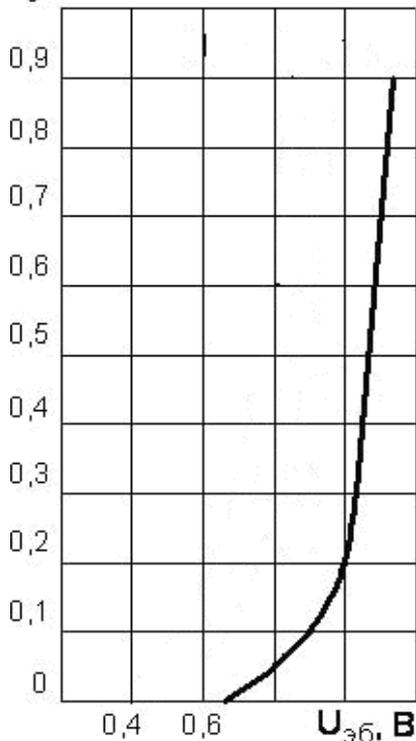


Для всех вариантов: транзистор КТ312А

$r_b=10 \text{ Ом}$, $c_k^*=20 \text{ нФ}$,

Входные и выходные ВАХ транзистора:

$I_b, \text{ мА}$



$I_k, \text{ мА}$

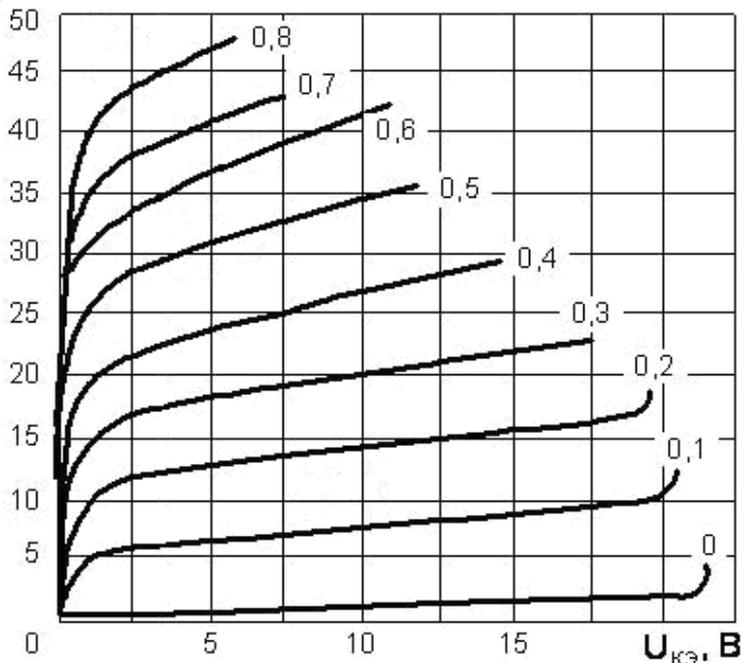


Таблица вариантов

№	$e_{вх}, \text{ В}$	$U_{ввых}, \text{ В}$	$R_H, \text{ Ом}$	$R_{вн}, \text{ Ом}$	$f_{нч}, \text{ Гц}$	$f_{вч}, \text{ КГц}$
1	0,05	3	250	50	300	500
2	0,1	4,5	200	80	350	550
3	0,15	5	180	95	400	480
4	0,1	5	220	75	250	600
5	0,05	2,5	250	55	320	530
6	0,1	3,5	200	85	350	460
7	0,15	4,5	190	110	310	600
8	0,2	5	150	100	380	540
9	0,15	3	230	110	250	460
10	0,05	2,5	220	60	270	550
11	0,05	3	210	65	290	520
12	0,2	4,5	170	120	450	460
13	0,1	3	200	115	410	510
14	0,15	5	210	125	420	540
15	0,05	2,5	250	45	460	530
16	0,1	3	240	65	350	450
17	0,05	3,5	230	55	340	480
18	0,1	4	190	75	360	470
19	0,2	4	150	95	320	460
20	0,15	4	180	105	300	540
21	0,1	4,5	220	80	250	550
22	0,1	5	250	90	380	530
23	0,05	3,5	300	60	340	450
24	0,15	2,5	150	125	420	530
25	0,1	3	160	150	310	520

Работа выполняется на чистых листах А4, текст пишется от руки, первый лист – титульный (обязательно указать ФИО, номер варианта и группу)

Номер варианта соответствует порядковому номеру в списке.

В начале работы выписать начальные данные, соответствующего варианта, вычертить схему УННЧ, подписать условные обозначения элементов. К работе обязательно прикрепить график входных и выходных ВАХ, на котором выполнить все необходимые для расчета графические построения.

Порядок выполнения работы по расчету элементов УННЧ.

РЕЖИМ ПОКОЯ

Определить коэффициент усиления по напряжению:

$$K_U = \frac{U_{вых}}{e_{вх}}$$

Определить напряжение источника питания:

$$E_k = 3U_{вых}$$

На графике выходных ВАХ транзистора отметить точку холостого хода

$$U_{кэ} = E_k$$

$$I_k = 0$$

Определить напряжение точки покоя, учитывая, что усилитель работает в классе А:

$$U_{кэ0} = \frac{E_k}{2}$$

Определить минимальное напряжения коллектор-эмиттер в процессе работы усилителя:

$$U_{кэ\min} = U_{кэ0} - U_{вых}$$

Отметить на графике выходных ВАХ полученные напряжения $U_{кэ0}$ и $U_{кэ\min}$, построить из точки $U_{кэ\min}$ вертикальный перпендикуляр, найти пересечение этого перпендикуляра с одной из выходных характеристик транзистора, исходя из двух условий:

1. точка пересечения должна лежать как можно выше, ток коллектора должен быть максимально возможным
2. выходная характеристика должна быть стабильной, то есть иметь вид прямой линии в месте пересечения с перпендикуляром

Через полученную точку пересечения и точку холостого хода провести нагрузочную прямую, соединив их между собой.

На нагрузочной прямой отметить точку покоя, соответствующую значению $U_{кэ0}$, для которой определить по графику ток коллектора покоя $I_{к0}$ и базовый ток покоя $I_{б0}$, соответствующий той выходной характеристике транзистора, которая пересекает нагрузочную прямую в точке покоя.

На входной ВАХ транзистора отметить точку соответствующую $I_{б0}$, по графику получить значение напряжения база-эмиттер покоя $U_{бэ0}$.

Определить сопротивление коллектора, обеспечивающее заданный коэффициент усиления по напряжению при выбранном положении точки покоя

$K_U = \beta \frac{R_k^{\text{экв}}}{R_{\text{вх}}}$, где $R_{\text{вх}}$ - это входное сопротивление транзистора, β - коэффициент передачи по току транзистора, а $R_k^{\text{экв}}$ - эквивалентное сопротивление коллекторной цепи транзистора.

$$R_k^{\text{экв}} = R_k \parallel R_H = \frac{R_k * R_H}{R_k + R_H}$$

$$\beta = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_{\text{б}}} = \frac{I_{k\text{max}} - I_{k0}}{I_{\text{б}0} - I_{\text{бmin}}}$$

Для определения значения коэффициента передачи по току транзистора используем входную и выходную характеристики, где отмечаем точку максимального отклонения выходного тока, соответствует точке минимального напряжения $U_{\text{кэ}0\text{min}}$, которая построена ранее для определения наклона нагрузочной прямой. Значение по оси I_k в этой точке является значением $I_{k\text{max}}$.

Для нахождения $I_{\text{бmin}}$ используем входную характеристику транзистора, на которой по оси $U_{\text{бэ}}$ находим значение $U_{\text{бэ}0} - e_{\text{вх}}$ и по полученной координате находим точку минимального отклонения базового тока на графике входной характеристики. Значение по оси $I_{\text{б}}$ в этой точке является значением $I_{\text{бmin}}$.

Определяем входное сопротивление транзистора:

$R_{\text{вх}} = r_{\text{б}} + r_{\text{э}}(\beta + 1)$, где $r_{\text{э}}$ - это сопротивление открытого эмиттерного перехода

$r_{\text{э}} = \frac{\varphi_T}{I_{\text{э}0}}$, где φ_T - это температурный потенциал (при комнатной температуре равен 25

mB), а $I_{\text{э}0}$ - это ток эмиттера покоя

$$I_{\text{э}0} = I_{k0} + I_{\text{б}0}$$

Определяем сопротивление коллектора:

$$R_k^{\text{экв}} = \frac{R_{\text{вх}} * K_U}{\beta}$$

$$R_k = \frac{R_k^{\text{экв}} * R_H}{R_H - R_k^{\text{экв}}}$$

Определив сопротивление коллектора, необходимо округлить полученное значение до стандартного из ряда E24, тоже самое необходимо сделать для всех сопротивлений и емкостей, которые используются в схеме в виде отдельных элементов.

Определяем сопротивление эмиттера:

$$R_{\text{э}} = \frac{E_k - I_{k0} * R_k - U_{\text{кэ}0}}{I_{\text{э}0}}$$

Округляем по ряду E24

В случае если $R_{\text{э}} < 0$, то увеличиваем напряжение питания E_k до $E_k = 4U_{\text{кэ}0}$ и повторяем расчет точки покоя, не изменяя при этом $U_{\text{кэ}0}$

Определяем сопротивления делителя напряжения R_1 и R_2 :

$$R_2 = \frac{I_{\text{э}0} * R_{\text{э}} + U_{\text{бэ}0}}{I_{\text{д}}}$$
, где $I_{\text{д}}$ - это ток, проходящий через делитель напряжения

$$I_{\text{д}} = 10I_{\text{б}0}$$

$$R_1 = \frac{E_k - I_{\text{д}} * R_2}{I_{\text{д}} + I_{\text{б}0}}$$

Округляем полученные значения R_1 и R_2 по ряду E24

Определяем коэффициент усиления по току, для схемы с общим эмиттером

$$K_I = \frac{\Delta I_{\kappa}}{\Delta I_{\beta}} = \beta$$

Определяем коэффициент усиления по мощности

$$K_P = K_U * K_I$$

ДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

В динамическом режиме учитывается влияние частоты усиливаемого сигнала на работу УННЧ и производится расчет емкостей в нем.

Определяем постоянную времени для усиления высокой частоты

$$\tau_{BЧ} = c_{\kappa}^* (R_{\kappa} \parallel R_n)$$

Определяем коэффициент частотных искажений для УННЧ

$$M_{BЧ} = \sqrt{1 + \omega_{BЧ}^2 \tau_{BЧ}^2}, \text{ где } \omega_{BЧ} - \text{ это циклическая частота сигнала на высокой частоте}$$

Циклическая частота определяется по заданной частоте через соотношение:

$$\omega = 2\pi f$$

Задаем симметричность амплитудно-частотной характеристики УННЧ через равенство коэффициентов частотных искажений на высокой и на низкой частотах

$$M_{BЧ} = M_{HЧ}$$

Определяем постоянную времени для низкочастотного сигнала

$$M_{HЧ} = \sqrt{1 + \frac{1}{\omega_{HЧ}^2 \tau_{HЧ}^2} + \frac{1}{\omega_{HЧ}^2 \tau_{BХ}^2}}$$

Для решения уравнения с двумя неизвестными дополнительно определим равенство $\tau_{HЧ} = \tau_{BХ} = \tau$, задавая одинаковое влияние разделительных емкостей на частотные характеристики УННЧ.

$$\tau = \frac{2}{\omega_{HЧ} \sqrt{M_{BЧ}^2 - 1}}$$

Определяем величину разделительных емкостей

$$c_{p1} = \frac{\tau}{R_{\text{en}} + R_{\text{ex}}}$$

$$c_{p2} = \frac{\tau}{R_{\kappa} + R_n}$$

Округляем полученные значения по ряду E24

Для определения емкости в эмиттерной цепи задаем условие, чтобы влияние обратной отрицательной связи на частотные искажение было минимальным $\tau_{\text{э}} \gg \tau$

$$\tau_{\text{э}} = 10\tau$$

$$c_{\text{э}} = \frac{\tau_{\text{э}}}{R_{\text{э}}}$$

Округляем полученное значение емкости по ряду E24

На этом все элементы УННЧ можно считать рассчитанными под конкретные параметры входного и выходного сигналов УННЧ.