

## Лабораторная работа

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОКАСКАДНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Цель работы: определение основных параметров однокаскадных усилителей в схемах ОЭ, ОК и ОБ.

#### Теоретические сведения

Усилитель имеет входную цепь, на которую подается синусоидальный сигнал небольшой мощности, и источник питания, поступающий на выходную цепь, к которой подключена нагрузка.

Основными параметрами усилителей являются коэффициент усиления, к.п.д., входное и выходное сопротивления. В зависимости от соотношения сопротивлений выходной цепи и нагрузки различают усилители напряжения ( $R_{\text{вых}} < R_n$ ), тока ( $R_{\text{вых}} \gg R_n$ ) и мощности ( $R_{\text{вых}} = R_n$ ). Коэффициент усиления представляет собой отношение параметров входного и выходного сигналов:

$$K_I = I_{\text{вых}}/I_{\text{вх}}; \quad K_U = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}; \quad K_P = K_I K_U.$$

Входное сопротивление усилителя определяется отношением приращений ( $R_{\text{вх}} = \Delta U_{\text{вх}}/\Delta I_{\text{вх}}$ ) напряжения и тока входного синусоидального сигнала, а выходное ( $R_{\text{вых}} = \Delta U_{\text{вых}}/\Delta I_{\text{вых}}$ ) отношением приращений напряжения и тока выходного синусоидального сигнала. Следует отметить, что усиление сигнала без искажений имеет место в том случае, когда усилитель работает в классе усиления А.

Класс усиления определяется положением рабочей точки на нагрузочной характеристике однокаскадного усилителя. На рис.4.1 представлена нагрузочная характеристика усилителя на транзисторе, включенном по схеме ОЭ. Буквами А, В и С обозначены положения рабочей точки, соответствующие классам усиления А (напряжение  $U_{\text{кз}} \approx 0,5 E_k$ ), В (напряжение  $U_{\text{кз}} \approx 0,9 E_k$ ) и С (напряжение  $U_{\text{кз}} \approx E_k$ ).

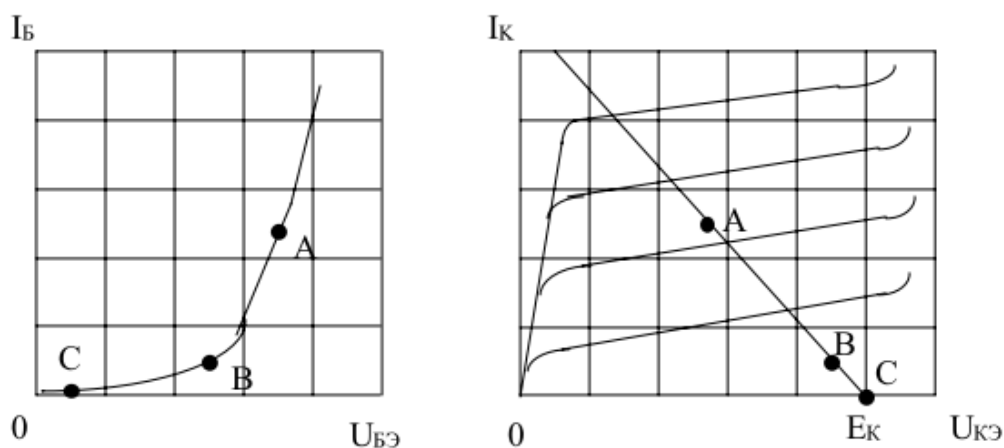


Рис. 4.1. Положение рабочей точки на нагрузочной характеристике в зависимости от класса усиления

#### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципиальными схемами однокаскадных усилителей ОЭ, ОК и ОБ смонтированными в сменном блоке СБ-3.
2. Отключить встроенный ГЗЧ от усилителей, переключив П1 в нижнее положение. Включить стенд и установить частоту встроенного ГЗЧ 1000Гц.
3. Исследовать работу усилителя по схеме ОЭ. Принципиальная схема усилителя ОЭ представлена на рис.4.2.

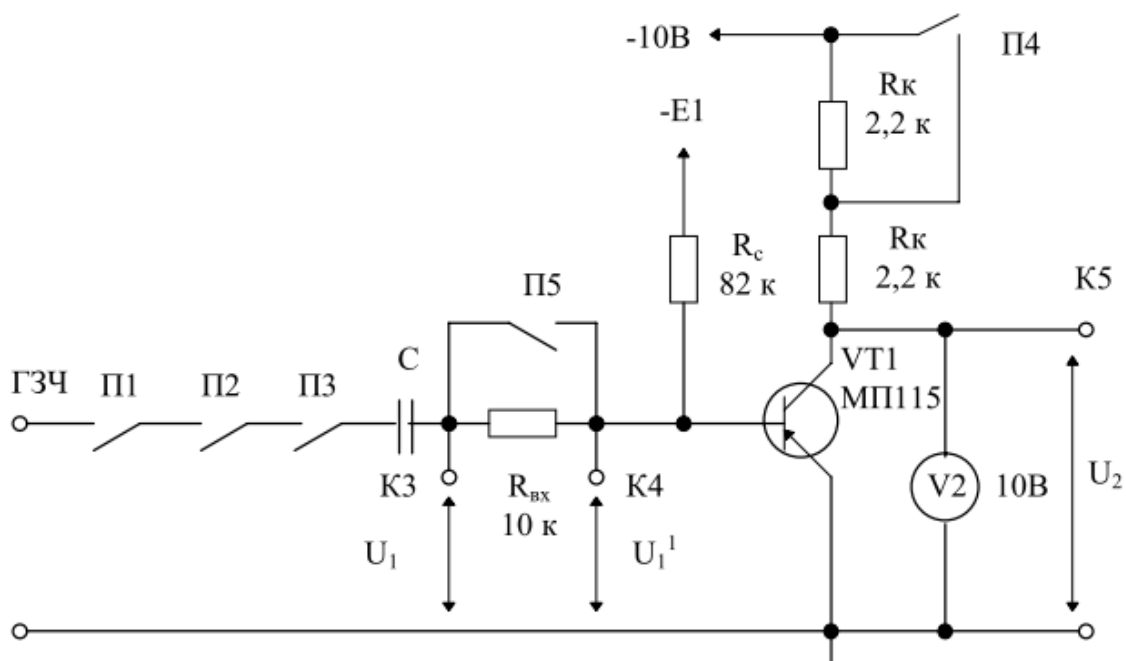


Рис. 4.2. Принципиальная схема усилителя ОЭ

- 3.1. Установить сопротивление в коллекторе транзистора  $R_k = 4,4$  кОм, переключив П4 в верхнее положение. Задать рабочую точку усилителя ОЭ, установив напряжение на коллекторе транзистора 5...6В, регулируя напряжение смещения в базовой цепи с помощью  $-E1$ . Напряжение на коллекторе контролируется по вольтметру V2 (шкала прибора 10В).

3.2. Установить значение внешнего входного сопротивления  $R_{вх} = 10\text{кОм}$ , переключив П5 в нижнее положение. Подключить осциллограф к контрольному гнезду К5, подключить ГЗЧ к входу усилителя, переключив П1, П2 и П3 в верхнее положение. Установить такое напряжение ГЗЧ регулятором Узг, чтобы на осциллографе наблюдался неискаженный синусоидальный сигнал амплитудой 1...2В.

3.3. Измерить с помощью осциллографа напряжения  $U_1$  (контрольное гнездо К3),  $U_1'$  (гнездо К4) и  $U_2$  (гнездо К5). Установить величину  $R_k = 2,2\text{кОм}$ , переключив П4 в нижнее положение и, не меняя режима усилителя по постоянному току и величины входного синусоидального сигнала, повторно измерить напряжения  $U_1, U_1'$  и  $U_2$ . Результаты измерения занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

| Усилитель ОЭ | Класс усиления А     |                      | Класс усиления В     |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|              | $R_k=4,4\text{ кОм}$ | $R_k=2,2\text{ кОм}$ | $R_k=4,4\text{ кОм}$ |
| $U_1$        |                      |                      |                      |
| $U_1'$       |                      |                      |                      |
| $U_2$        |                      |                      |                      |

Вычислить коэффициенты передачи усилителя ОЭ по напряжению  $K_U = U_2/U_1'$  при разных значениях  $R_k$ .

3.4. Вычислить значения входного и выходного токов усилителя ОЭ:

$$I_{вх} = (U_1 - U_1')/R_{вх}; \quad I_{вых} = U_2/R_k;$$

и определить коэффициенты передачи усилителя по току:  $K_I = I_{вых}/I_{вх}$  при разных значениях  $R_k$ .

3.5. Определить входное и выходное сопротивления усилителя ОЭ по переменному току. Входное сопротивление определяется два раза при разных значениях  $R_k$  по формуле:  $r_{вх} = U_1'/I_{вх}$ , а выходное - один раз по изменениям напряжений и токов на выходе усилителя  $r_{вых} = \frac{\Delta U_2}{\Delta I_{вых}}$ .

3.6. Установить сопротивление в коллекторе транзистора  $R_k = 4,4\text{ кОм}$ , переключив П4 в верхнее положение. Регулируя -Е1, установить напряжение на коллекторе транзистора = 9...9,5В (по вольтметру V2) и отметить переход усилителя в класс усиления В. Подключить осциллограф к коллектору транзистора (гнездо К5). Увеличивая напряжение входного сигнала регулировкой Узг, установить максимальную амплитуду одной полуволны выходного сигнала усилителя, при которой не происходит искажение вершины синусоиды. Измерить напряжения  $U_1$ ;  $U_1'$  и  $U_2$ . Вычислить коэффициент передачи усилителя по напряжению и току и входное сопротивление в классе усиления В. Результаты занести в таблицу 1.

4. Исследовать работу усилителя ОК. Принципиальная схема усилителя ОК представлена на рис. 4.3.

4.1. Установить сопротивление  $R_{э1} = 2,46\text{ кОм}$ , переключив П6 в верхнее положение. Задать рабочую точку усилителя ОК, установив напряжение на эмиттере транзистора 2...3 В, регулируя напряжение смещения в базовой цепи с помощью -Е1. Напряжение на эмиттере контролируется по вольтметру V4 (шкала прибора 10В).

4.2. Установить значение внешнего входного сопротивления  $R_{вх} = 10 \text{ кОм}$ , переключив П4 в верхнее положение. Подключить осциллограф к контрольному гнезду К8, подключить ГЗЧ к входу усилителя, переключив П1 и П2 в верхнее, а П3 в нижнее положение. Установить такое напряжение ГЗЧ регулятором  $U_{зг}$ , чтобы на осциллографе наблюдался неискаженный синусоидальный сигнал с амплитудой  $0,8...1 \text{ В}$ .

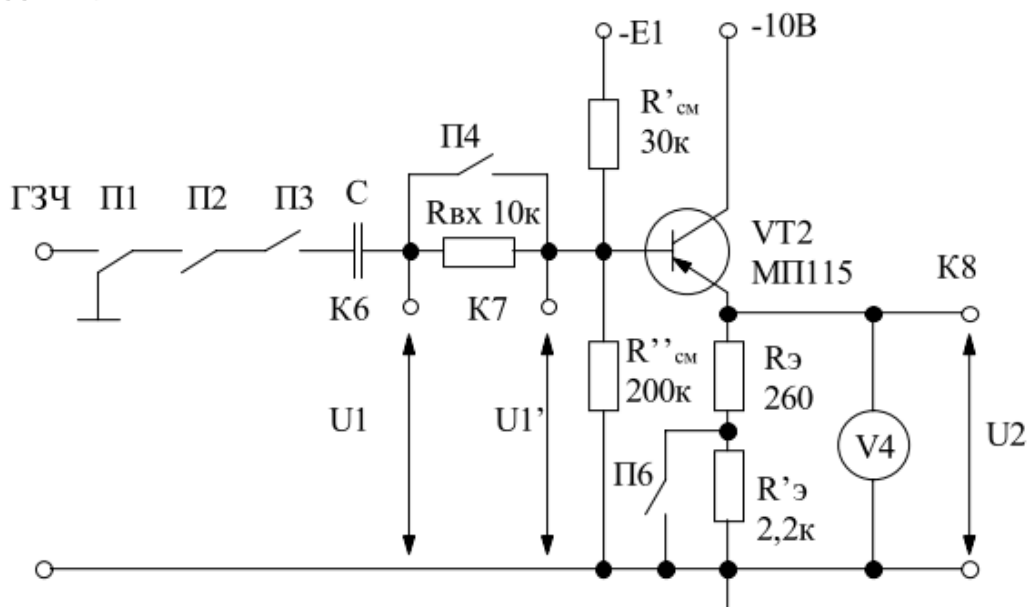


Рис. 4.3. Принципиальная схема усилителя ОК

4.3. Измерить с помощью осциллографа напряжения  $U_1$  (гнездо К6),  $U_1'$  (гнездо К7) и  $U_2$  (гнездо К8). Установить величину  $R_{э2} = 0,26 \text{ кОм}$ , переключив П6 в нижнее положение, и, не меняя режима усилителя по постоянному току и величины входного синусоидального сигнала, повторно измерить напряжения  $U_1$ ,  $U_1'$  и  $U_2$ . Результаты измерения занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

| Усилитель ОК | Класс усиления А         |                          | Класс усиления В         |
|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|              | $R_{э}=2,46 \text{ кОм}$ | $R_{э}=0,26 \text{ кОм}$ | $R_{э}=2,46 \text{ кОм}$ |
| $U_1$        |                          |                          |                          |
| $U_1'$       |                          |                          |                          |
| $U_2$        |                          |                          |                          |

Вычислить коэффициенты передачи усилителя ОК по напряжению  $K_U = U_2/U_1'$  при разных значениях  $R_{э}$ .

4.4. Вычислить значения входного и выходного токов усилителя ОК:

$$I_{вх} = (U_1 - U_1')/R_{вх}; \quad I_{вых} = U_2/R_{э};$$

и определить коэффициенты передачи усилителя по току:  $K_I = I_{вых}/I_{вх}$  при разных значениях  $R_{э}$ .

4.5. Определить входное и выходное сопротивления усилителя ОК по переменному току. Входное сопротивление определяется два раза при разных значениях  $R_{э}$  по формуле:  $r_{вх} = U_1'/I_{вх}$ , а выходное - один раз по изменениям напряжений и токов на выходе усилителя

$$r_{вых} = \frac{\Delta U_2}{\Delta I_{вых}}.$$

4.6. Установить сопротивление  $R_{э1} = 2,46 \text{ кОм}$ , переключив П6 в верхнее положение. Регулируя  $-E1$ , установить напряжение на эмиттере транзистора =  $0,2... 0,3 \text{ В}$  (по вольтметру V2) и отметить переход усилителя в класс усиления В. Подключить осциллограф к эмиттеру транзистора (гнездо K8). Увеличивая напряжение входного сигнала регулировкой  $U_{зг}$ , установить максимальную амплитуду одной полуволны выходного сигнала усилителя, при которой не происходит искажения вершины синусоиды. Измерить напряжения  $U_1$  (гнездо K6),  $U_1'$  (гнездо K7) и  $U_2$  (гнездо K8). Вычислить коэффициенты передачи усилителя по напряжению и току и входное сопротивление в классе усиления В. Результаты занести в таблицу 4.2.

5. Исследовать работу усилителя ОБ.

Принципиальная схема усилителя ОБ представлена на рис. 4.4.

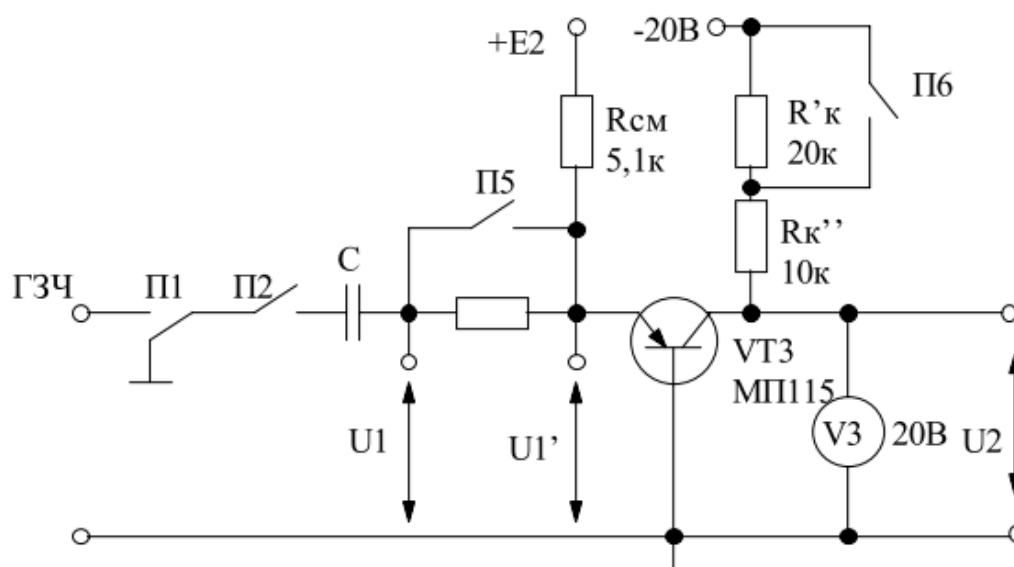


Рис. 4.4. Принципиальная схема усилителя ОБ

5.1. Установить сопротивление  $R_{к1} = 30 \text{ кОм}$ , переключив П6 в верхнее положение. Задать рабочую точку усилителя ОБ, установив напряжение на коллекторе транзистора  $\approx 5 \text{ В}$ , регулируя напряжение смещения с помощью  $+E2$ . Напряжение на коллекторе контролируется по вольтметру V3 (шкала прибора 20В).

5.2. Установить значение внешнего входного сопротивления  $R_{вх} = 10 \text{ кОм}$ , переключив П5 в верхнее положение. Подключить осциллограф к контрольному гнезду K12, подключить ГЗЧ к входу усилителя, переключив П1 в верхнее, а П2 в нижнее положение. Установить такое напряжение ГЗЧ регулятором  $U_{зг}$ , чтобы на осциллографе наблюдался неискаженный синусоидальный сигнал с амплитудой  $1,5...2 \text{ В}$ .

5.3. Измерить с помощью осциллографа напряжения  $U_1$  (гнездо K9),  $U_1'$  (гнездо K11) и  $U_2$  (гнездо K12). Установить величину  $R_{к2} = 10 \text{ кОм}$ , переключив П6 в нижнее положение, и, не меняя режима усилителя по постоянному току и величины входного синусоидального сигнала, повторно измерить напряжения  $U_1$ ,  $U_1'$  и  $U_2$ . Результаты измерения занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3

| Усилитель ОБ     | Класс усиления А       |                        |
|------------------|------------------------|------------------------|
|                  | R <sub>к</sub> =30 кОм | R <sub>к</sub> =10 кОм |
| U <sub>1</sub>   |                        |                        |
| U <sub>1</sub> ' |                        |                        |
| U <sub>2</sub>   |                        |                        |
|                  |                        |                        |

Вычислить коэффициенты передачи усилителя ОБ по напряжению  $K_U = U_2/U_1'$  при разных значениях R<sub>к</sub>.

3.4. Вычислить значения входного и выходного токов усилителя ОБ:

$$I_{ВХ} = (U_1 - U_1')/R_{ВХ}; \quad I_{ВЫХ} = U_2/R_{к};$$

и определить коэффициенты передачи усилителя по току:  $K_I = I_{ВЫХ}/I_{ВХ}$  при разных значениях R<sub>к</sub>.

3.5. Определить входное и выходное сопротивления усилителя ОБ по переменному току. Входное сопротивление определяется два раза при разных значениях R<sub>к</sub> по формуле:  $r_{ВХ} = U_1'/I_{ВХ}$  а выходное - один раз по изменениям напряжений и токов на выходе усилителя  $r_{ВЫХ} = \frac{\Delta U_2}{\Delta I_{ВЫХ}}$ .

6. Результаты вычислений коэффициентов передачи по напряжению и току, входных и выходных сопротивлений для класса усиления А занести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

| Параметры усилителей | ОЭ                      |                         | ОК                       |                          | ОБ                     |                        |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
|                      | R <sub>к</sub> =4,4 кОм | R <sub>к</sub> =2,2 кОм | R <sub>э</sub> =2,46 кОм | R <sub>э</sub> =0,26 кОм | R <sub>к</sub> =30 кОм | R <sub>к</sub> =10 кОм |
| K <sub>U</sub>       |                         |                         |                          |                          |                        |                        |
| K <sub>I</sub>       |                         |                         |                          |                          |                        |                        |
| r <sub>ВХ</sub>      |                         |                         |                          |                          |                        |                        |
| r <sub>ВЫХ</sub>     |                         |                         |                          |                          |                        |                        |

#### Контрольные вопросы

1. Какими параметрами можно охарактеризовать любой транзисторный усилитель?
2. Как определить коэффициенты передачи усилителя по току и напряжению?
3. Как определить входное сопротивление усилителя?
4. Как определить выходное сопротивление усилителя?
5. Чем объяснить различие в параметрах усилителей при разных схемах включения транзистора?
6. Как влияет изменение нагрузки на параметры усилителя?
7. Какие бывают классы усиления?
8. Чем определяется класс усиления?