



Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский
университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра «Программное обеспечение ЭВМ и информационные
технологии»

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №5 ««Усилители»»

по курсу «Основы электроники»

Студент: Беляк Софья Сергеевна

Группа: ИУ7-32Б

Вариант: 52

Студент

Беляк С.С.

Преподаватель

Оглоблин Д.И.

Оценка _____

2023 г.

Цель работы

Получить навыки в использовании базовых возможностей программы Microcap и знания при исследовании и настройке усилительных, ключевых и логических устройств на биполярных и полевых транзисторах. Приобретение навыков расчета моделей полупроводниковых приборов в программах Multisim и Mathcad по данным, полученным в экспериментальных исследованиях.

Параметры диода

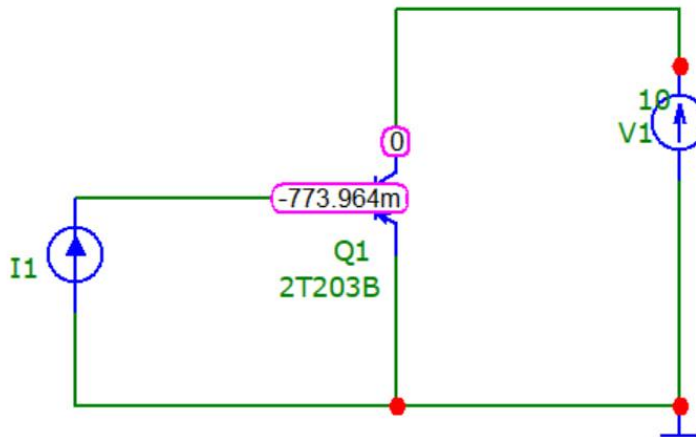
Для работы используется биполярный транзистор q2T203b, который был предварительно добавлен в microcap.

```
.model q2T203b PNP(Is=459.4E-18 Xti=3 Eg=1.11 Vaf=46.32 Bf=69.84
+ Ise=472E-18 Ne=1.23 Ikf=14.75m Nk=.5 Xtb=1.5 Br=.9521 Isc=183.9f
+ Nc=1.223 Ikr=.8622 Rb=270 Rc=.3177 Cjc=12.95p Mjc=.33 Vjc=.75 Fc=.5
+ Cje=93.8p Mje=.5729 Vje=.75 Tr=10.33u Tf=14.64n Itf=.25 Xtf=2 Vtf=20)
```

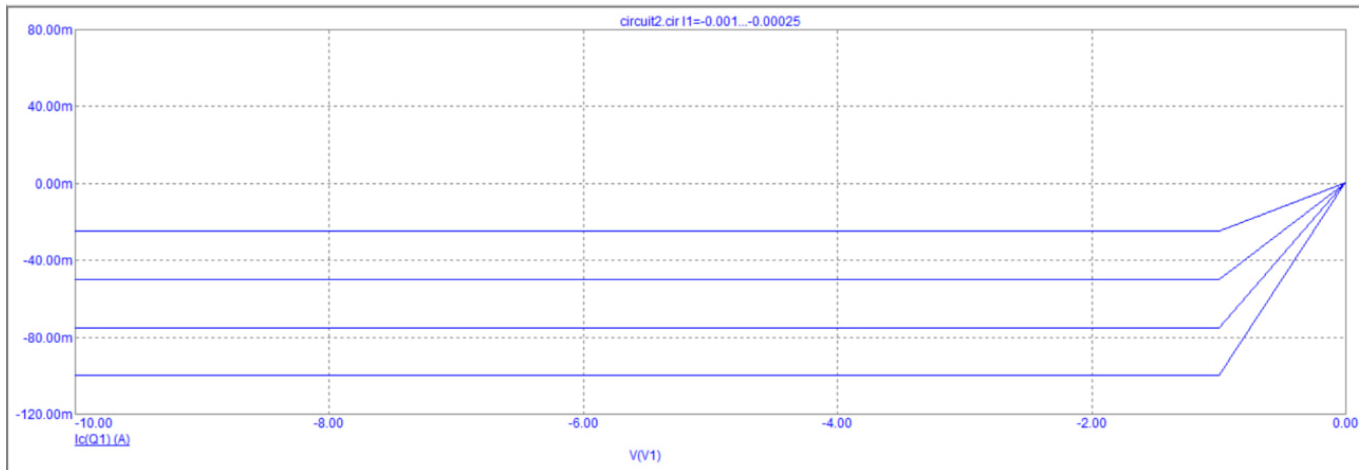
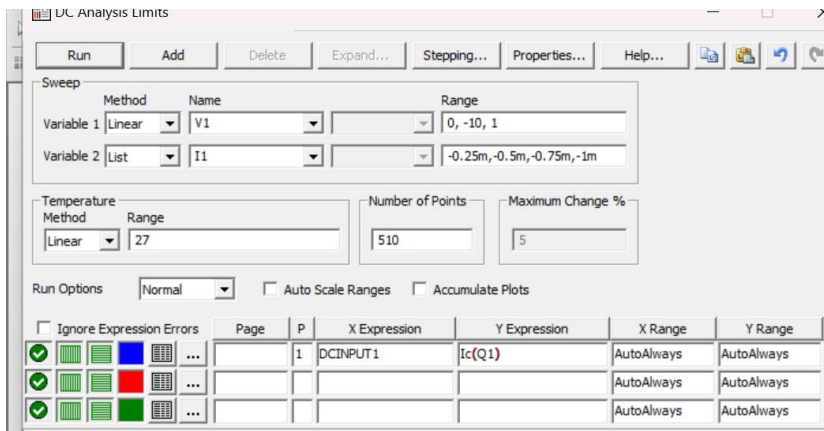
Эксперимент 1

Снятие вольтамперных характеристик (ВАХ) биполярного транзистора

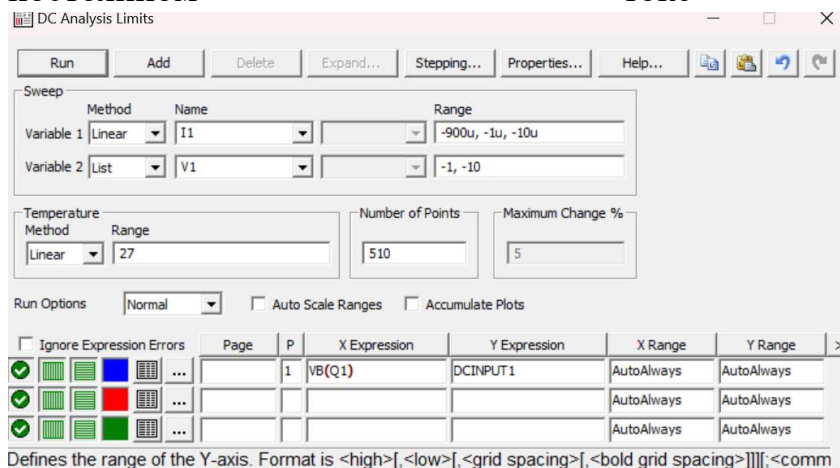
Создадим схему транзистора с общим эмиттером:



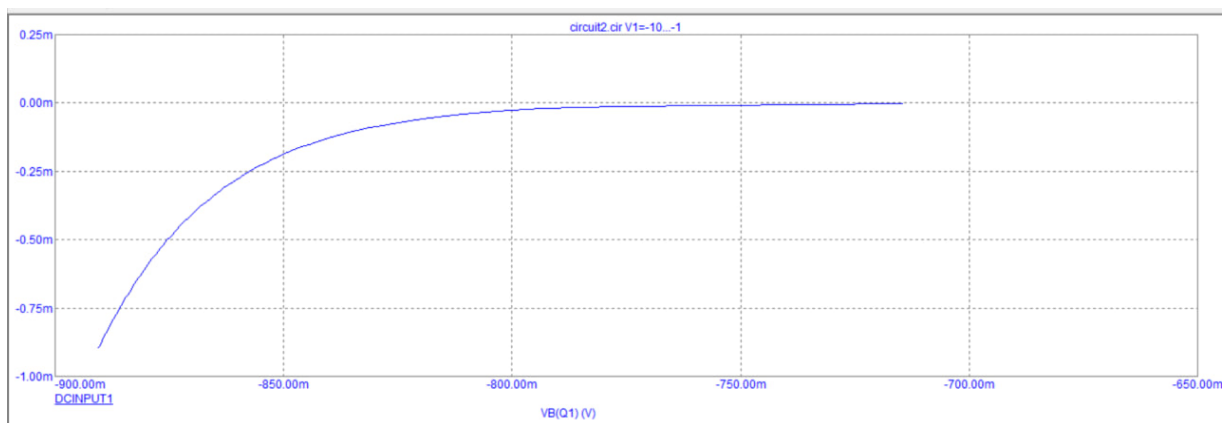
Исследуем характеристику выходного вах-транзистора, где прослеживается зависимость тока коллектора от напряжения между коллектором и эмиттером при постоянном значении тока базы.



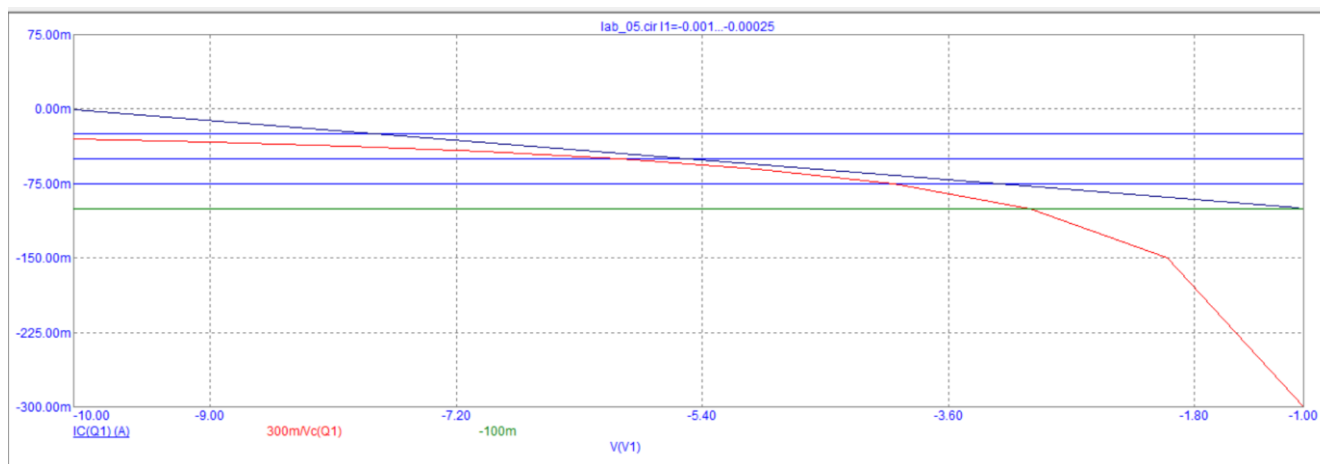
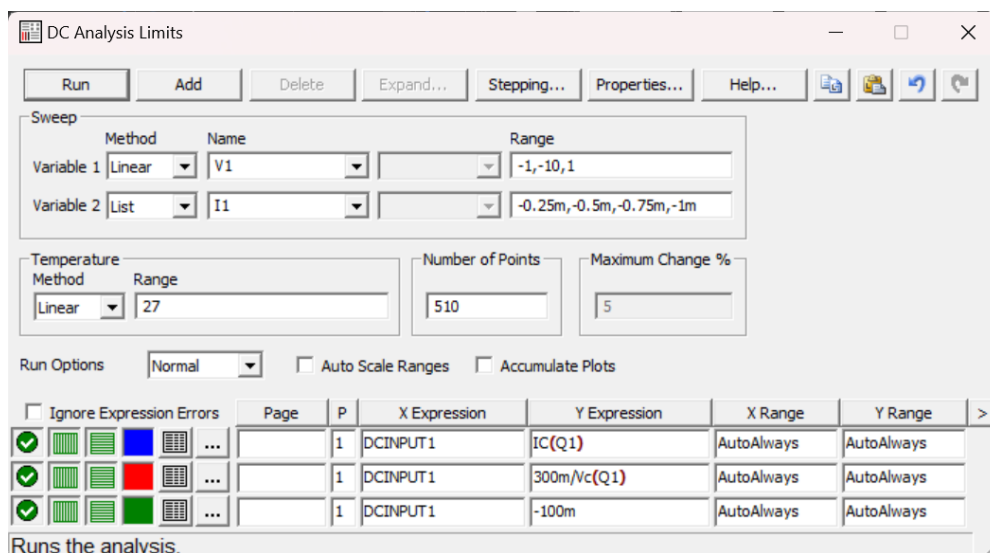
Рассмотрим входную характеристику (ВАХ) транзистора, которая отражает зависимость тока базы от напряжения между коллектором и эмиттером при постоянном токе коллектора.



Defines the range of the Y-axis. Format is <high>[,<low>[,<grid spacing>[,<bold grid spacing>]]];<comm



Для транзистора максимальная мощность на коллекторе – 300 мВт, обозначим на выходной характеристике кривую максимальной мощности и нагрузочную прямую для максимального тока 100 мА и напряжения источника 10В.

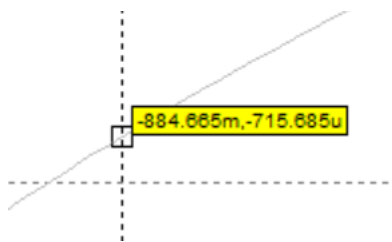


Так как нагрузочная прямая – это прямая, то можно сразу утверждать, что на её середине напряжение коллектора будет равно $E_k/2 = 5 \text{ В}$.

Выберем в качестве рабочей точки середину нагрузочной прямой и выполним расчет резистора, соответствующего этой точке.

$$\begin{aligned}
 BF &:= 69.84 \\
 E_k &:= -10 \\
 I_{\max} &:= -0.1 \\
 I_k &:= \frac{I_{\max}}{2} & I_k &= -0.05 \\
 U_k &:= \frac{E_k}{2} & U_k &= -5 \\
 R_k &:= \frac{(E_k - U_k)}{I_k} & R_k &= 100 \\
 I_b &:= \frac{I_k}{BF} & I_b &= -7.159 \times 10^{-4} \\
 U_b &:= -0.884
 \end{aligned}$$

Далее, используя входную характеристику транзистора (входную ВАХ), найдем соответствующее напряжение на базе в этой точке.



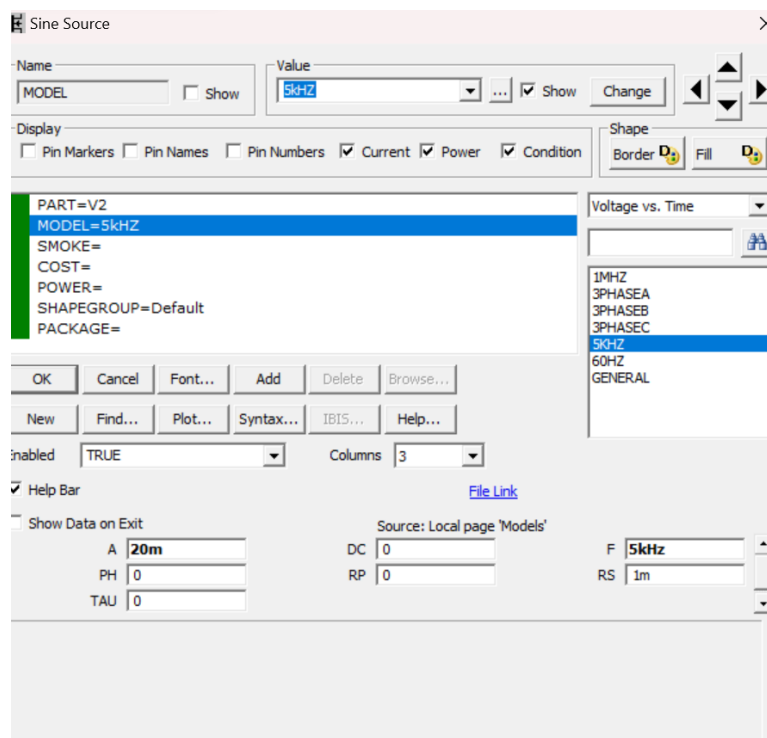
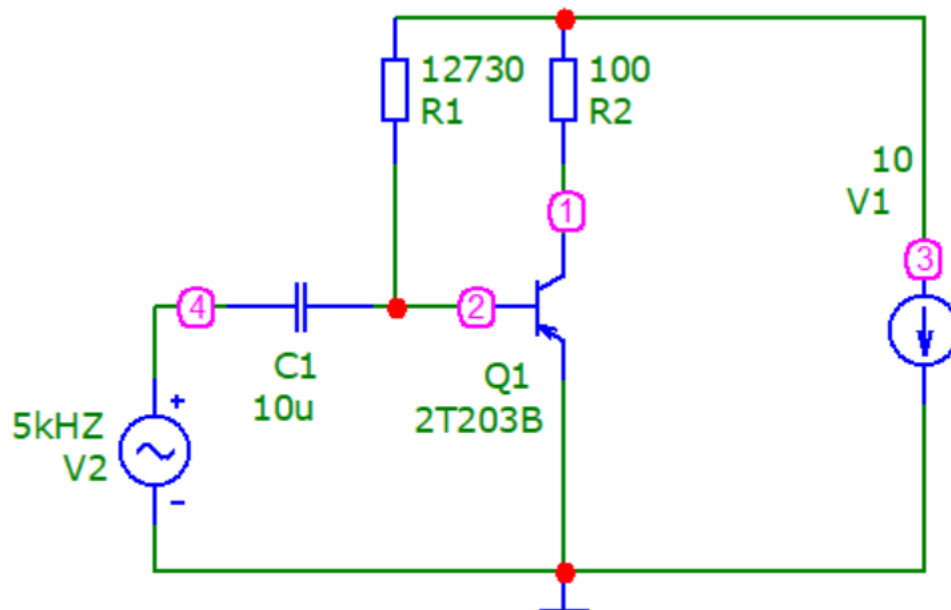
Эксперимент 2

УСТАНОВКА РАБОЧЕЙ ТОЧКИ КАСКАДА УСИЛЕНИЯ С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ СХЕМЫ

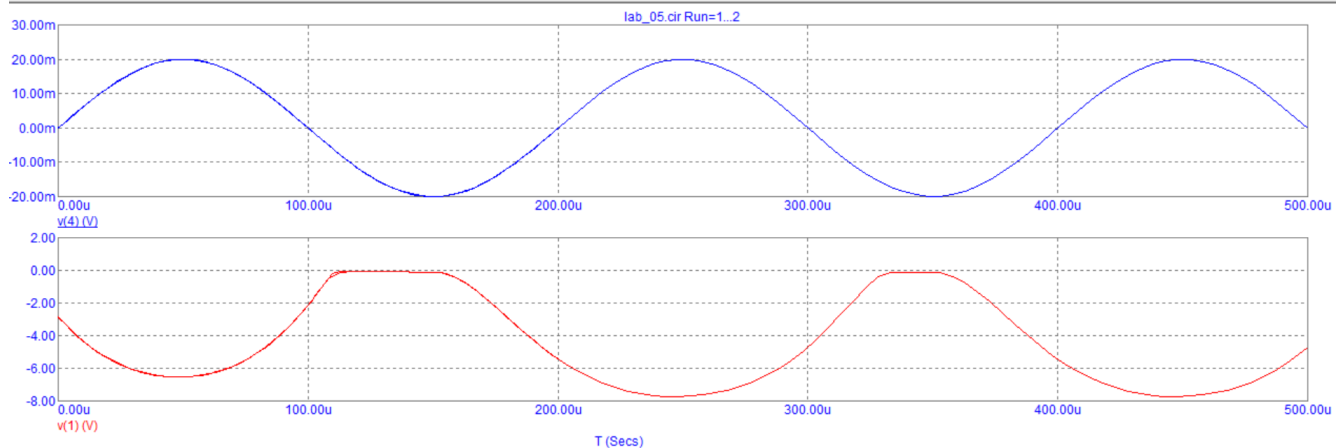
Проведем расчеты для определения сопротивлений базы и коллектора в усилительном каскаде, используя данные из эксперимента 1 и выбранную рабочую точку.

$$\begin{aligned}
 BF &:= 69.84 \\
 E_k &:= -10 \\
 I_{\max} &:= -0.1 \\
 I_k &:= \frac{I_{\max}}{2} & I_k &= -0.05 \\
 U_k &:= \frac{E_k}{2} & U_k &= -5 \\
 R_k &:= \frac{(E_k - U_k)}{I_k} & R_k &= 100 \\
 I_b &:= \frac{I_k}{BF} & I_b &= -7.159 \times 10^{-4} \\
 U_b &:= -0.884 \\
 R_b &:= \frac{(E_k - U_b)}{I_b} & R_b &= 1.273 \times 10^4
 \end{aligned}$$

Составим схему усилительного каскада, учитывая найденные сопротивления для базы и коллектора из предыдущих расчетов.



Посмотрим на усиление сигнала в данной схеме. Усиление определяется как отношение выходного напряжения к входному напряжению.



Произведем расчет коэффициента усиления и определим необходимые значения сопротивлений для делителя напряжения:

Рассчитаем коэффициент усиления (K):

$$M(\text{Вход}) = 20\text{m} - (-20\text{m}) = 40\text{m} = 0.04\text{V}$$

$$K = 7/0.04\text{m} = 175 \text{ раз}$$

Рассчитаем сопротивления делителя.

I_d в 10 раз больше тока базы $I_b = -7.159 \cdot 10^{-4}$, тогда $I_d = -0.007159$.

$$\text{Тогда } R_1 + R_3 = E_k / I_d = 1396.843,$$

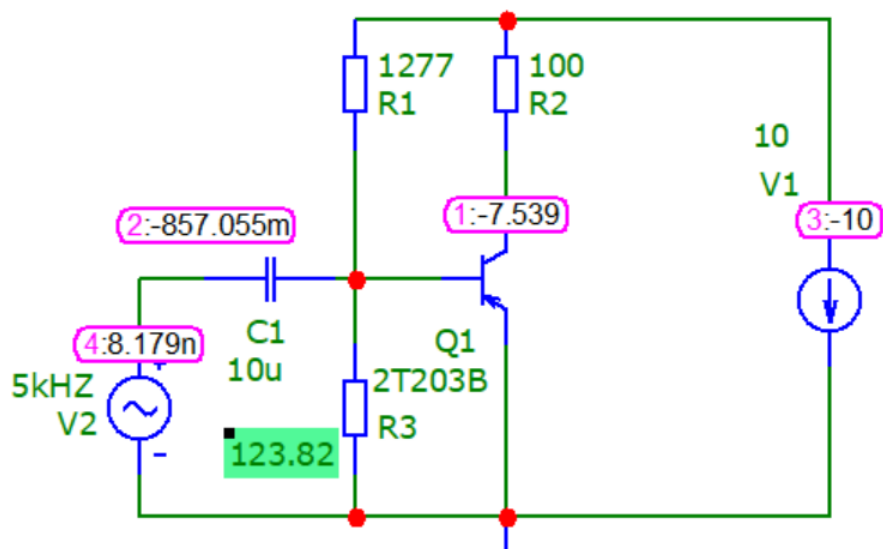
$$\text{а } R_1/R_3 = (E_k - U_6) / U_6 = (-10\text{В} - (-0.884)) / -0.884 = 10.31.$$

Подставим это выражение в первое уравнение: $10.31R_3 + R_3 = 1396.843$, отсюда $11.31R_3 = 1396.843$.

Таким образом, $R_3 = 123.82$. Теперь мы можем найти R_1 , подставив найденное значение R_3 в выражение $R_1 = 10.31R_3$.

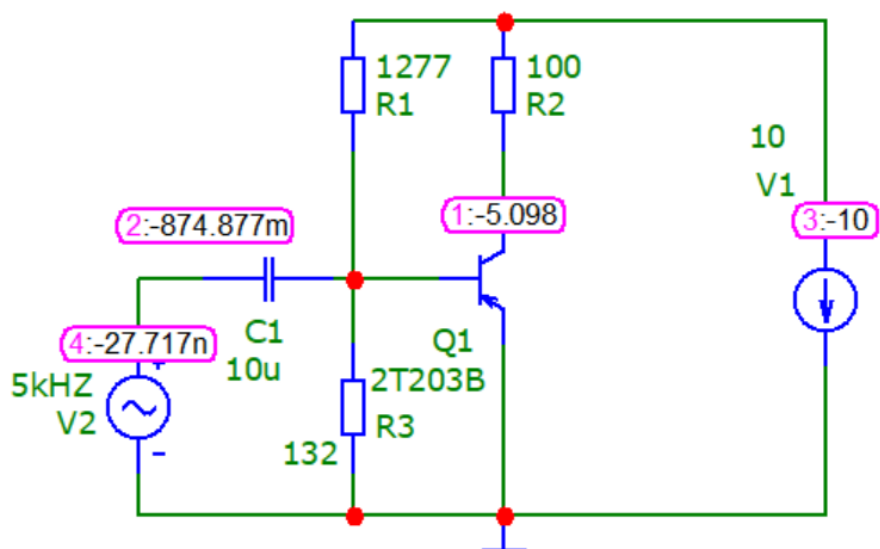
$$R_1 = 10.31 \cdot 123.82 = 1277.02$$

Таким образом, сопротивление R_1 равно 1277.02 Ом, а сопротивление R_3 равно 123.82 Ом.

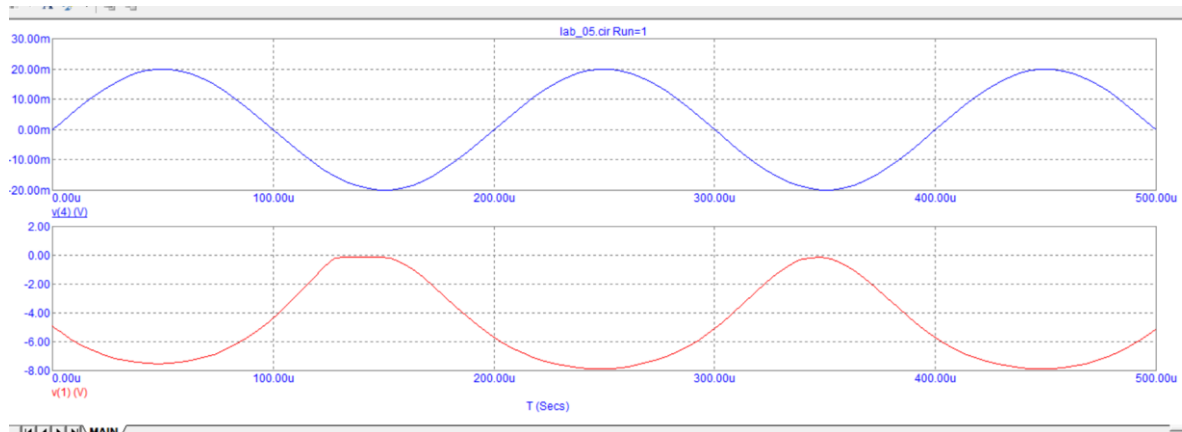


При таких значениях R1 и R3 напряжение на коллекторе должно отличаться от $E_k/2 = -5V$, однако оно равно -7.539V.

Изменив сопротивление R3 на 132 Ом, получим требуемое напряжение на коллекторе.



Рассмотрим усиление сигнала в данной схеме:



Рассчитаем коэффициент усиления (K):

$$M(\text{Вход}) = 20\text{m} - (-20\text{m}) = 40\text{m} = 0.04\text{V}$$

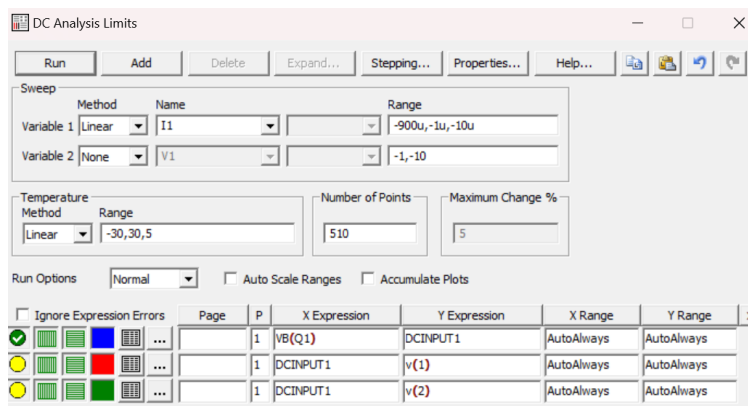
$$K = 7/0.04\text{m} = 175 \text{ раз}$$

Это подтверждает правильность расчета сопротивлений R1 и R3.

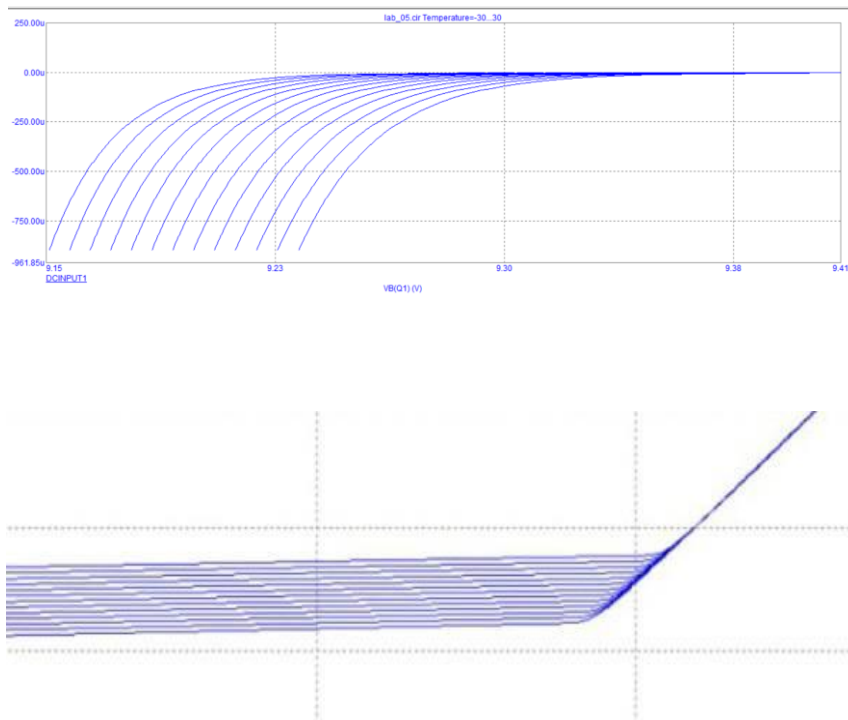
Эксперимент 3

Исследование влияния температуры на положение рабочей точки каскада с общим эмиттером биполярного транзистора.

Проведем исследование влияния температуры на входную и выходную ВАХ биполярного транзистора. Для этого используем схему Эксперимента 1, задав изменение температуры от -30 до +30 градусов по Цельсию. В схеме задаем значение тока для генератора I1, равному току базы рабочей точки, в диалоговом окне пределов анализа отказываемся от переменной Variable2.

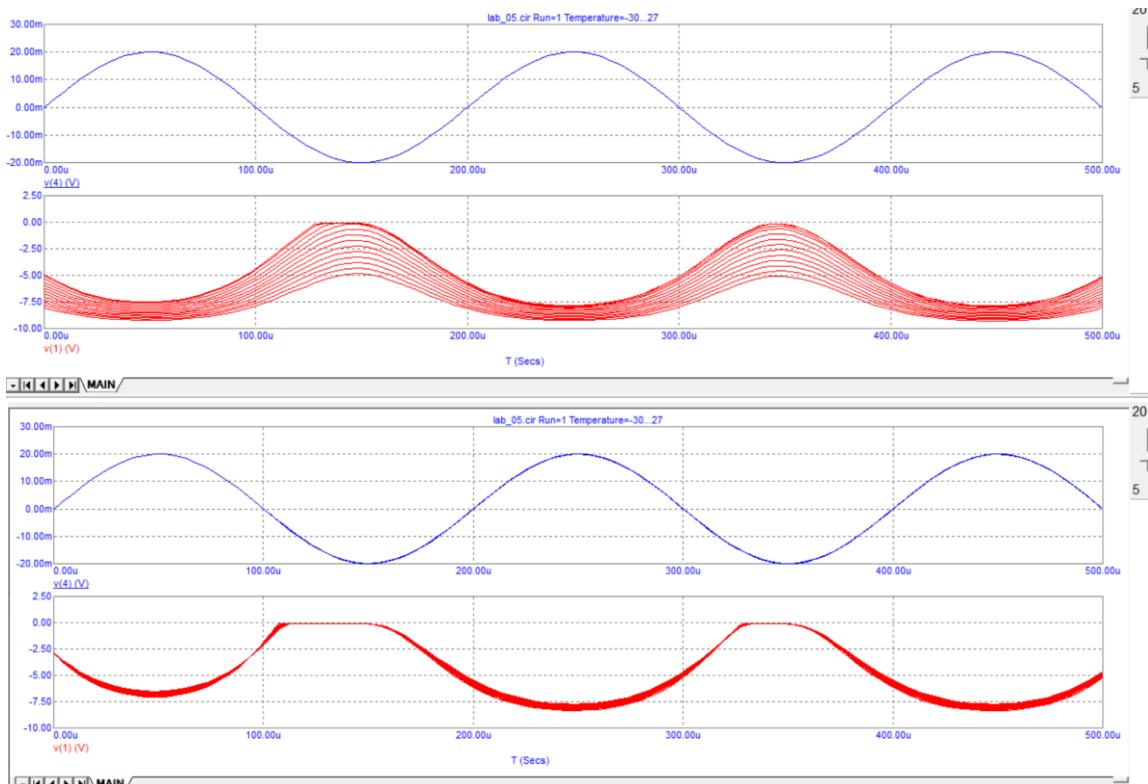


Получим входную и выходную ВАХ с изменением температуры от -30 до +30 градусов.

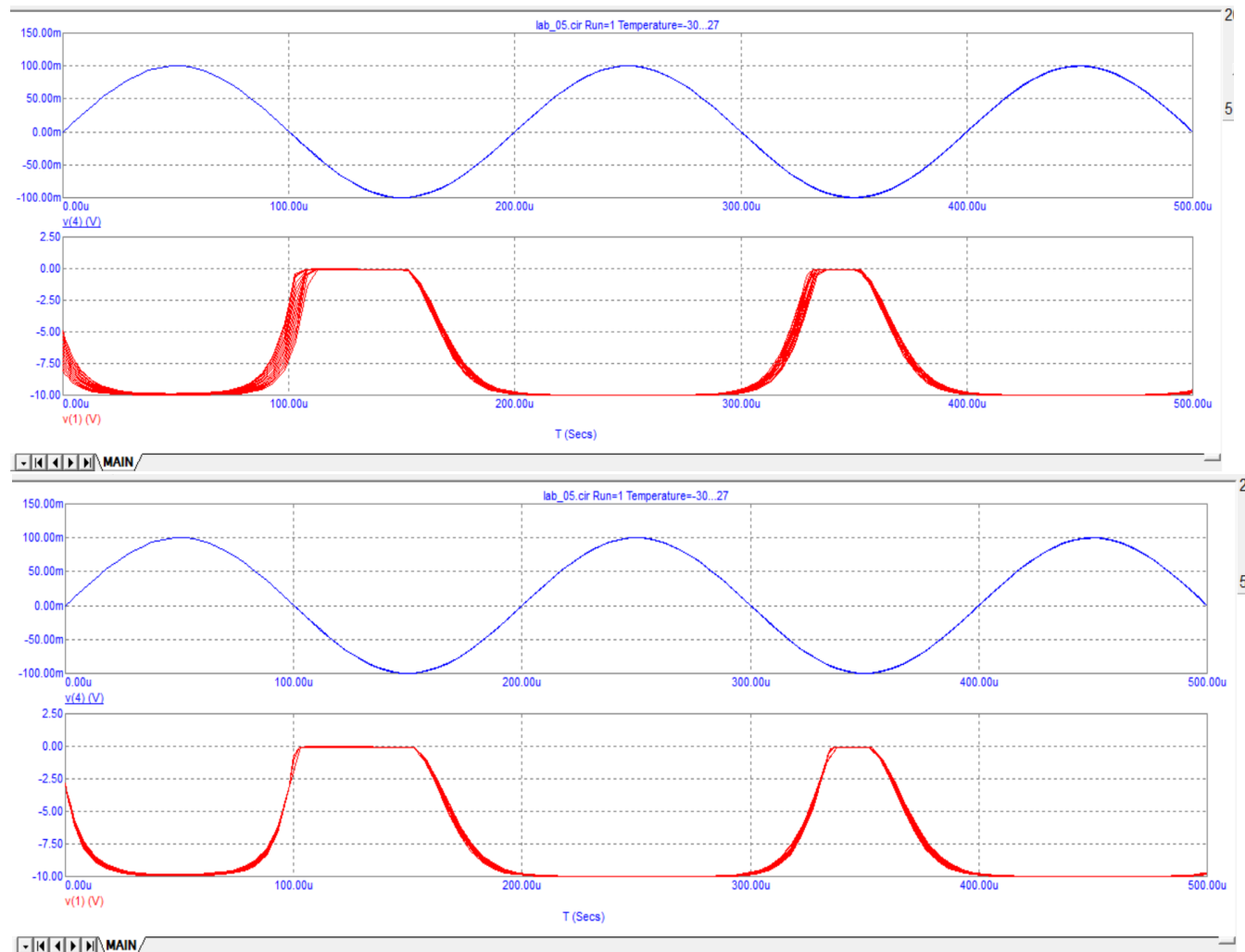


По представленным выше графикам видим, что увеличение температуры будет приводить к уменьшению скорости роста тока базы и тока коллектора.

Проанализируем изменение сигнала в усилительном каскаде с использованием делителя напряжения и без него:



Проанализируем изменение сигнала при изменении амплитуды входного сигнала с использованием делителя напряжения и без него:



Рассмотрим представленные графики: на выходе усилительного каскада сигнал ограничен сверху значением 0 В и снизу напряжением питания -10 В . Это приводит к искажению входного сигнала при его высоких амплитудах, поскольку невозможно получить напряжение, выходящее за пределы установленного диапазона напряжения питания.

Вывод

В процессе исследования я ознакомилась с вольт-амперной характеристикой биполярного транзистора, а также изучила усилительный каскад и его поведение под воздействием температурных изменений. Этот опыт позволил мне более глубоко понять принципы работы транзисторов и их применение в усилительных схемах, а также оценить влияние температуры на характеристики электронных компонентов.