

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬНЫЙ КАСКАД

Цель работы

Изучение принципа работы и исследование характеристик усилительного каскада на биполярном транзисторе, включённом по схеме с общим эмиттером.

Теоретические сведения

Особенности усилительного каскада с ОЭ рассмотрим на примере схемы рис. 1.

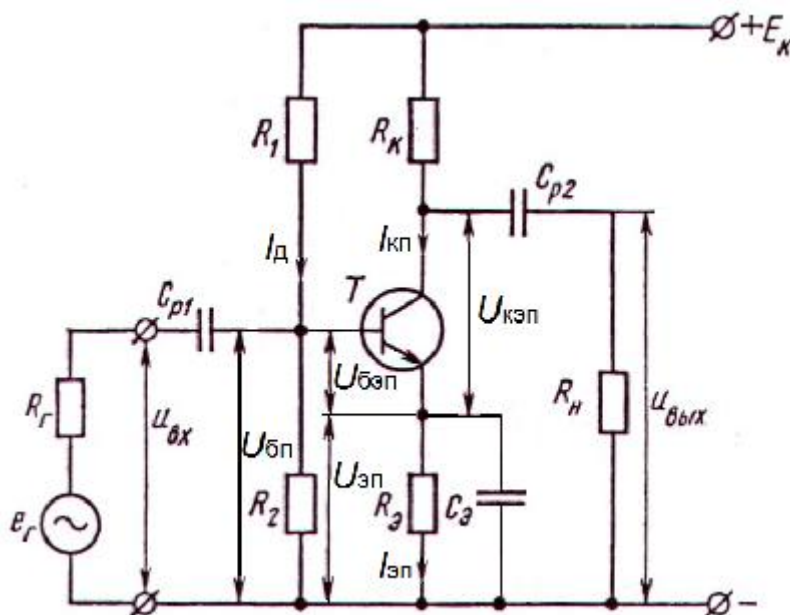


Рисунок 1 Схема усилительного каскада с ОЭ

Название схемы «с общим эмиттером» означает, что вывод эмиттера транзистора по переменному току является общим для входной и выходной цепей каскада.

Принцип действия каскада ОЭ заключается в следующем. При наличии постоянных составляющих токов и напряжений в схеме подача на вход каскада переменного напряжения приводит к появлению переменной составляющей тока базы транзистора и, следовательно, переменной составляющей тока в выходной цепи каскада (в коллекторном токе транзистора). За счёт падения напряжения на резисторе R_k создаётся переменная составляющая напряжения на коллекторе, которая через конденсатор C_{p2} передается на выход каскада – в цепь нагрузки.

Основными элементами схемы являются источник питания E_k , управляемый элемент – транзистор T и резистор R_k . Эти элементы образуют

главную цепь усилительного каскада, в которой за счёт протекания управляемого по цепи базы коллекторного тока создаётся усиленное переменное напряжение на выходе схемы. Остальные элементы каскада выполняют вспомогательную роль. Конденсаторы C_{p1} и C_{p2} являются разделительными. Конденсатор C_{p1} исключает протекание постоянного тока через источник входного сигнала по цепи $E_k - R_1 - R_g$ и обеспечивает независимость напряжения на базе $U_{бп}$ в режиме покоя. Конденсатор C_{p2} пропускает в цепь нагрузки переменную составляющую напряжения и задерживает постоянную составляющую.

Резисторы R_1 и R_2 используются для задания **режима покоя** каскада. Поскольку биполярный транзистор управляется током, его ток покоя $I_{кп}$ создаётся заданием соответствующей величины тока покоя базы $I_{бп}$. Резистор R_1 предназначен для создания цепи протекания тока $I_{бп}$. Совместно с R_2 резистор R_1 обеспечивает исходное напряжение на базе $U_{бп}$ относительно зажима «-» источника питания.

Резистор R_3 является элементом **отрицательной обратной связи**, предназначенной для стабилизации режима покоя каскада при изменении температуры. Конденсатор C_3 шунтирует резистор R_3 по переменному току, исключая проявление отрицательной обратной связи в каскаде по переменным составляющим. Отсутствие конденсатора C_3 приводит к уменьшению коэффициентов усиления схемы.

Температурная зависимость параметров режима покоя объясняется зависимостью коллекторного тока покоя $I_{кп}$ от температуры, что может привести к работе каскада в нелинейной области характеристик транзистора и искажению формы кривой выходного сигнала. Вероятность появления искажений повышается с увеличением амплитуды выходного сигнала.

Отрицательная обратная связь стабилизирует ток $I_{кп}$. Предположим, что под влиянием температуры ток $I_{кп}$ увеличился. Это приводит к увеличению тока $I_{эп}$, повышению напряжения $U_{эп} = I_{эп} \cdot R_3$ и соответственно, снижению напряжения $U_{бэп} = U_{бп} - U_{эп}$. Ток базы $I_{бп}$ уменьшается, вызывая уменьшение тока $I_{кп}$. Стабилизирующее действие отрицательной обратной связи, создаваемой резистором R_3 , проявляется в том, что температурные изменения параметров режима покоя передаются цепью обратной связи в противофазе на вход каскада, препятствуя изменению тока $I_{кп}$, а следовательно, и напряжения $U_{кэп}$.

Анализ каскада по постоянному току проводят графо - аналитическим методом, основанным на использовании графических построений и расчётных соотношений. Графические построения проводятся с помощью выходных (коллекторных) характеристик транзистора (рис. 2,а). Удобство метода заключается в наглядности нахождения связи параметров режима покоя каскада ($U_{кэп}$ и $I_{кп}$) с амплитудными значениями переменных составляющих выходных напряжения $U_{выхм}$ и тока $I_{км}$.

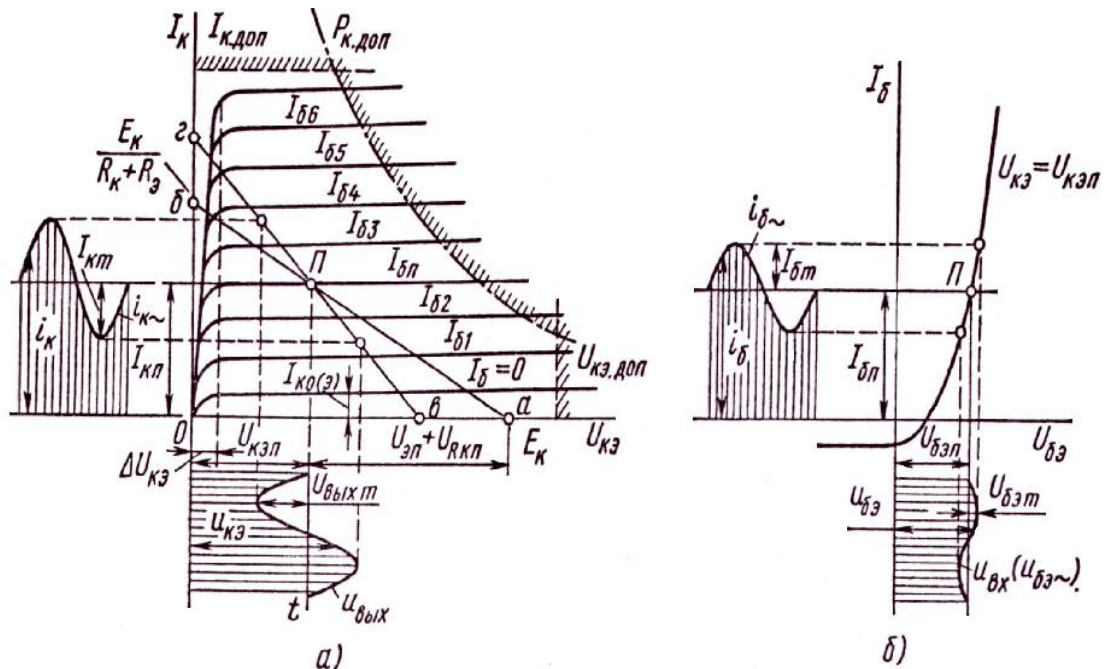


Рисунок 2 Графическое определение режима покоя каскада с ОЭ на коллекторных (а) и базовой (б) характеристиках транзистора

На выходных характеристиках (рис. 2,а) проводят линию нагрузки каскада по постоянному току (а–б), представляющую собой геометрические места точек, координаты $U_{КЭ}$ и I_K которых соответствуют возможным значениям точки (режима) покоя.

Баланс напряжений в выходной цепи каскада является графическим уравнением нагрузочной прямой:

$$U_{КЭП} = E_K - I_{КП} \cdot (R_K + R_Э) \quad (1.1)$$

Построение линии нагрузки каскада по постоянному току удобно провести по двум точкам, характеризующим режим закрытого (точка а) и открытого (точка б) состояния транзистора (рис. 2,а).

Для точки а

$$I_{КП} = 0, U_{КЭП} = E_K$$

и для точки б

$$U_{КЭП} = 0, I_{КП} = E_K / (R_K + R_Э).$$

По входной характеристике $I_Б = F(U_{БЭ})$ выбирают значение тока базы покоя $I_{БП}$. Пересечение линии нагрузки по постоянному току с выходной характеристикой $I_K = F(U_{КЭ})$ при $I_Б = I_{БП}$ определяет точку покоя П (рис. 2,а).

Для определения переменных составляющих выходного напряжения каскада и коллекторного тока транзистора используют линию нагрузки каскада по переменному току (в–г). Поскольку при наличии входного сигнала напряжение и ток транзистора представляют собой суммы постоянных и переменных составляющих, линия нагрузки по переменному току (в–г) проходит через точку покоя П (рис. 2,а). Наклон линии нагрузки по

переменному току будет больше, чем по постоянному току. Линию нагрузки по переменному току строят по отношению приращений напряжения к току:

$$\Delta U_{кэ} / \Delta I_{к} = R_{к} // R_{н}.$$

При подаче на вход каскада (см. рис.1) напряжения $U_{вх}$ в базовой цепи транзистора создается переменная составляющая тока $I_{б\sim}$, связанная с напряжением $U_{вх}$ входной характеристикой транзистора (рис. 2,б). Так как ток коллектора через коэффициент β пропорционально зависит от тока базы, в коллекторной цепи транзистора создаются переменная составляющая тока $i_{к\sim}$ и переменное выходное напряжение $U_{вых}$ (рис. 2,а). Рабочая точка перемещается по линии нагрузки по переменному току (в–г) вниз от точки покоя П при положительной полуволне входного напряжения и вверх – при отрицательной полуволне.

Работа каскада без искажений выходного сигнала достигается за счёт обеспечения соответствующей величины входного сигнала и правильного выбора режима (точки) покоя.

Соотношение для расчёта сопротивлений делителя R_1 и R_2 получаем из схемы рис. 1:

$$R_2 = \frac{U_{бн}}{I_{\delta}} = \frac{U_{эн} + U_{бэн}}{I_{\delta}} \quad (1.2)$$

$$R_1 = \frac{E_{к} - U_{бн}}{I_{\delta} + I_{бн}} \quad (1.3)$$

Тип транзистора выбирают с учётом частотного диапазона работы каскада (по частоте f_a или f_{β}), а также параметров по току, напряжению и мощности.

Таким образом, **расчёт каскада по постоянному току решает задачу выбора элементов схемы для получения в нагрузке необходимых параметров выходного сигнала.**

Основными параметрами усилительного каскада являются его коэффициенты усиления по току K_I , напряжению K_U и мощности K_P , а также входное $R_{вх}$ и выходное $R_{вых}$ сопротивления, определяемые при расчёте по переменному току. Данный расчёт производится для области средних частот, в которой зависимость параметров от частоты не учитывается, а сопротивления конденсаторов в схеме равны нулю. По переменному току сопротивление источника питания равно нулю. Входной сигнал принимается синусоидальным. Токи и напряжения в схеме характеризуются их действующими значениями, связанными с амплитудными значениями коэффициентом $1/\sqrt{2}$.

Входное сопротивление каскада $R_{вх}$ находят из параллельного соединения сопротивлений R_1 , R_2 и сопротивления $r_{вх}$ входной цепи транзистора. В первом приближении $R_{вх}$ каскада с ОЭ не превышает 1...3 кОм. **Коэффициент K_U** составляет от 20 до 100. Усилительный каскад ОЭ осуществляет поворот по фазе на 180° выходного напряжения относительно

входного. Коэффициент усиления по мощности $K_P = P_{\text{ВЫХ}}/P_{\text{ВХ}} = K_U \cdot K_I$ в схеме ОЭ составляет $(0,2 \div 5) \cdot 10^3$.

Амплитудно-частотная характеристика усилителя

При определении модуля коэффициента усиления усилителя K_U предполагают, что ёмкостное сопротивление разделительных конденсаторов пренебрежимо мало по сравнению с сопротивлением нагрузки каскада. Сопротивление конденсаторов зависит от частоты усиливаемого сигнала и определяется зависимостью $X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$. При снижении частоты сигнала величина ёмкостных сопротивлений возрастает (в пределе $\lim_{f \rightarrow \infty} X_c = \infty$) так что допущение о малости X_c оказывается несостоятельным. Это область низких частот полосы пропускания (рис. 3). При частоте $f < f_{\text{НП}}$ (нижняя частота полосы пропускания) увеличение сопротивления конденсаторов будет приводить к уменьшению амплитуды выходного сигнала и снижению коэффициента усиления K_U . При частоте входного сигнала, стремящейся к нулю, сопротивление разделительных конденсаторов стремится к бесконечности, а коэффициент усиления K_U стремится к нулю. На коэффициент усиления усилителя в области низких частот оказывает влияние так же конденсатор C_3 . Это влияние проявляется в том, что с уменьшением частоты входного сигнала коэффициент усиления каскада снижается вследствие уменьшения шунтирующего действия конденсатора C_3 на резистор R_3 и увеличения влияния отрицательной обратной связи.

При увеличении частоты усиливаемого сигнала выше некоторого значения $f_{\text{ВП}}$ (верхняя частота полосы пропускания) коэффициент усиления по напряжению также начинает снижаться. Ухудшение усилительных свойств при $f > f_{\text{ВП}}$ вызвано уменьшением коэффициента усиления β , а также наличием паразитной ёмкости коллекторного перехода $C_{\kappa(\text{э})}$. Снижение β в области высоких частот является следствием некачественности транзистора как элемента и вызвано его ограниченными динамическими возможностями. Зависимость $K_U(f)$ называется амплитудно-частотной характеристикой (рис. 3а).

Неизменными усилительные свойства данного усилительного каскада могут быть лишь в ограниченном частотном диапазоне от $f_{\text{НП}}$ до $f_{\text{ВП}}$, который называется полосой пропускания. Граничные частоты $f_{\text{НП}}$ и $f_{\text{ВП}}$ определяются из условия, что в полосе пропускания

$$K_U \geq \frac{K_{U0}}{M_{\text{ЧИ}}},$$

где K_{U0} - максимальный коэффициент усиления по напряжению, $M_{\text{ЧИ}}$ - заданный коэффициент частотных искажений усилителя. По умолчанию принимают $M_{\text{ЧИ}} = \sqrt{2}$.

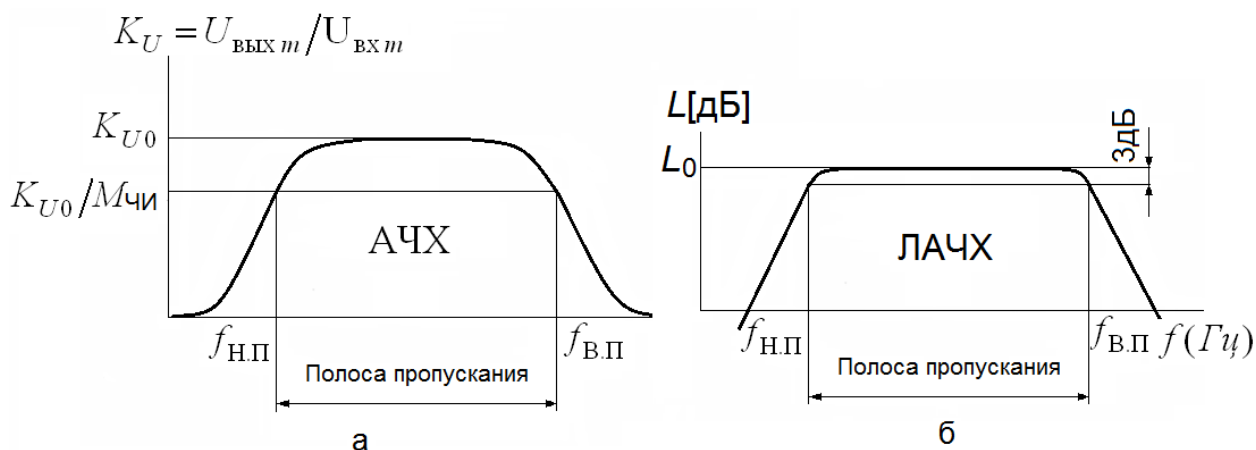


Рисунок 3 Амплитудно-частотные характеристики

Часто пользуются **логарифмическими** амплитудно-частотными характеристиками (ЛАЧХ) $L[\text{дБ}] = 20 \cdot \lg |K_U|$ (рис.3,б).

Амплитудная характеристика усилителя

Амплитудная характеристика усилителя (рис. 4) представляет собой зависимость амплитуды выходного напряжения от изменения амплитуды напряжения на входе, т.е. $U_{\text{вых.}m} = F(U_{\text{вх.}m})$. Амплитудную характеристику усилителя снимают при синусоидальных входных сигналах в области полосы пропускания. Рабочий участок 2-3 соответствует пропорциональной зависимости $U_{\text{вых}} = K_{U0} \cdot U_{\text{вх}}$. Амплитудная характеристика не проходит через начало координат (участок 1-2), т.к. в реальных усилителях при отсутствии входного сигнала напряжение на выходе определяется уровнем собственных шумов. Участок 1-2 является нерабочим, ввиду большой амплитуды собственных шумов и сложности выделения усиливаемого сигнала. По величине $U_{\text{вх min}} = \frac{U_{\text{вых min}}}{K_{U0}}$ оценивают уровень минимальных напряжений входного сигнала, называемый **чувствительностью усилителя**. При достижении некоторого значения входного сигнала $U_{\text{вх.max}}$, соответствующего точке 3, пропорциональность между $U_{\text{вх.}m}$ и $U_{\text{вых.}m}$ нарушается. Причиной этого является ограничение амплитуды одной или обеих полувольт выходного напряжения, что обусловлено перемещением рабочей точки вдоль линии нагрузки по переменному току в область начальных участков коллекторных характеристик, а с другой стороны - перемещением рабочей точки в область отсечки коллекторного тока. В результате ограничения амплитуды выходного напряжения в кривой выходного сигнала появляются «полки» (уплощения). Участок 3-4 не является рабочим ввиду нарушения основного требования рассматриваемых линейных усилителей - пропорциональности между мгновенными значениями $U_{\text{вх}}$ и $U_{\text{вых}}$.

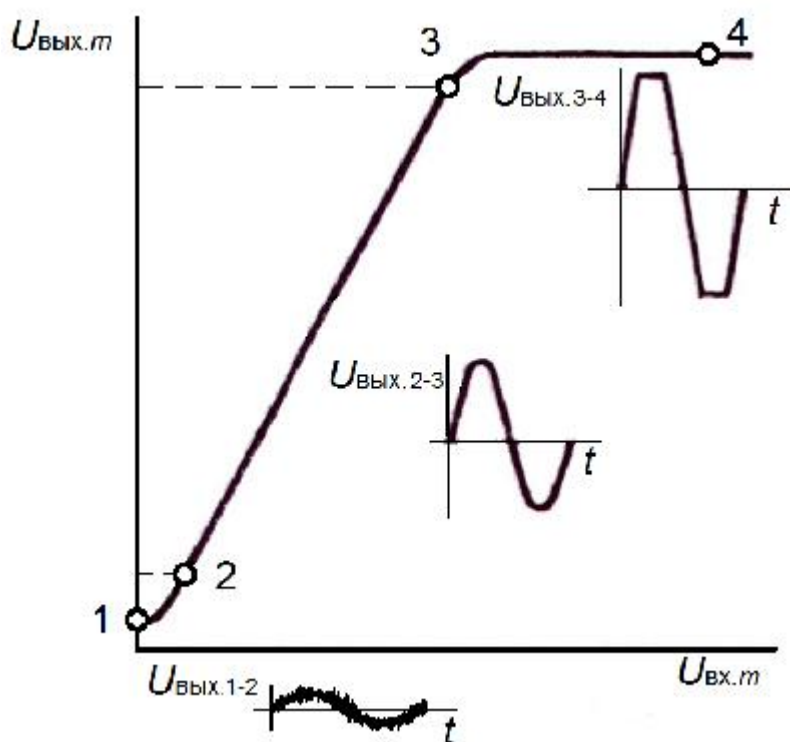


Рисунок 4 Амплитудная характеристика усилителя

Для получения наибольшей амплитуды выходного напряжения при минимальных искажениях формы целесообразно располагать точку покоя П посередине линии нагрузки по постоянному току (отрезок а-б на рис. 2,а).

Порядок выполнения работы

Принципиальная схема усилительного каскада на биполярном транзисторе приведена на рис. 5.

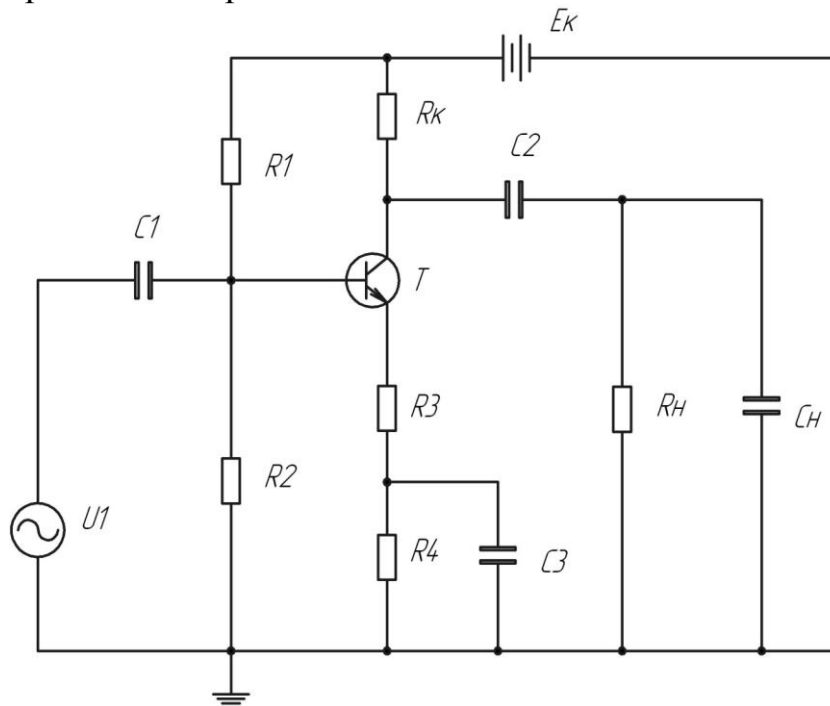


Рисунок 5 Принципиальная схема каскада

1 Работа усилительного каскада исследуется методом моделирования в среде программы *Multisim*. Для проведения экспериментов, получения характеристик и определения параметров каскада соберите (см. Приложение 1) или используйте готовую (с параметрами Вашего варианта) схему лабораторного макета усилительного каскада, представленную на рис. 6.

Тип транзистора T – 2N2222 ($\beta = BF = 153$).

Сопротивление нагрузки принять $R_6 = 100$ кОм.

Использовать следующие значения конденсаторов: $C1 = C2 = 5\mu F$; $C3 = 50\mu F$; $C4 = 100pF$.

На генераторе входного сигнала *XFG1* (*Function Generator*) установить частоту *Frequency* = 1kHz и амплитуду *Amplitude* = 100mVp.

Настройки осциллографа должны соответствовать п. 4 Приложения 1.

Настройки прибора *Bode Plotter* (для построения ЛАЧХ) см. в п. 5 Приложения 1. Для проведения измерений при обработке ЛАЧХ необходимо использовать маркер, который находится в верхнем левом углу панели прибора.

Проверьте, чтобы ключ J1 находился в замкнутом состоянии.

Номинальные значения резисторов $R1 \dots R4$, R_k и напряжение питания E_k выбираются в соответствии с номером варианта из таблицы 1.

Таблица 1

№	E_K , В	R_1 , кОм	R_2 , кОм	R_K , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом
1	9	12	4.3	470	30	140
2	10	8.4	1.2	820	82	100
3	11	15	1.6	670	67	30
4	12	7.5	2.4	510	51	130
5	13	8.6	1.6	200	20	50
6	14	15	5.1	470	47	150
7	15	24	4.3	430	43	70
8	16	12	2.2	390	39	62
9	18	9	2.0	470	30	90
10	19	10	1.9	820	82	100
11	20	11	2.4	670	67	110
12	12	12	1.6	510	51	120
13	13	13	5.1	200	20	130
14	14	14	4.3	470	47	140
15	15	15	2.2	430	43	150
16	16	15	2.0	390	39	82
17	17	7.5	1.9	510	51	67
18	18	8.6	4.3	200	20	51
19	19	10	2.2	470	47	20
20	20	11	2.0	430	34	20
21	21	12	1.9	390	50	47
22	22	8.4	2.4	470	45	43
23	23	9.2	1.6	820	38	39
24	24	24	4.3	670	76	30
25	25	12	1.2	510	82	120
26	26	9	1.6	260	67	130
27	27	10	5.1	720	51	140
28	28	9.8	4.3	410	20	82
29	29	7.3	2.2	510	93	67
30	30	14.8	3.0	230	43	51

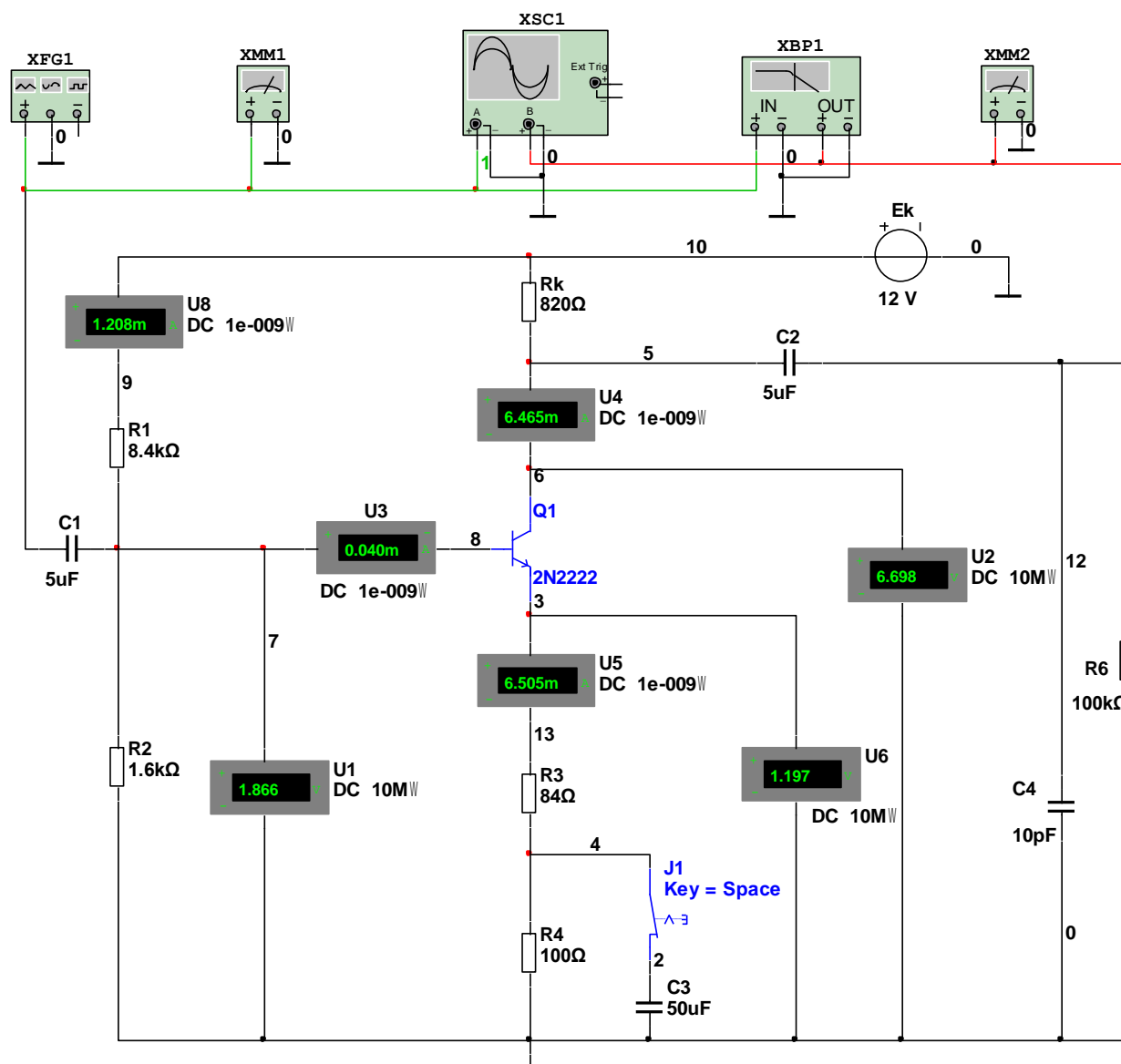


Рисунок 6 Схема лабораторного макета усилительного каскада

2 Включить схему моделирования, проверить работоспособность генератора и усилительного каскада по наличию гармонических входного и выходного сигналов на экране осциллографа XSC1. На осциллограмме должны получиться два синусоидальных сигнала с разными амплитудами без видимых искажений формы. Если искажения наблюдаются – уменьшить амплитуду входного напряжения до исчезновения искажений $U_{\text{вых}}$.

Зафиксировать при помощи индикаторов напряжения и тока режим работы усилителя по постоянному току.

Рассчитать напряжения $U_{\text{кэп}}$ и $U_{\text{бэп}}$.

Результаты эксперимента занести в таблицу 2.

Таблица 2

$U_{\text{кп}}(\text{В})$	$U_{\text{бп}}(\text{В})$	$U_{\text{эп}}(\text{В})$	$U_{\text{кэп}}(\text{В})$	$U_{\text{бэп}}(\text{В})$	$I_{\text{кп}}(\text{мА})$	$I_{\text{бп}}(\text{мА})$	$I_{\text{эп}}(\text{мА})$

В таблице введены следующие обозначения:

$U_{кп}$ - напряжение покоя на выводе коллектора,

$U_{бп}$ -напряжение покоя на выводе базы,

$U_{эп}$ - напряжение покоя на выводе эмиттера,

$U_{кэп}$ - напряжение покоя между коллектором и эмиттером,

$U_{бэп}$ - напряжение покоя между базой и эмиттером,

$I_{кп}$ – ток покоя коллектора,

$I_{бп}$ - ток покоя базы,

$I_{эп}$ - ток покоя эмиттера.

По результатам эксперимента построить на выходной характеристике транзистора $I_k = f(U_{кэ})$, соответствующей току $I_{бп}$ (см. рис. 6 и табл. 2), нагрузочную прямую (по уравнению (1.1)) и определить положение точки покоя П (рис. 7). Обратите внимание, что $R_э = R_3 + R_4$.

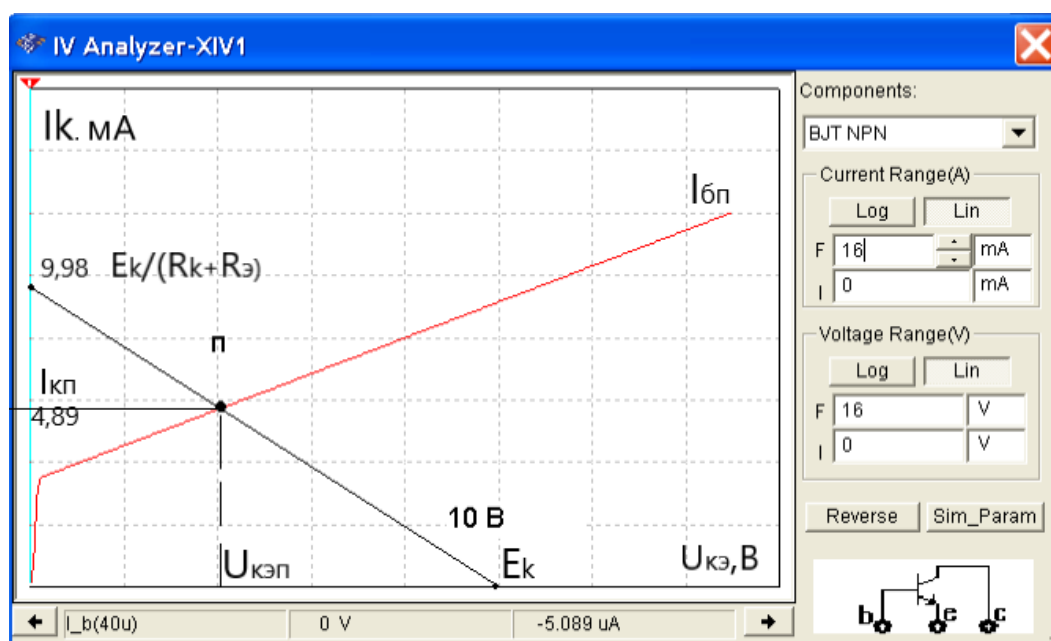


Рисунок 7 Линия нагрузки по постоянному току и точка покоя П

Установить курсор в точку покоя и проверить совпадение значений $U_{кэп}$ и $I_{кп}$ с рис. 6 и табл. 2.

3 Определить коэффициент усиления каскада по напряжению $K_u = U_{вых}/U_{вх}$ по показаниям мультиметров ХММ1 и ХММ2. Мультиметры настроить на измерение напряжения переменного тока.

4 Построить амплитудную характеристику $U_{выхм} = f(U_{вхм})$. Для этого, изменяя амплитуду входного напряжения в генераторе ХФГ1 и определяя амплитуду выходного напряжения по осциллографу ХСС1, заполнить таблицу 3.

Таблица 3

$U_{вхм}$ (мВ)	100	200	300	400	500	600	700	800
$U_{выхм}$ (В)								

По данным из таблицы 3 построить амплитудную характеристику усилительного каскада (см. рис. 4) и определить максимально возможную амплитуду неискажённого выходного сигнала. При необходимости (для получения нелинейных искажений) амплитуду входного сигнала можно делать больше 800 мВ.

5 Построить логарифмическую амплитудно-частотную характеристику (ЛАЧХ) L [дБ].

Установить на генераторе *XFG1* амплитуду входного сигнала $U_{вхм}=100$ мВ. Включить схему моделирования и при помощи *Bode Plotter XBP1* получить ЛАЧХ усилительного каскада.

По графику ЛАЧХ определить полосу пропускания усилителя, учитывая, что граничные частоты $f_{НП}$ и $f_{ВП}$ при коэффициенте частотных искажений $M_{чи} = \sqrt{2}$ определяются при $L[\text{дБ}] = L_0[\text{дБ}] - 3\text{дБ}$, где L_0 представляет собой максимальный коэффициент усиления каскада по напряжению в децибелах.

6 Включить схему моделирования при амплитуде входного сигнала $U_{вхм}=100$ мВ и разомкнутом ключе J1. Рассчитать коэффициент усиления каскада по напряжению (как в пункте 3) и сравнить с коэффициентом, полученным ранее. При помощи *Bode Plotter XBP1* получить ЛАЧХ усилительного каскада, определить полосу пропускания и сравнить с результатом, полученным в пункте 5 (желательно построить ЛАЧХ п. 5 и п. 6 на одном рисунке). Сделать выводы по результатам сравнения.

Дополнительные исследования*

7 При необходимости (с целью получения максимально возможной амплитуды неискажённого выходного сигнала) произведите корректировку режима покоя, изменяя номинальное значение резистора $R1$. При оформлении отчёта должны быть приведены три графика выходного сигнала, соответствующие трём положениям рабочей точки на линии нагрузки: исходному, оптимальному и отклонённому в другую сторону от первых двух. Желательно все три графика разместить на одном рисунке. Для количественной оценки нелинейных искажений рекомендуется применять прибор Distortion Analyzer – XDA.

* **Примечание: п. 7 выполняется для получения оценки «хор».**

8 Проведите анализ влияния параметров элементов $C1$, $C2$, $C3$, $C4$, $R6$ на частотные свойства усилителя. Каждый элемент варьируется в сторону уменьшения и увеличения от номинального значения. Рекомендуется это делать с применением команды *Parameter Sweep*. При любом способе выполнения параметрического анализа желательно все три графика (для каждого элемента) разместить на одном рисунке. Обязательно сделать выводы и подтвердить их цитатами из литературы (с указанием страниц, где расположен цитируемый текст).

* **Примечание: пп. 7 и 8 выполняются для получения оценок «хор» и «отл».**

Контрольные вопросы

1. Укажите основные элементы транзисторного каскада с общим эмиттером.
2. Поясните назначение делителя напряжения $R1-R2$.
3. Поясните цель расчёта каскада по постоянному току и определения режима покоя.
4. Укажите основные характеристики усилителя.
5. Укажите причину спада АЧХ в области низких частот.
6. Укажите причину спада АЧХ в области высоких частот.
7. Как определить полосу пропускания усилителя?
8. Укажите рабочую область на амплитудной характеристике.
9. Поясните влияние отрицательной обратной связи на характеристики усилителя.

Методические указания к набору схемы лабораторного макета

Элементы, компоненты и приборы, необходимые для реализации лабораторного макета выбираются из следующих групп библиотеки:

-резисторы	<i>Virtual >Basic >Virtual Resistor</i>
-конденсаторы	<i>Virtual >Basic >Virtual Capacitor</i>
-транзистор	<i>Component >Transistors</i>
-источник питания	<i>Component>Sources>POWER_SOURCES>DC_POWER</i>
-земля(общий)	<i>Component>Sources>POWER_SOURCES>GROUND</i>
-переключатель	<i>Component>Basic>SWITCH>SPST</i>
-индикаторы тока	<i>Component>Indicators>AMMETER</i>
-индикаторы напряжения	<i>Component>Indicators>VOLTMETER</i>
-генератор	<i>Instruments>Function Generator</i>
-мультиметры	<i>Instruments>Multimeter</i>
-осциллограф	<i>Instruments>Oscilloscope</i>
-построитель ЛАЧХ	<i>Instruments>Bode Plotter</i>

Справочная информация

1. Чтобы повернуть объект, нажмите правую кнопку мыши. В появившемся окне выберите режимы:

Flip horizontal – повернуть по горизонтали (*Alt + X*)

Flip vertical – повернуть по вертикали (*Alt + Y*)

90 clockwise – повернуть на 90 градусов по часовой стрелке. (*Ctrl + R*)

2. Чтобы удалить провод, элемент, прибор и т.д. выделите его и нажмите команду *Delete*.

3. После построения схемы лабораторного макета, задания номиналов всех элементов и настройки генератора входного сигнала, включение осуществляется значками на панели (выключатель) или в меню командной строки *simulate > run*.

4. Для начальной настройки осциллографа установить:

длительность развертки	<i>Timebase</i>	<i>scale</i>	200us/Div
		<i>x position</i>	0
		<i>Y/T</i>	
чувствительность по каналам	<i>Channel A</i>	<i>scale</i>	100mV/Div
		<i>Y position</i>	0
		<i>AC</i>	
	<i>Channel B</i>	<i>scale</i>	500mV/Div
		<i>x position</i>	0
		<i>AC</i>	
Синхронизацию	<i>Trigger</i>	<i>Edge</i>	A
		<i>Level</i>	0V
		<i>Type</i>	Nor.

Для снятия показаний с экрана осциллографа используются маркеры *T1*(голубой) и *T2* (желтый).

5. Для настройки *Bode Plotter* (для построения ЛАЧХ) на панели прибора необходимо установить следующий режим:

Mode - Magnitude

<i>Horizontal LOG</i>			<i>Vertical LOG</i>		
<i>F</i>	200	<i>MHz</i>	<i>F</i>	20	<i>dB</i>
<i>I</i>	10	<i>Hz</i>	<i>I</i>	0	<i>dB</i>