

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Омский государственный технический университет»

Радиотехнический факультет

ОТЧЕТ

По дисциплине

«Схемо- и системотехника электронных систем»

Выполнили студенты гр. БИТ-201:

Тобиас Д.В.

Гребнев А.А.

Проверил преподаватель:

Ляшук А.Н.

2022 г., Омск

# Лабораторная работа № 1

## Цель:

Исследовать ВАХ и определить h-параметры биполярного транзистора BFP650

## Ход работы:

Ознакомимся со спецификацией транзистора BFP650

### BFP650

High linearity wideband silicon NPN RF bipolar transistor



Order now



Technical documents



Simulation



Support

### Product description

The BFP650 is a RF bipolar transistor based on SiGe:C technology that is part of Infineon's established sixth generation transistor family. Its transition frequency  $f_T$  of 42 GHz and high linearity characteristics at low currents make the device suitable for energy efficiency designs at frequency as high as 5 GHz. It remains cost competitive without compromising on ease of use.



### Feature list

- Minimum noise figure  $NF_{min} = 1$  dB at 2.4 GHz, 3 V, 30 mA
- High gain  $G_{ma} = 17.5$  dB at 2.4 GHz, 3 V, 70 mA
- $OIP_3 = 30$  dBm at 2.4 GHz, 3 V, 70 mA

### Product validation

Qualified for industrial applications according to the relevant tests of JEDEC47/20/22.

### Potential applications

- Low noise, high linearity amplifiers in SDARS receivers
- Low noise, high linearity amplifiers for ISM band applications
- Low noise, high linearity amplifiers for multimedia applications such as CATV

### Device information

Table 1 Part information

Product name / Ordering code	Package	Pin configuration				Marking	Pieces / Reel
BFP650 / BFP650H6327XTSA1	SOT343	1 = B	2 = E	3 = C	4 = E	R5s	3000

### Заголовок спецификации транзистора BFP650

Выделим из спецификации нужные нам значения

### 3 Electrical characteristics

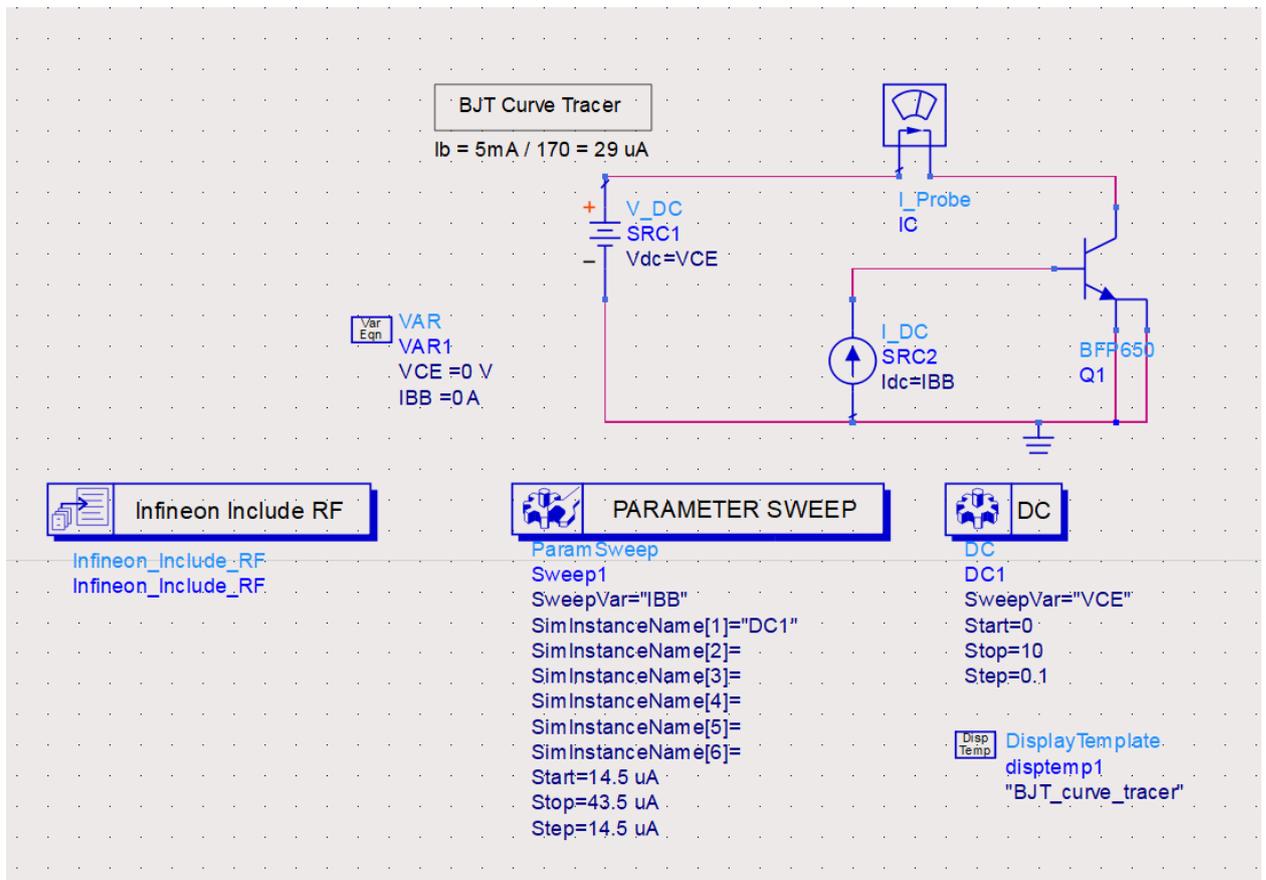
#### 3.1 DC characteristics

Table 4 DC characteristics at  $T_A = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Collector emitter breakdown voltage	$V_{(BR)CEO}$	4	4.5	–	V	$I_C = 3\text{ mA}$ , $I_B = 0$ , open base
Collector emitter leakage current	$I_{CES}$	–	0.1	1 <sup>2)</sup>	$\mu\text{A}$	$V_{CE} = 13\text{ V}$ , $V_{BE} = 0$ , E-B short circuited
			1	40 <sup>2)</sup>	nA	$V_{CE} = 5\text{ V}$ , $V_{BE} = 0$ , E-B short circuited
Collector base leakage current	$I_{CBO}$	–	1	40 <sup>2)</sup>	nA	$V_{CB} = 5\text{ V}$ , $I_E = 0$ , open emitter
Emitter base leakage current	$I_{EBO}$	–	10	500 <sup>2)</sup>	nA	$V_{EB} = 0.5\text{ V}$ , $I_C = 0$ , open collector
DC current gain	$h_{FE}$	100	170	250		$V_{CE} = 3\text{ V}$ , $I_C = 5\text{ mA}$ , pulse measured

#### Электрические характеристики транзистора

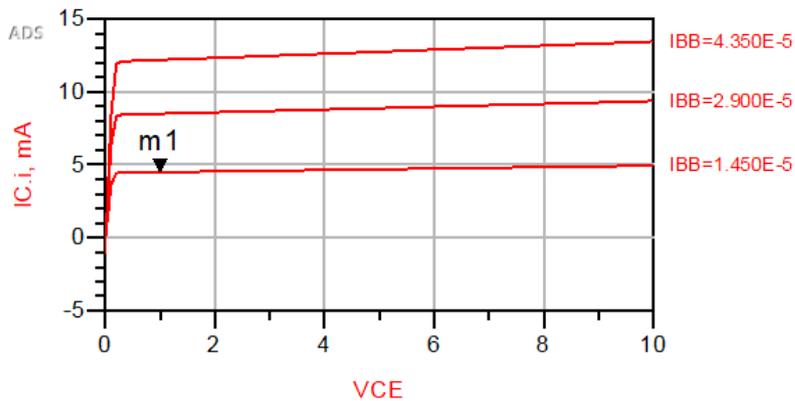
Составим схему при участии нашего транзистора для определения выходных h-параметров



Схема

## BJT DC Collector Current vs. Collector-Emitter Voltage

Use with BJT\_curve\_tracer Schematic Template



Values at bias point indicated by marker m1.  
Move marker to update.

VCE	Device Power Consumption, Watts
1.000	0.004

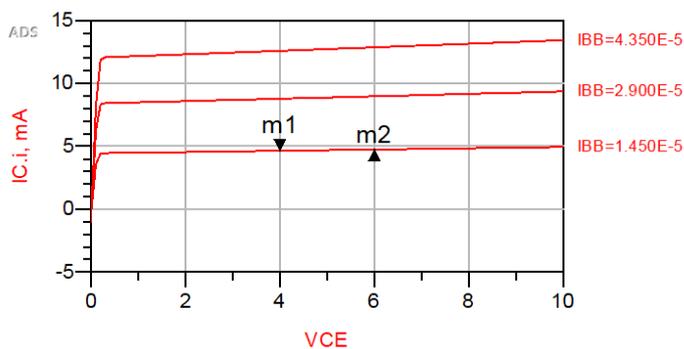
m1  
VCE=1.000  
IC.i=0.004  
IBB=1.450E-5

### Выходная ВАХ биполярного транзистора BFP650

На графике изображена зависимость силы тока на коллекторе от напряжения коллектор-эмиттера.

## BJT DC Collector Current vs. Collector-Emitter Voltage

Use with BJT\_curve\_tracer Schematic Template



Values at bias point indicated by marker m1.  
Move marker to update.

VCE	Device Power Consumption, Watts
4.000	0.019

m1  
VCE=4.000  
IC.i=0.005  
IBB=1.450E-5

m2  
ind Delta=2.000  
dep Delta=1.004E-4  
IBB=1.450E-5  
Delta Mode ON

$$h_{22} = 1.004E-4 / 2 =$$

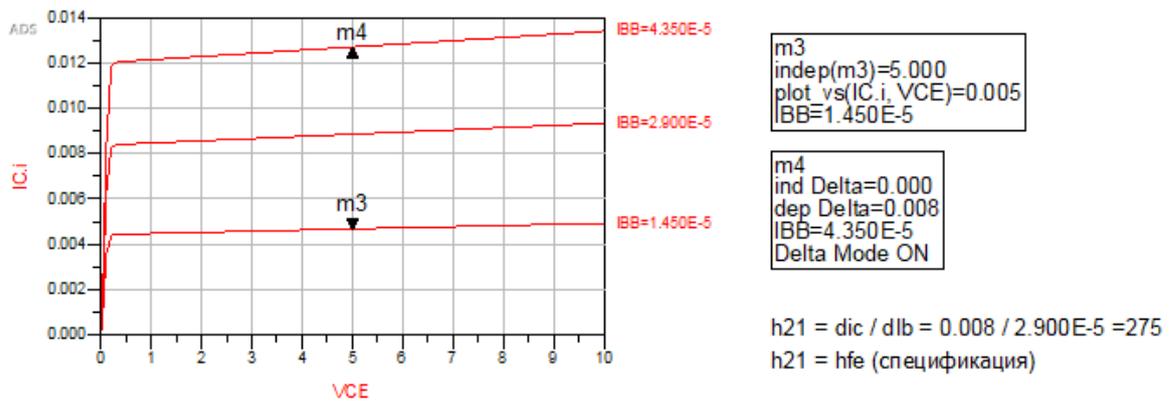
### Выходная ВАХ и расчет h22

$h_{22}$  – дифференциальный коэф. передачи тока

Найдем  $h_{22}$ -параметр с помощью формулы, при  $I_b = \text{const}$ .

$$h_{22} = I_K / U_{KЭ}$$

$$h_{22} = 1.004e-4 / 2 = 1.004 * 10^{-4} / 2 = 0,502 * 10^{-4}$$



### Выходная ВАХ и расчет $h_{21}$

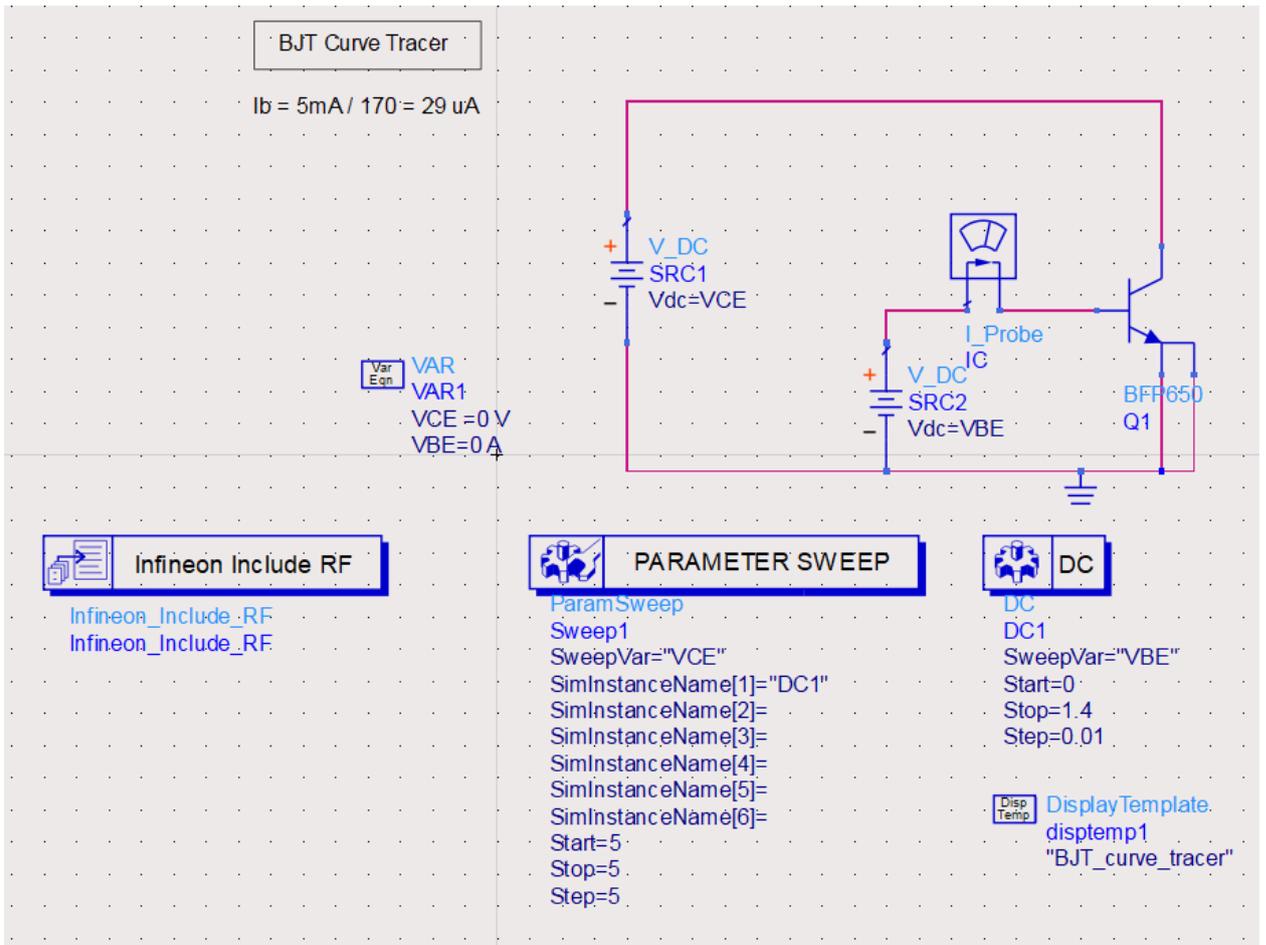
$h_{21}$  - дифференциальный коэф. обратной связи

Найдем  $h_{21}$ -параметр по формуле:

$$h_{21} = I_K / I_b$$

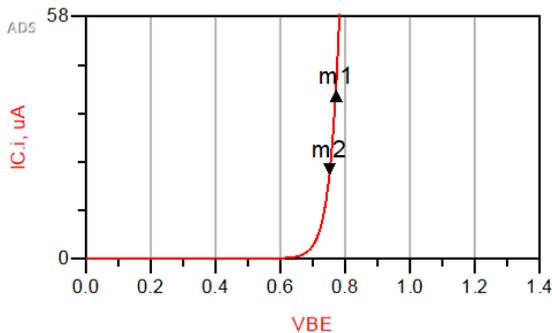
$$h_{21} = 0.008 / 2.900e-5 = 275$$

Преобразуем цепь для нахождения параметра  $h_{11}$



### Схема

**BJT DC Collector Current vs. Collector-Emitter Voltage**  
Use with BJT\_curve\_tracer Schematic Template



m2  
VBE=0.750  
IC,i=2.008E-5  
VCE=5.000

m1  
ind Delta=0.020  
dep Delta=2.021E-5  
VCE=5.000  
Delta Mode ON

Values at bias point indicated by marker m1.  
Move marker to update.

VCE	Device Power Consumption, Watts
0.020	4.042E-7

$$h_{11} = dU_{be} / dI_b = 0.02 / 2.021E-5 = 990 \text{ [}\Omega\text{]}$$

### Входная ВАХ и расчет $h_{11}$

$h_{11}$  - входное сопротивление биполярного транзистора

Найдем  $h_{11}$ -параметр по формуле:

$$h_{11} = \Delta U_{6э} / \Delta I_6$$

$$h_{11} = 0.02 / 2.021e-5 = 990 \text{ Ом}$$

**Вывод:**

В данной лабораторной работе мы собрали схему с участием биполярного транзистора ВФР650. Нашли  $h$ -параметры транзистора, построили вольтамперные характеристики.

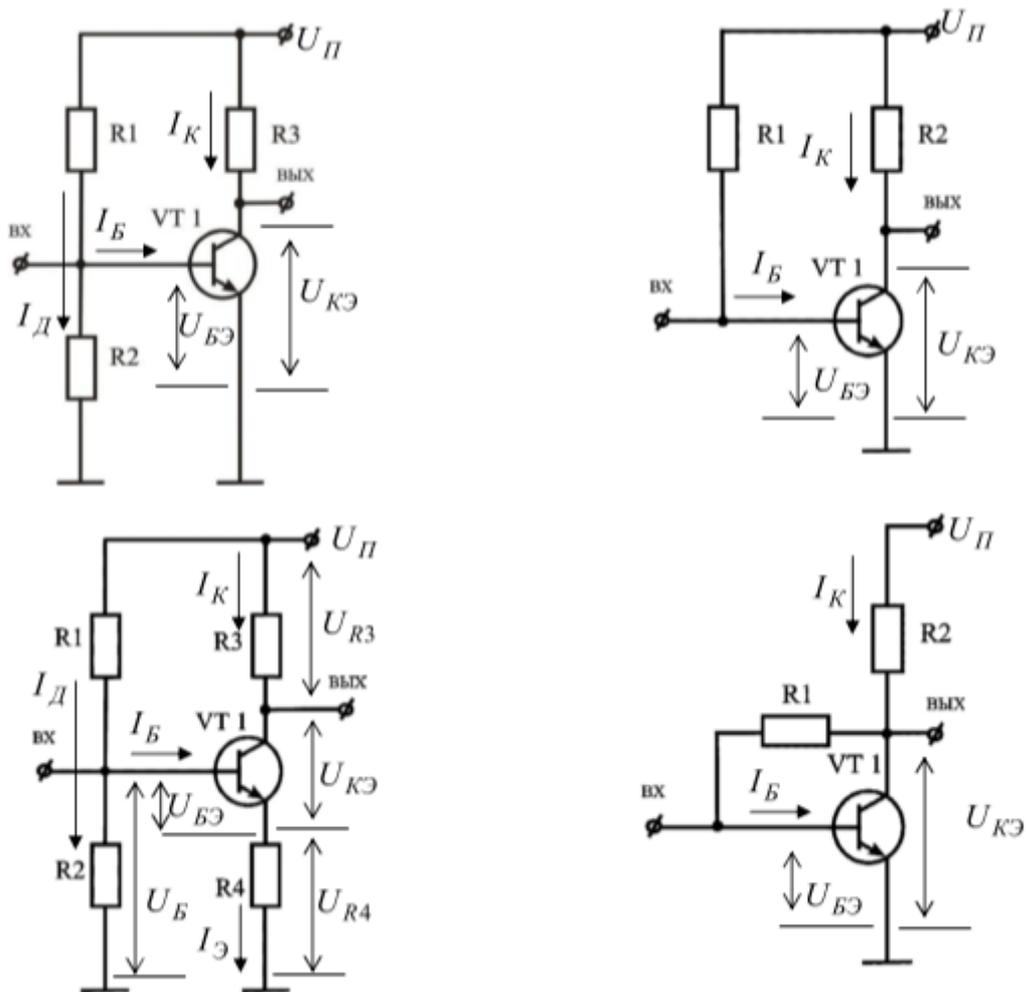
## Лабораторная работа № 2

### Цель:

Составить 4 схемы с биполярным транзистором, установить рабочие точки биполярного транзистора для каждой их схем.

### Ход работы:

Имеются 4 схемы:



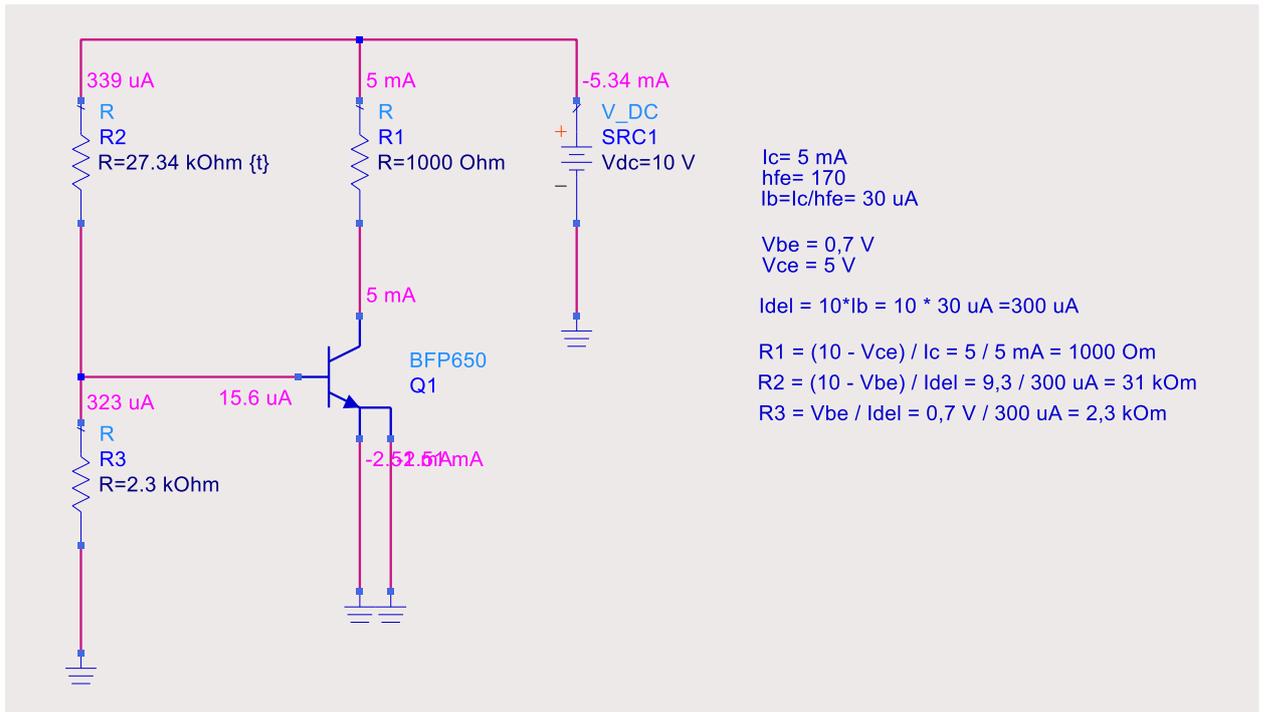
### Схемы

Требуется произвести расчет по постоянному току данных схем (для каждой из схем взят транзистор BFP650).

В спецификации для данного транзистора возьмем информацию:

- Коэффициент усиления по постоянному току  $h_{fe} = 170$
- При токе  $I_c = 5 \text{ mA}$

## Схема #1: (после подстройки)



Найдем ток базы  $I_b$  как результат отношения тока коллектора к коэффициенту усиления по постоянному току. Ток базы  $I_b = 30 \text{ мкА}$

Падения напряжения на база-эмиттер 0,7 В

Напряжение между коллектором и эмиттером = 5 В

Ток делителя больше тока базы примерно в 10 раз поэтому, ток делителя  $I_{del} = 300 \text{ мкА}$

Рассчитаем значения резисторов:

R1 равно отношению падения напряжения от источника питания до коллектора  $10 \text{ В} - 5 \text{ В} = 5 \text{ В}$  ( $V_{dc} - V_{ce}$ ) и тока протекающего через R1 равный  $I_c = 5 \text{ мА}$

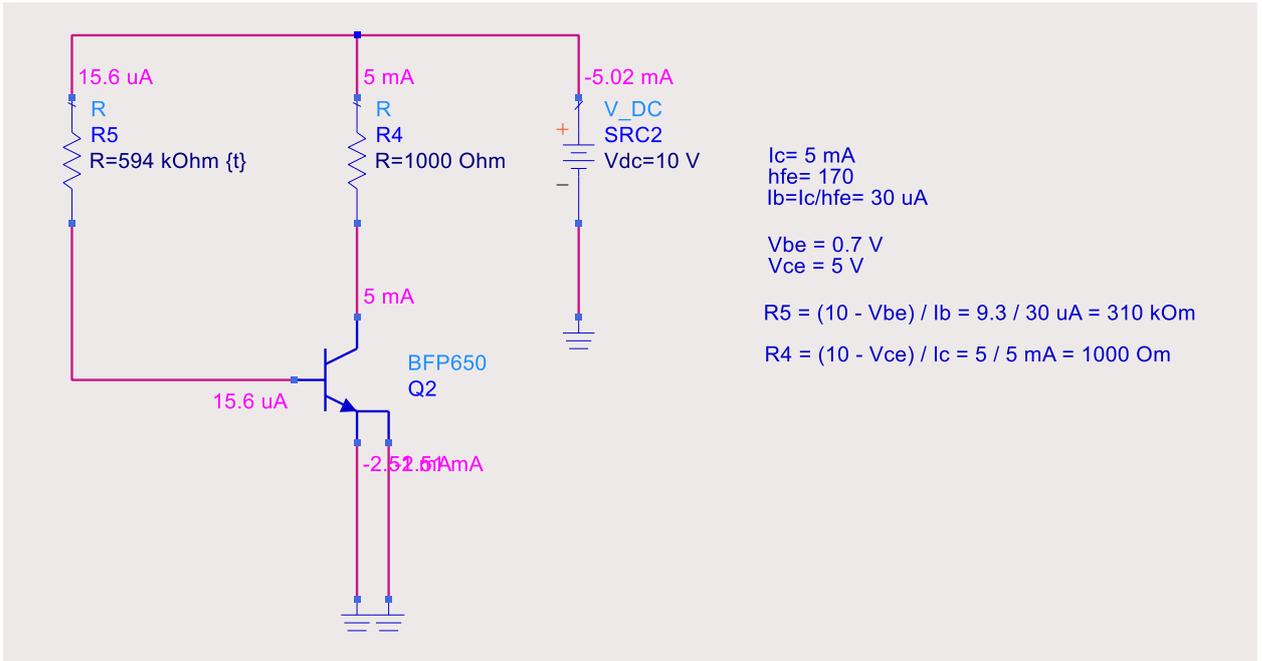
R2 равно отношению падения напряжения от источника питания до базы  $10 \text{ В} - 0,7 \text{ В} = 9,3 \text{ В}$  ( $V_{dc} - V_{be}$ ) и тока делителя равный  $I_{del} = 300 \text{ мкА}$

R3 равно отношению падения напряжения на база-эмиттер 0,7 В и тока делителя равный  $I_{del} = 300 \text{ мкА}$

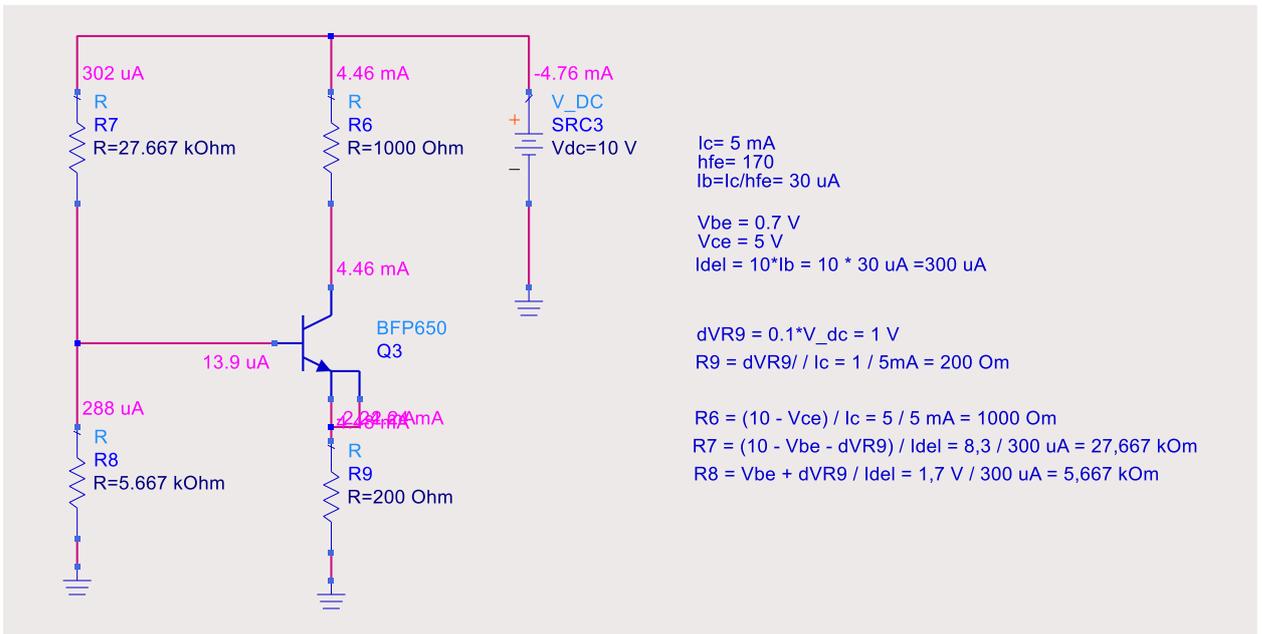
После мы подставляем рассчитанные значения резисторов и «калибруем» значение R2 до тех пор, пока не добьёмся тока, протекающего через эмиттер, равного  $\approx 5 \text{ мА}$ .

Аналогично проводим действия для других схем.

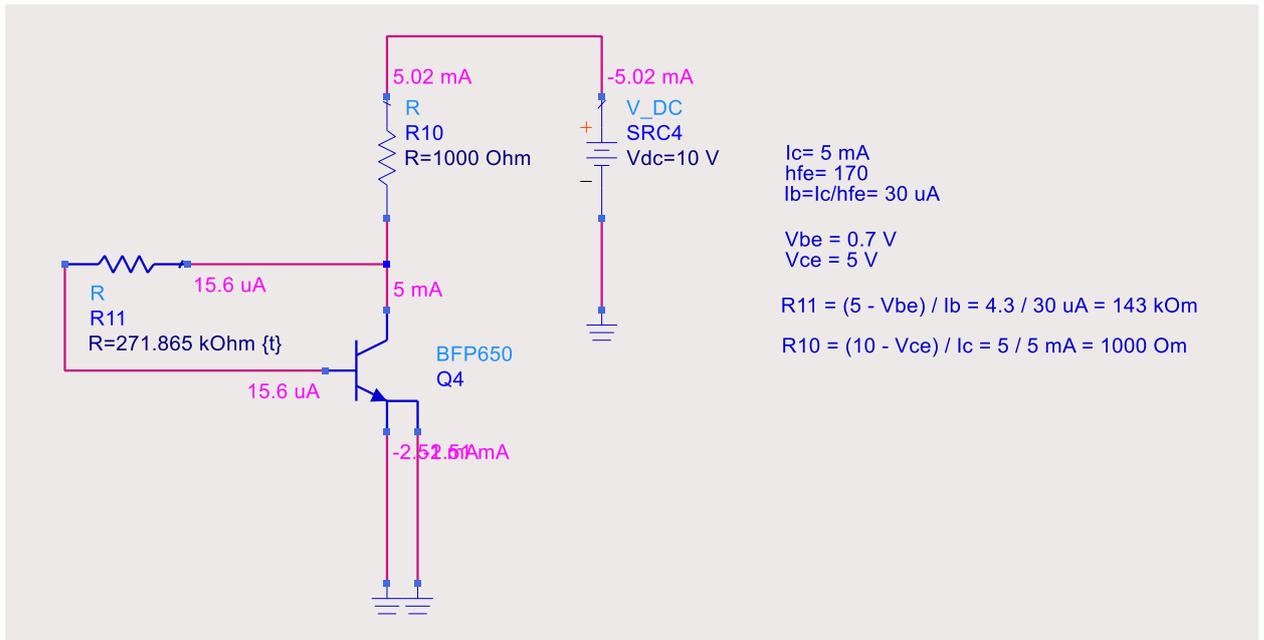
### Схема #2: (после подстройки)



### Схема #3: (после подстройки)



## Схема #4: (после подстройки)



## Вывод:

В данной лабораторной работе мы составили 4 схемы биполярного транзистора, установили рабочие точки биполярного транзистора для каждой их схем. Произвели расчет 4 схем по постоянному току.

## Лабораторная работа № 3

### Цель:

Изучить транзисторный усилитель и научиться работать с ним.

### Ход работы:

Используем данный стенд для сборки схемы с общим эмиттером:

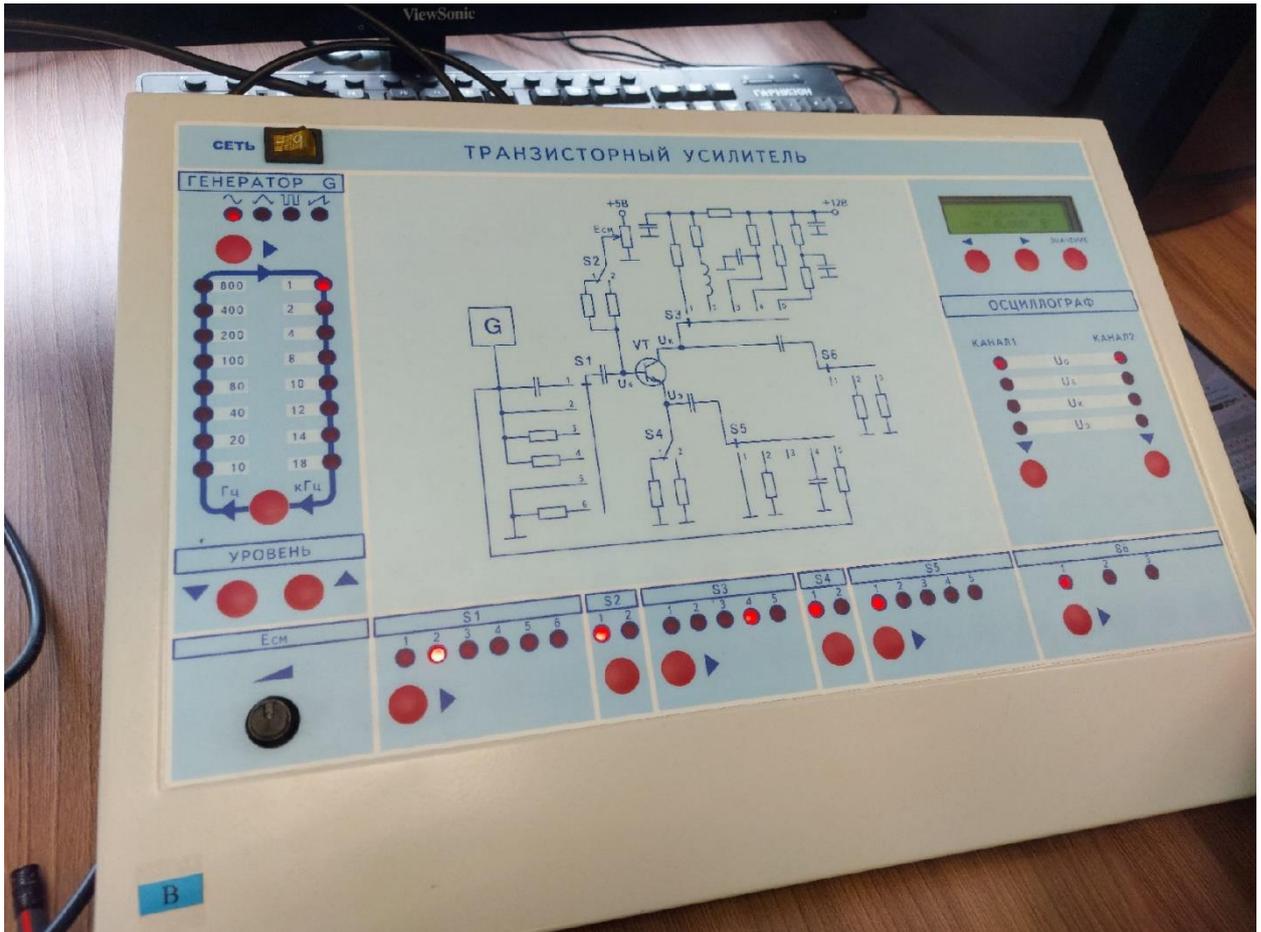


Схема стенда "Транзисторный усилитель" с общим эмиттером

(S1-2; S2-1; S3-4; S4-1; S5-1; S6-1;)

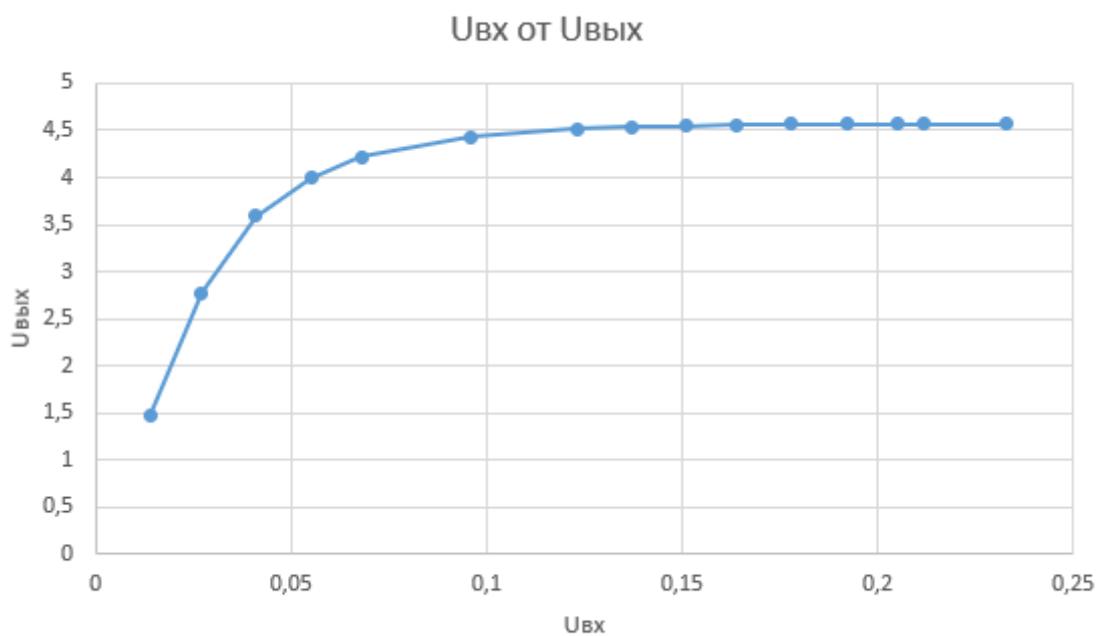
Постоянные значения:

- $U_k = 7,526$
- $U_b = 1,962$
- $U_э = 1,292$

К стенду с транзисторным усилителем подключим осциллограф. Начнем отслеживать изменения осциллограммы  $U_g$  и  $U_k$  одновременно будем снимать показания  $U_g$  и  $U_k$ , для построения графиков.

№	Uвх	Uвых
	Uг, В	Uк, В
1	0,014	1,47
2	0,027	2,77
3	0,041	3,59
4	0,055	3,99
5	0,068	4,22
6	0,096	4,43
7	0,123	4,52
8	0,137	4,54
9	0,151	4,55
10	0,164	4,56
11	0,178	4,57
12	0,192	4,57
13	0,205	4,57
14	0,212	4,57
15	0,233	4,57

*Зависимость  $U_k$  от  $U_g$*

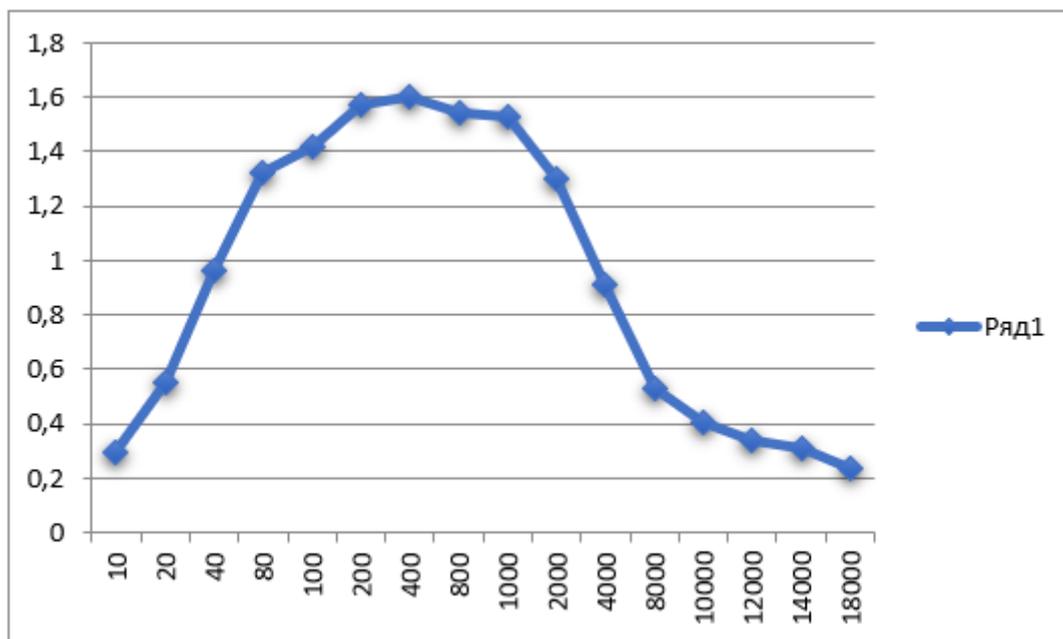


*График зависимости  $U_k$  от  $U_g$*

Отследим зависимость  $U_k$  от частоты

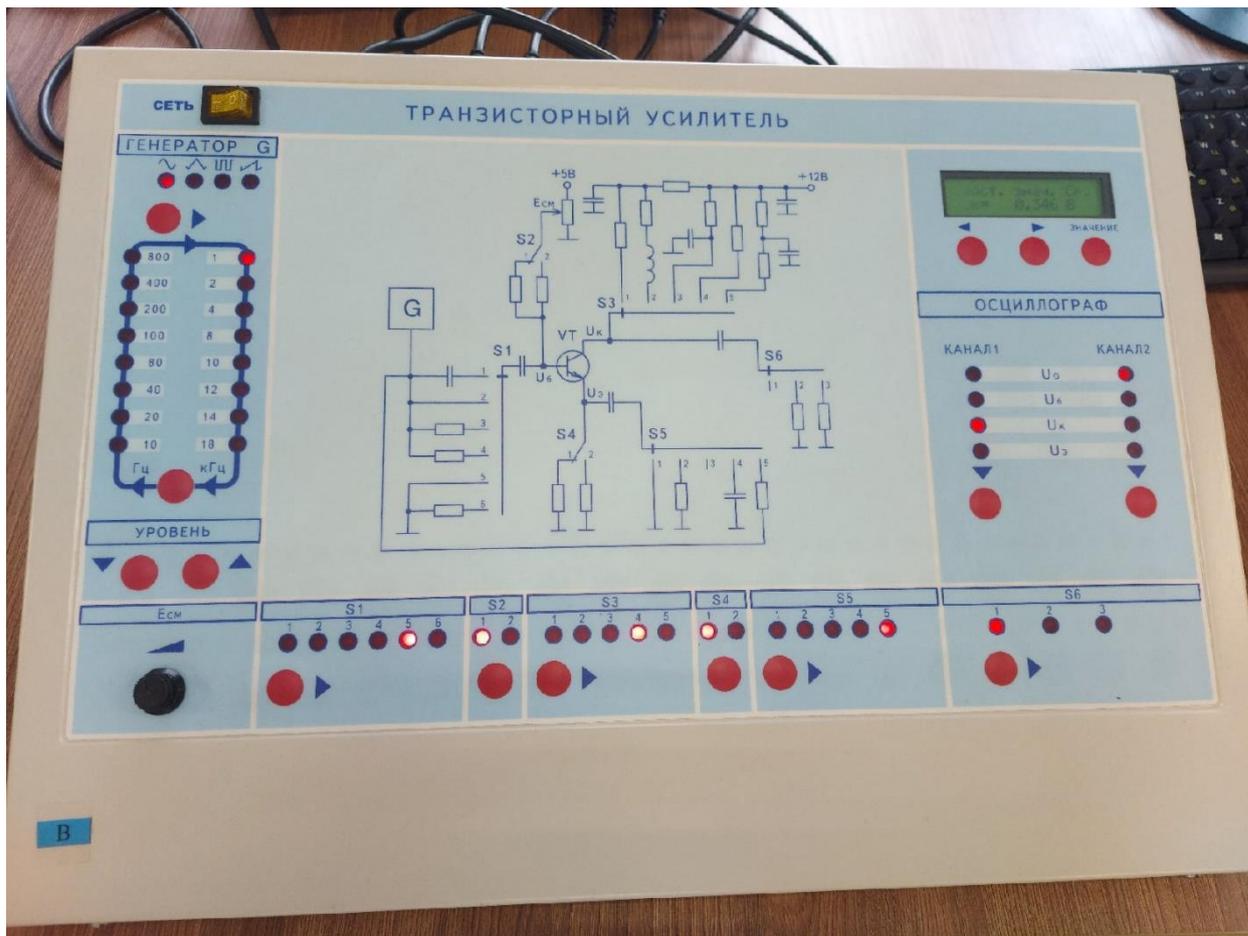
№	$U_k, B$	$f$
1	0,294	10
2	0,549	20
3	0,96	40
4	1,32	80
5	1,42	100
6	1,57	200
7	1,6	400
8	1,54	800
9	1,53	1000
10	1,3	2000
11	0,91	4000
12	0,529	8000
13	0,408	10000
14	0,342	12000
15	0,308	14000
16	0,236	18000

*Зависимость  $U_k$  от  $f$*



*АЧХ при общем эмиттере*

Используем данный стенд для сборки схемы с общей базой:



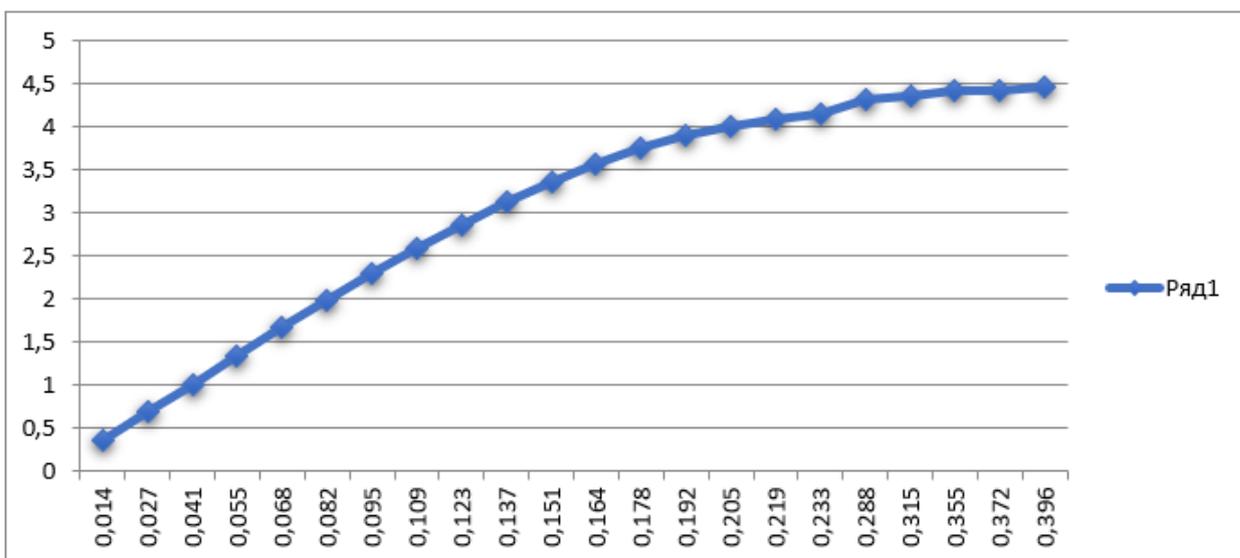
*Схема стенда "Транзисторный усилитель" с общей базой*

*(S1-5; S2-1; S3-4; S4-1; S5-5; S6-1;)*

К стенду с транзисторным усилителем подключим осциллограф. Начнем отслеживать изменения осциллограммы  $U_g$  и  $U_k$  одновременно будем снимать показания  $U_g$  и  $U_k$ , для построения графиков.

№	U <sub>г</sub>	U <sub>к</sub> , В
1	0,014	0,345
2	0,027	0,68
3	0,041	1
4	0,055	1,34
5	0,068	1,66
6	0,082	1,97
7	0,095	2,28
8	0,109	2,58
9	0,123	2,86
10	0,137	3,12
11	0,151	3,35
12	0,164	3,56
13	0,178	3,75
14	0,192	3,9
15	0,205	4
16	0,219	4,08
17	0,233	4,14
18	0,288	4,3
19	0,315	4,35
20	0,355	4,41
21	0,372	4,42
22	0,396	4,45

*Зависимость U<sub>к</sub> от U<sub>г</sub>*



*График зависимости U<sub>к</sub> от U<sub>г</sub>*

Точка 22

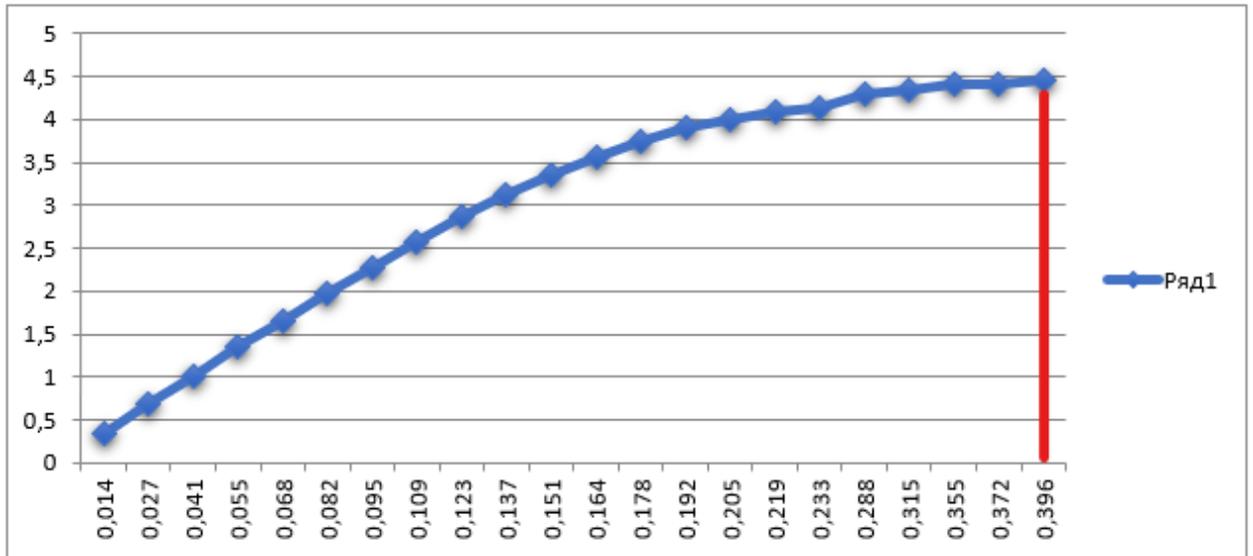
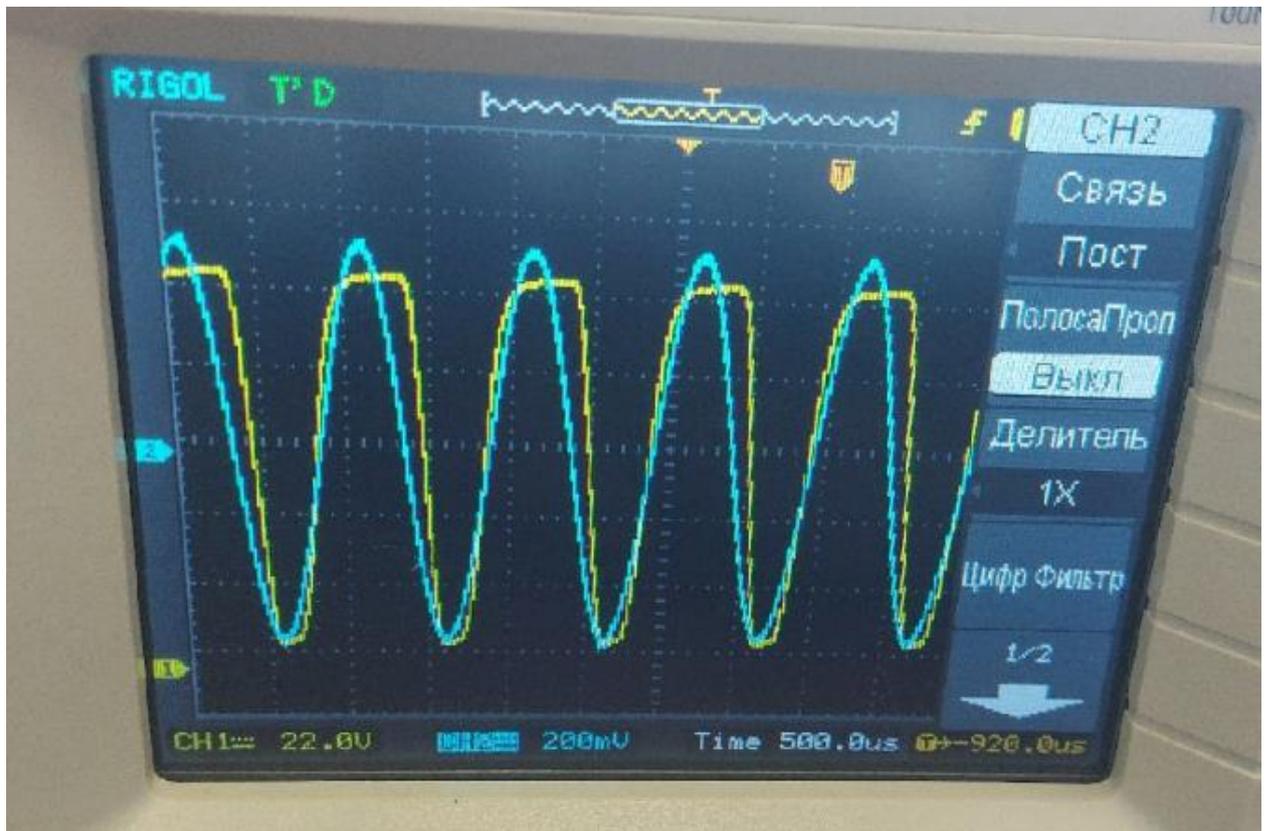


График зависимости  $U_k$  от  $U_g$  (выделенная точка 22)



Осциллограмма при значениях точки 22

## Точка 16

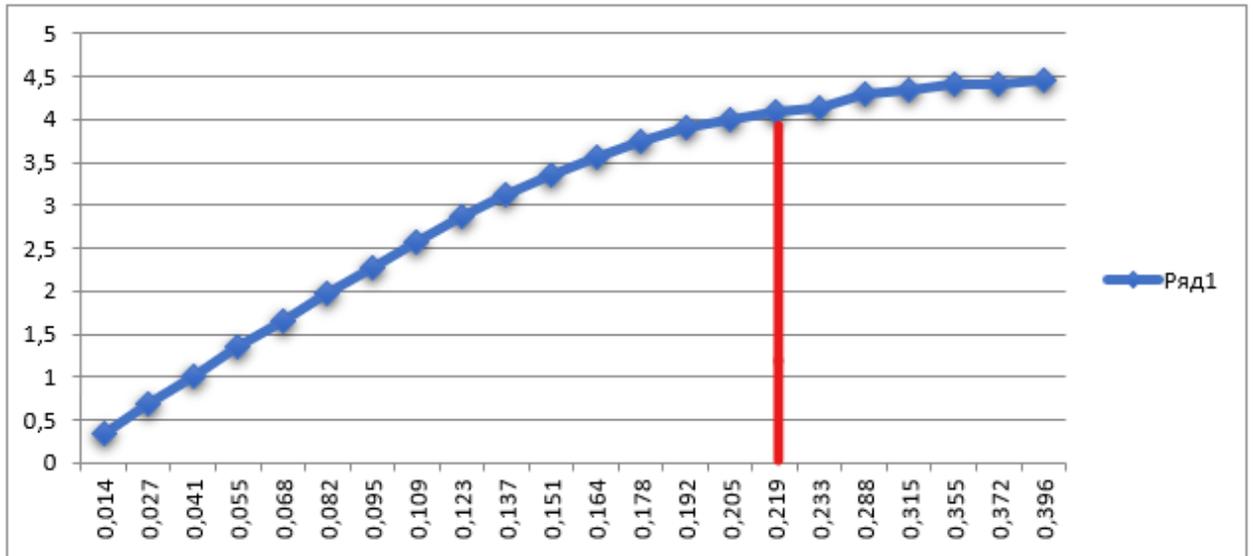
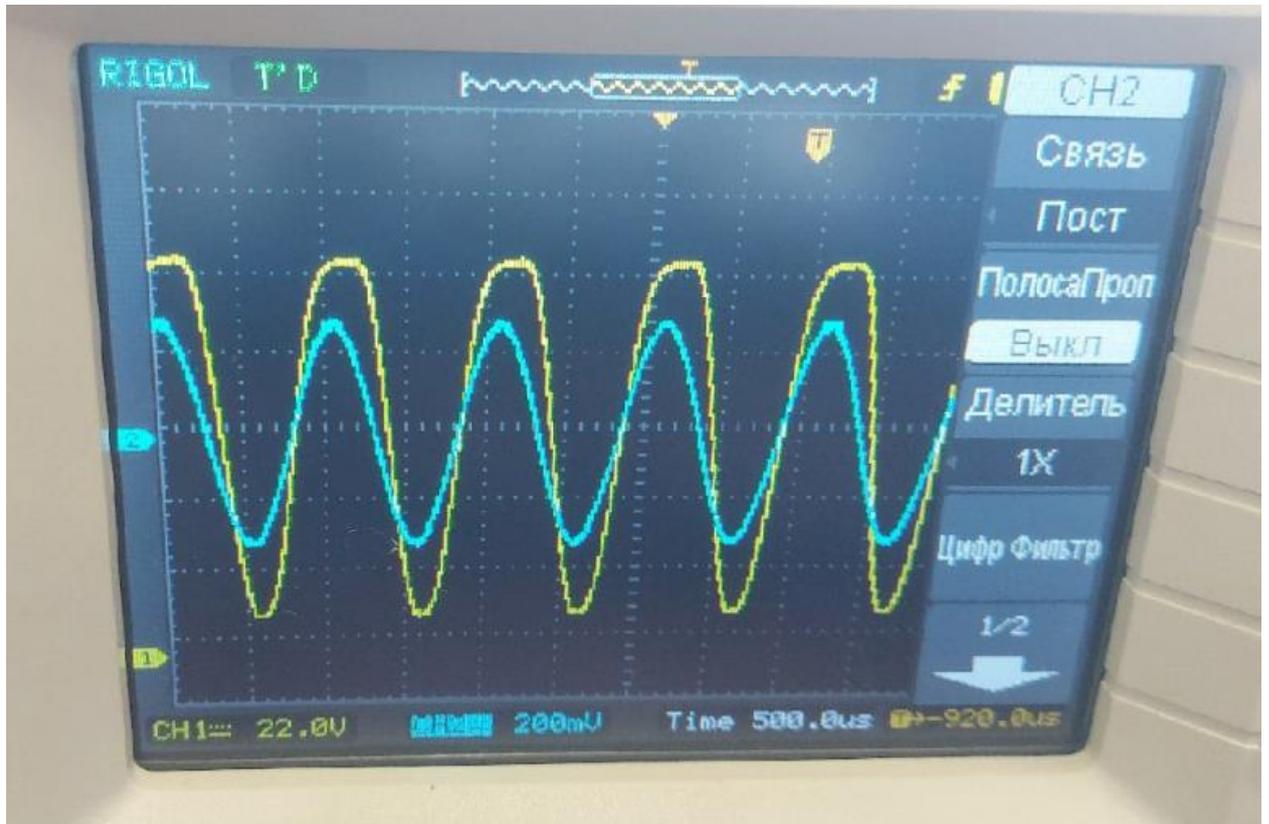


График зависимости  $U_k$  от  $U_g$  (выделенная точка 16)



Оциллограмма при значениях точки 16

Точка б

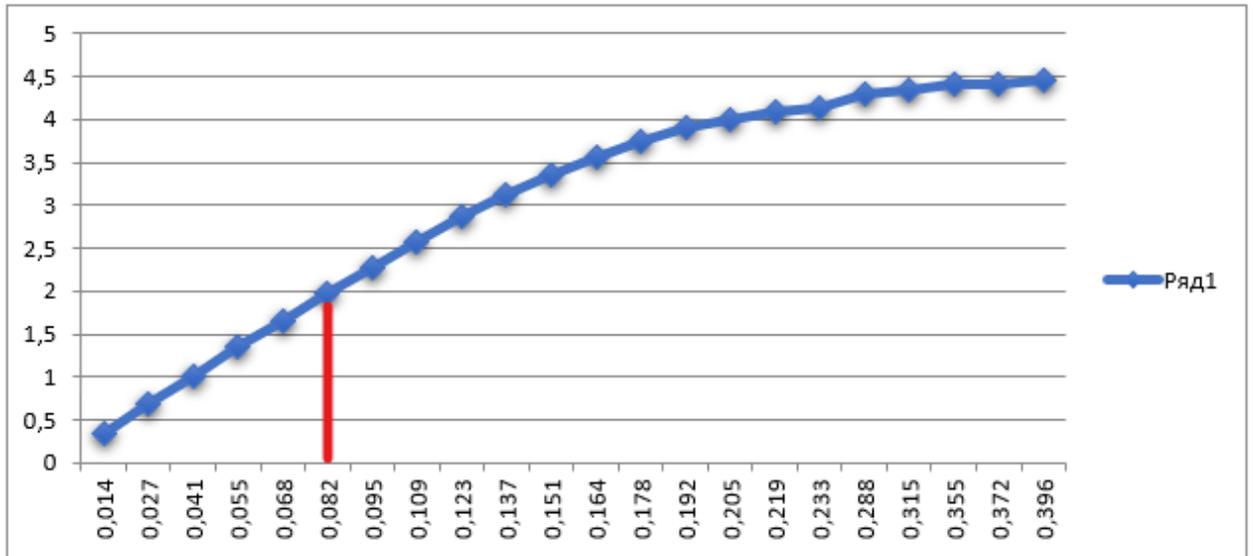


График зависимости  $U_k$  от  $U_g$  (выделенная точка б)

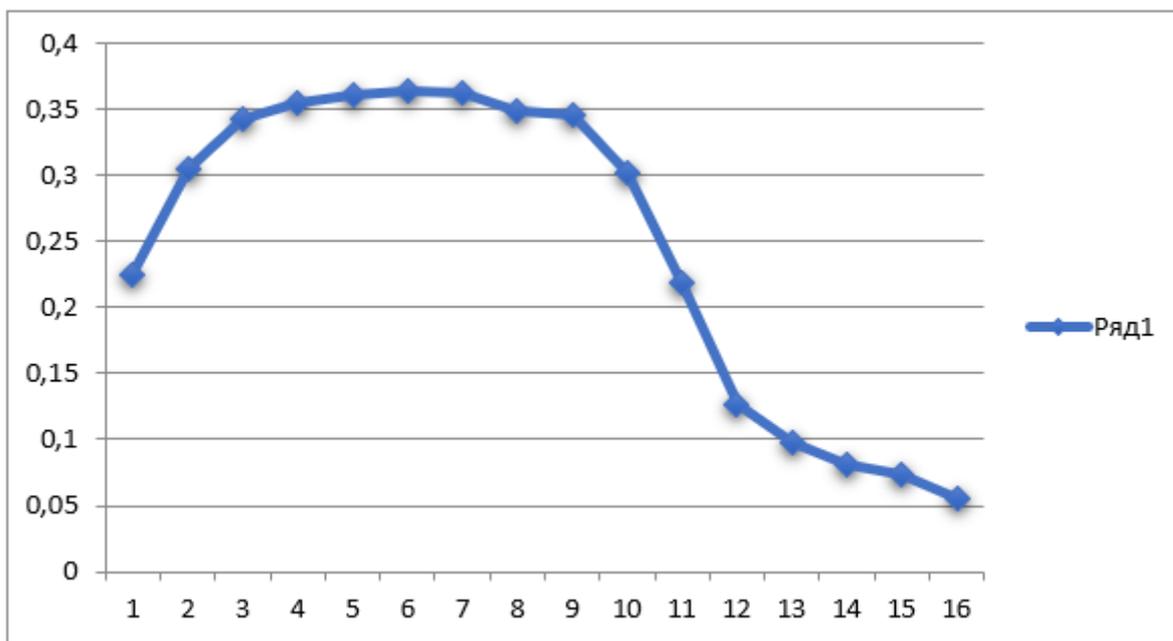


Осциллограмма при значениях точки б

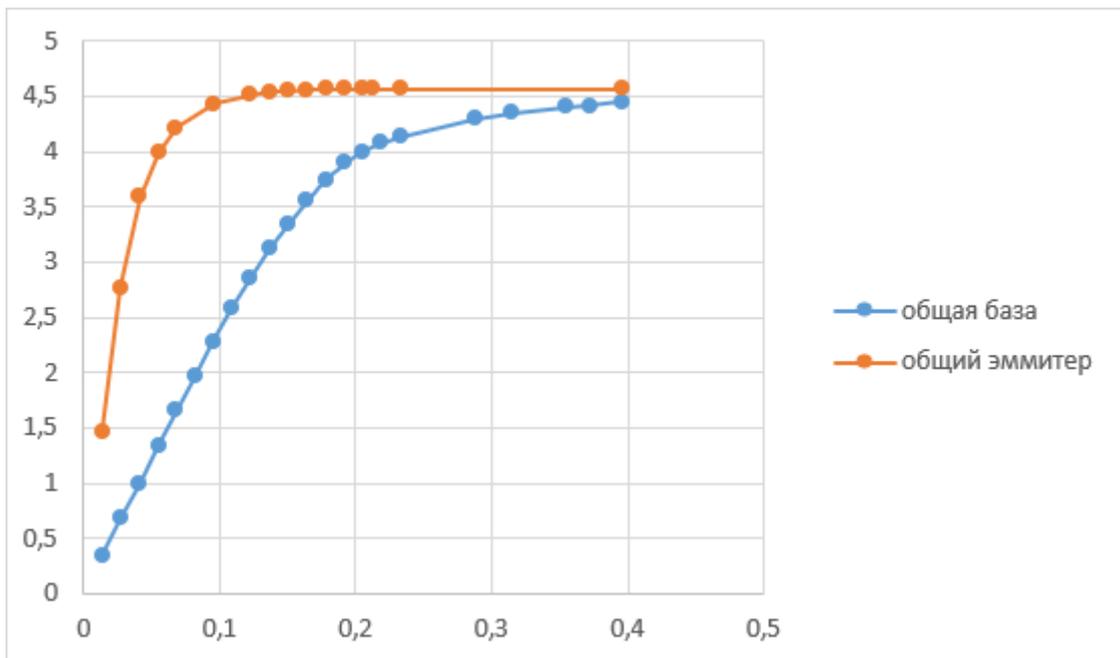
Отследим зависимость  $U_k$  от частоты

№	$U_k, B$	$f$
1	0,225	10
2	0,304	20
3	0,343	40
4	0,354	80
5	0,361	100
6	0,364	200
7	0,362	400
8	0,348	800
9	0,345	1000
10	0,302	2000
11	0,218	4000
12	0,127	8000
13	0,097	10000
14	0,081	12000
15	0,073	14000
16	0,055	18000

*Зависимость  $U_k$  от  $f$*



*АЧХ при общей базе*



*Сравнение общего эмиттера с общей базой*

**Вывод:**

В данной лабораторной работе мы изучили транзисторный усилитель с общим эмиттером и общей базой.