

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Информационная безопасность систем и технологий»

Отчет

по лабораторной работе №4

на тему «Исследование характеристик биполярного транзистора и
усилителя на биполярном транзисторе»

Дисциплина: КПЭС

Группа: 21ПИ1

Выполнил: Гусев Д. А.

Количество баллов:

Дата сдачи:

Принял: Мартюшин А. В.

1 Цель работы: Исследование вольт-амперных характеристик биполярного транзистора и усилителя на его основе.

2 Задание на лабораторную работу.

2.1 Исследование входной характеристики биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером и определение статического коэффициента передачи тока.

2.1.1 Собрать схему, показанную на рисунке 1. В компьютерной модели (рисунок 1) использован транзистор BC140 (аналог отечественного транзистора КТ630). Модель транзистора может быть задана преподавателем. Транзистор работает в усилительном режиме: эмиттерный переход смещён в прямом направлении, а коллекторный переход в обратном направлении (на эмиттер поступает отрицательный потенциал, а на базу и коллектор положительный). В этом режиме транзистор обеспечивает максимальное усиление сигнала по току, напряжению и мощности.

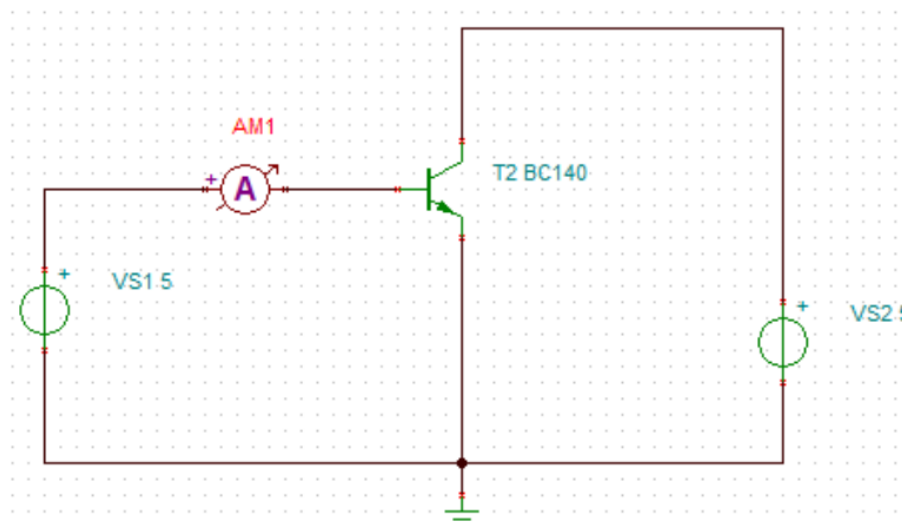


Рисунок 1 - Схема компьютерного моделирования биполярного транзистора

Для размещения на схеме транзистор выберите во вкладке Полупроводники - NPN биполярный транзистор – Тип BC140.

2.1.2 В схеме установить $VS1 = VS2 = 5$ В. Ток базы транзистора измеряется амперметром AM1.

2.1.3 Для снятия входных характеристик транзистора при различных значениях $U_{кэ}$ воспользуйтесь командой Выбор объекта управления и выделите VS2 – Выбрать – и установите параметры Начальное значение = 5, Конечное значение = 15, Количество случаев = 3 (рисунок 2).

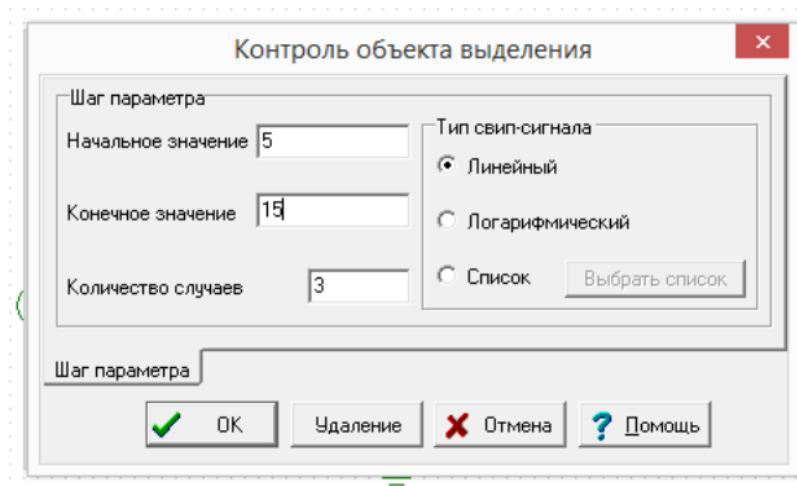


Рисунок 2 - Окно настройки многовариантного задания

2.1.4 В строке меню выберите Анализ – Анализ постоянного тока – Переходные характеристики постоянного тока. В диалоговом окне (рисунок 3) установите начальное значение анализа Начальное значение = 0 В, Конечное значение = 1 В, входная переменная Ввод VS1. Нажмите ОК.

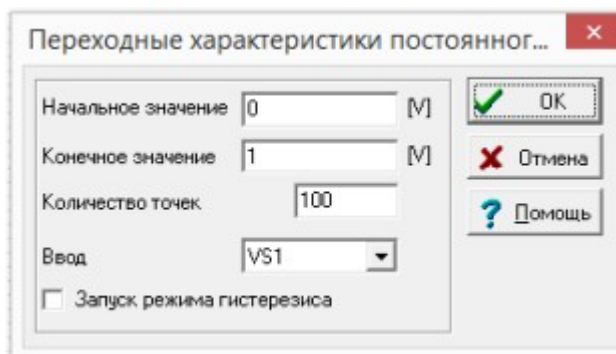


Рисунок 3 - Окно переходных характеристик постоянного тока

2.1.5 Откроется окно результатов (рисунок 4) с тремя графиками. Для идентификации графиков выберите Авто метка и укажите на интересующий график.

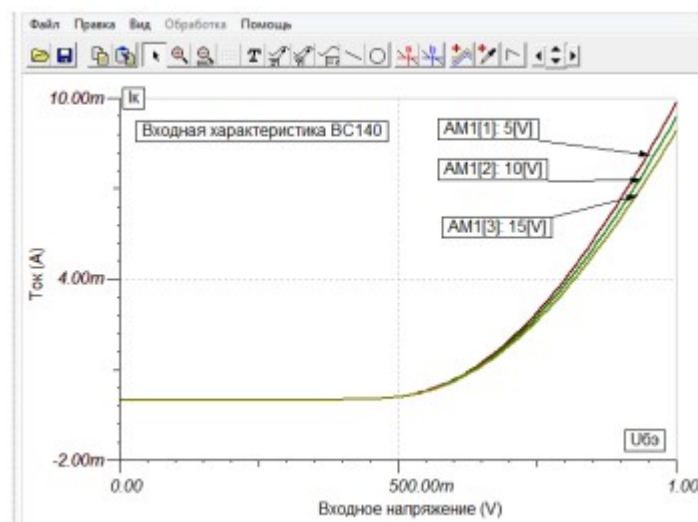


Рисунок 4 - Входные вольт-амперные характеристики транзистора

2.2 Исследование выходных характеристик биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером.

2.2.1 Схема для снятия выходных характеристик биполярного транзистора показана на рисунке рисунок 5. К базе транзистора подключается источник тока.

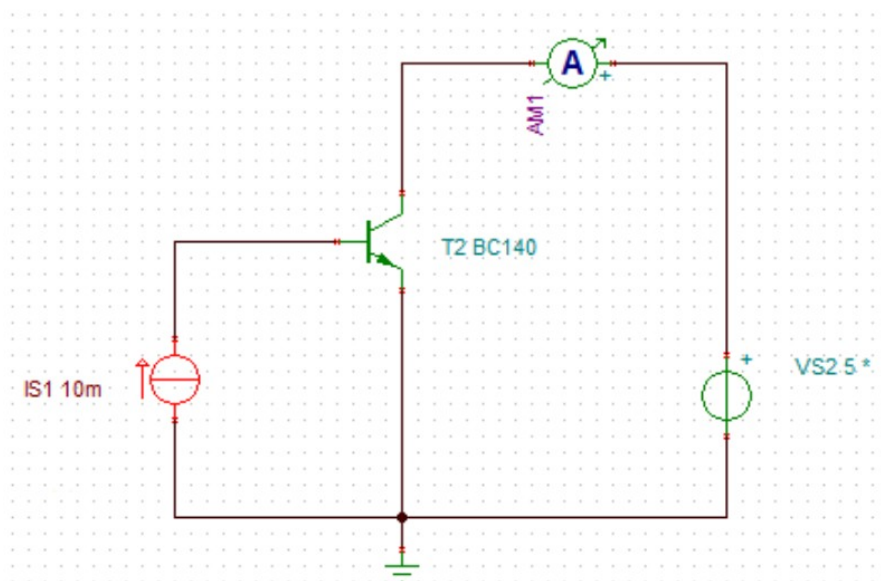


Рисунок 5 - Схема исследования выходных характеристик транзистора

2.2.2 Для снятия выходной характеристики при различных значениях тока базы нужно сделать источник тока IS1 управляемым объектом, используя команду Выбор объекта управления. Задать начальное значение тока 250 мкА, конечное значение 2 мА, число вариантов 8 (рисунок 6). В строке меню

выберите Анализ – Анализ постоянного тока – Переходные характеристики постоянного тока. изменяя VS2 от 0 до 10 В и зафиксируйте полученные характеристики (рисунок 7).

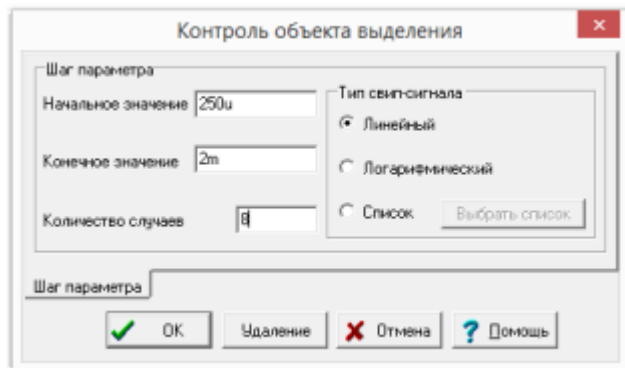


Рисунок 6 - Окно настройки многовариантного задания

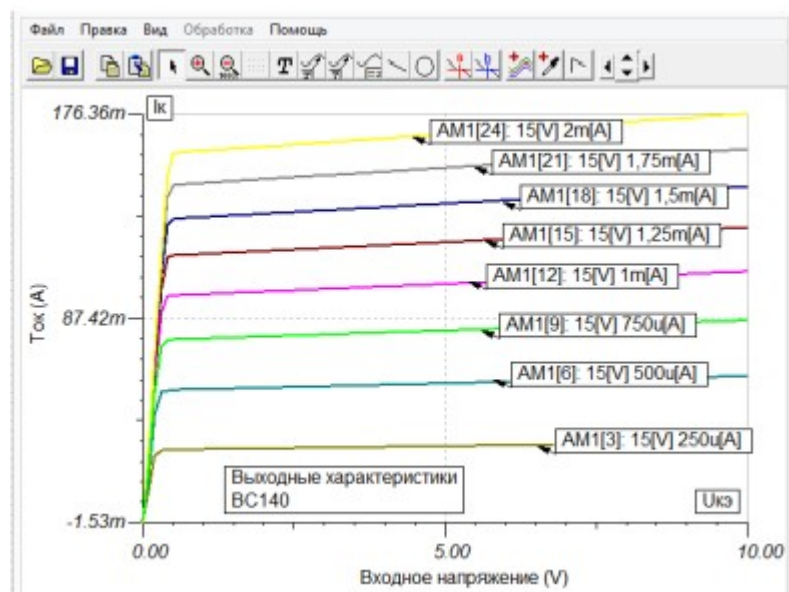


Рисунок 7 - Выходные вольт-амперные характеристики транзистора

При увеличении тока базы транзистора уменьшается высота потенциального барьера эмиттерного перехода, что обуславливает увеличение инжекции носителей заряда, а, следовательно, и увеличение тока через коллектор.

2.3 Выбор рабочей точки транзисторного каскада с общим эмиттером.

2.3.1 Собрать схему транзисторного усилителя (рисунок 8). Установить напряжение питания VS1 = 10 В. Напряжение питания VS1 и номиналы

резисторов могут быть заданы преподавателем. Переменный входной сигнал не подключать, ключ 1 должен быть разомкнут.

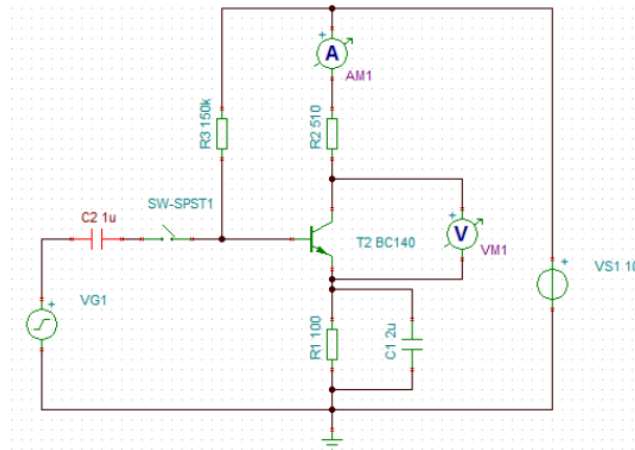


Рисунок 8 - Схема усилительного транзисторного каскада с общим эмиттером

2.3.2 Измерить и записать значения постоянной составляющей тока коллектора I_k (AM1) и напряжения $U_{кэ}$ (VM1). Измерение напряжений и токов в схеме можно выполнить и без включения измерительных приборов. Чтобы получить полный отчёт обо всех напряжения и токах в схеме, выберите в главном меню Анализ – Анализ постоянного тока – Таблица результатов постоянного тока (рисунок 9).

AM1	6,74mA
I_R1[0,1]	-6,8mA
I_R2[6,5]	-6,74mA
I_R3[4,2]	-58,95µA
I_VG1[3,0]	0A
I_VS1[2,0]	-6,8mA
V_AM1[2,5]	0V
V_C1[0,1]	-679,99mV
V_C2[3,7]	-1,16V
V_R1[0,1]	-679,99mV
V_R2[6,5]	-3,44V
V_R3[4,2]	-8,84V
V_SW-SPST1[7,4]	-2,22E-16V
V_VG1[3,0]	0V
V_VM1[6,1]	5,88V
V_VS1[2,0]	10V
VM1	5,88V
VP_1	679,99mV
VP_2	10V
VP_3	0V
VP_4	1,16V
VP_5	10V
VP_6	6,56V
VP_7	1,16V

Показать

☒ Узловые напряжения ☒ Токи

☒ Другие напряжения ☒ Выводы

Рисунок 9 - Таблица результатов анализа схемы на постоянном токе

2.3.3 Регулируя сопротивление R3 необходимо установить напряжение $U_{кз} = 5 \text{ В}$. И повторно измерить напряжения и токи в схеме (рисунок 10).

AM1	8,19mA
I_R1[0,1]	-8,26mA
I_R2[6,5]	-8,19mA
I_R3[4,3]	-70,12µA
I_VG1[2,0]	0A
I_VS1[3,0]	-8,26mA
V_AM1[3,5]	0V
V_C1[0,1]	-825,56mV
V_C2[2,7]	-1,31V
V_R1[0,1]	-825,56mV
V_R2[6,5]	-4,17V
V_R3[4,3]	-8,69V
V_SW-SPST1[7,4]	-2,22E-16V
V_VG1[2,0]	0V
V_VM1[6,1]	5V
V_VS1[3,0]	10V
VM1	5V
VP_1	825,56mV
VP_2	0V
VP_3	10V
VP_4	1,31V
VP_5	10V
VP_6	5,83V
VP_7	1,31V

Показать

☒ Узловые напряжения ☒ Токи

☒ Другие напряжения ☒ Выводы

Рисунок 10 - Таблица результатов анализа схемы после изменения сопротивления

2.4 Исследование работы транзисторного усилителя с общим эмиттером в режиме малого сигнала.

2.4.1 Необходимо собрать схему (рисунок 11). Подключить источник переменного сигнала, замкнув ключ 1. Установить параметры генератора напряжения: Амплитуда генератора – DC уровень = 0, параметр сигнал установить синусоидальный с амплитудой 50 мВ и частотой 1 кГц.

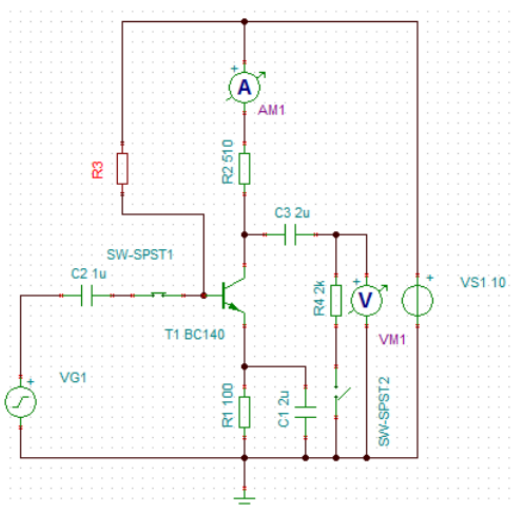


Рисунок 11 - Схема исследования транзисторного усилителя в режиме малого сигнала

2.4.2 Исследовать амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики транзисторного усилителя в режиме холостого хода. Ключ 2 разомкнуть. В главном меню выбираем Анализ – Анализ переменного тока – Переходные характеристики переменного тока. Частота меняется от 10 Гц до 100 кГц, масштаб логарифмический (рисунок 12). В меню Диаграмма установить метку Амплитуда и фаза. Получим искомые амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики транзисторного усилителя в режиме холостого хода (рисунок 13).

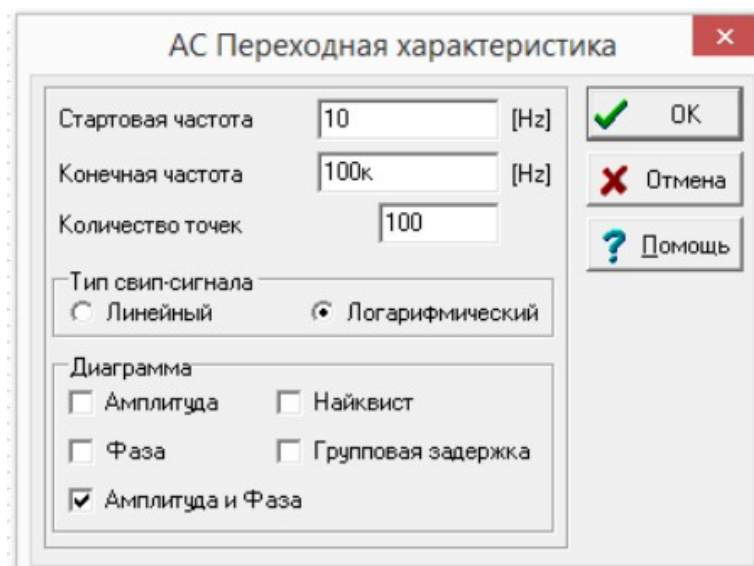


Рисунок 12 – Окно настройки многовариантного задания

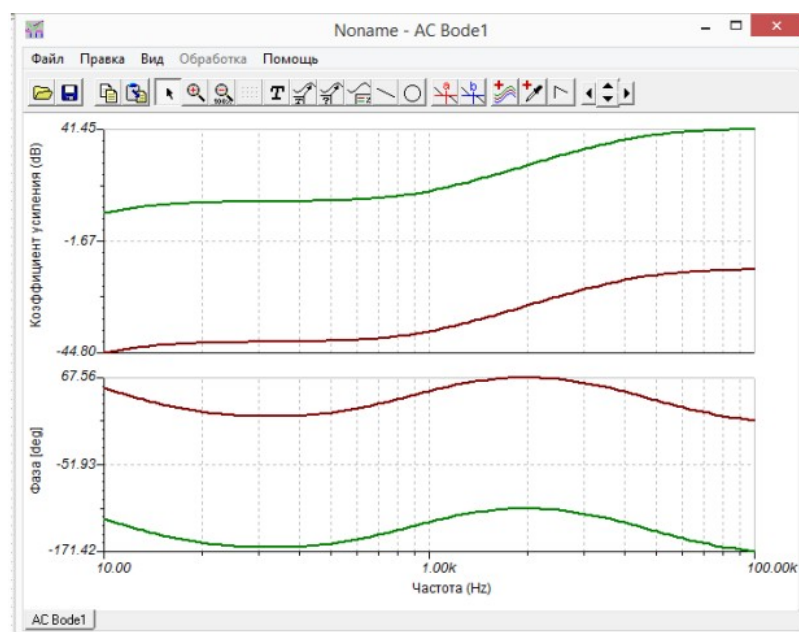


Рисунок 13 - Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики транзисторного усилителя в режиме холостого хода

2.4.3 Подключить к транзисторному усилителю нагрузку $R_4 = 2$ кОм. Для этого необходимо замкнуть нужно ключ 2 и повторить измерения по п. 12. Зафиксировать полученные амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики с подключенной нагрузкой.

2.5 Исследование искажений выходного сигнала.

2.5.1 В схеме (рисунок 11) с подключенной нагрузкой установить частоту сигнала 20 кГц. Амплитуду сигнала генератора VG1 сделать управляемым

параметром и задать 10 значений от 10 до 100 мВ. В режиме Анализ – Анализ переходных процессов получить графики выходного сигнала на интервале 200...300 мкс (рисунок 14).

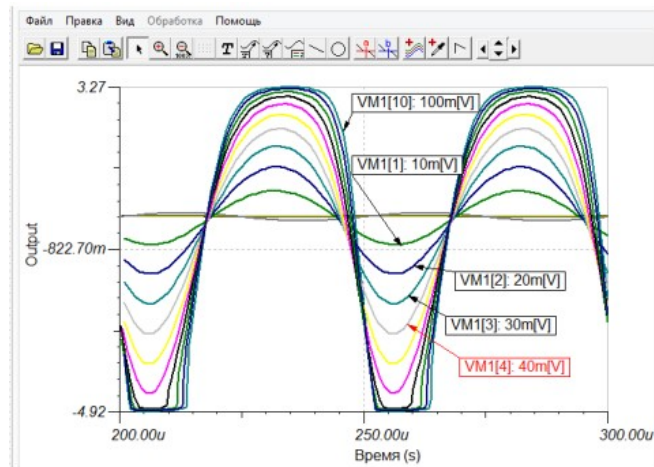


Рисунок 14 - Графики искажений выходного сигнала

3 Выполнение лабораторную работы:

3.1 Была исследована входная характеристика биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером и определение статического коэффициента передачи тока.

3.1.1 Была собрана схема, показанная на рисунке 1. Результат представлен на рисунке 15.

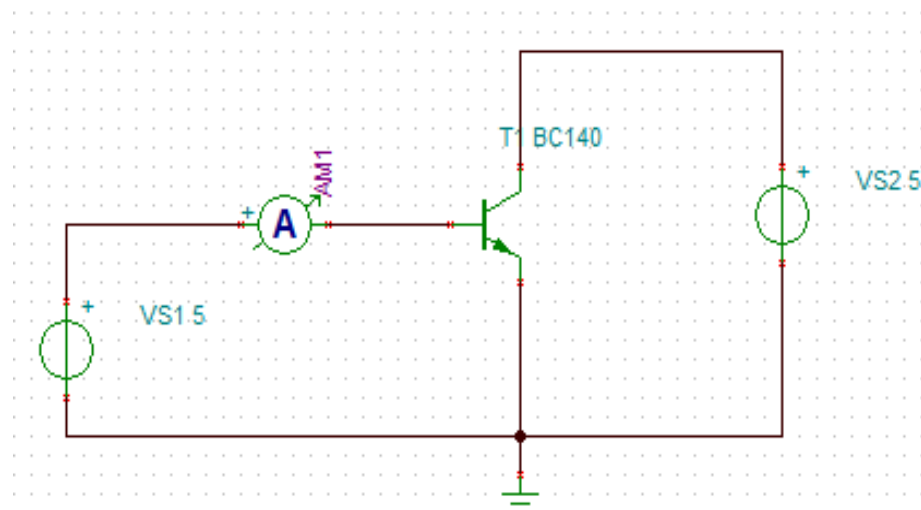


Рисунок 15 - Схема компьютерного моделирования биполярного транзистора

3.1.2 В схеме установить $VS1 = VS2 = 5$ В. Ток базы транзистора измеряется амперметром АМ1.

3.1.3 Для снятия входных характеристик транзистора при различных значениях $U_{кэ}$ была выполнена команда Выбор объекта управления и выделите $VS2$ – Выбрать – и установите параметры Начальное значение = 5, Конечное значение = 15, Количество случаев = 3 (рисунок 16).

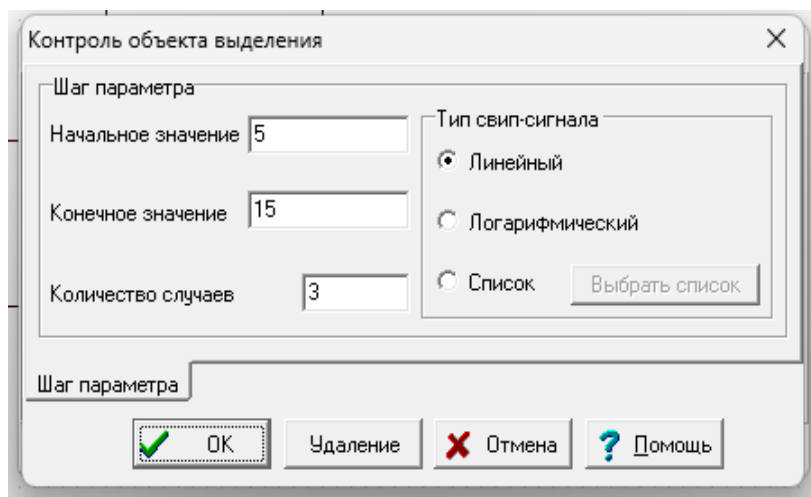


Рисунок 16 - Окно настройки многовариантного задания

3.1.4 В строке меню были выбраны Анализ – Анализ постоянного тока – Переходные характеристики постоянного тока. В диалоговом окне (рисунок 17) установите начальное значение анализа Начальное значение = 0 В, Конечное значение = 1 В, входная переменная Ввод $VS1$. Нажмите ОК.

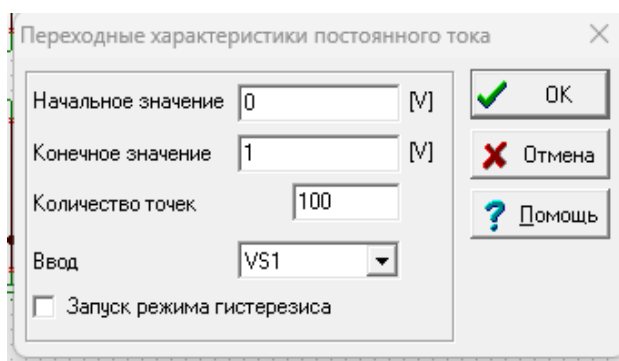


Рисунок 17 - Окно переходных характеристик постоянного тока

3.1.5 Был выведен график. Результат представлен на рисунке 18.

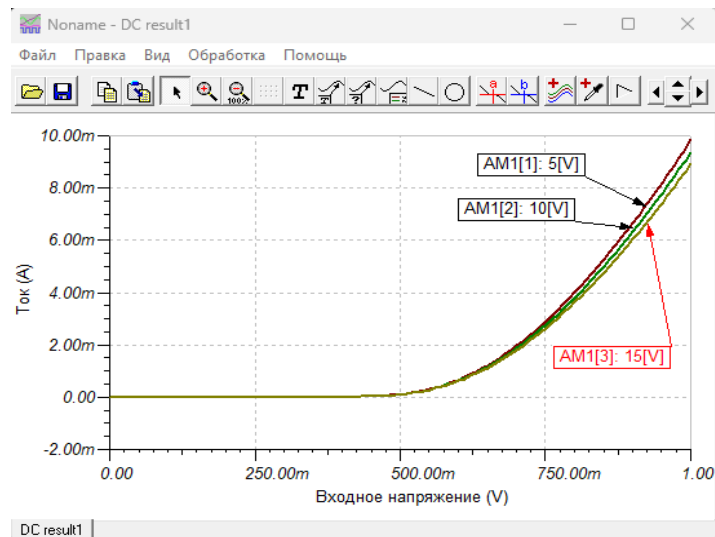


Рисунок 18 - Входные вольт-амперные характеристики транзистора

3.2 Были исследованы переходные характеристики биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером.

3.2.1 Была собрана схема. Схема для снятия выходных характеристик биполярного транзистора показана на рисунке рисунок 19.

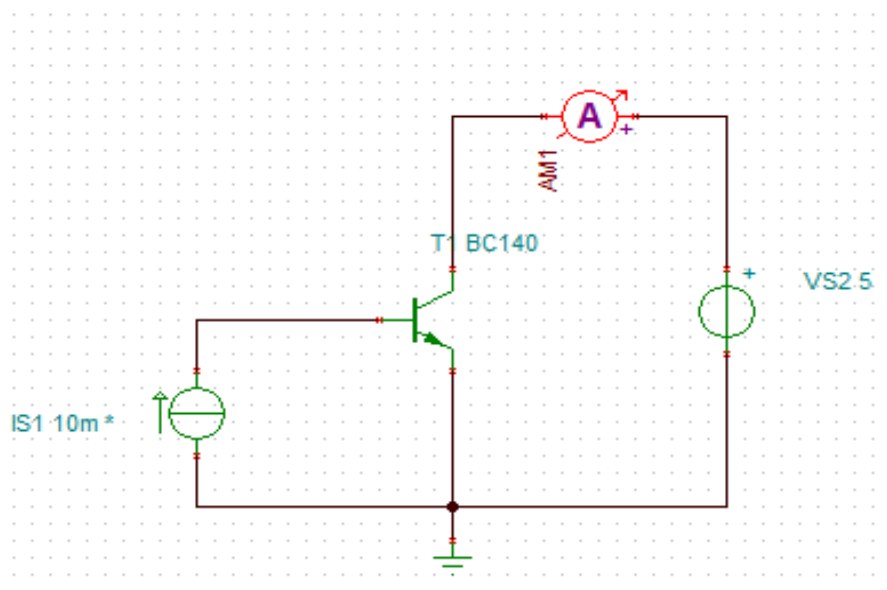


Рисунок 19 - Схема исследования выходных характеристик транзистора

3.2.2 Для снятия выходной характеристики при различных значениях тока базы источник тока IS1 был сделан управляемым объектом, с использованием команды Выбор объекта управления. Было задано начальное значение тока 250 мкА, конечное значение 2 мА, число вариантов 8 (рисунок 20). Полученные характеристики были зафиксированы (рисунок 21).

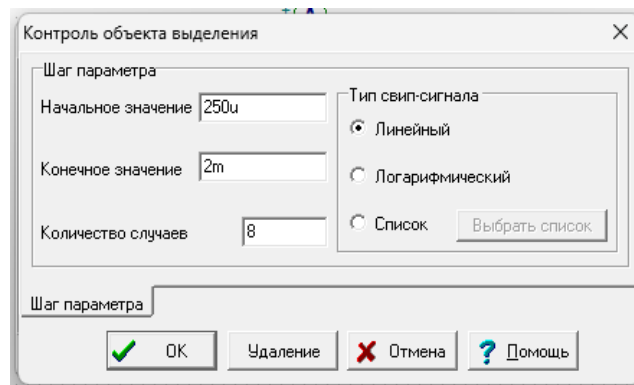


Рисунок 20 - Окно настройки многовариантного задания

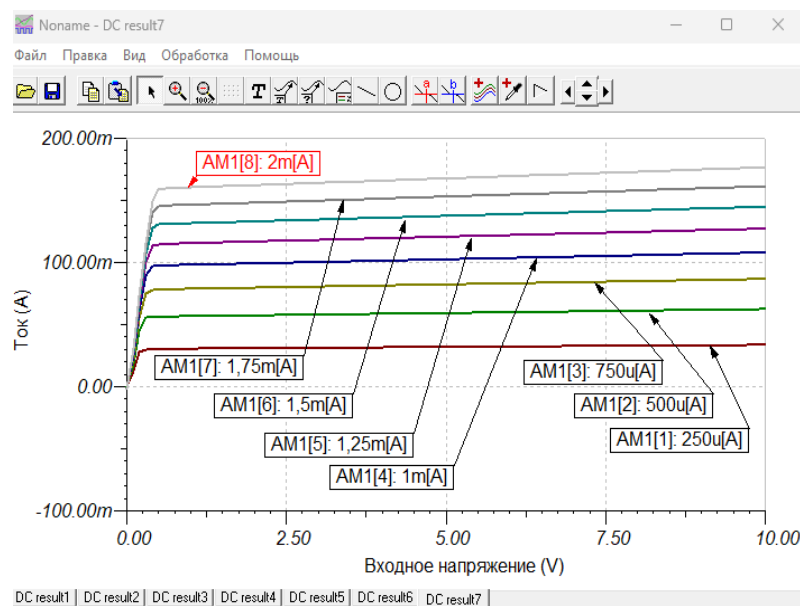


Рисунок 21 - Выходные вольт-амперные характеристики транзистора

3.3 Выбор рабочей точки транзисторного каскада с общим эмиттером.

3.3.1 Была собрана схема транзисторного усилителя (рисунок 8).

Результат представлен на рисунке 22.

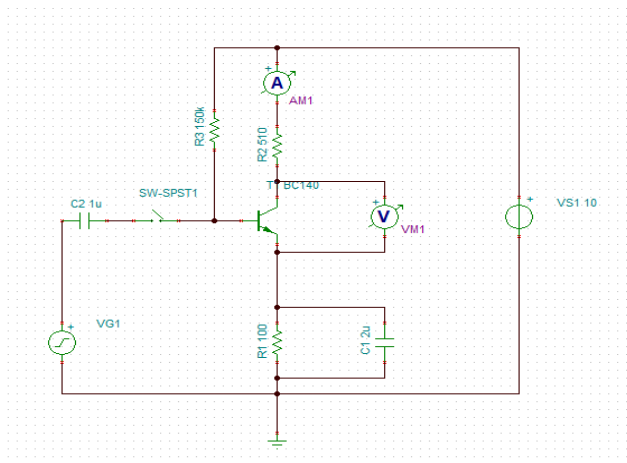


Рисунок 22 - Схема усилительного транзисторного каскада с общим эмиттером

3.3.2 Измерить и записать значения постоянной составляющей тока коллектора I_k (AM1) и напряжения $U_{кэ}$ (VM1). Измерение напряжений и токов в схеме можно выполнить и без включения измерительных приборов. Чтобы получить полный отчёт обо всех напряжениях и токах в схеме, выберите в главном меню Анализ – Анализ постоянного тока – Таблица результатов постоянного тока (рисунок 23).

Напряжения/Токи	
AM1	6,74mA
I_R1[0,3]	-6,8mA
I_R2[6,5]	-6,74mA
I_R3[4,1]	-58,95uA
I_VG1[2,0]	0A
I_VS1[1,0]	-6,8mA
V_AM1[1,5]	0V
V_C1[0,3]	-679,99mV
V_C2[2,7]	-1,16V
V_R1[0,3]	-679,99mV
V_R2[6,5]	-3,44V
V_R3[4,1]	-8,84V
V_SW-SPST1[7,4]	-2,22E-16V
V_VG1[2,0]	0V
V_VM1[6,3]	5,88V
V_VS1[1,0]	10V
VM1	5,88V
VP_1	10V
VP_2	0V
VP_3	679,99mV
VP_4	-1,16V

Показать

☒ Узловые напряжения
 ☒ Токи

☒ Другие напряжения
 ☒ Выводы

Отмена
Помощь

Рисунок 23 - Таблица результатов анализа схемы на постоянном токе

3.3.3 Регулируя сопротивление R3 необходимо установить напряжение $U_{кэ} = 5 \text{ В}$. И повторно измерить напряжения и токи в схеме (рисунок 24).



Напряжения/Токи	
AM1	8,18mA
I_R1[0,3]	-8,25mA
I_R2[6,5]	-8,18mA
I_R3[4,1]	-70,08uA
I_VG1[2,0]	0A
I_VS1[1,0]	-8,25mA
V_AM1[1,5]	0V
V_C1[0,3]	-825,03mV
V_C2[2,7]	-1,31V
V_R1[0,3]	-825,03mV
V_R2[6,5]	-4,17V
V_R3[4,1]	-8,69V
V_SW-SPST1[7,4]	-2,22E-16V
V_VG1[2,0]	0V
V_VM1[6,3]	5V
V_VS1[1,0]	10V
VM1	5V
VP_1	10V
VP_2	0V
VP_3	825,03mV
VP_4	1,31V
VP_5	10V
VP_6	5,83V
VP_7	1,31V

Показать

☒ Узловые напряжения ☒ Токи

☒ Другие напряжения ☒ Выводы

 Отмена  Помощь 

Рисунок 24 - Таблица результатов анализа схемы после изменения сопротивления

3.4 Было проведено исследование работы транзисторного усилителя с общим эмиттером в режиме малого сигнала.

3.4.1 Была собрана схема (рисунок 11). Схема представлена на рисунке 25.

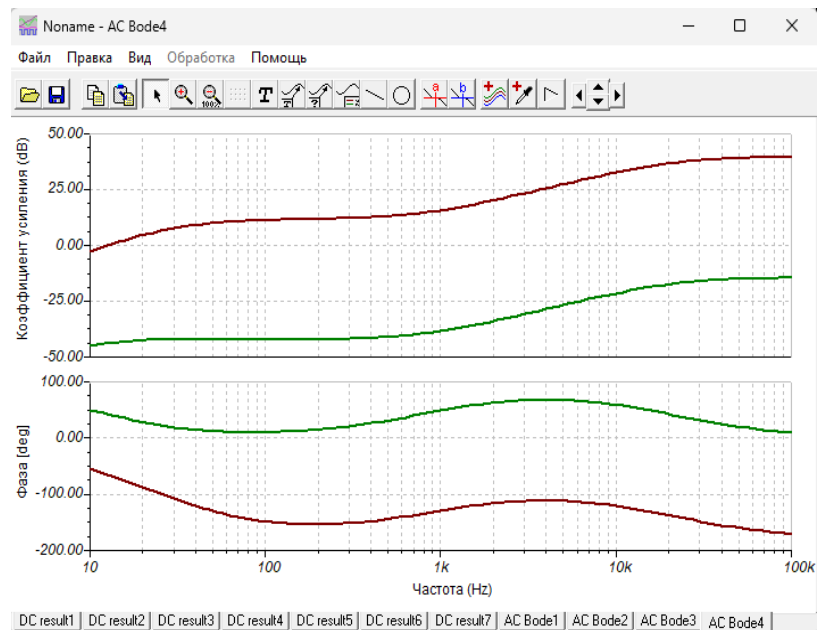


Рисунок 27 - Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики транзисторного усилителя под нагрузкой

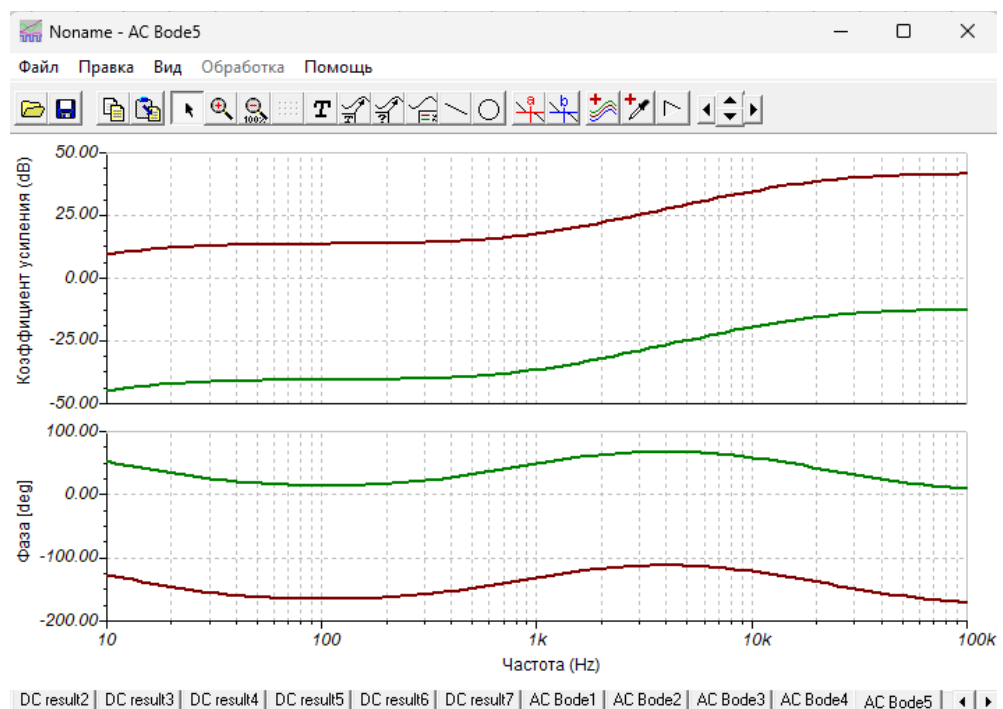


Рисунок 28 - Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики транзисторного усилителя в режиме холостого хода

3.5 Исследование искажений выходного сигнала.

3.5.1 В схеме (рисунок 25) с подключенной нагрузкой частота сигнала была установлена в 20 кГц. Амплитуду сигнала генератора VG1 сделать управляемым параметром и задать 10 значений от 10 до 100 мВ. В режиме

Анализ – Анализ переходных процессов получить графики выходного сигнала на интервале 200...300 мкс (рисунок 29).

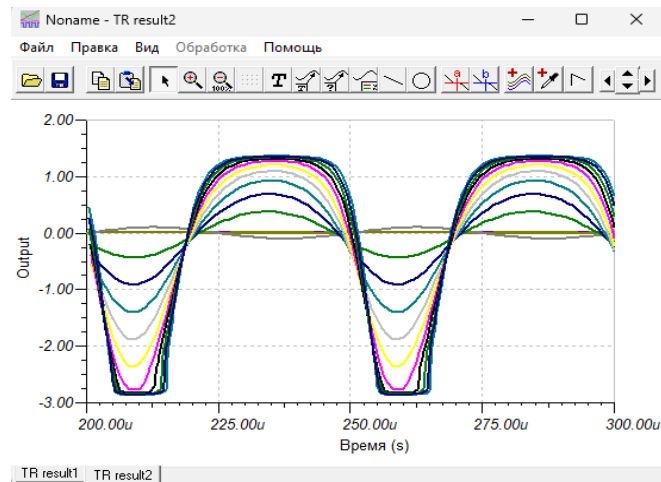


Рисунок 29 - Графики искажений выходного сигнала

4 Вывод: были исследованы вольт-амперных характеристики биполярного транзистора и усилителя на его основе.