

Лабораторная работа № 6

Исследование однокаскадного усилителя на биполярном транзисторе в схеме с общим эмиттером

Цель работы – измерение характеристик и параметров усилительного каскада (УК) на биполярном транзисторе по схеме с общим эмиттером (ОЭ); исследование влияния цепей отрицательной обратной связи на параметры усилителей.

6.1. Краткие теоретические сведения

На рис.6.1 представлена схема с ОЭ с фиксированным напряжением покоя базы с эмиттерной температурной стабилизацией, в которой положение рабочей точки стабилизируется за счёт отрицательной обратной связи (ООС) по постоянному току. Она реализуется включением резистора R_3 в эмиттерную цепь усилителя. Постоянное напряжение покоя на базе транзистора VT поддерживается с помощью делителя напряжения $R_{Б1} - R_{Б2}$.

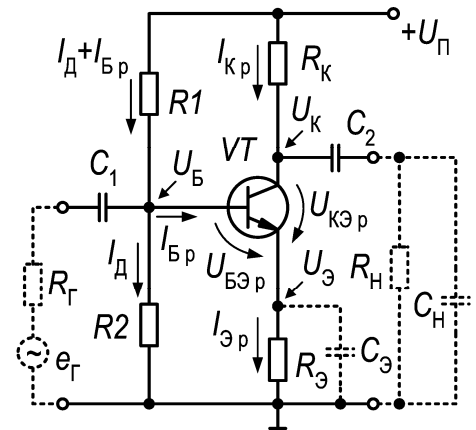


Рис. 6.1 УК на БТ с ОЭ

Действие ООС по переменной составляющей (полезному сигналу) приводит к снижению коэффициента усиления, что иногда бывает недопустимо. В этом случае для переменной составляющей напряжения обратная связь может быть устранена путём включения параллельно резистору R_3 шунтирующего конденсатора C_3 (на рис. 6.1 показан штриховой линией), сопротивление X_{C_3} которого на низшей частоте f_H усиливаемого сигнала должно быть на порядок меньше сопротивления R_3 , что обеспечивается выбором ёмкости

$$C_3 = (10 \dots 50) / (2\pi \cdot f_H \cdot R_3). \quad (6.1)$$

Ёмкости разделительных конденсаторов C_1, C_2 рассчитываются по формулам

$$C_1 \geq \frac{1}{2\pi \cdot f_H \cdot (R_Г + R_{ВХ})}; \quad C_2 \geq \frac{1}{2\pi \cdot f_H \cdot (R_{ВЫХ} + R_Н)}, \quad (6.2)$$

Усилительный каскад по схеме с ОЭ является *инвертирующим*. Это означает, что напряжение на выходе усилительного каскада в полосе рабочих частот находится в противофазе с напряжением на его входе (происходит инвертирование сигнала).

Теоретические параметры для рабочих частот рассчитываются формулам:

– коэффициент усиления по напряжению

$$K_U^{\text{теор.}} \approx h_{21Э} (R_{ВЫХ} \parallel R_Н) / r_{ВХ}^{\text{теор.}}, \quad (6.3)$$

– входное сопротивление

$$R_{ВХ}^{\text{теор.}} = R_1 \parallel R_2 \parallel r_{ВХ}^{\text{теор.}}, \quad (6.4)$$

где $r_{ВХ}^{\text{теор.}}$ – входное сопротивление цепи транзистора, зависящее от наличия шунтирующего конденсатора C_3

$$r_{ВХ}^{\text{теор.}} \approx \begin{cases} h_{11Э} + (1 + h_{21Э})R_3, & X_{C_3} \rightarrow \infty; \\ h_{11Э}, & X_{C_3} \ll R_3; \end{cases} \quad (6.5)$$

– выходное сопротивление $R_{ВЫХ}^{\text{теор.}} \approx R_K \parallel (1/h_{22Э}) \approx R_K$ (при условии $1/h_{22Э} \gg R_K$). (6.6)

После теоретического расчёта усилительного каскада и сборки схемы необходимо убедиться в правильности выполненных расчётов:

- проверить режим работы транзистора по постоянному току;
- определить входное и выходное сопротивления усилительного каскада для переменного сигнала;
- определить коэффициенты усиления по току напряжению и мощности в диапазоне рабочих частот;
- построить АЧХ и определить нижнюю и верхнюю граничные частоты.

Проверка режима работы биполярного транзистора заключается в измерении потенциалов коллектора U_K , эмиттера U_Δ и базы U_B (рис.6.1), после чего рассчитываются токи коллектора $I_{K.p.}$, эмиттера $I_{\Delta.p.}$ и базы $I_{B.p.}$ по соответствующим формулам:

$$I_{K.p.} = \frac{U_{\Pi} - U_K}{R_K}, \quad I_{\Delta.p.} = \frac{U_{\Delta}}{R_{\Delta}}, \quad I_{B.p.} = I_{\Delta.p.} - I_{K.p.}, \quad (6.7)$$

и определяются напряжения $U_{K\Delta.p.}$ и $U_{B\Delta.p.}$.

$$U_{K\Delta.p.} = U_K - U_{\Delta}, \quad U_{B\Delta.p.} = U_B - U_{\Delta}. \quad (6.8)$$

Входное и выходное сопротивления усилительного каскада можно найти по методике, изложенной в Лабораторной работе № 1.

Коэффициент усиления можно найти по передаточной характеристике.

Описание лабораторной установки ЛОЭ

Лабораторная работа выполняется на лабораторной установке ЛОЭ, которая предназначена для исследования различных электронных устройств, выполненных в отдельных корпусах. Общий вид установки показан на рис.6.2.

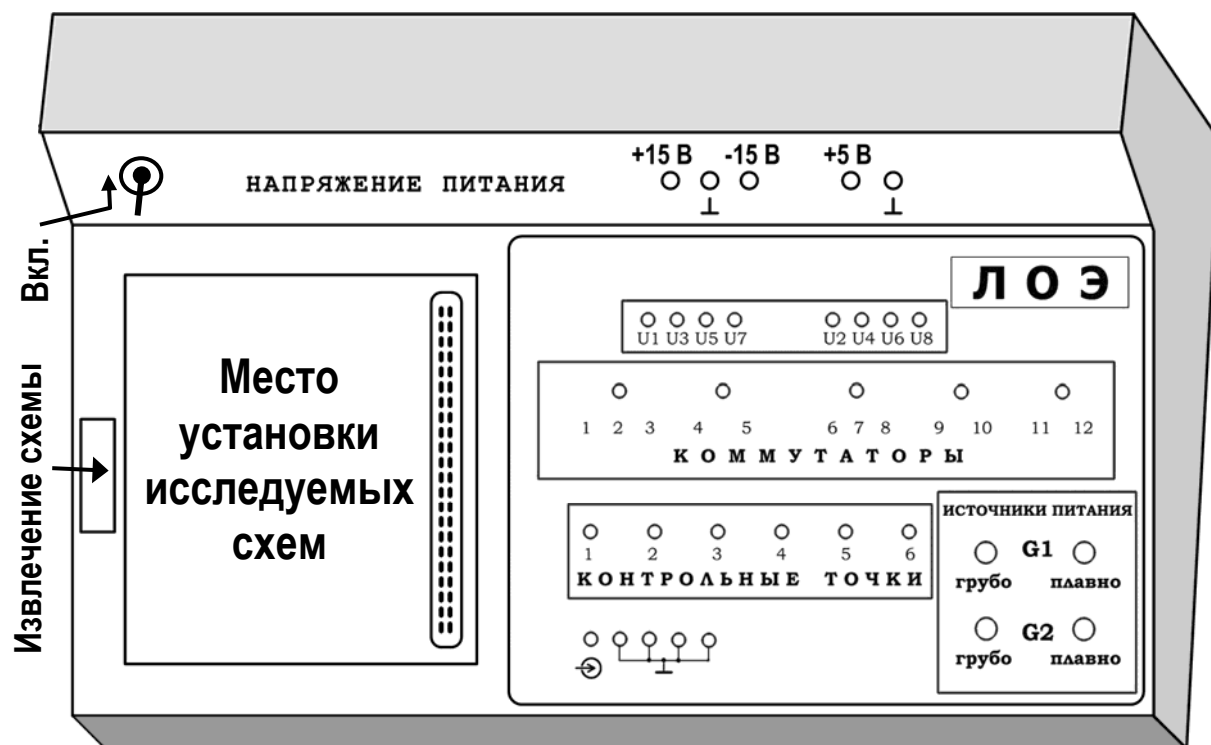


Рис.6.2 Лабораторная установка ЛОЭ

Для исследования электронных устройств на лабораторной установке имеются следующие наборы переключателей и гнезд:

- **+15 В** – гнездо выхода напряжения питания положительной полярности +15 В;
- **-15 В** – гнездо выхода напряжения питания отрицательной полярности -15 В;
- **+5 В** – гнездо выхода напряжения питания положительной полярности +5 В;
- **U1...U8** – гнезда для измерения потенциалов (постоянных или переменных) соответствующих точек цепи относительно общей точки;
- «**Коммутаторы**» – служат для замыкания соответствующих контактов электрических цепей указанных на схеме электронного устройства;
- «**Контрольные точки**» – служат для подключения сигнального провода осциллографа к указанным на схеме электронного устройства точкам;
- ⊕ – гнездо для подключения сигнального провода с выхода генератора;
- ⊥ – гнезда для подключения проводов к общей точке.

- ➡ **Установка и извлечение исследуемых схем должны производиться при отключённом питании ЛОЭ!**
- ➡ **При извлечении схемы из ЛОЭ придерживайте схему рукой.**

Практическая схема для исследования УК на БТ

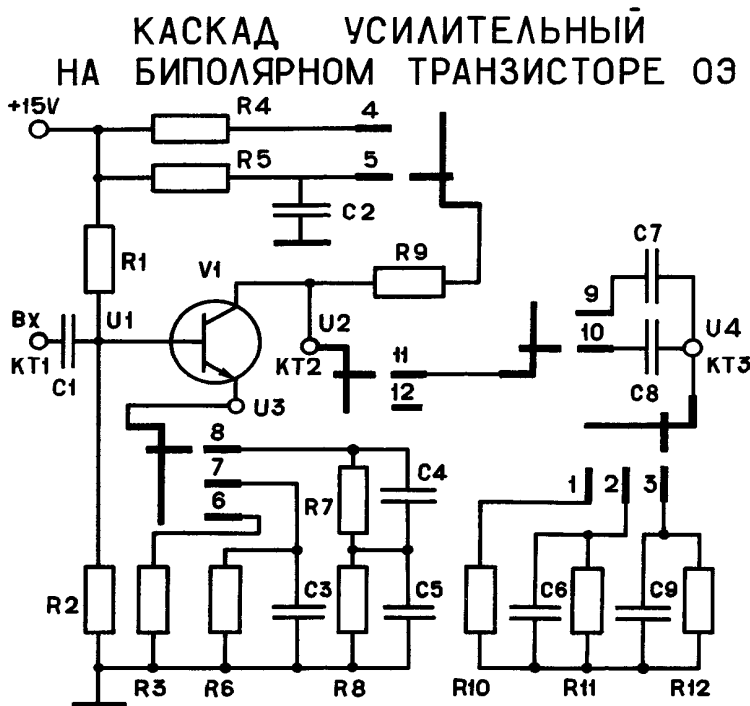


Рис. 6.3 Практическая схема для измерения характеристик и параметров усилительного каскада на БТ

Поз. обозн.	Наименование	Кол
<i>Конденсаторы</i>		
C1	100 мкФ	1
C2	2 мкФ	1
C3	50 мкФ	1
C4	0,015 мкФ	1
C5	500 мкФ	1
C6	560 пФ	1
C7	0,022 мкФ	1
C8	1 мкФ	1
C9	0,01 мкФ	1
<i>Резисторы</i>		
R1	27 кОм	1
R2	9,1 кОм	1
R3	560 Ом	1
R4, R5	680 Ом	2
R6, R8	510 Ом	2
R7	51 Ом	1
R9	910 Ом	1
R10, R11, R12	2 кОм	3
<i>Транзистор</i>		
V1	КТ315А	1

❗ В эмиттерную цепь включён ещё один не указанный на схеме резистор **R = 51 Ом**

6.2. Порядок выполнения работы

- ❗ Результаты всех измерений следует сводить в таблицы.
- ❗ Отключить питание ЛОЭ. Установить в ЛОЭ исследуемую схему.

Задание 1: Определение положения рабочей точки усилителя

Измерения в пп. а) – г) проводить при отключённом питании ЛОЭ!!!

а) установить переключатели на панели «Коммутаторы» в положения **4, 6 и 12;**

- б) измерить сопротивление R_K в цепи коллектора, подключив мультиметр к гнездам **+15 В ↔ U2**;
- в) измерить сопротивление $R_Э$ в цепи эмиттера, подключив мультиметр к гнездам **U3 ↔ ⊥**;
- г) установить переключатель в положение **7** и повторить п. в).

Включить питание ЛОЭ,

- д) установить переключатели на панели «**Коммутаторы**» в положения **4, 6 и 12**;
- е) для двух положений переключателя: **6** и **7** с помощью мультиметра измерить напряжение питания U_{Π} (гнезда **+15 В ↔ ⊥**), потенциалы базы U_B (гнезда **U1 ↔ ⊥**), коллектора U_K (гнезда **U2 ↔ ⊥**) и эмиттера $U_Э$ (гнезда **U3 ↔ ⊥**).

Задание 2: Определение входного и выходного сопротивлений усилителя

- а) установить переключатели на панели «Коммутаторы» в положения **4, 6 и 12**.
- б) включить осциллограф и генератор, установить частоту генератора $f = 10$ кГц и напряжение амплитудой $U_m = 10 \dots 100$ мВ;

по методике, изложенной в Лабораторной работе №1,

- в) собрать схему для измерения входного сопротивления и провести необходимые измерения для двух положений переключателя: **6** и **7**;
- г) собрать схему для измерения выходного сопротивления и провести необходимые измерения для двух положений переключателя: **6** и **7**.

Задание 3: Получение передаточных характеристик

- а) подключить генератор к входу ЛОЭ (гнезда $\ominus \leftrightarrow \perp$);
- б) подключить осциллограф к гнезду **3** на панели «**Контрольные точки**»; установить переключатели на панели «**Коммутаторы**» в положения **1, 4, 10, 11**;
- в) установить на генераторе частоту $f_{\Gamma} = 10$ кГц, последовательно изменяя напряжение $U_{m\text{ ВХ}}$ от 0 до напряжения, при котором в выходном сигнале появляются заметные искажения, измерять выходное напряжение $U_{m\text{ ВЫХ}}$ (не менее 10 значений) для двух положений переключателя: **6** и **7**.

Задание 4: Построение амплитудно-частотных характеристик

- а) подключить осциллограф к гнезду **3** на панели «**Контрольные точки**» (**КТ2**); установить переключатели на панели «**Коммутаторы**» в положения **1, 4, 10, 11**;
- б) для двух положений переключателя: **6** и **7**, задавая следующие значения частоты входного сигнала: 10; 30; 100; 300; 1000; 3000; 10 000; 30 000; 100 000; 300 000 Гц (при $U_{m\text{ ВХ}} = 100$ мВ), измерить амплитуды выходного напряжения и разности фаз.

Перед каждым измерением убедиться в неизменности входного напряжения!

Задание 5: Обработка результатов измерений

К заданию 1): Рассчитать для каждого случая $I_{K.p.} = \frac{U_{\Pi} - U_K}{R_K}$, $I_{Э.p.} = \frac{U_{Э}}{R_Э}$,

$$I_{B.p.} = I_{Э.p.} - I_{K.p.}, U_{KЭ.p.} = U_K - U_{Э}, U_{BЭ.p.} = U_B - U_{Э}, \beta = I_{K.p.} / I_{B.p.}.$$

К заданию 2): Рассчитать для каждого случая входное $R_{ВХ}$ и выходное $R_{ВЫХ}$ сопротивления усилителя (см. методические указания к Л.р. № 1), а также $r_{ВХ}$, используя выражение $1/r_{ВХ} = 1/R_{ВХ} - (1/R_1 + 1/R_2)$ (см.(6.4)).

К заданию 3) : Построить на одном графике передаточные характеристики для обоих случаев и рассчитать коэффициенты усиления $K_U^{\text{эсп.}} = \Delta U_{\text{ВЫХ}} / \Delta U_{\text{ВХ}}$. Сравнить полученные значения с теоретическими значениями, рассчитанными по формуле (6.3). Сделать выводы.

К заданию 4) : Построить ЛАЧХ и ФЧХ для обоих случаев на одном графике. Отметить на графиках нижние $f_{\text{Н.ГР.}}$ и верхние $f_{\text{В.ГР.}}$ граничные частоты и определить полосы пропускания усилителя в каждом случае.

6.3. Контрольные вопросы

1. Объяснить принцип работы усилительного каскада в схеме с общим эмиттером.
2. Пояснить назначение всех элементов схемы.
3. Каким образом экспериментально можно определить положение рабочей точки биполярного транзистора в усилительном каскаде?
4. Как можно экспериментально определить основные параметры усилительного каскада на биполярном транзисторе?
5. Какие элементы схемы и как влияют на АЧХ усилителя в области нижних (верхних) частот сигнала?
6. Какое влияние на характеристики и параметры усилительного каскада оказывает шунтирующий конденсаторы C_3 ?