

**Министерство образования Российской Федерации**  
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**  
**им. Н.Э. БАУМАНА**

Факультет: Информатика и системы управления  
Кафедра: Информационная безопасность (ИУ8)

**ЭЛЕКТРОНИКА И СХЕМОТЕХНИКА**

**Лабораторная работа №2 на тему:**  
**«Три схемы включения транзистора»**

Вариант 4

**Преподаватель:**  
Ковышев Н.В.

**Студент:**  
Девяткин Е.Д.

**Группа:**  
ИУ8-44

**Репозиторий работы:** <https://github.com/ledibonibell/Module04-ECE>

Москва 2024

### Цель работы

Изучить, как влияют различные способы включения биполярного транзистора и величина сопротивления нагрузки на свойства усилительного каскада.

### Входные данные

Задание 1, 2, 3:

Вариант	$E_1$ мВ	$F_{E1}$ кГц	$R_H$ кОм	$E_2$ В
4	25	3	2	12

### Перечень приборов

Транзистор 2N3906:

1. Максимальное напряжение: 40 В
2. Максимальный ток: 0.2 А
3. Емкость: 4.5 пФ
4.  $h_{21\ min}$ : 30
5.  $h_{21\ max}$ : 300
6.  $I_{k_0}$ : 7.5 мА
7.  $P_k$ : 0.625 Вт

## Ход работы

**Задание 1.** Собрать на рабочем поле среды Multisim схему для испытания усилительного каскада на биполярном транзисторе с ОЭ (Рис. 1), ознакомиться с порядком расчёта параметров схемы.

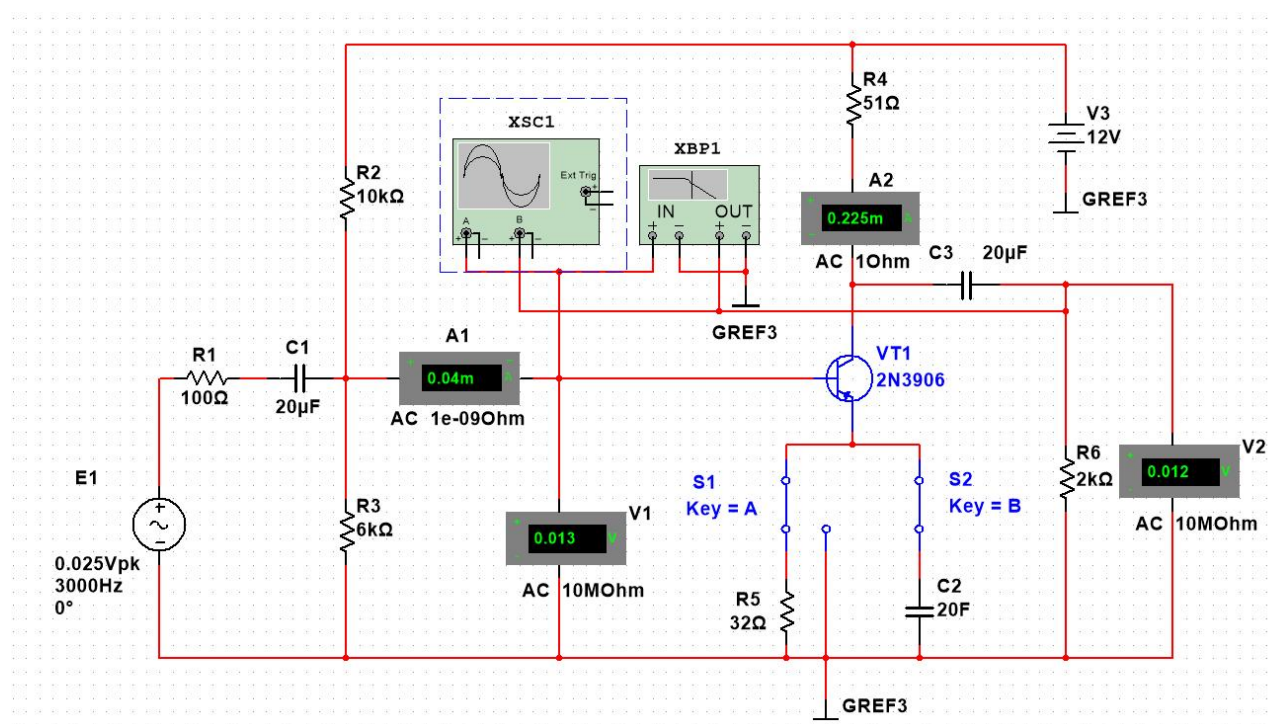


Рис. 1

Параметр	ОЭ	
	Теоретически	Экспериментально
$R_{in}$	361	325
	94.86	91.7
$K_i$	Теоретически	Экспериментально
	11.875	6.31
$R_{out}$	Теоретически	Экспериментально
	294	53

Таблица 1

Параметр 2:  $h_{21} = \sqrt{h_{21 \min} \cdot h_{21 \max}} = 94.86$

Параметр 1:  $h_{11} = r_{\sigma} + r_{\sigma\beta} = 398.9 \approx 400$

$$r_{\sigma} = \frac{\tau_k}{C_k} \approx 66.6$$

$$r_{\sigma\beta} = \frac{1 + h_{21}}{1/\varphi_T \cdot I_{k0}} = 332.3$$

Входное сопротивление:  $R_{in} = \frac{h_{11} \cdot R_{\sigma}}{h_{11} + R_{\sigma}} = 361$

$$R_{\sigma} = \frac{R_{\sigma1} \cdot R_{\sigma2}}{R_{\sigma1} + R_{\sigma2}} = 3750$$

Выходное сопротивление:  $R_{out} = R_{k\beta} \left( 1 + \frac{h_{21} \cdot r_{\beta}}{r_{\beta} + r_{\sigma}} \right) = 294$

Коэффициент усиления по напряжению:  $K_u = \frac{h_{21} \cdot R_k}{h_{11}} = 11.875$

Коэффициент усиления по току:  $K_i = h_{21} = 94.86$

Коэффициент усиления по мощности:  $K_p = K_u \cdot K_i = 6886.836$

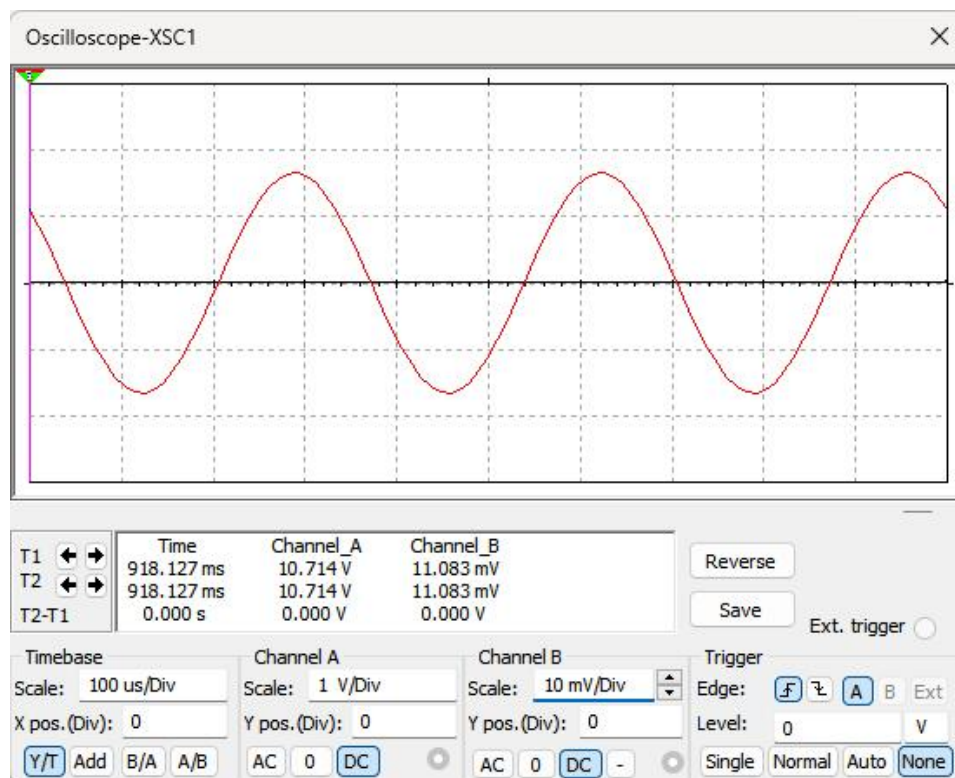


Рис. 2 - Осциллограмма схемы с ОЭ

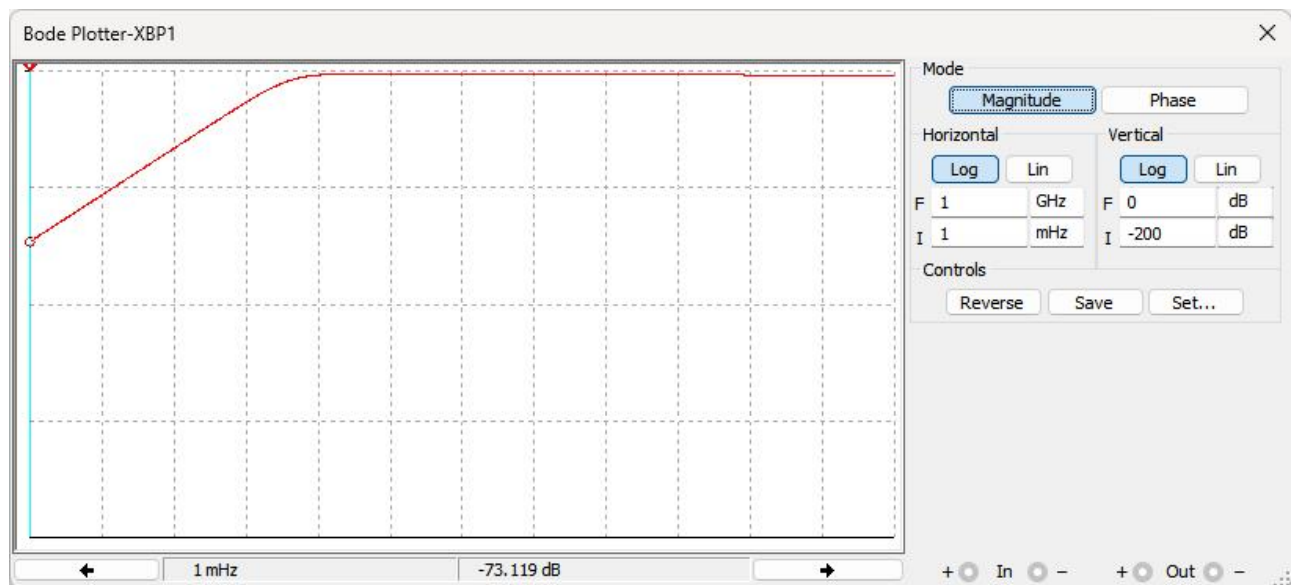


Рис. 3 - ЛАЧХ схемы с ОЭ

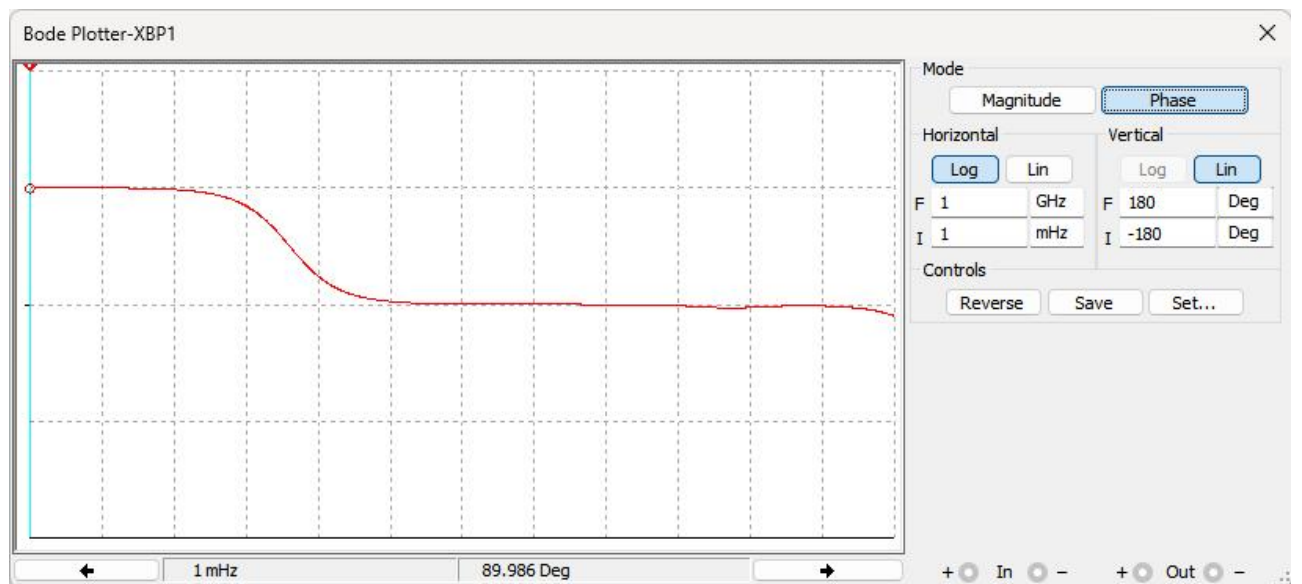


Рис. 4 - ЛФЧХ схемы с ОЭ

**Задание 2.** Собрать на рабочем поле среды Multisim схему для испытания усилительного каскада на биполярном транзисторе с ОБ (Рис. 5), ознакомиться с порядком расчёта параметров схемы.

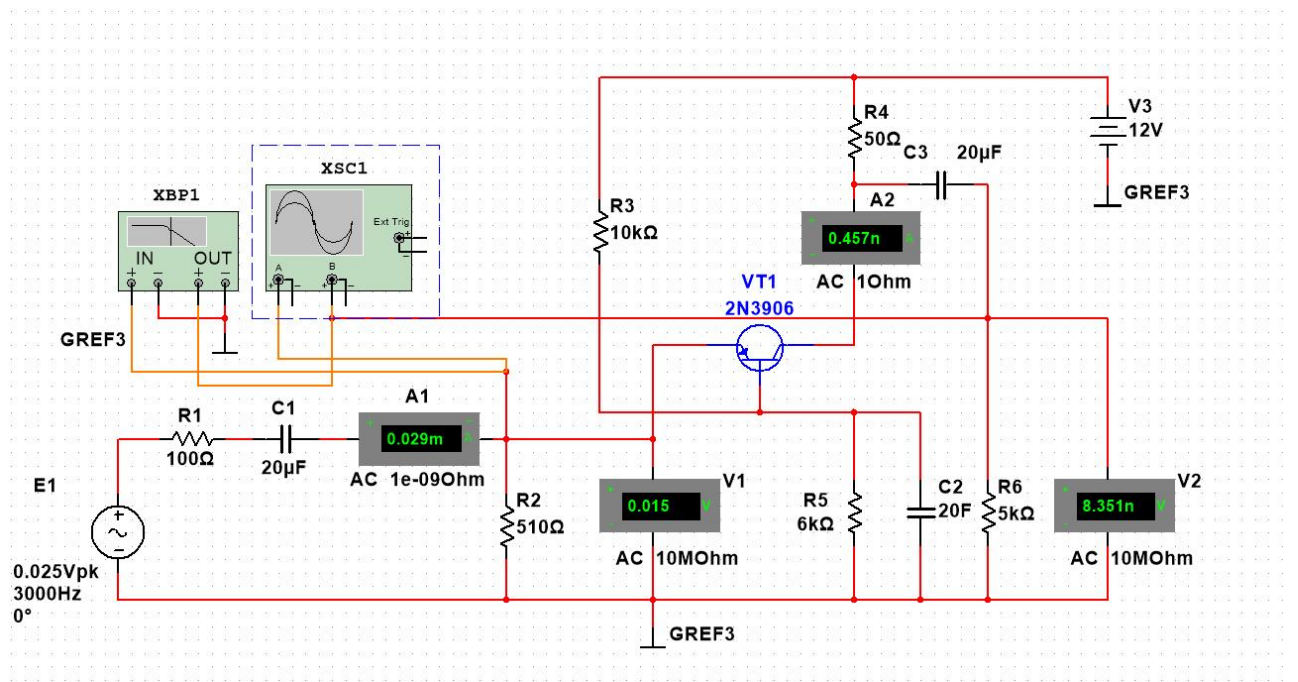


Рис. 5

Параметр	ОБ	
$R_{in}$	Теоретически	Экспериментально
	3.68	3.91
$K_i$	Теоретически	Экспериментально
	0.49	0.98
$K_u$	Теоретически	Экспериментально
	10.5	12.47
$R_{out}$	Теоретически	Экспериментально
	66.6	49.5

Таблица 2

Параметр 2:  $h_{21} = \frac{h_{21э}}{1 + h_{21э}} = 0.98$

Параметр 1:  $h_{11} = \frac{h_{11э}}{1 + h_{21э}} = 4.16$

Параметр 3:  $h_{22} = \frac{h_{22э}}{1 - h_{21э} + h_{21э}} = 0.015$

Входное сопротивление:  $R_{in} = \left( \frac{1}{h_{11}} + \frac{1}{R_{б1}} + \frac{1}{R_{э}} \right)^{-1} = 3,68$

Коэффициент усиления по напряжению:  $K_u = \frac{h_{21} \cdot R_k}{h_{11}} = 10.5$

Коэффициент усиления по току:  $K_i = \frac{R_{э}}{R_{э} + h_{11}} \frac{h_{21}}{1 + h_{22} \cdot R_k} = 0.49$

Коэффициент усиления по мощности:  $K_p = K_u \cdot K_i = 5.145$

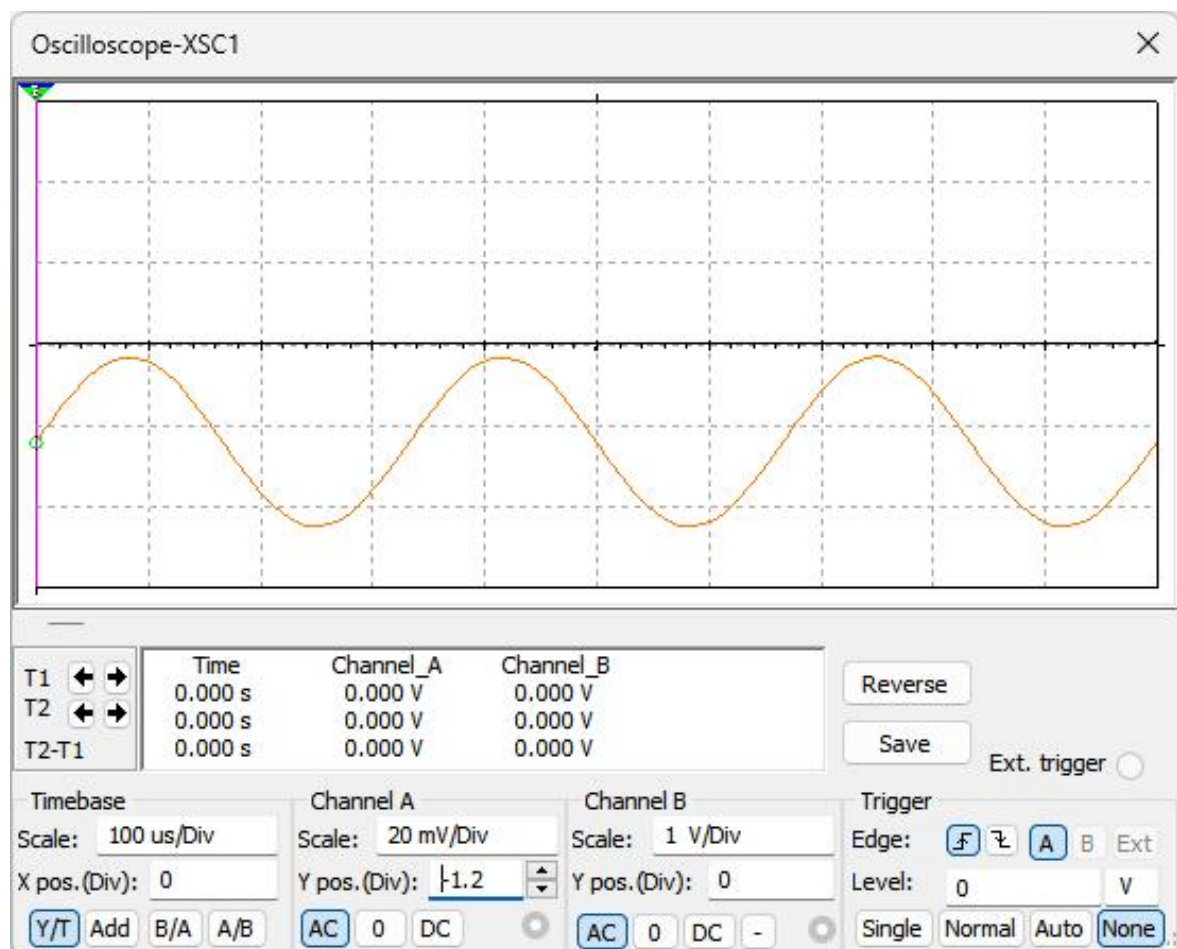


Рис. 6 - Осциллограмма схемы с ОБ



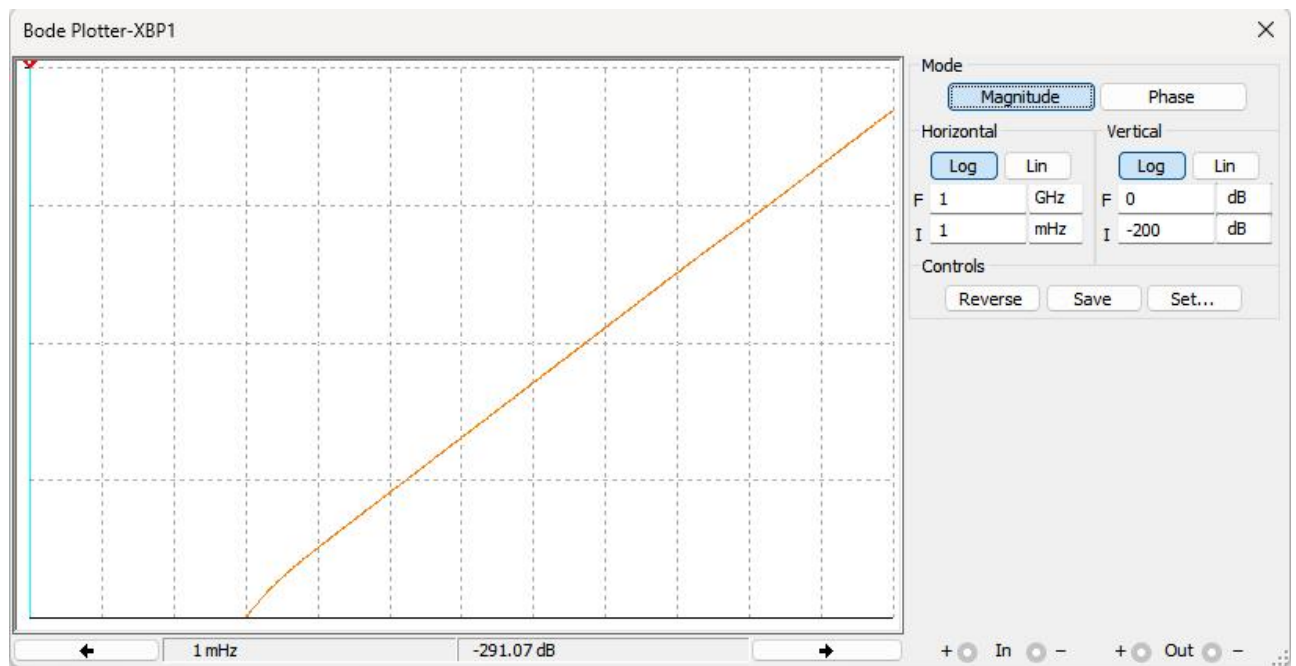


Рис. 7 - ЛАЧХ схемы с ОБ

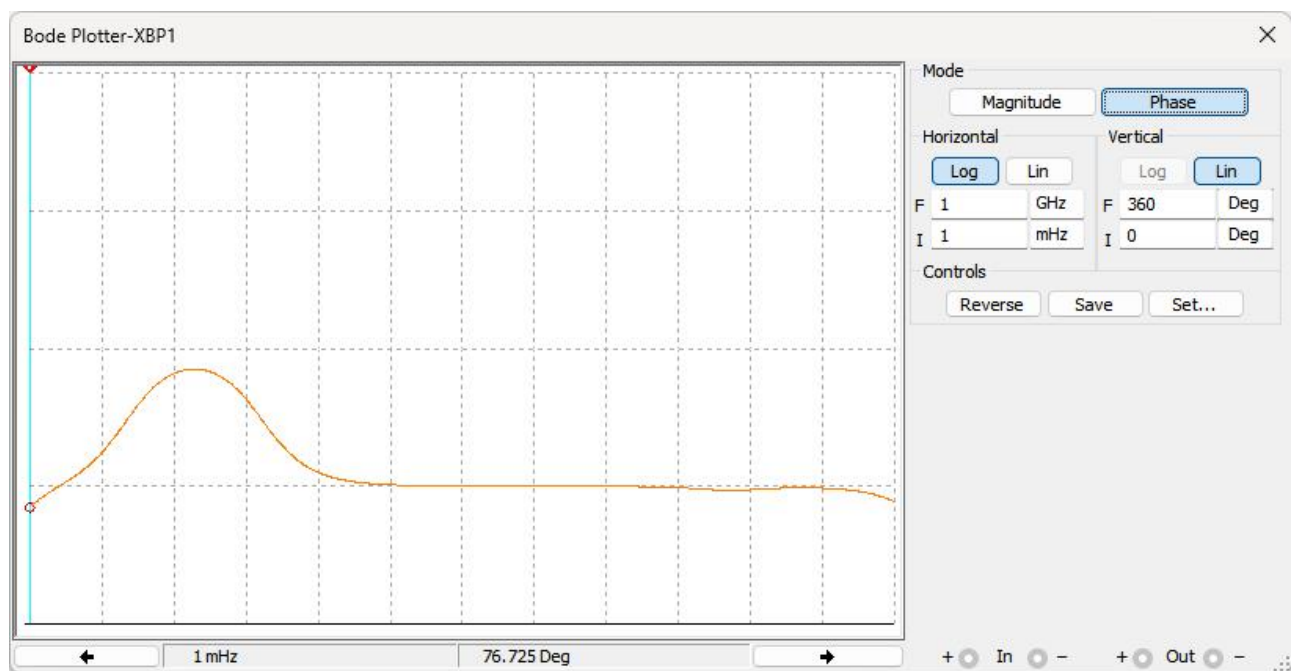


Рис. 8 - ЛФЧХ схемы с ОБ



**Задание 3.** Собрать на рабочем поле среды Multisim схему для испытания усилительного каскада на биполярном транзисторе с ОК (Рис. 9), ознакомиться с порядком расчёта параметров схемы.

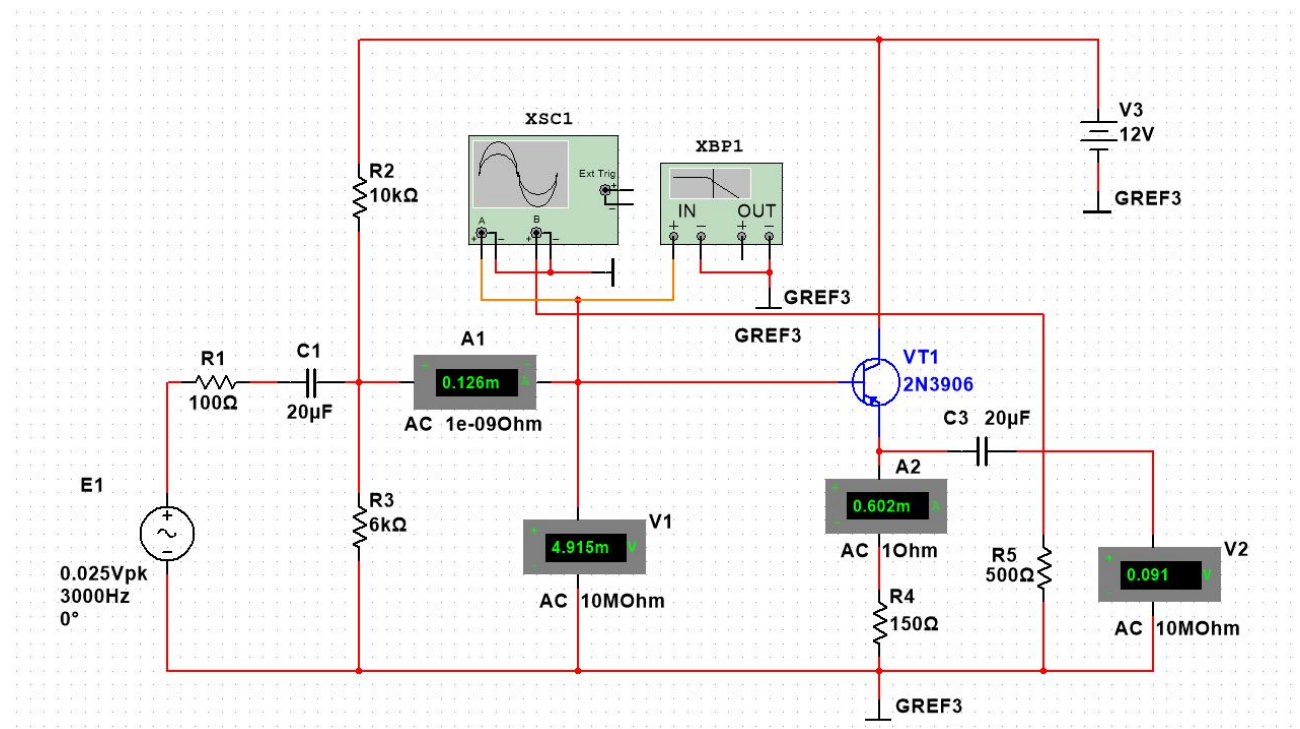


Рис. 9

Параметр	ОК	
$R_{in}$	Теоретически	Экспериментально
	14800	13231
$K_i$	Теоретически	Экспериментально
	96	86.7
$K_u$	Теоретически	Экспериментально
	0.99	0.984
$R_{out}$	Теоретически	Экспериментально
	1.485	150

Таблица 3

Входное сопротивление:  $R_{in} = h_{11э} + (1 + h_{21э}) R_э = 14800$

Выходное сопротивление:  $R_{out} = \frac{h_{22э} R_э}{h_{22э} + R_э} = 1.485$

Коэффициент усиления по напряжению:  $K_u = \frac{(1 + h_{21э}) R_э}{h_{11э} + (1 + h_{21э}) R_э} = 0.99$

Коэффициент усиления по току:  $K_i = h_{21} = 1 + h_{21э} = 96$

Коэффициент усиления по мощности:  $K_p = K_u \cdot K_i = 95.04$

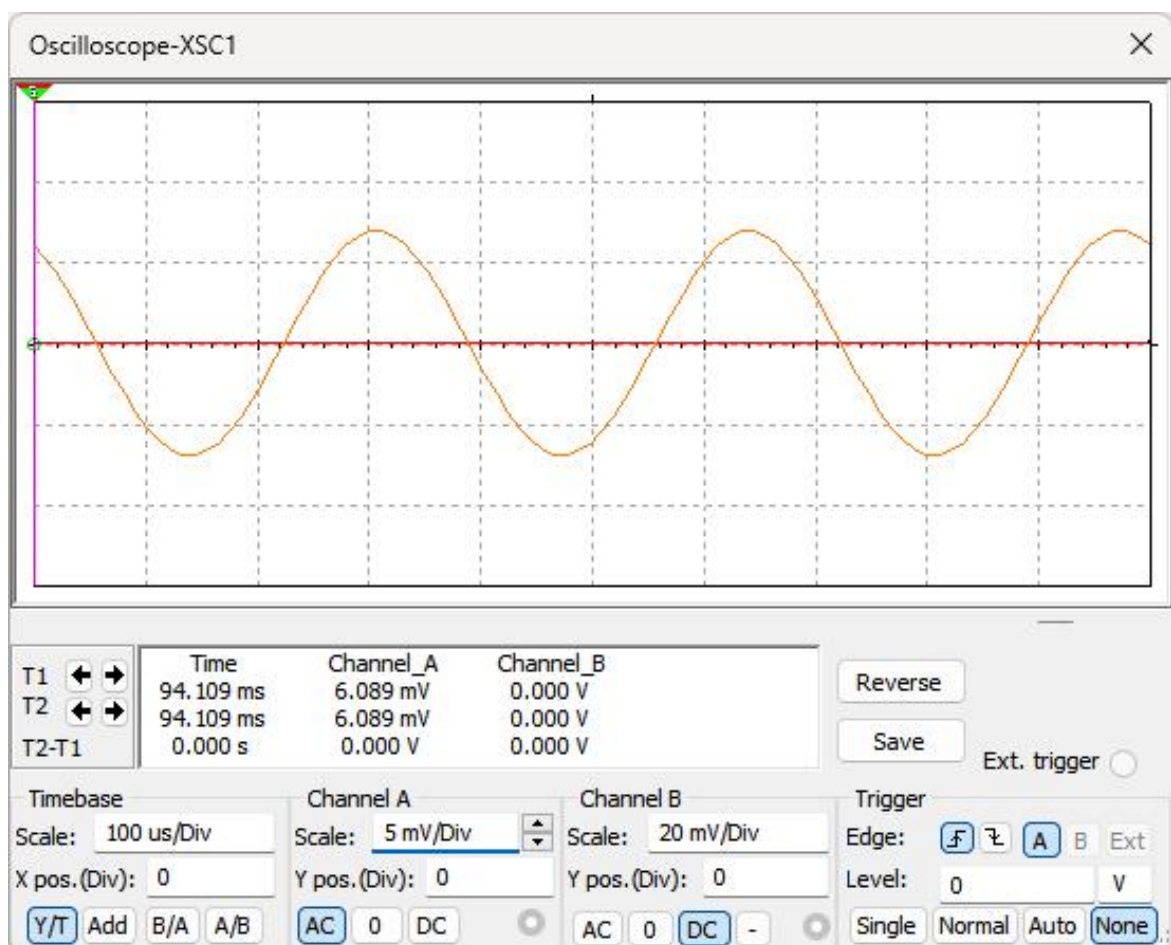


Рис. 10 - Осциллограмма схемы с ОБ

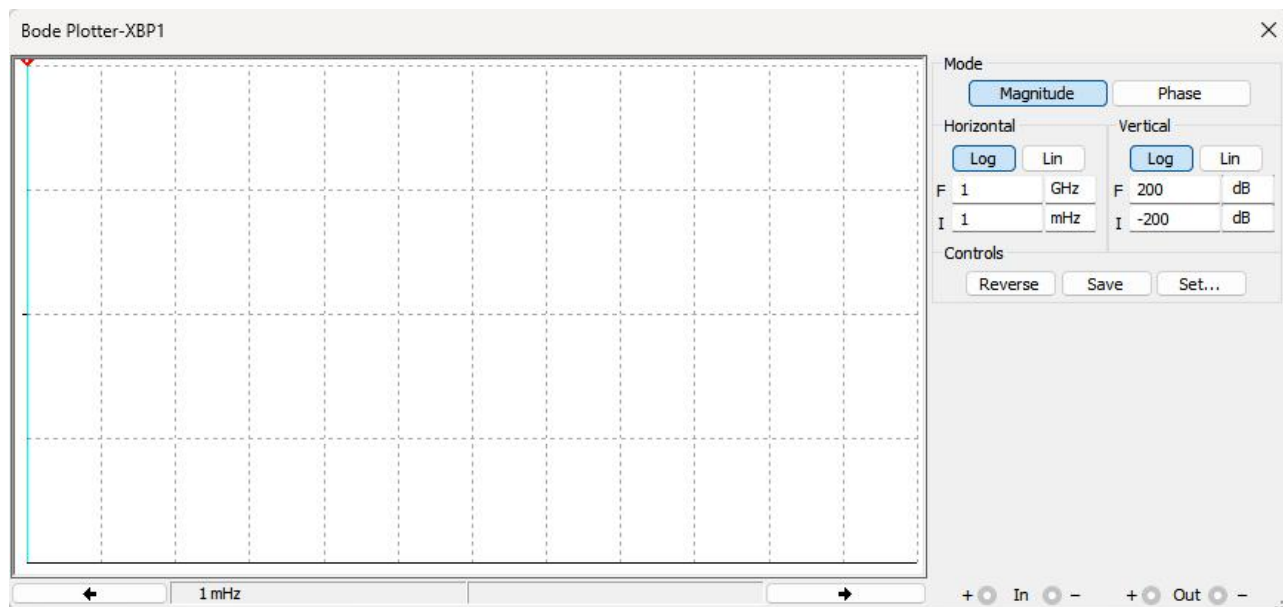


Рис. 11 - ЛАЧХ схемы с ОБ

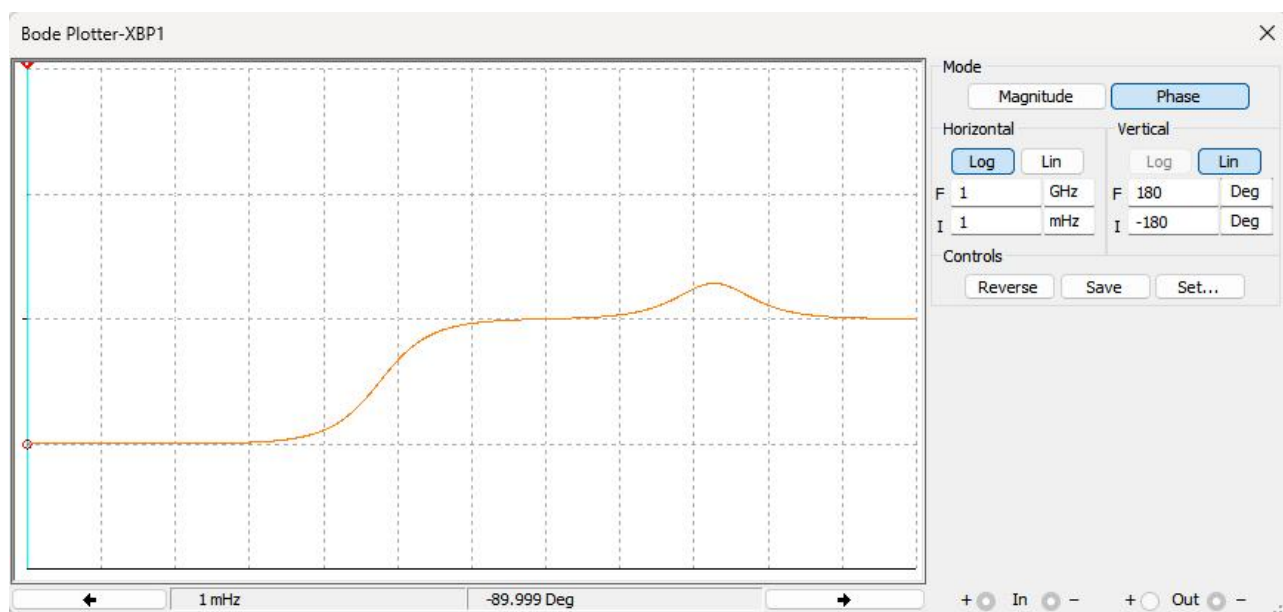


Рис. 12 - ЛФЧХ схемы с ОБ

Также рассмотрим полное сравнение теоретическим и практических характеристик исследуемого транзистора:

Парам.	Схема включения транзистора					
	ОЭ		ОБ		ОК	
$R_{in}$	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.
	361	325	3.68	3.91	14800	13231
$K_i$	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.
	94.86	91.7	0.49	0.98	96	86.7
$K_u$	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.
	11.875	6.31	10.5	12.47	0.99	0.984
$R_{out}$	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.
	294	53	66.6	49.5	1.485	150

Таблица 4

## **Вывод**

В ходе лабораторной работы были изучены три основные схемы включения биполярного транзистора: с общей базой (ОБ), с общим эмиттером (ОЭ) и с общим коллектором (ОК).

Также были исследованы свойства и особенности каждой из схем, такие как входное и выходное сопротивление, коэффициент усиления по току и напряжению.

На основе полученных данных были сделаны выводы о том, что каждая из схем включения транзистора имеет свои преимущества и недостатки, и выбор схемы зависит от конкретных требований к усилительному каскаду.

Схема с ОБ обладает высоким коэффициентом усиления по напряжению и малым входным сопротивлением, что делает её подходящей для усиления высоких частот. Схема с ОЭ имеет высокий коэффициент усиления по току, что позволяет усиливать сигналы большой мощности. Схема с ОК обладает высоким входным и низким выходным сопротивлением, что делает её полезной для согласования каскадов и создания повторителей напряжения.