входного тока рабочая точка на выходных характеристиках двигателя 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 иногда линейным или неискажающим.

При нахождении из графиков величин I_{KM} , U_{KM} , U_{BM} следует обратить внимание, что амплитудные значения для положительных и отрицательных полуоволн 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 (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

$$I_{KM} = \frac{I_{KM}^+ + I_{KM}^-}{2} = \frac{8 + 8}{2} = 8 \text{ mA}, \quad U_{KM} = \frac{U_{KM}^+ + U_{KM}^-}{2} = \frac{3,85 + 4,15}{2} = 4 \text{ V}$$

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

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

Затем определяем $K_I = \frac{I_{ЭМ}}{I_{МБ}} = \frac{8}{0,15} \approx 53$, $K_U = \frac{U_{ЭМ}}{U_{МБ}} = \frac{4}{0,026} \approx 154$ и
 $K_P = K_I \cdot K_U = 53 \times 154 = 8162$.

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

Определяем полезную мощность, мощность рассеиваемую на коллекторе и потребляемую мощность

$$P_{\Sigma} = \frac{U_{ЭМ} \cdot I_{ЭМ}}{2} = \frac{4 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{2} = 16 \cdot 10^{-3} = 16 \text{ мВт}; \quad P_{К0} = U_{КЭ0} \cdot I_{К0} = 5,45 \cdot 19,2 \cdot 10^{-3} = 104,6 \text{ мВт};$$

$$P_{ПОТР} = E_{КЭ} \cdot I_{К0} = 15 \cdot 19,2 \cdot 10^{-3} = 288 \text{ мВт}.$$

коэффициент полезного действия каскада

$$\eta = \frac{P_{\Sigma}}{P_{ПОТР}} \cdot 100\% = \frac{16}{288} \cdot 100 \approx 5,55\%$$

Находим h- параметры в рабочей точке, которая определена в задаче 1. Параметр $h_{11Э}$ определяем следующим образом. На входных характеристиках (рисунок 2.1) задаемся приращением тока базы $\Delta I_B = \pm 50 = 100$ мкА относительно рабочей точки $I_{Б0} = 350$ мкА.

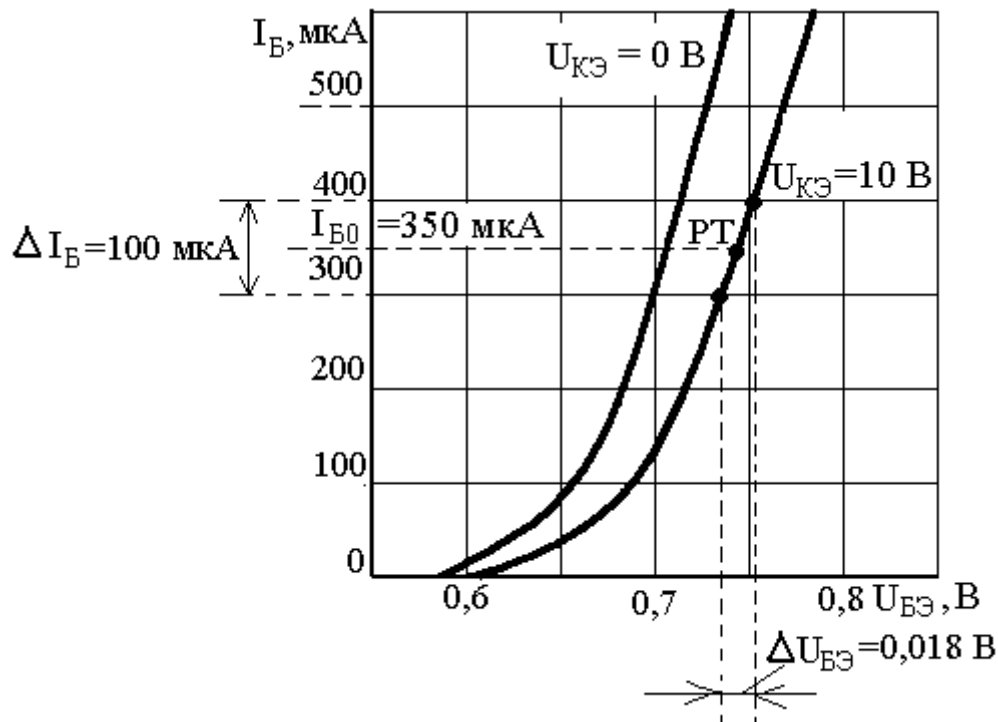


Рисунок 2.1

Соответствующее приращение напряжения база-эмиттер составит

□ $U_{BE}=0,018$ В. Тогда входное сопротивление

$$h_{11э} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} = \frac{0,018}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 180 \text{ Ом}$$

По выходным характеристикам находим параметры $h_{21э}$ и $h_{22э}$. Определение параметра $h_{21э}$ показано на рисунке 2.2.

Задаемся приращением тока базы относительно рабочей точки также □ $I_B = \square 50 = 100$ мкА и соответствующее приращение тока коллектора составляет □ $I_K = 5,6$ мА. Коэффициент передачи тока базы составит

$$h_{21э} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{5,6 \cdot 10^{-3}}{(400 - 300) \cdot 10^{-6}} = \frac{5,6 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-6}} = 56$$

На рисунке 2.3 показано определение выходной проводимости $h_{22э}$. Около рабочей точки задаемся приращением напряжения коллектор-эмиттер

□ $U_{KЭ}=4$ В. Соответствующее приращение тока коллектора составляет □ $I_K=1$ мА и выходная проводимость равна

$$h_{22э} = \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{KЭ}} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{4} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ См}$$

Параметр h_{123} по характеристикам обычно не определяется, так как входные характеристики для рабочего режима практически сливаются и определение параметра даёт очень большую погрешность.

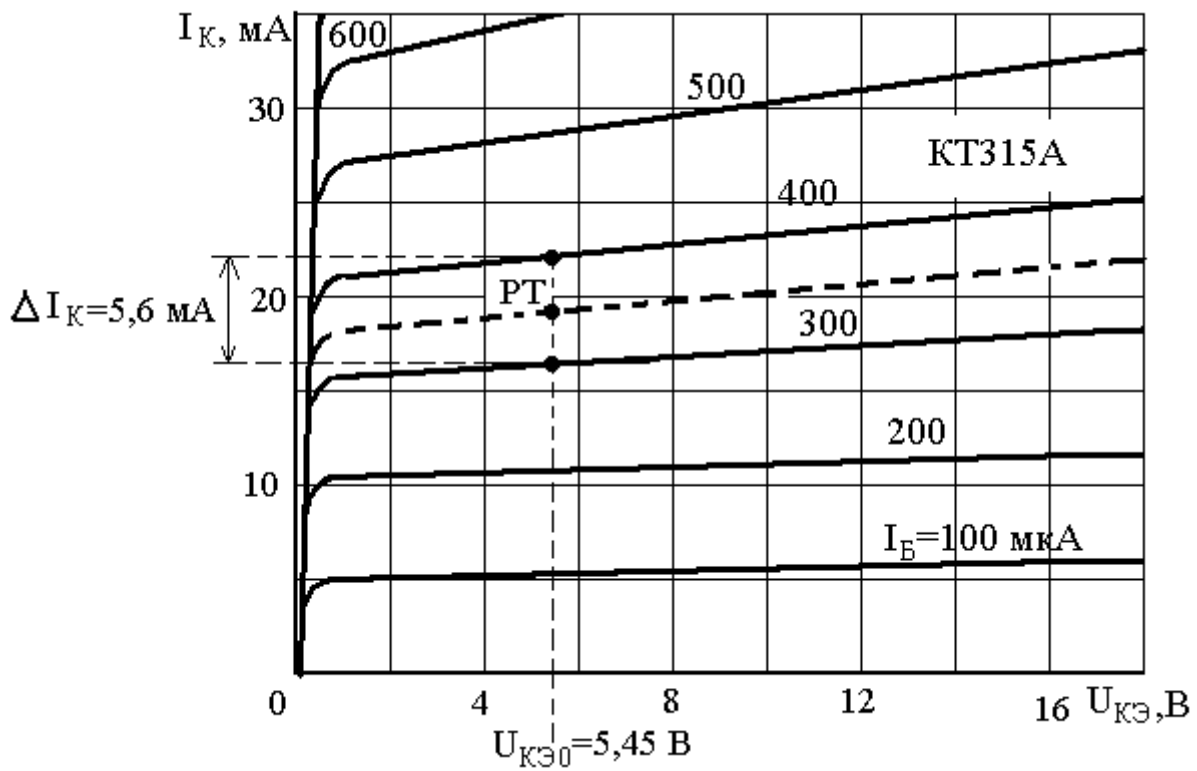
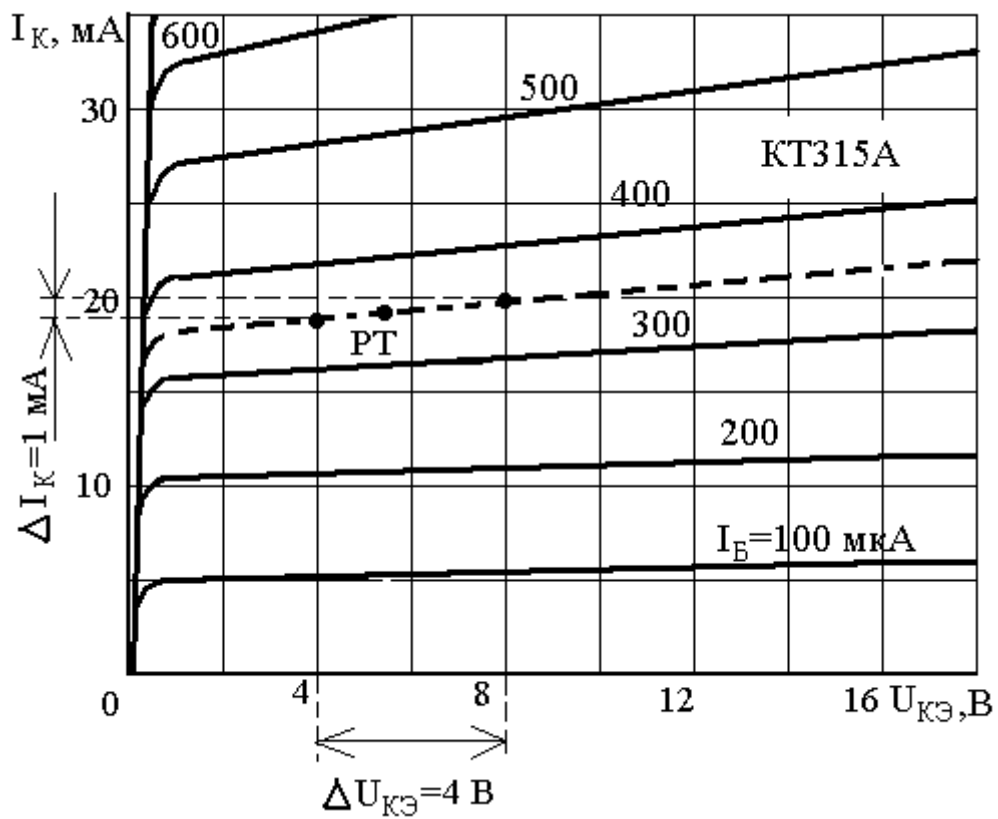


Рисунок 2.2



ПРИЛОЖЕНИЕ 1

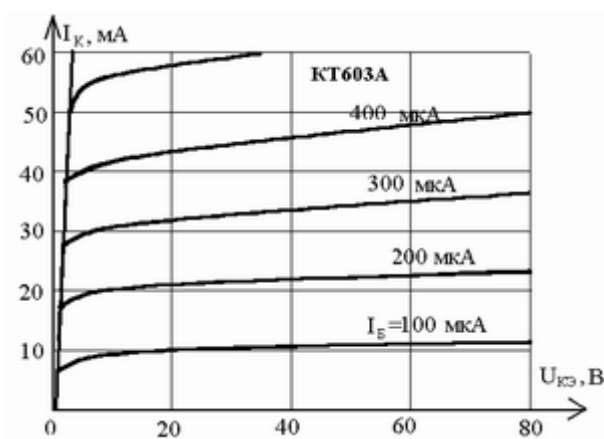


Рисунок П.Б.1

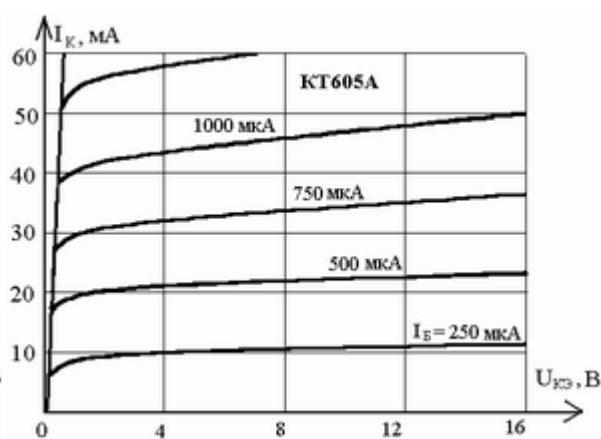


Рисунок П.Б.2

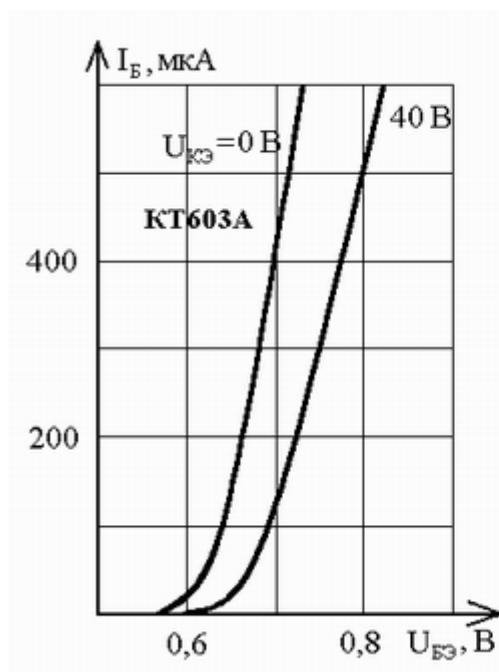


Рисунок П.Б.3

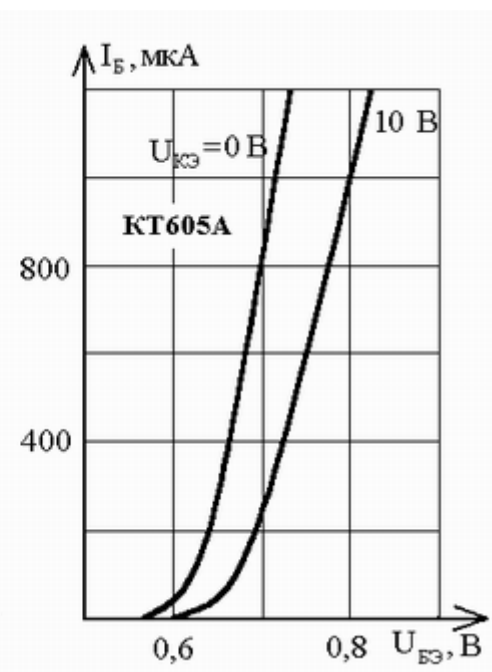


Рисунок П.Б.4

