



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 «ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА И КАСКАДА УСИЛЕНИЯ В MICROCAP»

по курсу «Основы электроники»

Студент: Дубов Андрей Игоревич

Группа: ИУ7-33Б

Студент _____ Дубов А. И.
подпись, дата

Преподаватель _____ Оглоблин Д. И.
подпись, дата

Оценка _____

Оглавление

<i>Параметры диода</i>	<i>3</i>
<i>Снятие вольтамперных характеристик (ВАХ) биполярного транзистора</i>	<i>3</i>
<i>Установка рабочей точки каскада усиления с общим эмиттером дополнительными элементами схемы.....</i>	<i>6</i>
<i>Исследование влияния температуры на положение рабочей точки каскада с общим эмиттером биполярного транзистора.....</i>	<i>9</i>

Параметры диода

В работе используется вариант транзистора №55.

```
.model KT503b NPN(Is=10.07f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=60 Bf=166.4 Ise=100.2f  
+ Ne=1.452 Ikf=.6117 Nk=.4667 Xtb=1.5 Br=1.7 Isc=47.49f Nc=1.715  
+ Ikr=.7018 Rb=6 Rc=1.208 Cjc=23.66p Mjc=.33 Vjc=.75 Fc=.5  
+ Cje=30.84p Mje=.33 Vje=.75 Tr=390.4n Tf=10.09n Itf=1 Xtf=2 Vtf=40)
```

Рисунок 1 Параметры транзистора на вкладке Text программы Microcap

Снятие вольтамперных характеристик (ВАХ) биполярного транзистора

В данной работе применяется схема включения транзистора с общим эмиттером. Входной характеристикой транзистора, включенного по схеме с ОЭ, является зависимость входного тока I_b от напряжения $U_{бэ}$ при заданном напряжении $U_{кэ}$. Выходной характеристикой транзистора по схеме с ОЭ считается зависимость $I_{кэ}$ при заданном токе I_b . Для получения входных и выходных ВАХ используем схему, показанную на рис. 2.

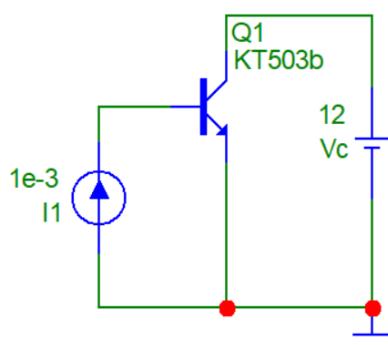


Рисунок 2 Схема

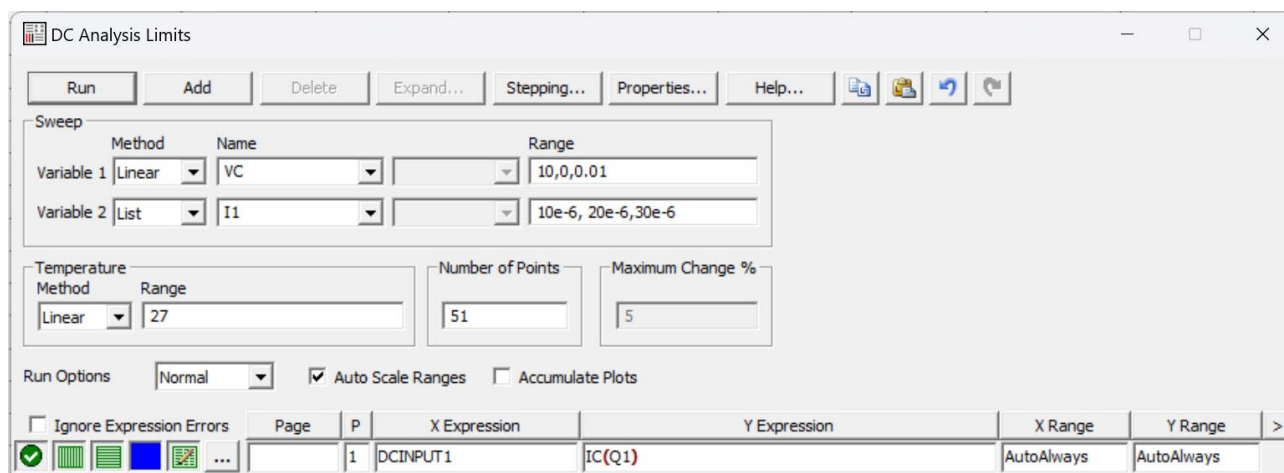


Рисунок 3 Параметры DC анализа

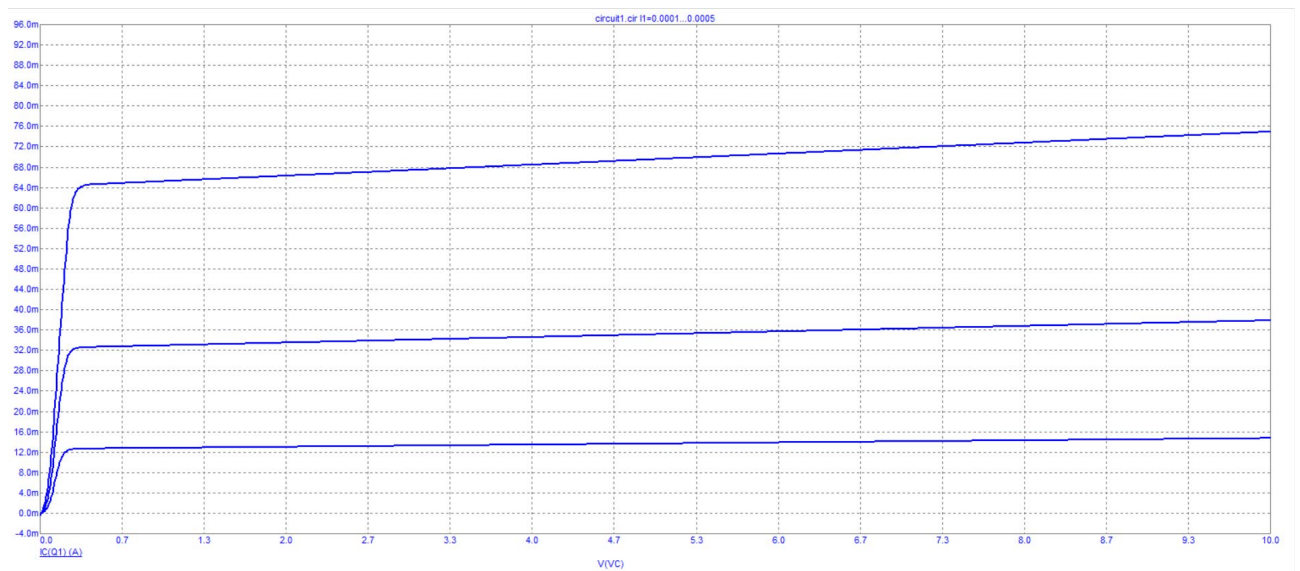


Рисунок 4 Результаты измерений выходных

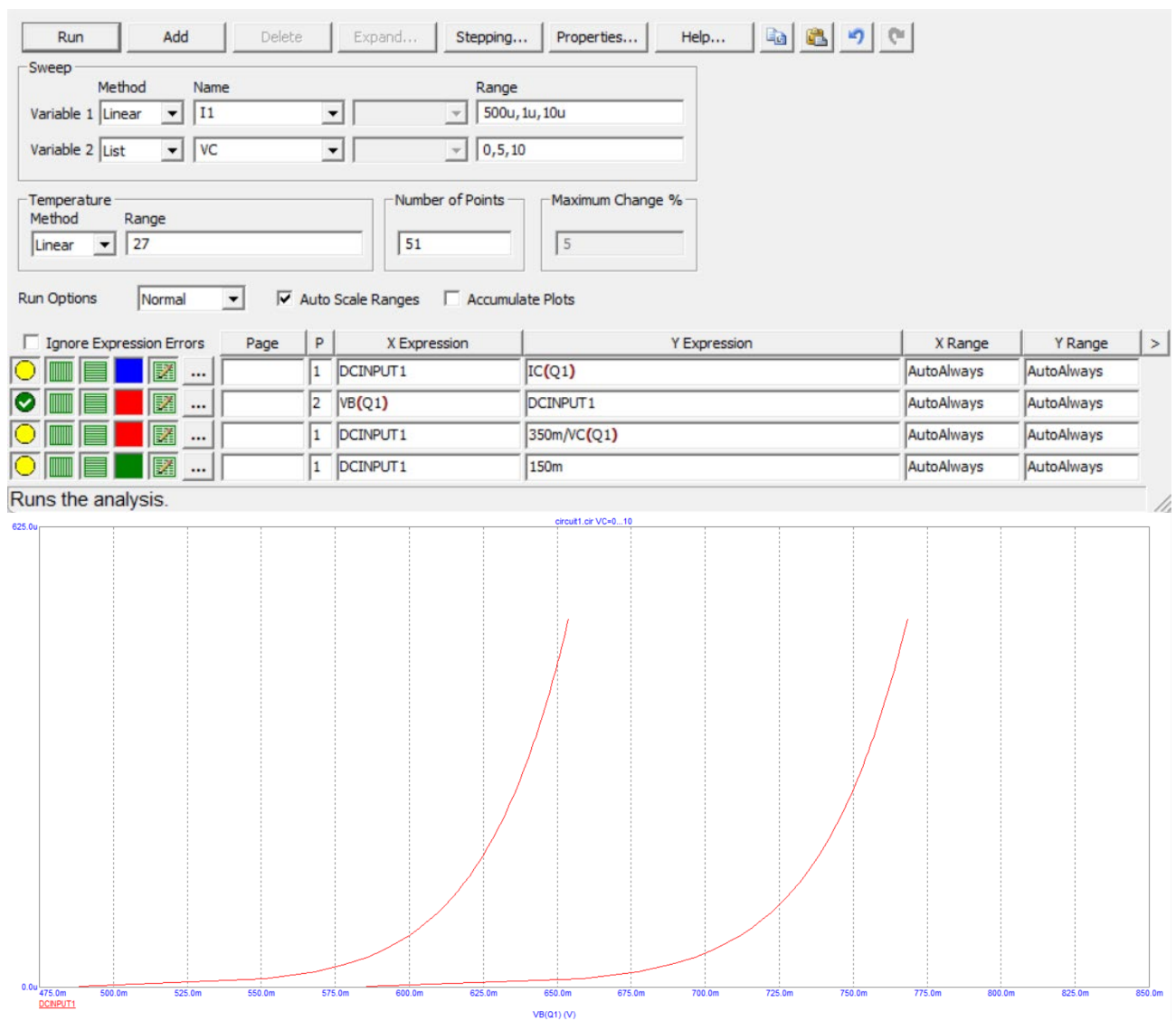


Рисунок 5 Результаты измерений входных

В интернете находим даташит транзистора

Биполярный транзистор КТ503В - описание производителя. Даташиты.

Наименование производителя: КТ503В

Маркировка: КТ503Б

Тип материала: Si

Полярность: NPN

Максимальная рассеиваемая мощность (P_c): 0.35 W

Максимально допустимое напряжение коллектор-база (U_{cb}): 40 V

Максимально допустимое напряжение эмиттер-база (U_{eb}): 5 V

Максимальный постоянный ток коллектора (I_c): 0.15 A

Предельная температура PN-перехода (T_j): 150 °C

Граничная частота коэффициента передачи тока (f_t): 5 MHz

Ёмкость коллекторного перехода (C_c): 20 pF

Статический коэффициент передачи тока (h_{fe}): 80

Рисунок 6 Даташит транзистора

И по нему можно построить кривую предельно допустимой мощности и максимальный ток

Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	1	DCINPUT1	IC(Q1)	10,0,0.666667	360m
2	2	VB(Q1)	DCINPUT1	Auto	Auto
1	1	DCINPUT1	350m/VC(Q1)	10,0,0.666667	360m
1	1	DCINPUT1	150m	10,0,0.666667	360m

Runs the analysis.

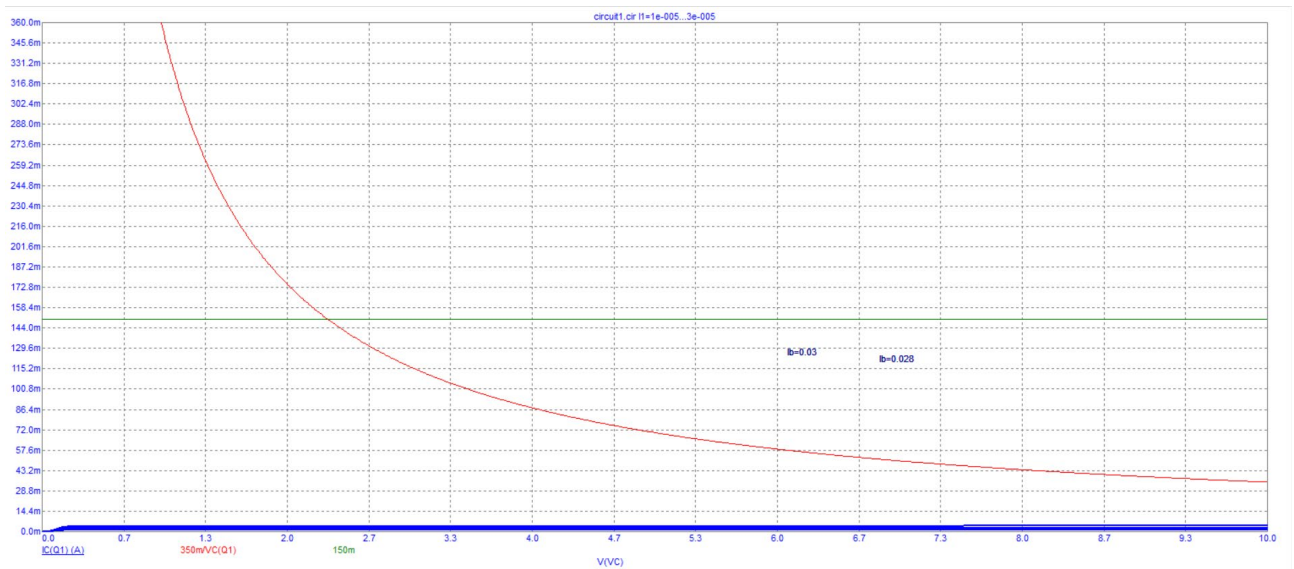
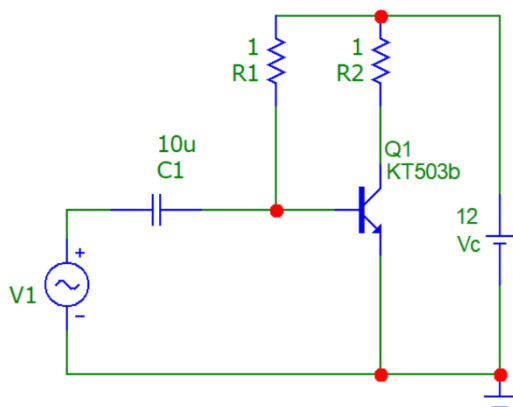


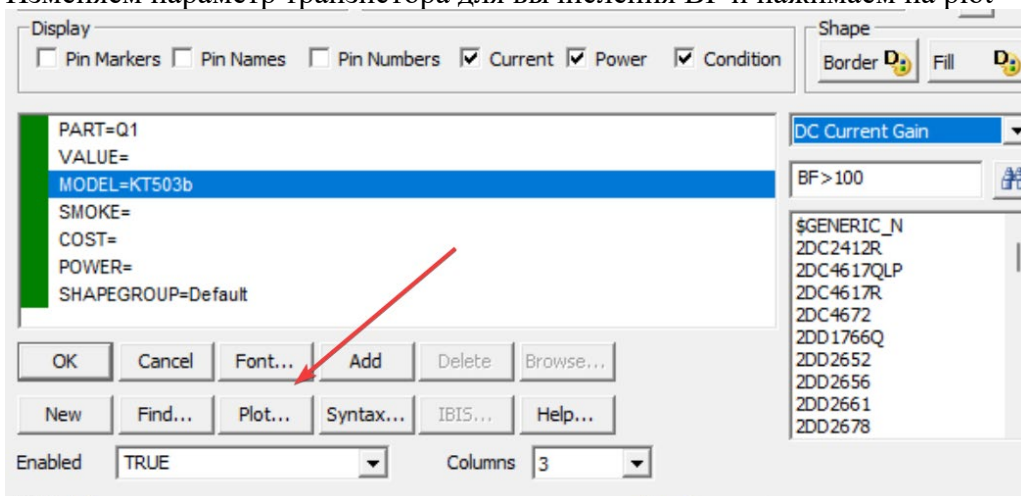
Рисунок 7 Кривая предельно допустимой мощности

Установка рабочей точки каскада усиления с общим эмиттером
дополнительными элементами схемы

Делаем схему



Изменяем параметр транзистора для вычисления BF и нажимаем на plot



В полученном графике находим значение 10m

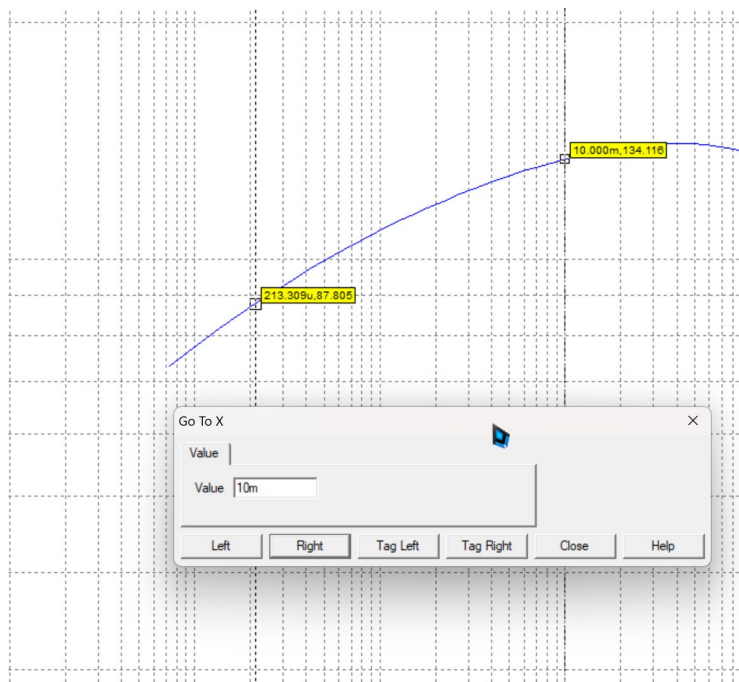


Рисунок 8 Определение значения BF для конкретного значения Ik

Для расчета Rk и Rb необходимо определить значения Ib и Ub. $I_b = I_k / BF = 10 \text{ мА} / 134.116 = 74.5 \text{ мкА}$, Ub определяем так же, как в предыдущем задании: по графику входной ВАХ (ниже). $U_b = 713.4 \text{ мВ}$.

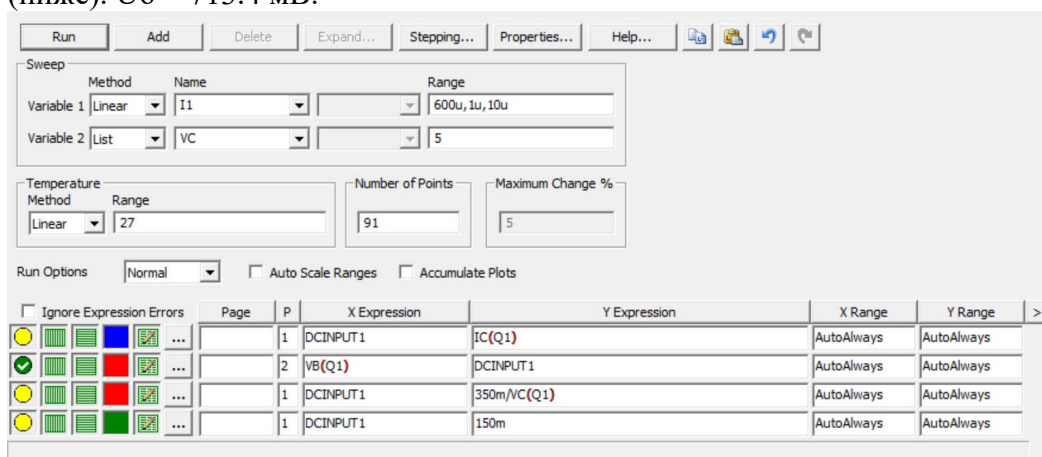


Рисунок 9 Параметры измерения входной вах

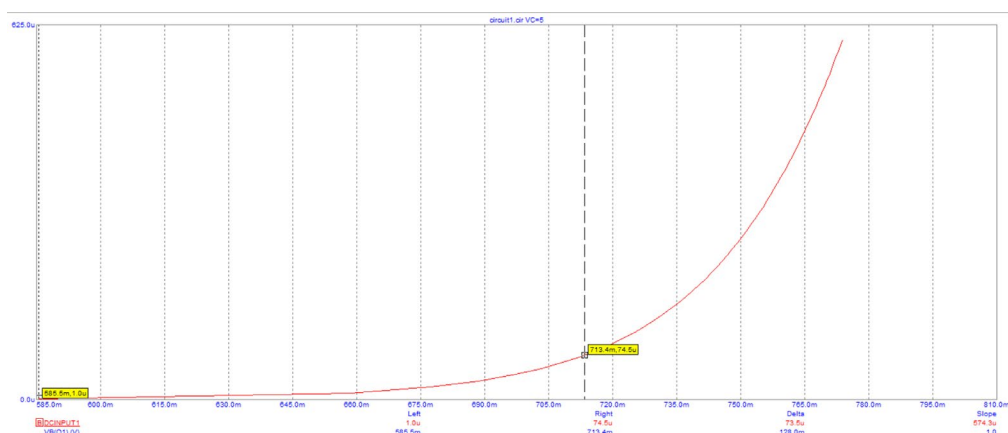


Рисунок 10 Полученное значение Ub

Определяем значения сопротивлений $R_k = (E_k - U_k) / I_k = (12 \text{ В} - 6 \text{ В}) / 10 \text{ мА} = 600 \text{ Ом}$ и $R_b = (E_k - U_b) / I_b = (12 \text{ В} - 0.7134 \text{ В}) / 74.5 \text{ мкА} \approx 151 \text{ кОм}$.

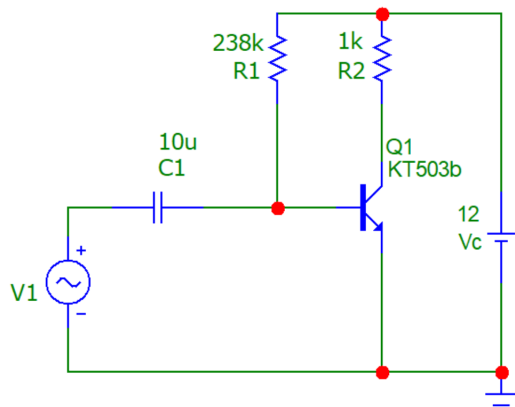


Рисунок 11 Схема с рассчитанным сопротивлением

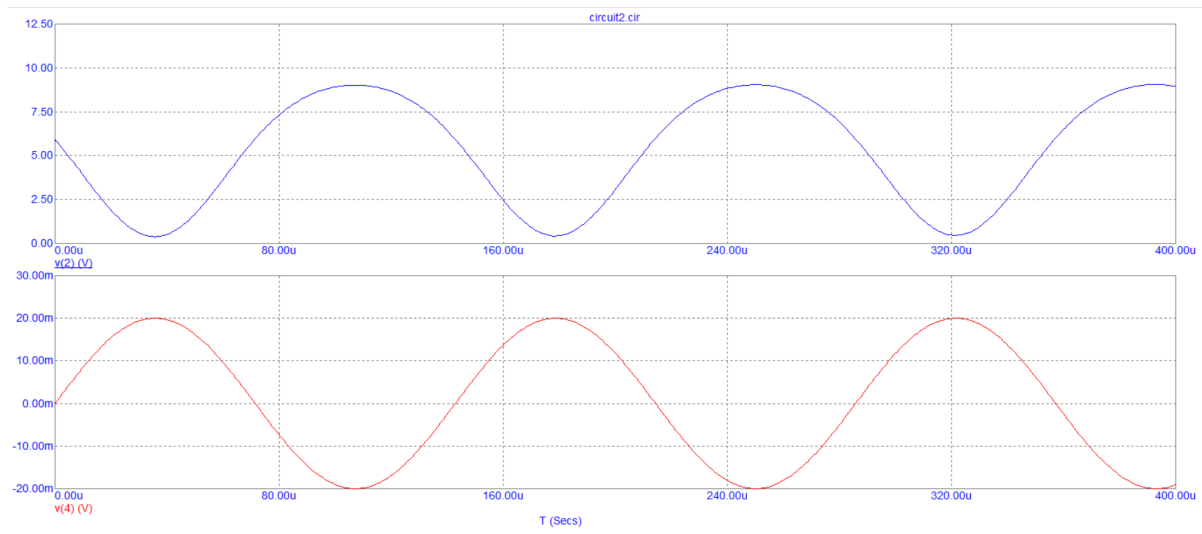
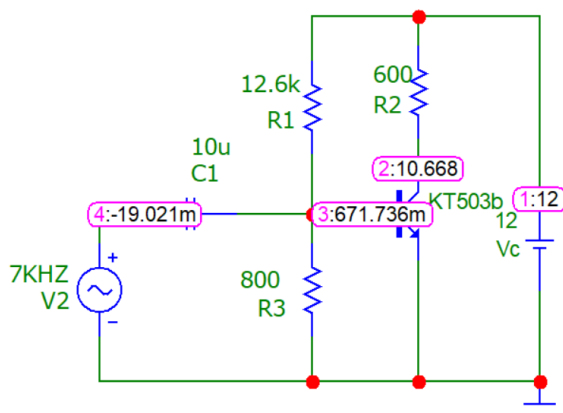


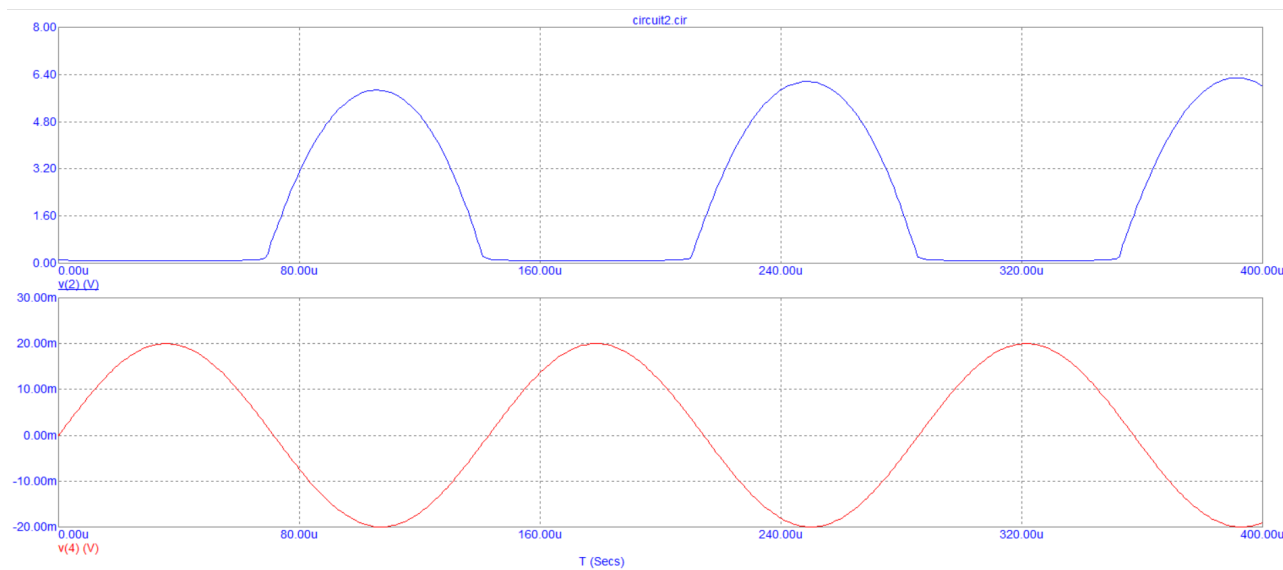
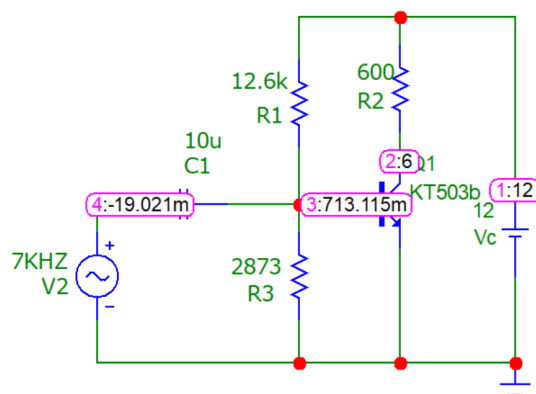
Рисунок 12 Результаты временного анализа

На полученном графике видим, что синусоиды противофазны и что усиление по напряжению происходит приблизительно в $12 \text{ В} / 0.2 \text{ В} = 60$ раз. Это подтверждает правильность расчета сопротивлений R_k и R_b .

Рассчитаем сопротивления делителя. В рабочей точке I_k и I_b не меняются. Выберем ток делителя $I_d = 745 \text{ мкА}$. Тогда $R_1 + R_3 = E_k / I_d = 13.422 \text{ кОм}$, а $R_1 / R_3 = (E_k - U_b) / U_b = (12 \text{ В} - 0.7134 \text{ В}) / 0.7134 \text{ В} = 15.8$. Из полученных соотношений $R_1 \approx 12.6 \text{ кОм}$, $R_3 \approx 800 \text{ Ом}$.



Напряжение на коллекторе велико поэтому подгоняем



На полученном графике видим, что синусоиды противофазны, как и в предыдущей схеме.

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

Run Add Delete Expand... Stepping... Properties... Help...

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	VC	10,0,0.01
Variable 2	List	I1	74.5u

Temperature

Method	Range
Linear	-30,30,5

Number of Points: 91 Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

Ignore Expression Errors	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	DCINPUT1	IC(Q1)	10,0,0.666667	0.012,-0.0005,0.0005
<input checked="" type="checkbox"/>	2	2	VB(Q1)	DCINPUT1	0.8,0.5,0.02	0.000625,0,2.5e-5
<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	DCINPUT1	350m/VC(Q1)	10,0,0.666667	360m
<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	DCINPUT1	150m	10,0,0.666667	360m

Can't Redo

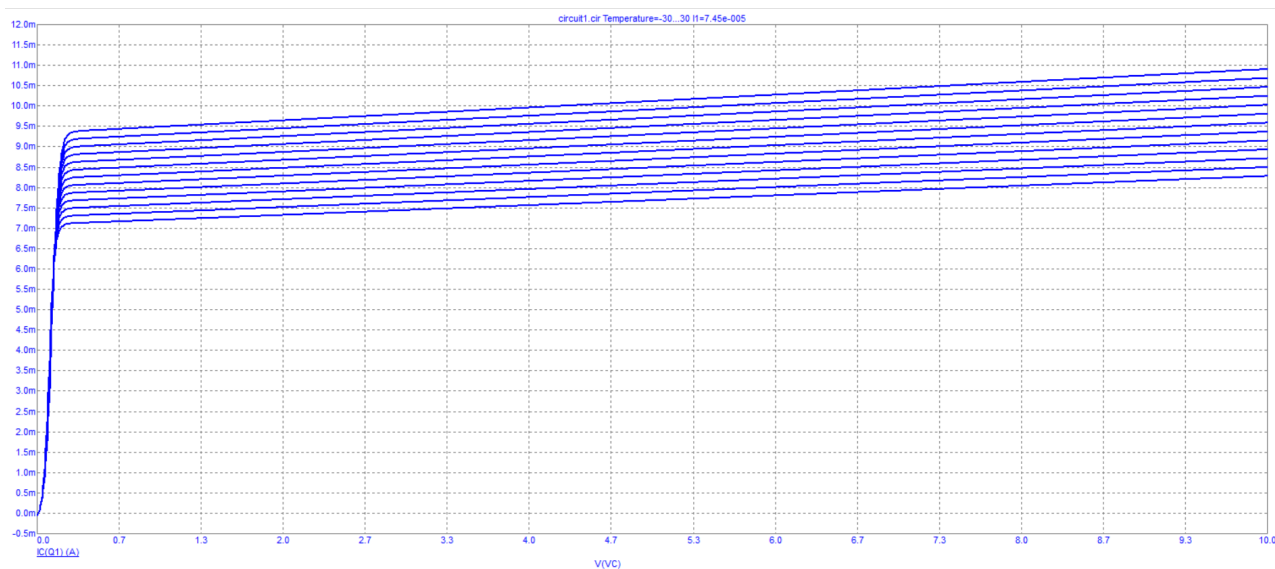


Рисунок 13 Анализ влияния температуры на выходную BAX

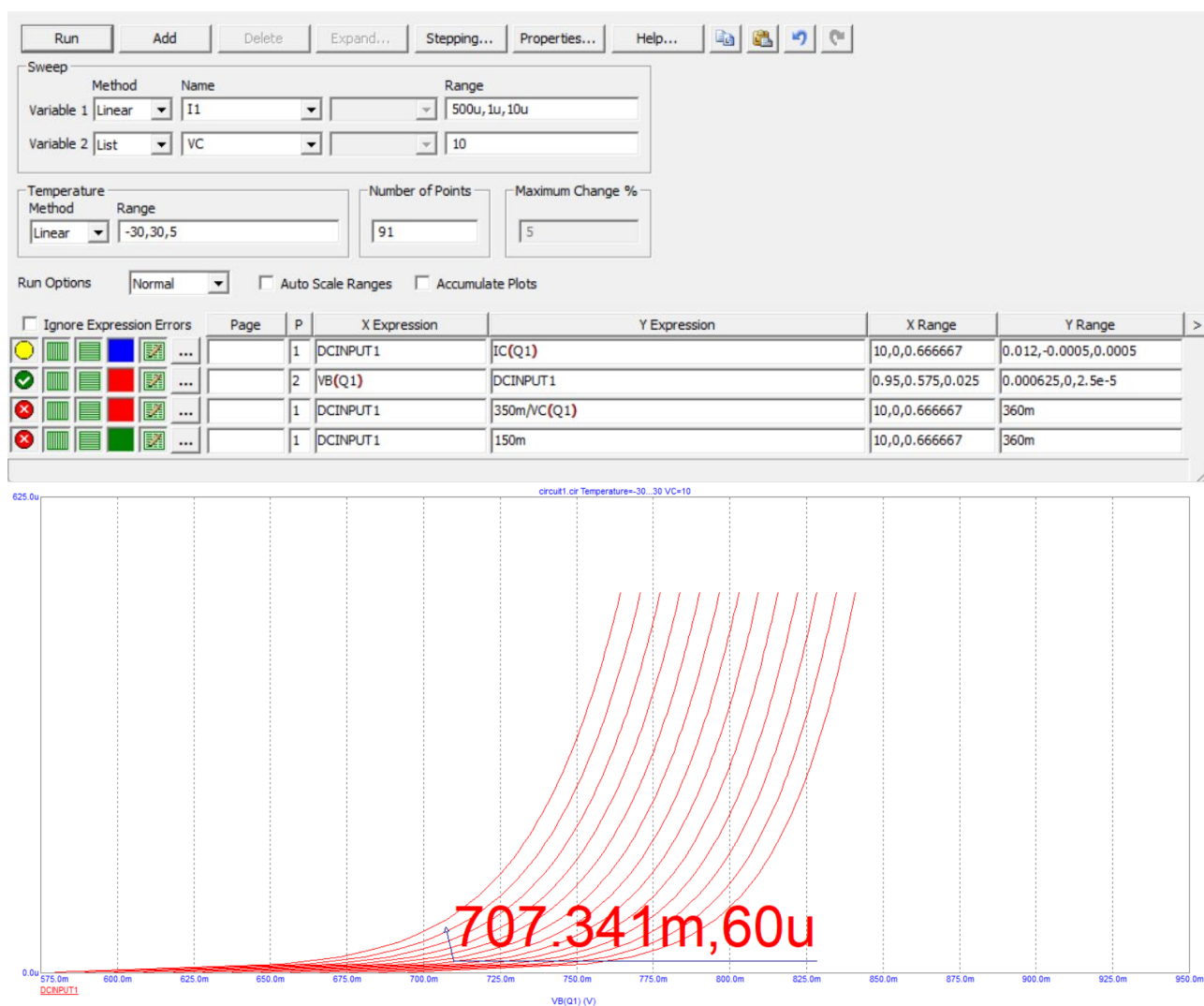


Рисунок 14 Анализ влияния температуры на входную BAX

По представленным выше графикам видим, что с ростом температуры скорость роста тока базы и тока коллектора увеличивается, то есть при прочих равных ток базы (на входной BAX) и ток коллектора (на выходной BAX) будет выше, если выше температура.

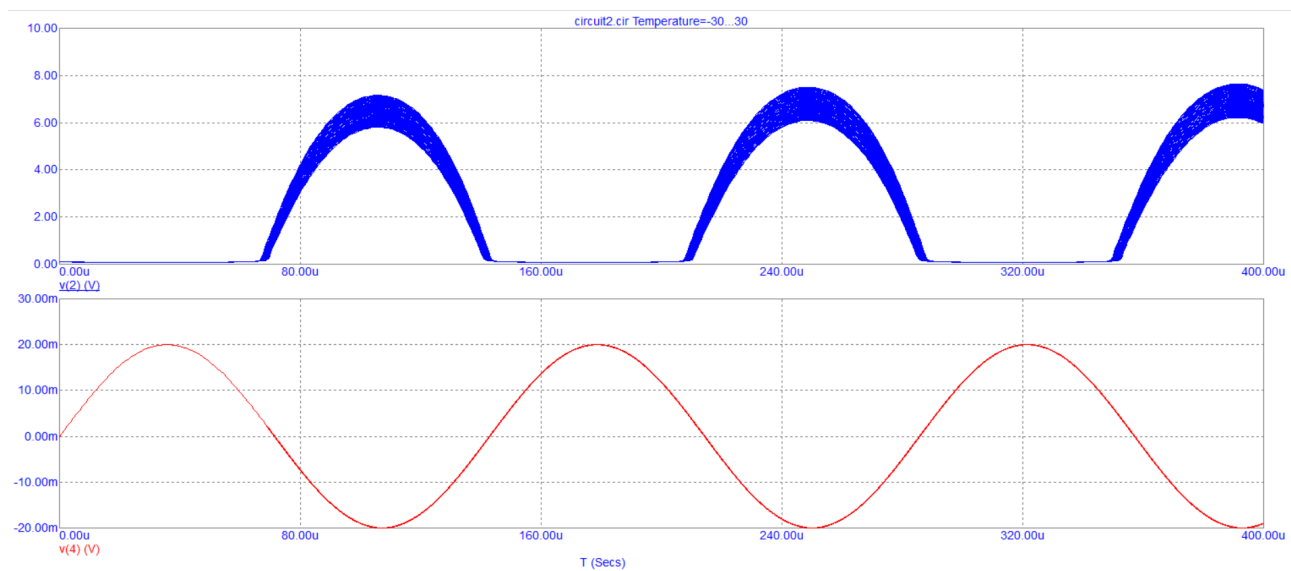


Рисунок 15 Анализ влияния температуры на усиление входного сигнала при изменении на 1 градус

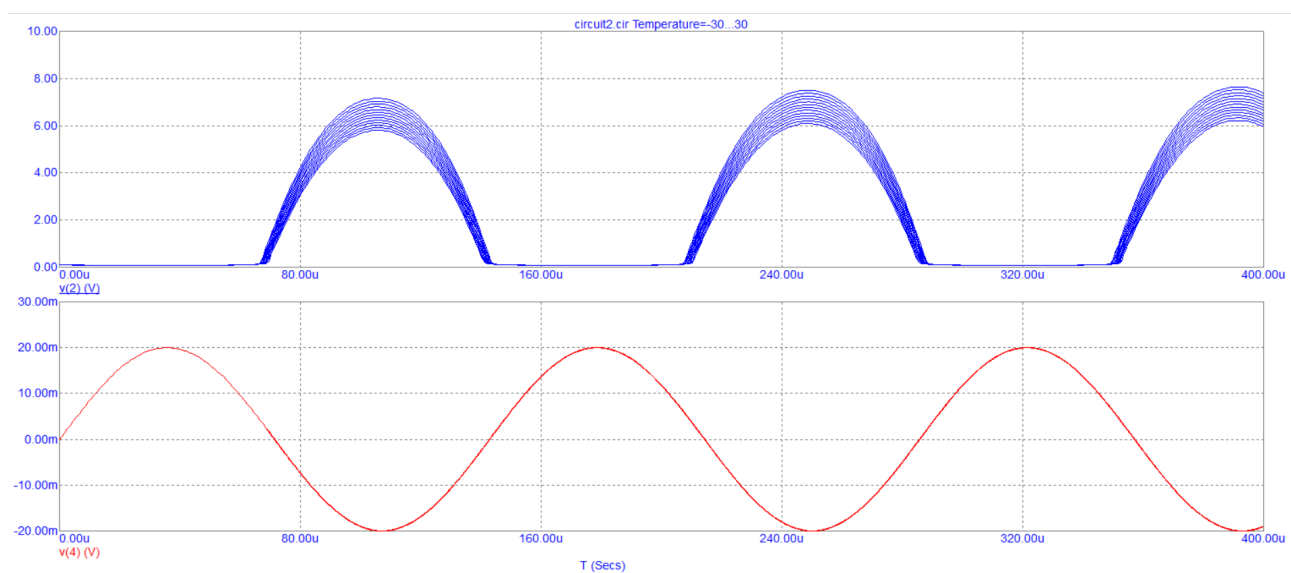


Рисунок 16 Анализ влияния температуры на усиление входного сигнала при изменении на 5 градусов

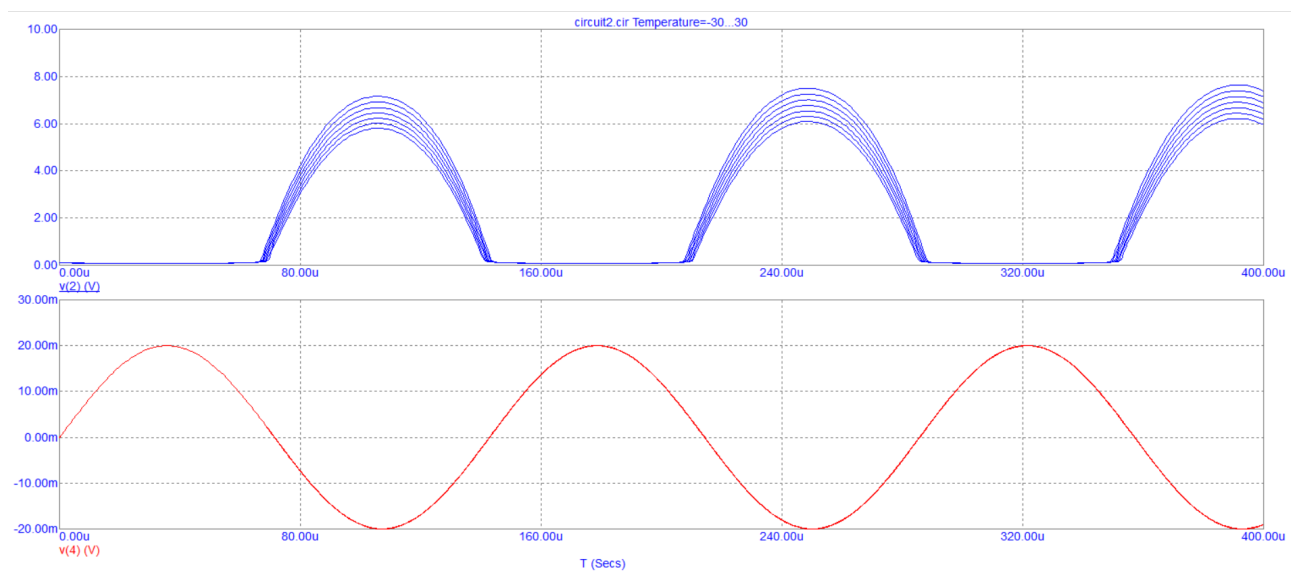
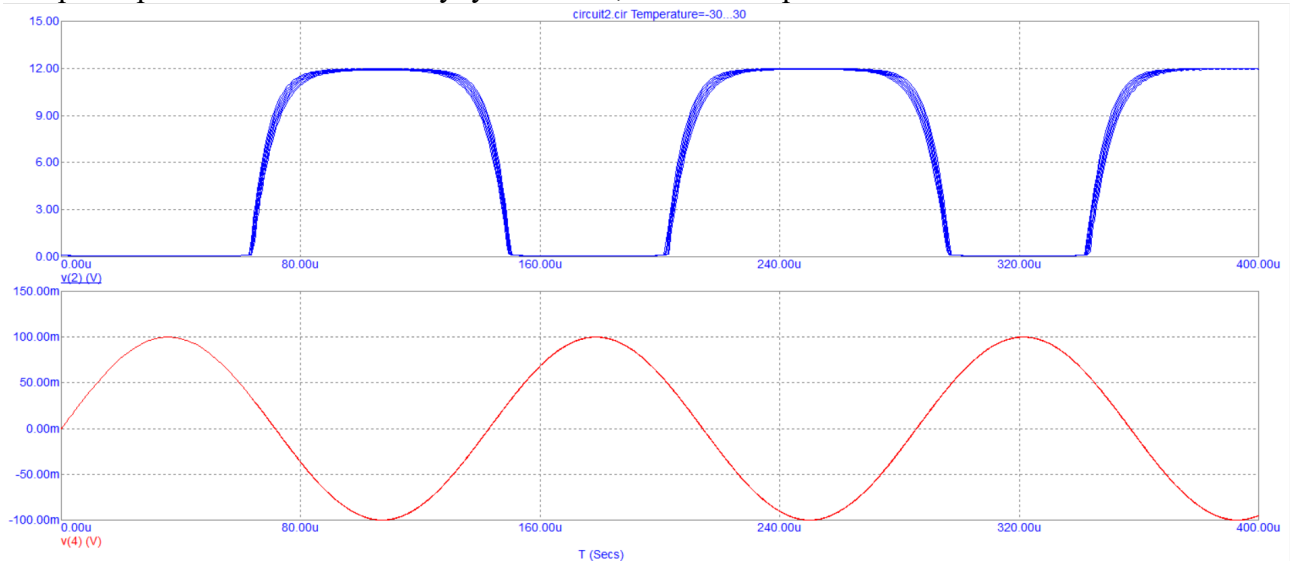


Рисунок 17 Анализ влияния температуры на усиление входного сигнала при изменении на 10 градусов

Зрительно также возможно определить искажения синусоиды выходного сигнала: с ростом температуры синусоида становится более крутой на участках выпуклости вниз и более пологой на участках выпуклости вверх.

При изменении амплитуды входного сигнала выходной сигнал также изменяется. Установим в параметрах источника амплитуду в 100 мВ, то есть в 5 раз выше исходной



По представленным графикам видим, что выходной сигнал ограничен снизу отметкой в 0 В, а сверху – напряжением питания $E_k = 12$ В. Из-за этого входной сигнал при больших значениях амплитуды деформируется. Это происходит потому, что при заданном напряжении питания невозможно получить напряжение, большее, чем напряжение питания. На нагрузочной прямой просто нет точек, напряжение в которых больше напряжения питания.