

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ФИЗТЕХ-ШКОЛА РАДИОТЕХНИКИ И КИБЕРНЕТИКИ

# Усилитель на биполярных транзисторах

Работу выполнили:  
Державин Андрей  
Хайдари Фарид  
Шурыгин Антон  
группа Б01-909

Долгопрудный, 2021

# Содержание

<b>1</b>	<b>Основные формулы . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Нестабилизированный усилитель . . . . .</b>	<b>3</b>
2.1	. . . . .	3
2.2	. . . . .	4
<b>3</b>	<b>Стабилизированный усилитель . . . . .</b>	<b>4</b>
3.1	. . . . .	4
3.2	. . . . .	5
<b>4</b>	<b>Обработка результатов измерений . . . . .</b>	<b>6</b>

# 1 Основные формулы

$$K_u = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} \quad K_e = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{\varepsilon_{\text{ГЕН}}}$$

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{I_{\text{ВХ}}} = \frac{U_{\text{ВХ}} R_{\text{И}}}{\varepsilon_{\text{ГЕН}} - U_{\text{ВХ}}}$$

Для нижней граничной частоты в случае нестабилизированного усилителя:

$$\omega_{\text{Н}} = \frac{1}{C_{\text{Б}}(R_{\text{И}} + R_{\text{ВХ}})}$$

В случае стабилизированного усилителя:

$$\omega_{\text{Н}} \approx \frac{1}{\left( \frac{R_{\text{И}}^* + h_{11}}{h_{21} + 1} \parallel R_{\text{Э}} \right) \cdot C_{\text{Э}}}$$

Для верхней граничной частоты в случае нестабилизированного усилителя:

$$\omega_{\text{В}} = \frac{1}{((C_{\text{Б1Э}} + C) \cdot (R_{\text{И}}^* + r_{\text{Б1Б}}) \parallel r_{\text{Б1Э}})}$$

## 2 Нестабилизированный усилитель

### 2.1

Вёрём радиотехнические элементы:

- $R_{\text{к}} = 2,4 \text{ кОм}$
- $R_{\text{б}} = 540 \text{ кОм}$
- $R_{\text{ВХ}} = R_{\text{к}}$

Измеряем, получаем:

$$U_{кэ} \approx 5 \text{ В}, U_{бэ} \approx 0,64 \text{ В} \Rightarrow$$

$$I_k = \frac{U_{кэ}}{R_k} \approx 2 \text{ мА}, I_b = \frac{U_{вх} - U_{бэ}}{R_b} \approx 17,3 \text{ мкА} \Rightarrow$$

$$h_{21e} \approx 115$$

## 2.2

Добавлем к уже имеющимся элементам:

- $C = 0,47 \text{ мкФ}$
- $R_{и} = R_k$

Для определения  $f_n$  фиксируем уменьшение  $U_{вых}$  в  $\sqrt{2}$  раз при переходе из области средних частот ( $\approx 1 \text{ кГц}$ ) в область низких частот. По аналогии измеряем  $f_v$  при переходе из средних в высокие.

Результаты всех расчетов и измерений вносим в таблицу 1.

## 3 Стабилизированный усилитель

### 3.1

В данном пункте считаем  $h_{21э} \approx 100$ . Берём радиотехнические элементы:

- $R_k = 2,4 \text{ кОм}$
- $R_1 = 39 \text{ кОм}$
- $R_2 = 8,2 \text{ кОм}$

- $R_{и} = R_k$
- $R_{\mathfrak{Z}} = 540 \text{ Ом}$

Измеряем относительно земли напряжения, получаем:

$$U_B \approx 0,65 \text{ В} \quad U_{\mathfrak{Z}} \approx 1,15 \text{ В} \quad U_K \approx 5,75 \text{ В}$$

Измеряем оставшиеся величины, заносим в таблицу.

### 3.2

$$r_{\mathfrak{Z}} = \frac{U_T}{I_{\mathfrak{Z}}} \approx 12 \text{ Ом}$$

В случае  $C_{\mathfrak{Z}} = 0$  выполняется соотношение:

$$K_u \approx \frac{R_k}{R_{\mathfrak{Z}} + r_{\mathfrak{Z}}}$$

$$h_{11\mathfrak{Z}} \approx (h_{21\mathfrak{Z}} + 1)r_{\mathfrak{Z}} \approx 1200$$

$$R_B = R_1 || R_2 \approx 6,7 \text{ кОм}$$

$$R_{\text{вх}} = R_B || (h_{11\mathfrak{Z}} + R_{\mathfrak{Z}}(h_{21\mathfrak{Z}} + 1)) \Rightarrow$$

$$R_{\text{вх}} = \frac{R_B \cdot (h_{11\mathfrak{Z}} + R_{\mathfrak{Z}}(h_{21\mathfrak{Z}} + 1))}{R_B + (h_{11\mathfrak{Z}} + R_{\mathfrak{Z}}(h_{21\mathfrak{Z}} + 1))} \approx 6,8 \text{ кОм}$$

Результаты всех расчетов и измерений вносим в таблицу 1.

## 4 Обработка результатов измерений

№	$U_{\text{ВЫХ МАКС}}$ , В	$K_e$	$K_u$	$R_{\text{ВХ}}$ , КОМ	$f_n$ , Гц	$f_B$ , МГц
1.2	7,5	71,43	150	2,4	95	0,98
2.1	5,75	4,42	3,23	6,5	38	1,1
2.2	0,04	4,59	4,75	6,8	107	0,12

Таблица 1