

МГТУ им. Н. Э. Баумана
Курс «Основы Электроники»

Лабораторная работа №5
«ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ БИПОЛЯРНОГО
ТРАНЗИСТОРА И КАСКАДА УСИЛЕНИЯ В
MICROCAP»

Работу выполнил:
Студент группы ИУ7-32Б
Апсуваев Рамазан

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.

Эксперимент 1

Для начала добавим транзистор в библиотеку. Транзистор моего варианта - 2N708 (рисунок 1)

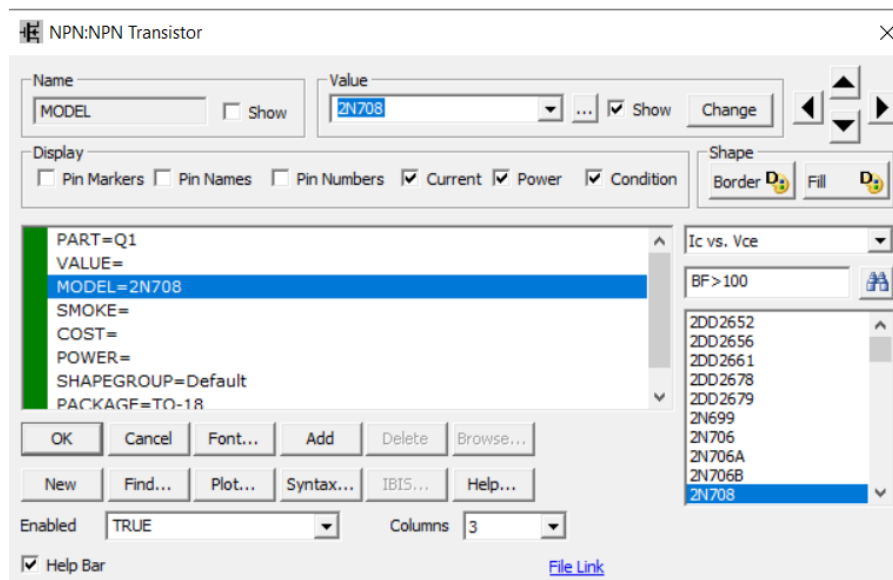


Рисунок 1. Транзистор моего варианта

Транзистор типа NPN, построим следующую цепь (рисунок 2)

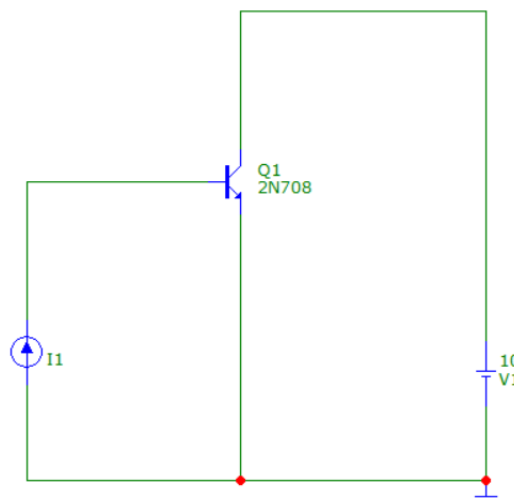


Рисунок 2, цепь для NPN транзистора

Получим выходную ВАХ транзистора, для этого воспользуемся следующими параметрами DC Analysis (рисунок 3)

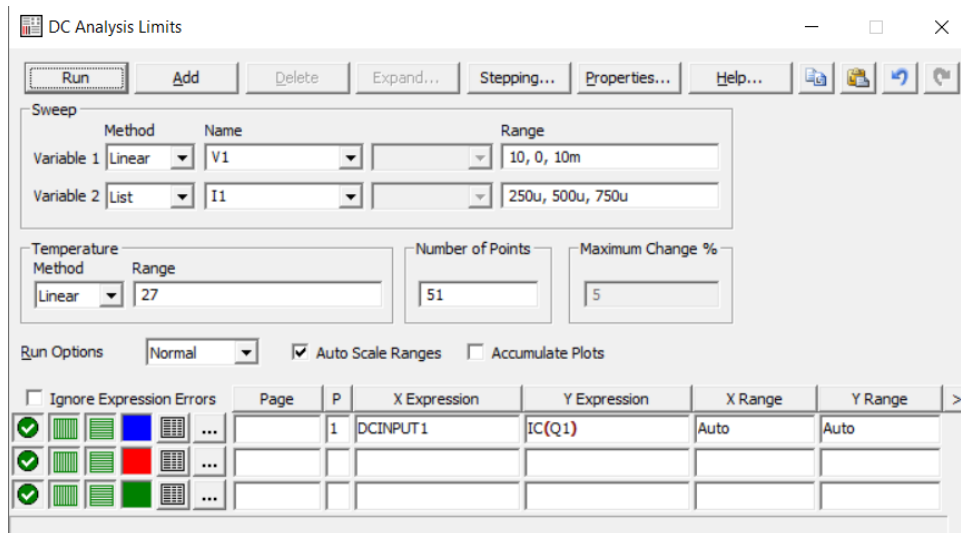


Рисунок 3, параметры DC Analysis для выходной ВАХ

Получим следующий график (рисунок 4)

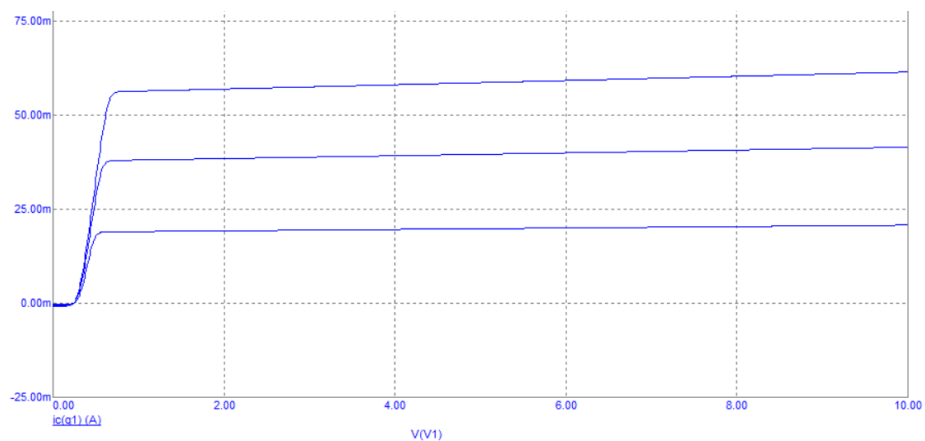


Рисунок 4, выходная ВАХ транзистора

Используем следующие параметры DC Analysis для получения входной ВАХ транзистора (рисунок 5)

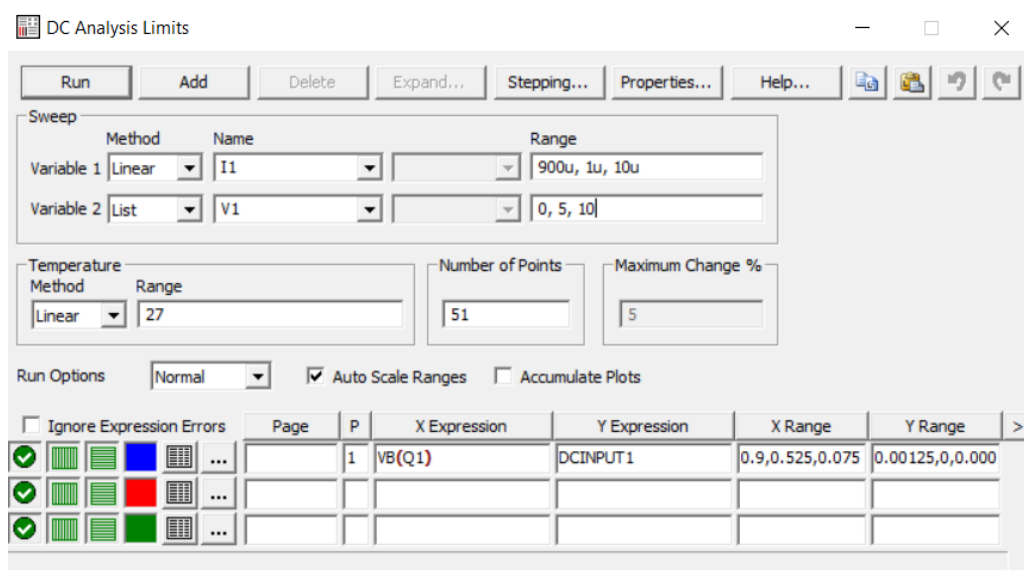


Рисунок 5, параметры DC Analysis для входной ВАХ

Получим следующий график (рисунок 6)

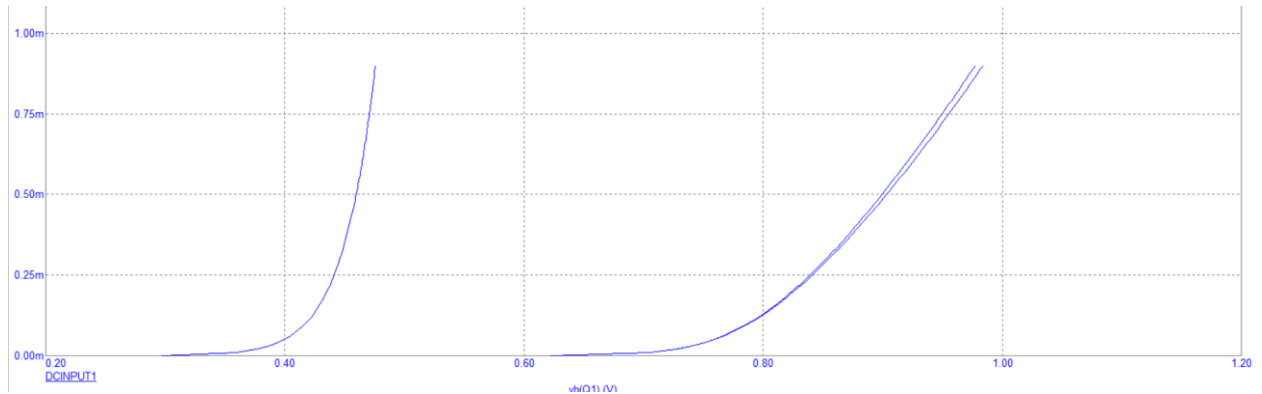


Рисунок 6, входная ВАХ транзистора

Найдем данные для используемого транзистора из интернета (рисунок 7)

Обозначение типа: 2N708
Материал транзистора: кремний
Полярность: NPN
Максимальная рассеиваемая мощность коллектора (P_c): 0,36 Вт
Максимальное напряжение коллектор-база $|V_{cb}|$: 40 В
Максимальное напряжение коллектор-эмиттер $|V_{ce}|$: 15 В
Максимальное напряжение эмиттер-база $|V_{eb}|$: 5 В
Максимальный ток коллектора $|I_{c \max}|$: 0,2 А
Макс. Рабочая температура перехода (T_j): 200 °C
Частота перехода (f_t): 300 МГц
Емкость коллектора (C_c): 8 пФ
Коэффициент передачи по току (h_{FE}), мин.: 30
Коэффициент шума, дБ: -
Корпус: TO18

Рисунок 7, параметры транзистора 2Т312а.

Отсюда, максимальный ток коллектора – 200мА, максимальная рассеиваемая мощность – 360 мВт. По этим данным, построим кривую предельно допустимой мощности. Построим кривую, воспользовавшись следующими параметрами DC Analysis (рисунок 8)

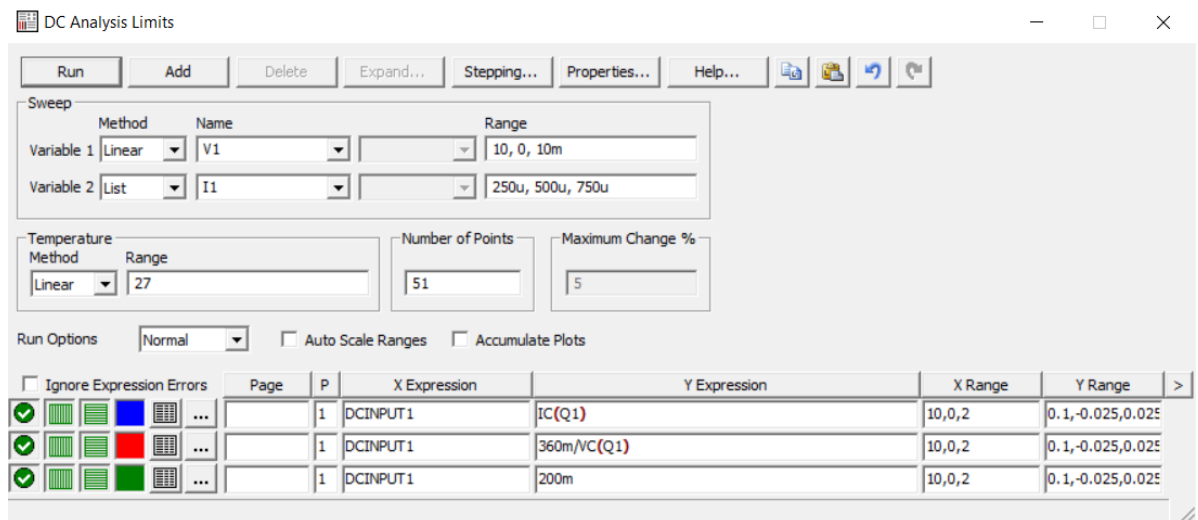


Рисунок 8, параметры DC Analysis для построения кривой предельно допустимой мощности

Получим следующий график (рисунок 9)

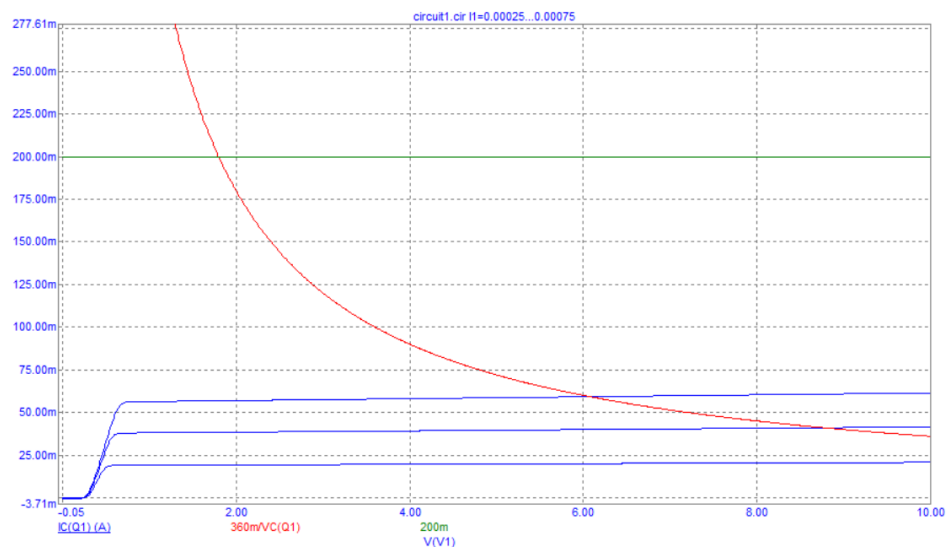


Рисунок 9 – график выходной ВАХ с кривой предельно допустимой мощности

Построим нагрузочную прямую (рисунок 10)

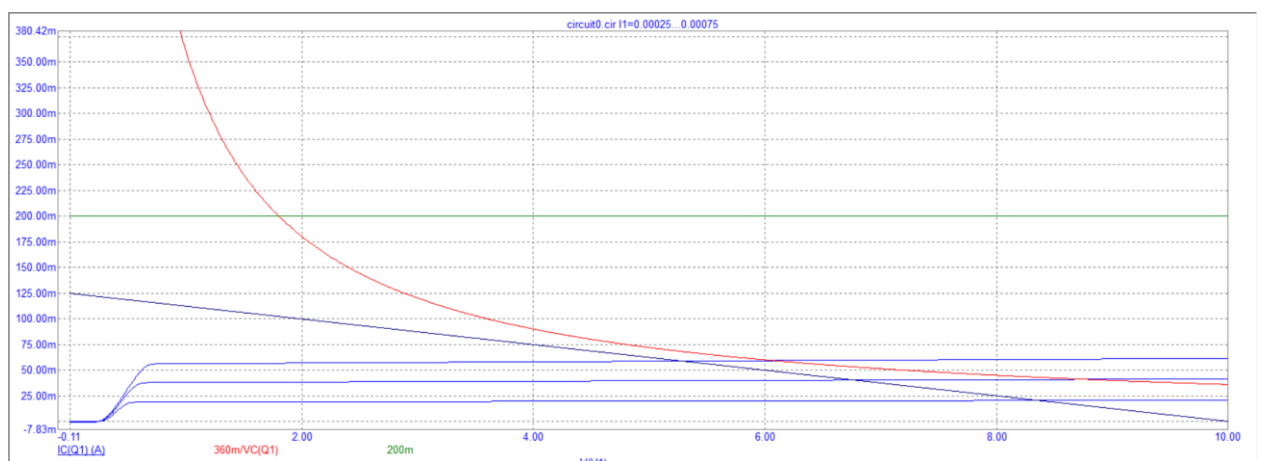


Рисунок 10, нагрузочная прямая

$E_k = 10\text{В}$, на середине нагрузочной прямой напряжение коллектора будет равно 5В , ток коллектора – $125/2 = 62.5\text{мА}$

По данным транзистора, $B_F = 86.8226$. $I_b = 62.5/86.8226 = 0.72\text{мА}$.

Построим входную ВАХ, используя параметры DC Analysis (рис. 5). Найдем на графике U_b (рисунок 11)

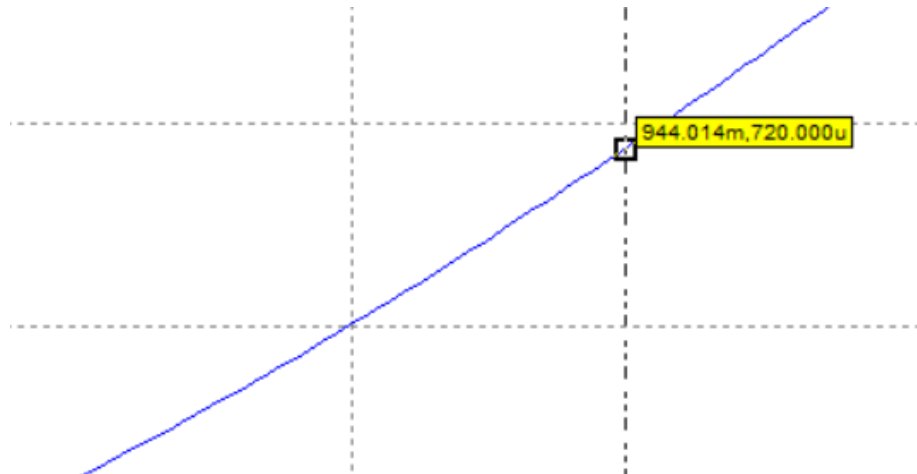


Рисунок 11 – U_b на графике

Напряжение на базе равно $U_b = 944\text{ мВ}$

Эксперимент 2

Для начала построим график зависимости искомого коэффициента. Для этого в настройках транзистора нажмем на кнопку Plot (рис. 12)

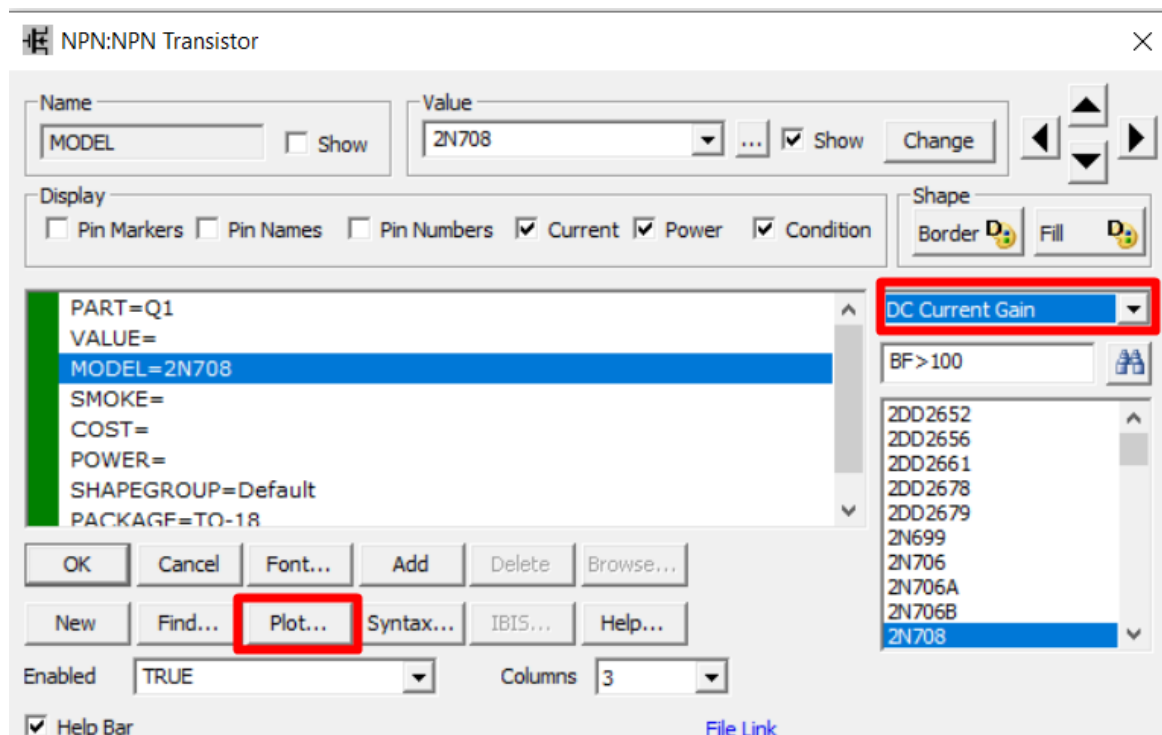


Рисунок 12, способ построения графика искомого коэффициента

Получим следующий график. Найдем искомый коэффициент для $I = 62.5\text{мА}$ (рисунок 13)

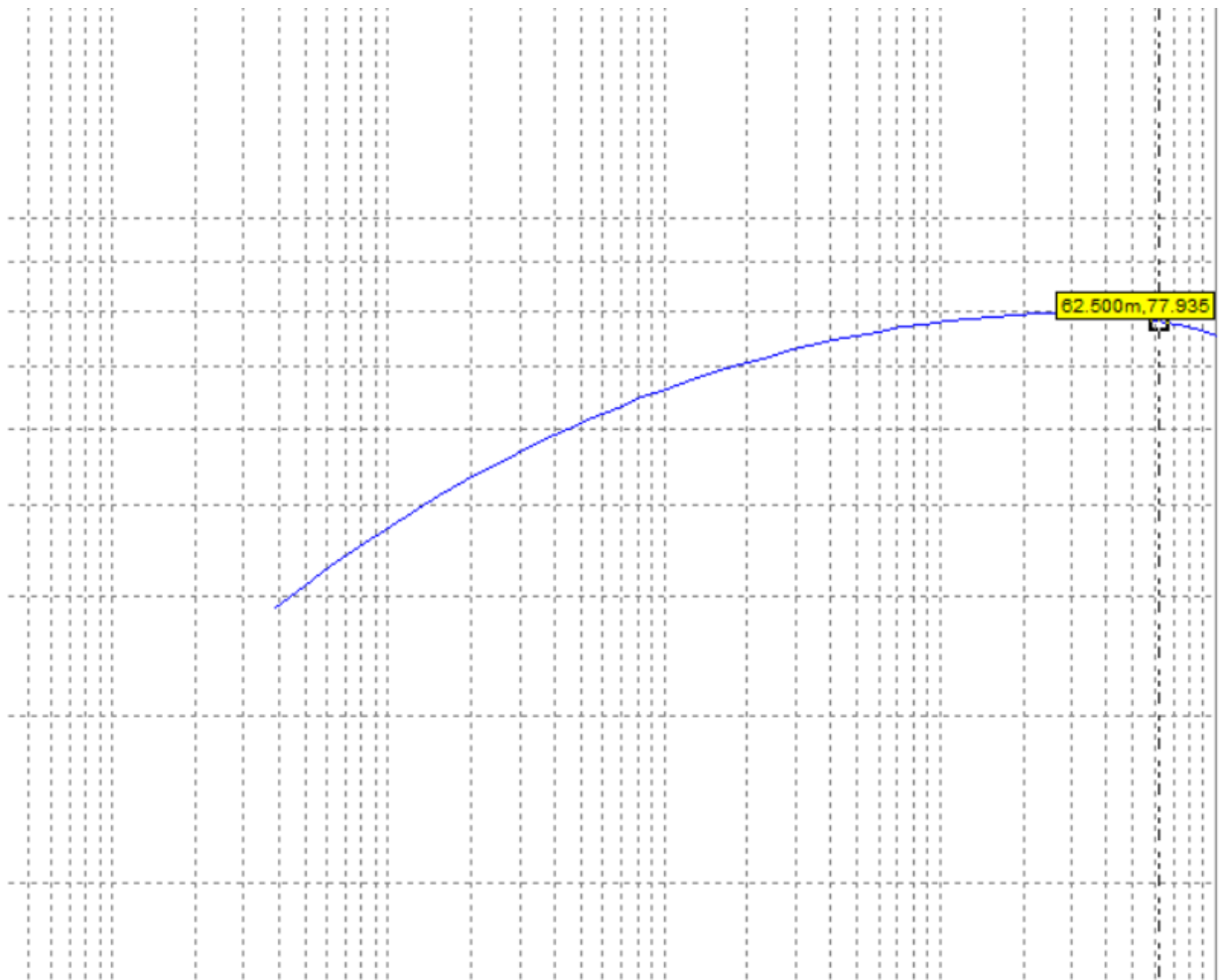


Рисунок 13, коэффициент для $I = 62.5\text{мА}$

Коэффициент $BF = 77.935$ для тока I_k , равного 62.5мА . Отсюда, $I_b = I_k/BF = 62.5/77.935 = 0.802\text{мА}$. U_b определим по графику входного ВАХ, на рисунке 14

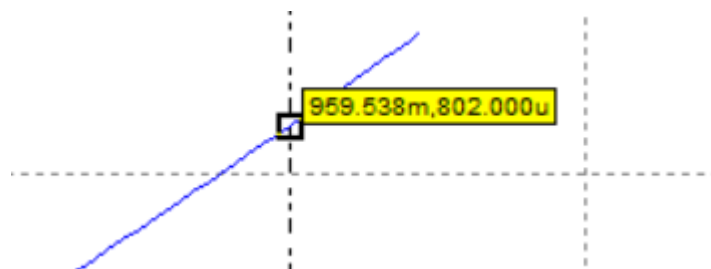


Рисунок 14. U_b при $I_b = 0.802\text{мА}$

$U_b = 959.538\text{мВ}$. Отсюда, $R_k = (E_k - U_k)/I_k = (10 - 5)/(62.5 * 10^{-3}) = 80\text{ Ом}$,
 $R_b = (E_k - U_b)/I_b = (10 - 0.959538)/(0.802 * 10^{-3}) = 1.127 * 10^4\text{ Ом}$.

Построим цепь, используя найденные значения (рисунок 15)

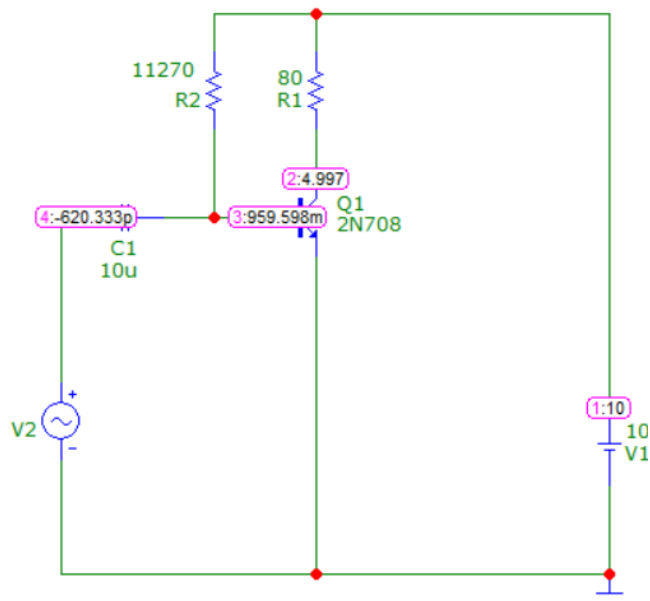


Рисунок 15 – построенная цепь (с напряжениями на nodes после Transient Analysis Limits)

Наши расчеты верны – напряжение на Node 2 равно половине от напряжения источника

Воспользуемся Transient Analysis Limits с параметрами на рисунке 16

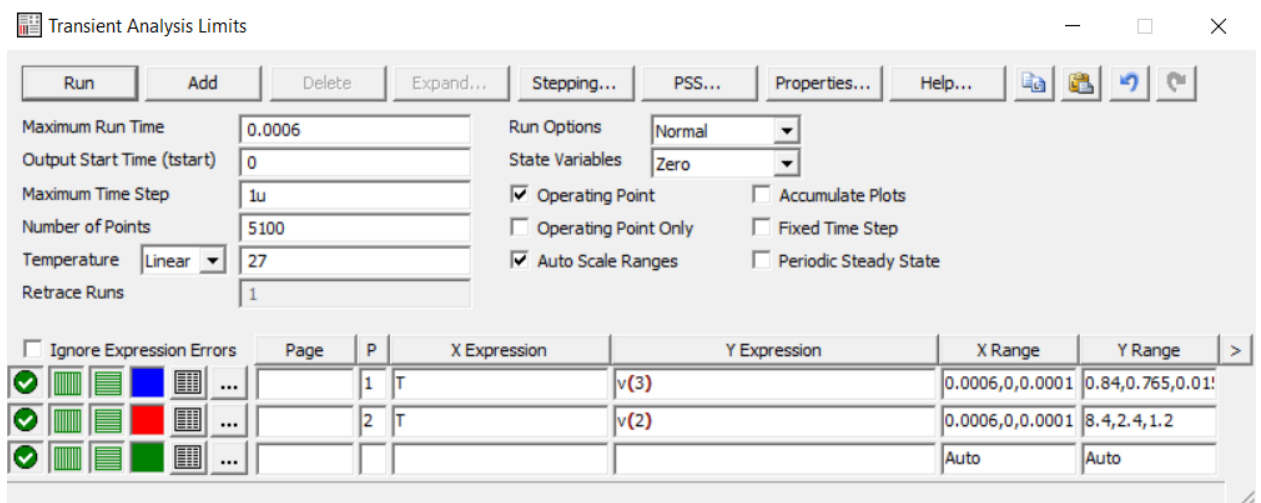


Рисунок 16 – параметры Transient Analysis Limits

Получим следующий график (рисунок 17)

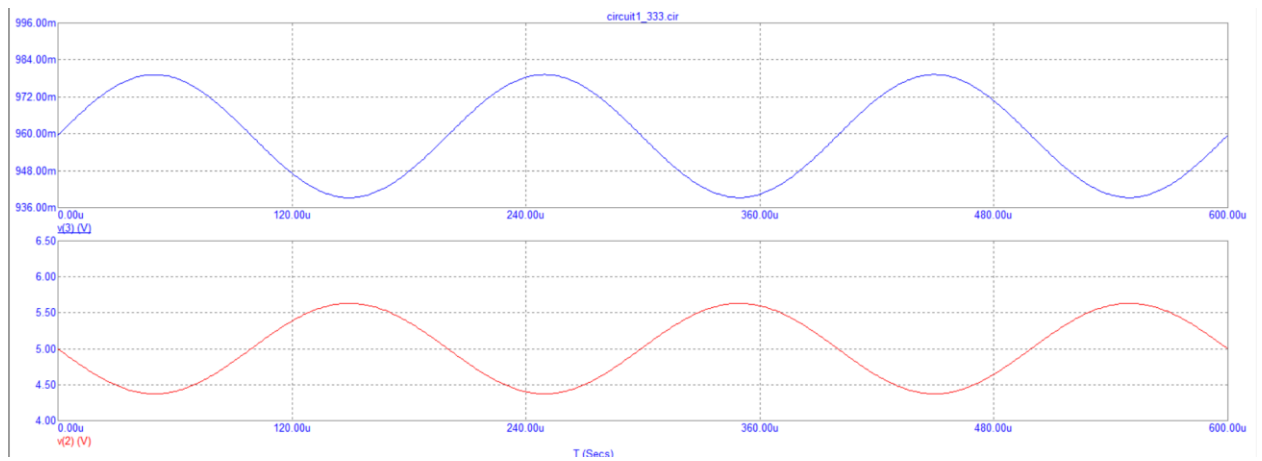
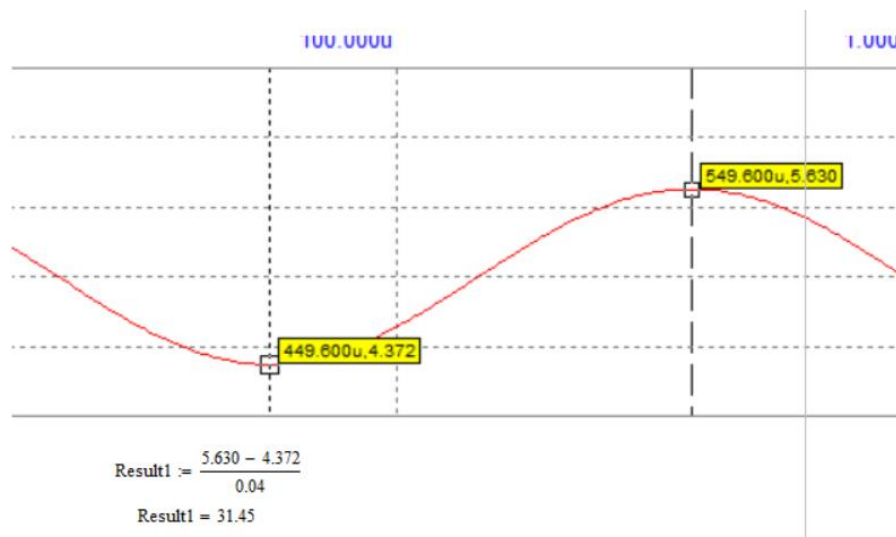


Рисунок 17. Результаты временного анализа

Видим, что графики находятся в противофазе.

Усиление по напряжению равно $(5.63 - 4.372)/0.04 = 31.45$



В рабочей точке $I_k = 62.5\text{mA}$, $I_b = 62.5\text{mA}/86.8226 = 0.72\text{mA}$. Пусть ток делителя $I_d = 7.2\text{mA}$. $R_2 + R_3 = E_k/I_d = 10/0.0072$, $R_2/R_3 = (E_k - U_b)/U_b = (10\text{V} - 0.8\text{V})/0.8\text{V}$, отсюда $R_2 = 1278\text{ Ом}$ и $R_3 = 111\text{ Ом}$ (рисунок 20).

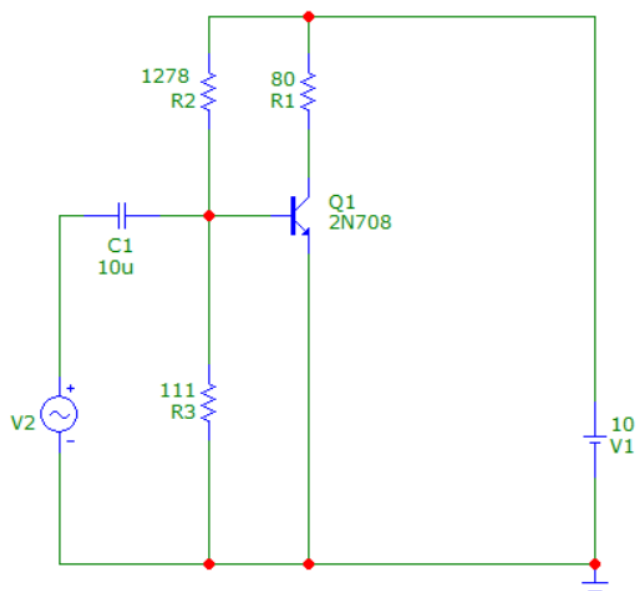


Рисунок 20. Цепь с новыми резисторами

Однако при таких значениях R2 и R3 нужное нам напряжение на Node 2 не равно $E_k/2$. Подгоним значения...

При $R2 = 965$ Ом, напряжение на втором Node равно 5 В (рисунок 21)

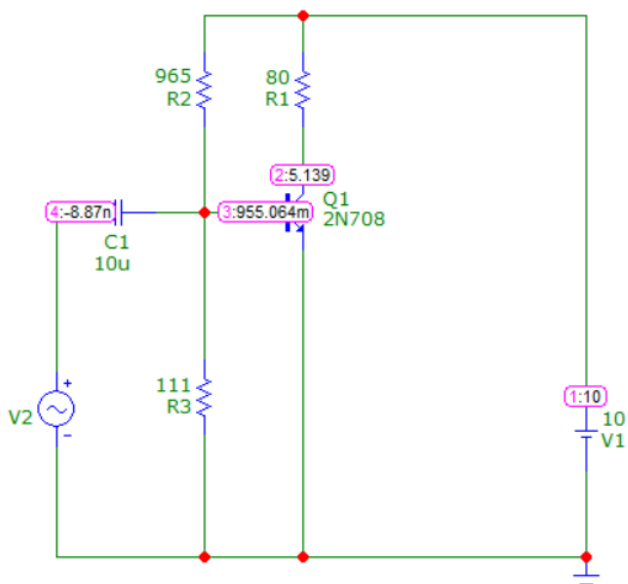


Рисунок 21 – цепь с корректными значениями R2 и R3

Возьмем график с помощью Transient Analysis Limits (рисунок 22)

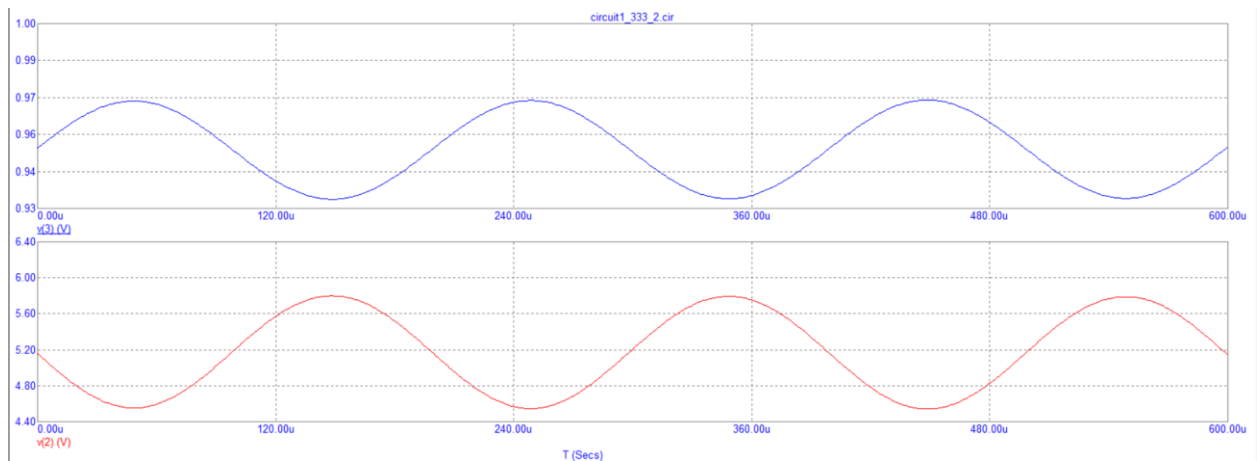


Рисунок 22 – полученный график

Высчитаем усиление по напряжению, для этого на графике выберем следующие точки (рис. 23), получим их разницу по Y и поделим на 0.04 (удвоенную амплитуду)

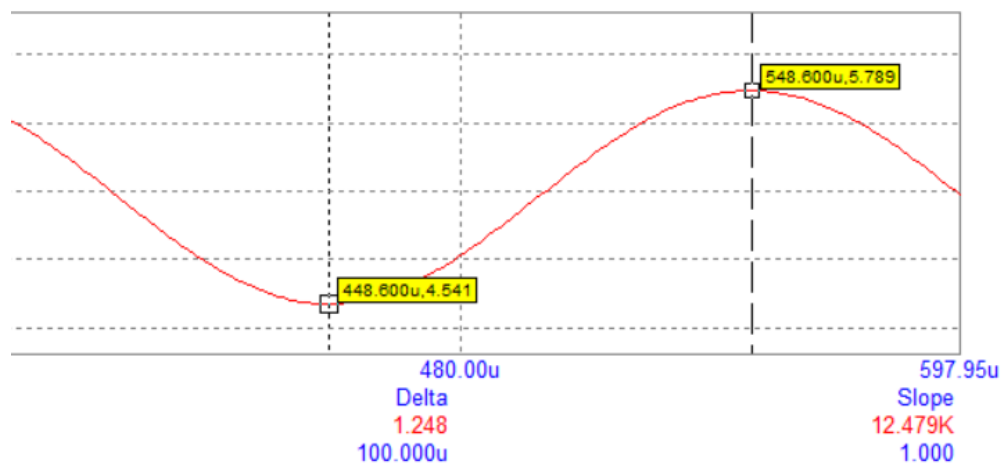


Рисунок 23, выбранные точки на графике

Усиление равно $(5.789 - 4.541)/0.04 = 31.2$

Эксперимент 3

Воспользуемся цепью, построенной в эксперименте 1 (рисунок 2). В параметрах DC Analysis задаем изменение температуры от -30 до +30 градусов с шагом в 5 градусов. Параметры для входной ВАХ и результаты замеров для входной ВАХ на рисунках 24 и 25 соответственно, для выходной ВАХ – на рисунках 26 и 27

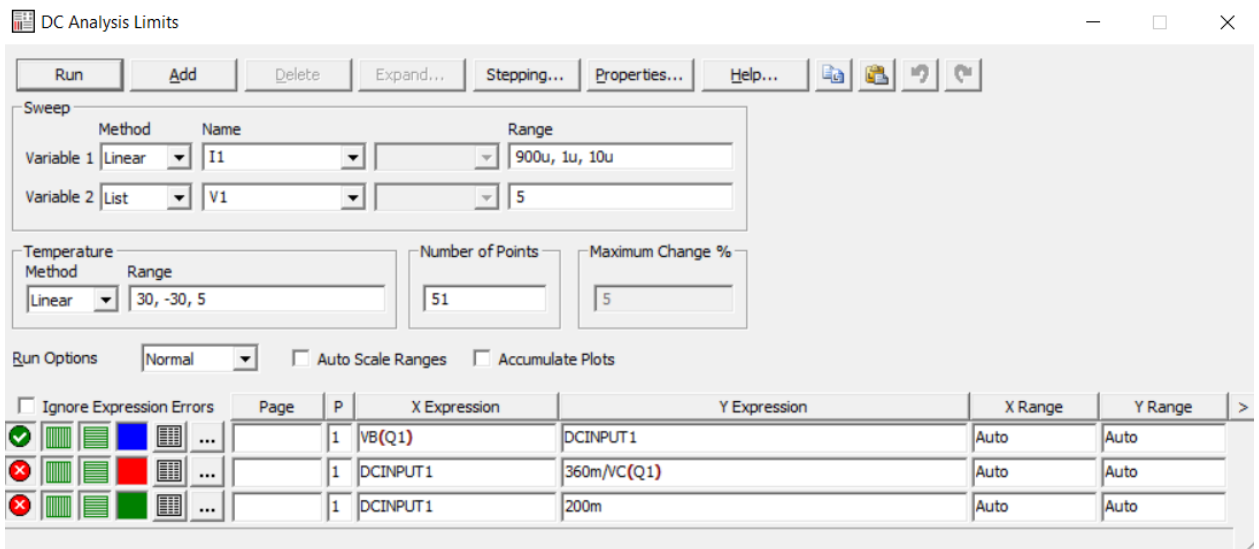


Рисунок 24 – настройки DC Analysis для входной ВАХ

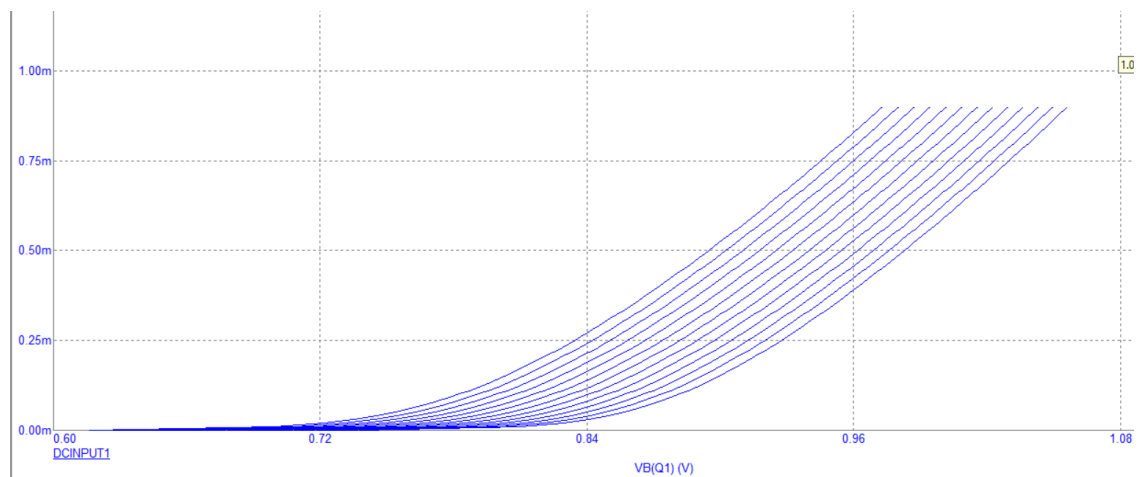


Рисунок 25 – входная ВАХ при разных температурах

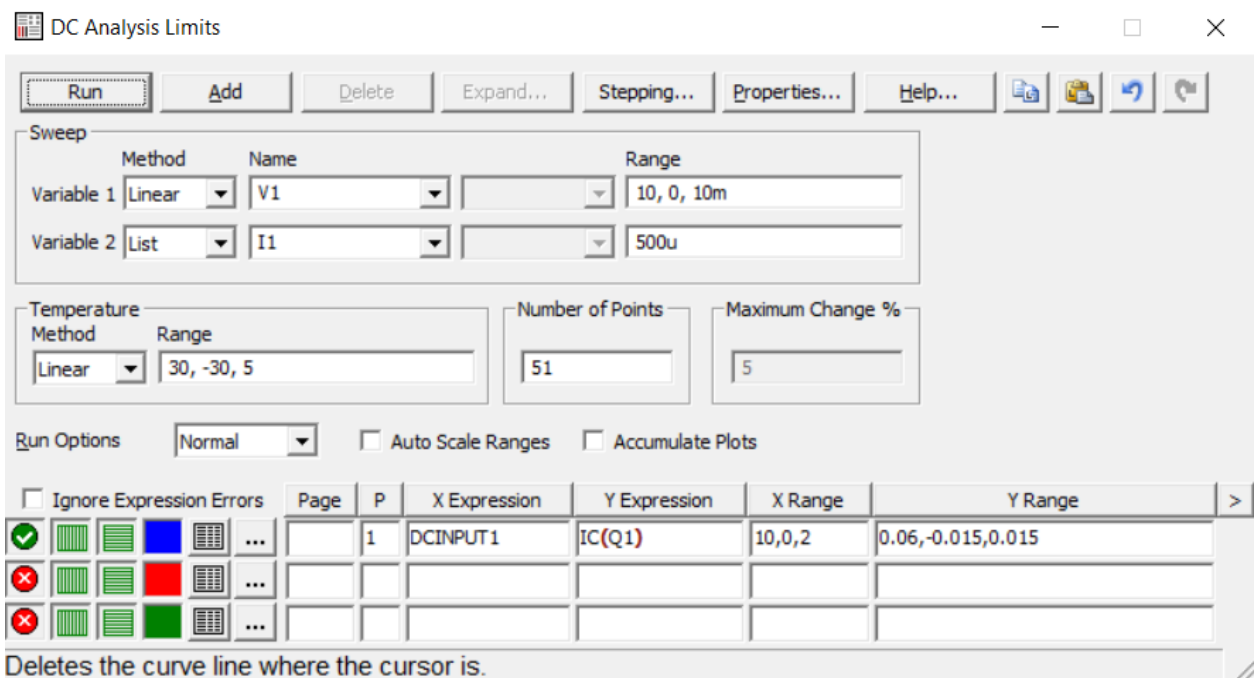


Рисунок 26 – параметры для получения выходной ВАХ при разных температурах

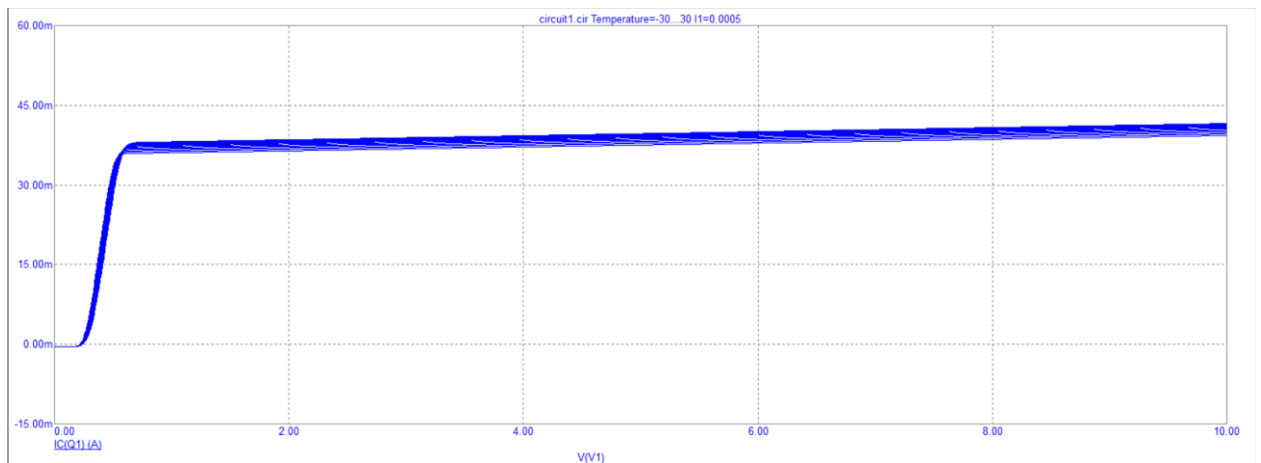


Рисунок 27 – выходная ВАХ при разных температурах

При повышении температуры увеличивается ток насыщения.

Рассмотрим влияние температур на цепь с делителем напряжения, используя следующие параметры Transient Analysis Limits (рисунок 28)

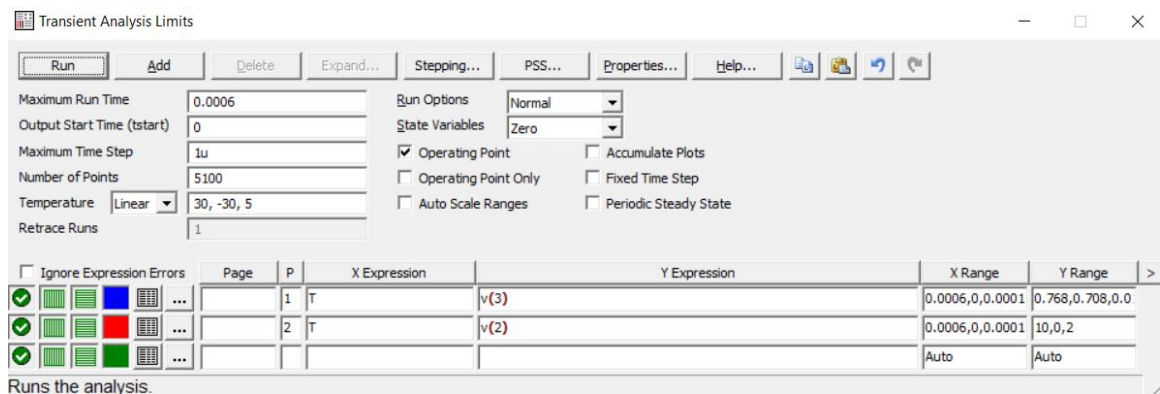


Рисунок 28, параметры Transient Analysis Limits

Получаем следующий график (рисунок 29)

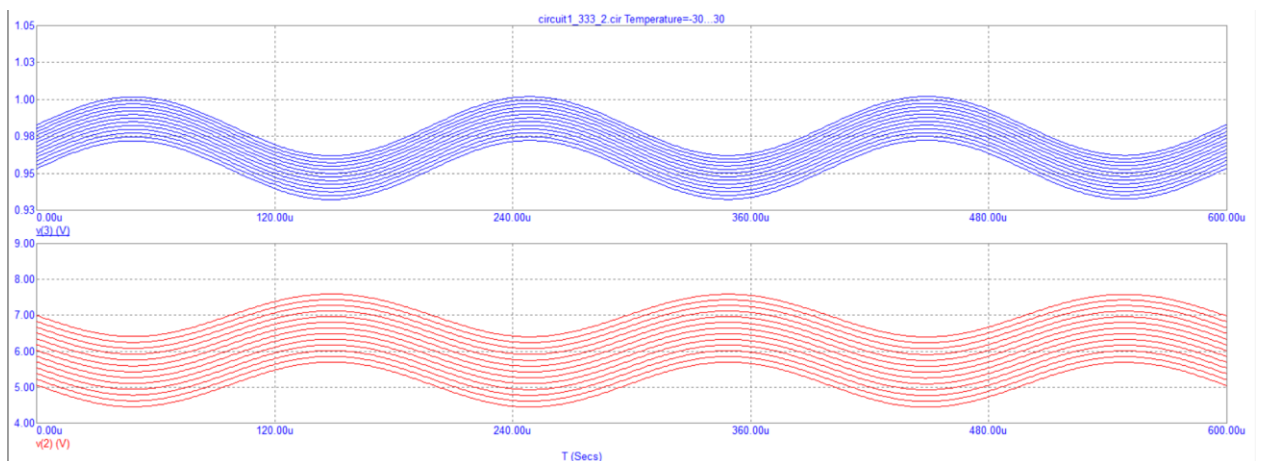


Рисунок 29, влияние температуры на цепь с делителем напряжения

Добавим слайдер для амплитуды V2, сравним графики при амплитуде 10m (рисунок 30) и 200m (рисунок 31)

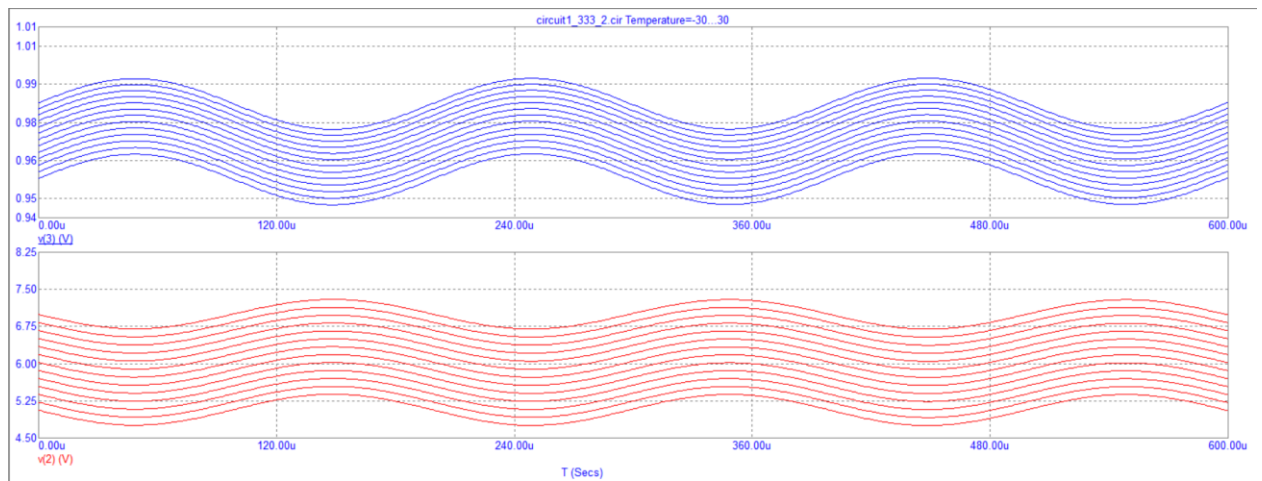


Рисунок 30 – изменение амплитуды на V2 (10m)

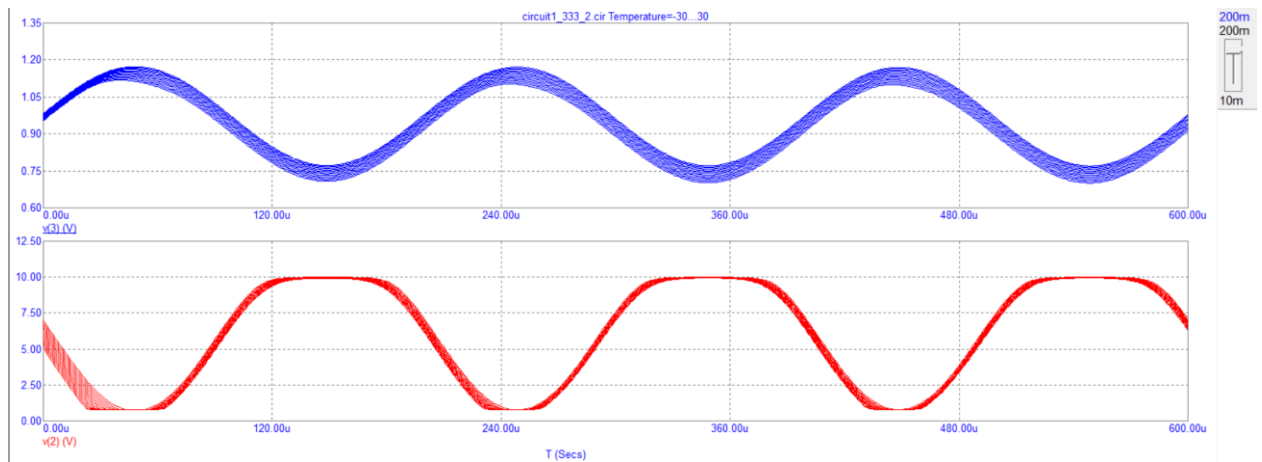


Рисунок 31 – графики при амплитуде 200m

Отсюда видно, что при увеличении амплитуды графики напряжения на точке 2 постепенно сжимаются и объединяются в одну линию. Графики напряжения на точке 3 также становятся ближе друг к другу