|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **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 **Компьютерные системы и сети (ИУ6)**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ **09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

**О Т Ч Е Т**

по домашнему заданию №2

Название:\_ Моделирование работы усилительного каскада на биполярном транзисторе по схеме с общим эмиттером**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Дисциплина: Электроника\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент | ИУ6-43Б |  |  | В.К. Залыгин |
|  | (Группа) |  | (Подпись, дата) | (И.О. Фамилия) |
|  |  |  |  |  |
| Преподаватель |  |  |  | В.А. Карпухин |
|  |  |  | (Подпись, дата) | (И.О. Фамилия) |
|  |  |  |  |  |

*2024 г.*

**Цель работы**

Исследование вольт-амперных характеристик модели биполярного транзистора в программе аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей Micro-Cap 12 и расчете номиналов элементов усилительного каскада, работающего в соответствии с заданными техническими условиями.

**Задание**

На рисунке 1 показаны значения варианта задания.



Рисунок 1 – Вариант задания

Характеристики транзистора представлены на рисунке 2.

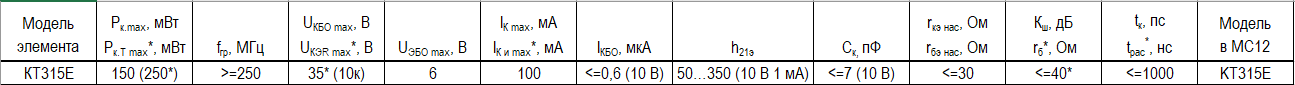


Рисунок 2 – Характеристики транзистора

1. Построить семейство входных и выходных вольт-амперных характеристик биполярного транзистора (модель выбирается согласно варианту, см. приложенный к заданию файл). На полученных характеристиках отметить запрещенные режимы работы.

2. Рассчитать номиналы элементов усилительного каскада на биполярном транзисторе с общим эмиттером, при которых работа усилительного каскада удовлетворяет условиям:

– амплитуда напряжения выходного сигнала – не менее 15 % от напряжения питания;

– коэффициент усиления усилительного каскада по мощности – не менее 20 дБ;

– коэффициент нелинейных искажений выходного сигнала – не более15 %.

(напряжение питания усилительного каскада задано вариантом, в качестве входного сигнала используется гармоническое (однотональное) колебание с частотой, заданной вариантом).

**Выполнение задания**

**Задание 1**

Выбранная согласно варианту модель транзистора и его характеристики показаны на рисунке 3.

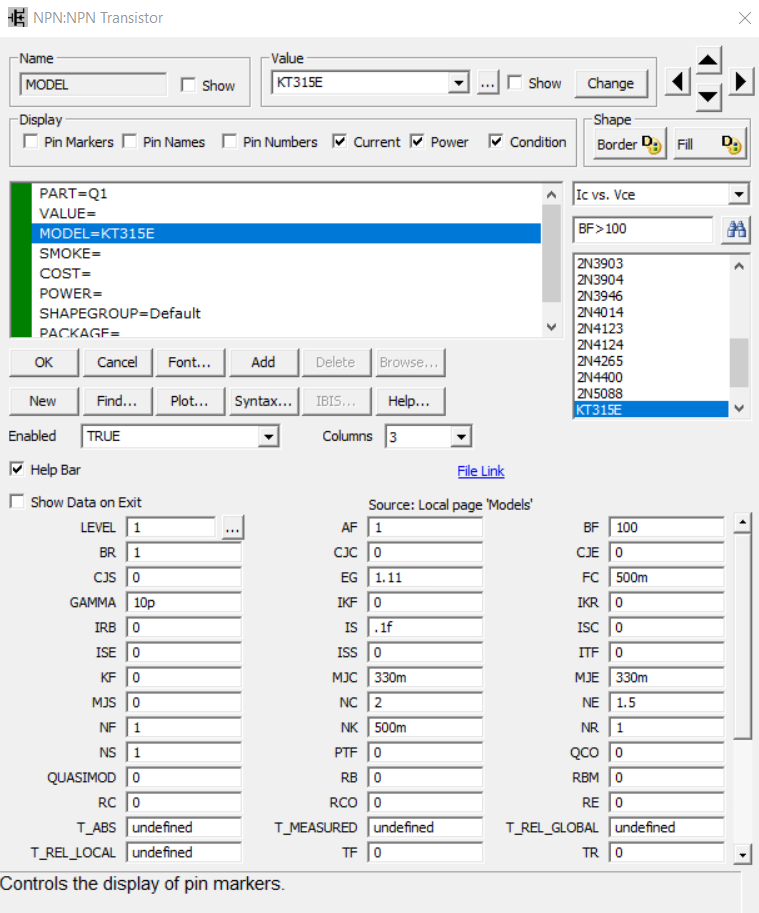


Рисунок 3 – Характеристики транзистора

Для исследования входных и выходных ВАХ была собрана схема, представленная на рисунке 4.

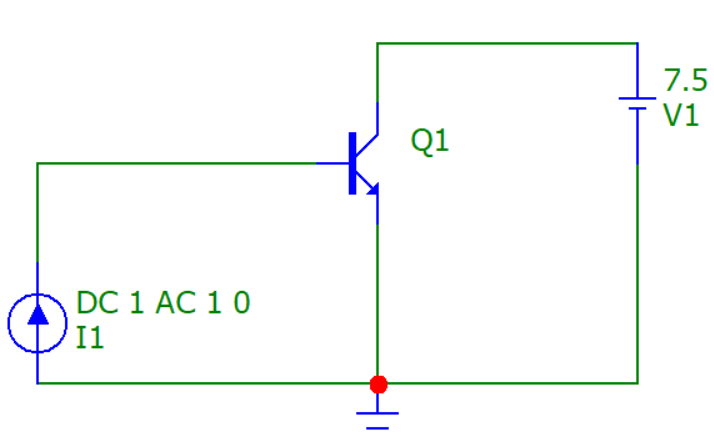


Рисунок 4 – Схема для анализа входных и выходных ВАХ

Результаты проведения dynamic DC анализа приведены на рисунке 5.

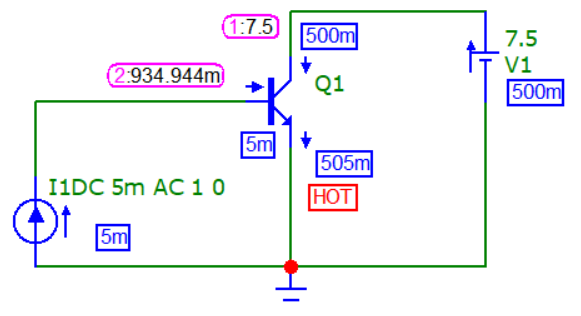


Рисунок 5 – Dynamic DC

Анализ показывает, что при малом токе базы (в 100 раз меньше, чем ток коллектора) транзистор открывается и на эмиттере образуется ток, равный сумме токов базы и коллектора.

Для построения выходной ВАХ используется DC анализ. В окне настройки анализа необходимо выставить множество значений напряжения на коллекторе, а также диапазон значений токов базы. Также необходимо изобразить прямую максимального допустимого тока (для данной модели транзистора соответствует значению ) и кривую тока максимальной мощности (для данной модели – ) при каждом значении напряжения. Выбранные значения для анализа показаны на рисунке 6.

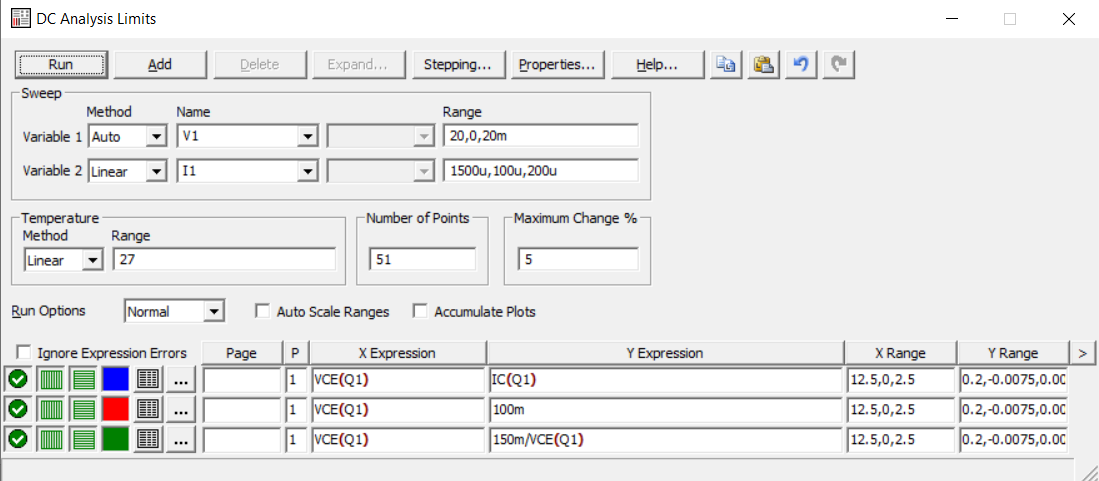


Рисунок 6 – Значения для DC анализа

Полученные графики представлены на рисунке 7. Синий – ветви тока коллектора при разных токах базы, красный – максимально допустимый ток, зеленый – ток максимальной мощности. Заштрихованная область – запрещенный режим работы.

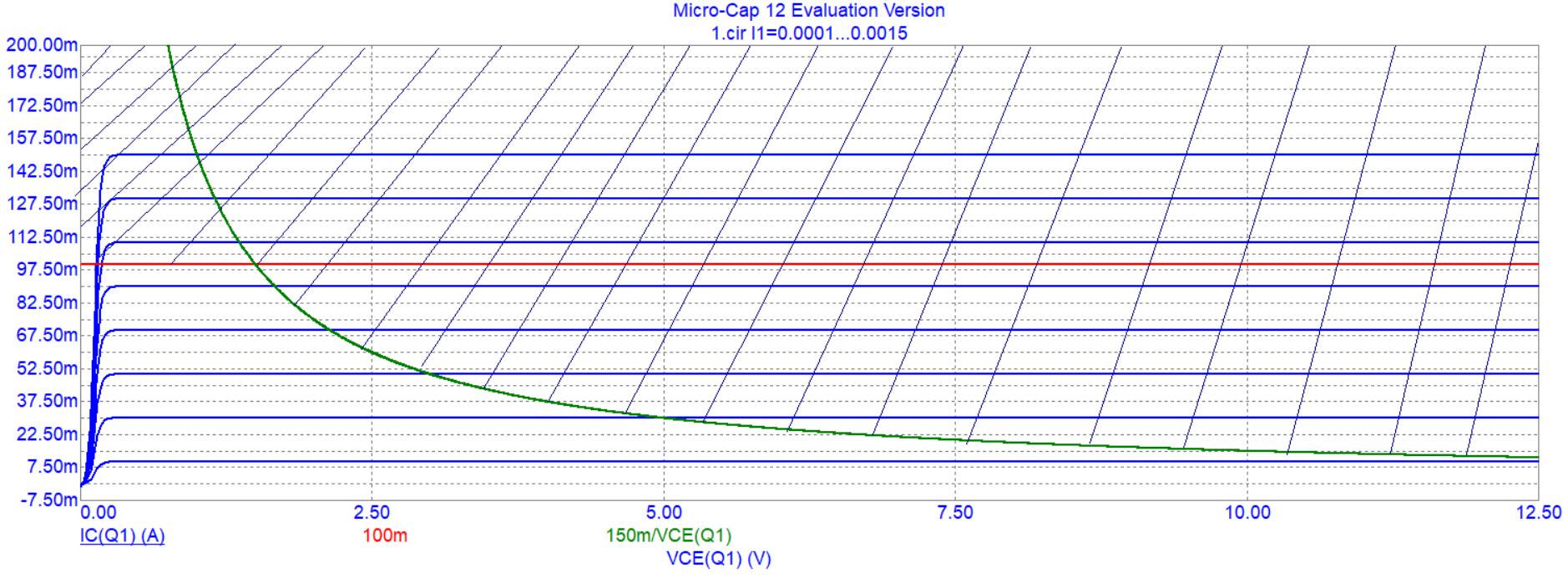


Рисунок 7 – Выходные ВАХ, максимальный допустимый ток, ток максимальной мощности

Для построения входной ВАХ необходимо использовать DC анализ с соответствующими параметрами, представленными на рисунке 8.

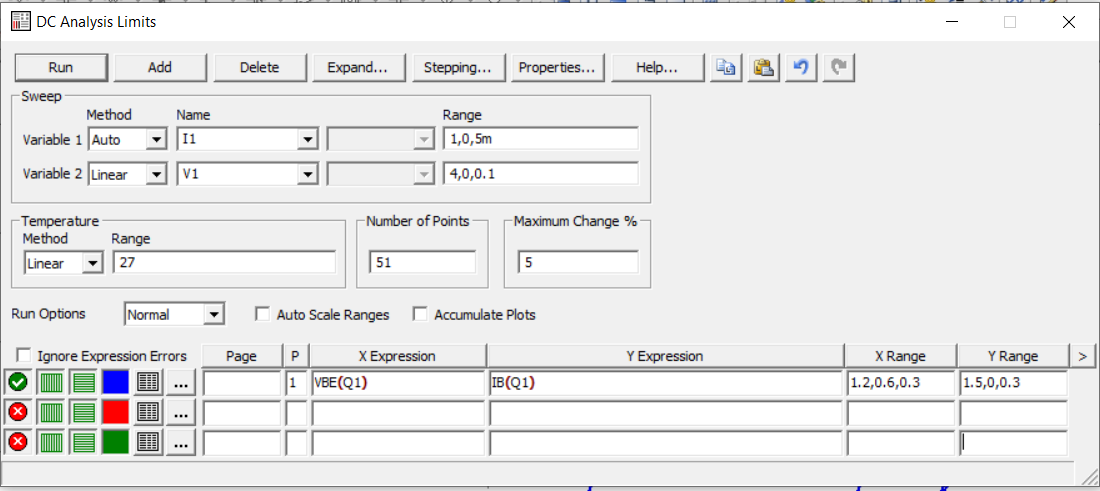


Рисунок 8 – Параметры DC анализа

Тогда результирующий график изображен на рисунке 9. На графике различимы только 3 ветви, но по заданным параметрам их 41. Первые две проходят раздельно и подписаны соответствующими им значениями напряжения база-эмиттер, оставшиеся ветви сливаются вместе и неразличимы на графике.

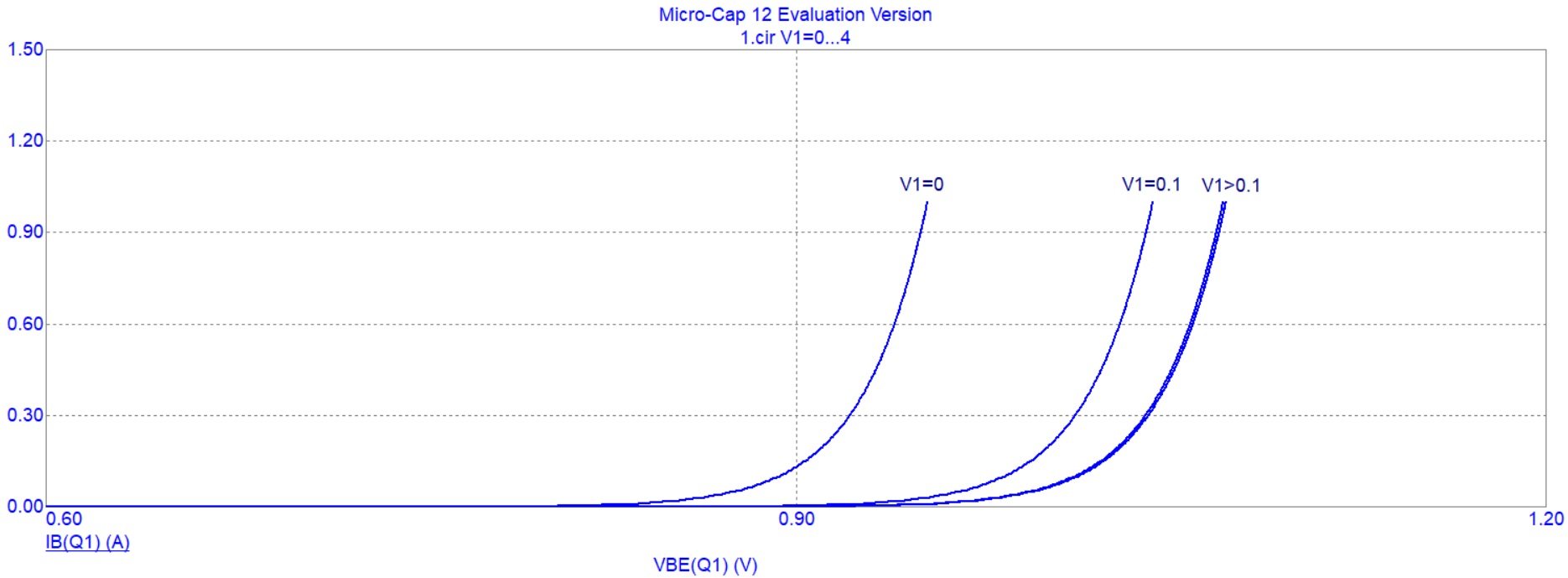


Рисунок 9 – Входные ВАХ

**Задание 2**

Для расчета номиналов элементов усилительного каскада на биполярном транзисторе с общим эмиттером необходимо собрать данную схему. Схема показана на рисунке 10.

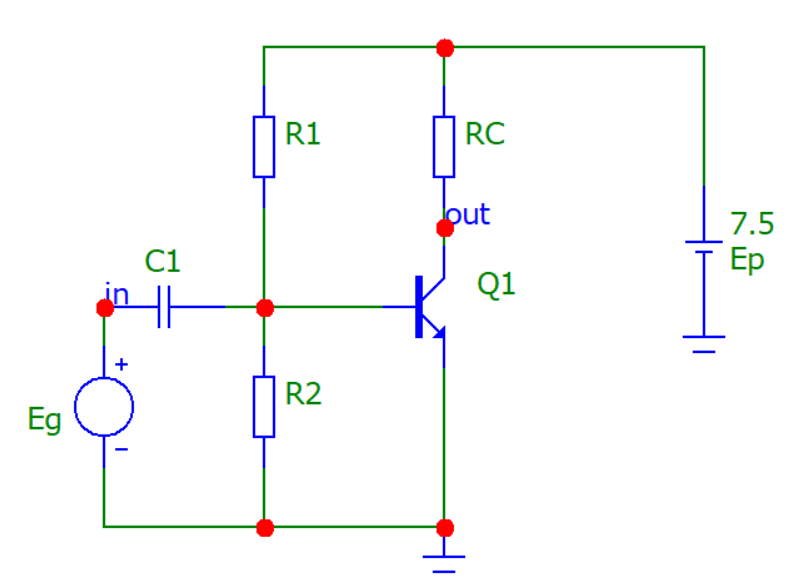


Рисунок 10 – схема усилительного каскада с общим эмиттером и делителем

В рамках варианта даны напряжение источника и частота сигнала . Необходимо найти амплитуду , параметры резисторов делителя и .

Для нахождения неизвестных нужно выбрать кривую из семестра выходных ВАХ, которая находится выше остальных, при условии, что она лежит не в запрещенной области (в незаштрихованной области). Такая ветвь соответствует току базы . Выбранная ветвь обозначена на рисунке 11.

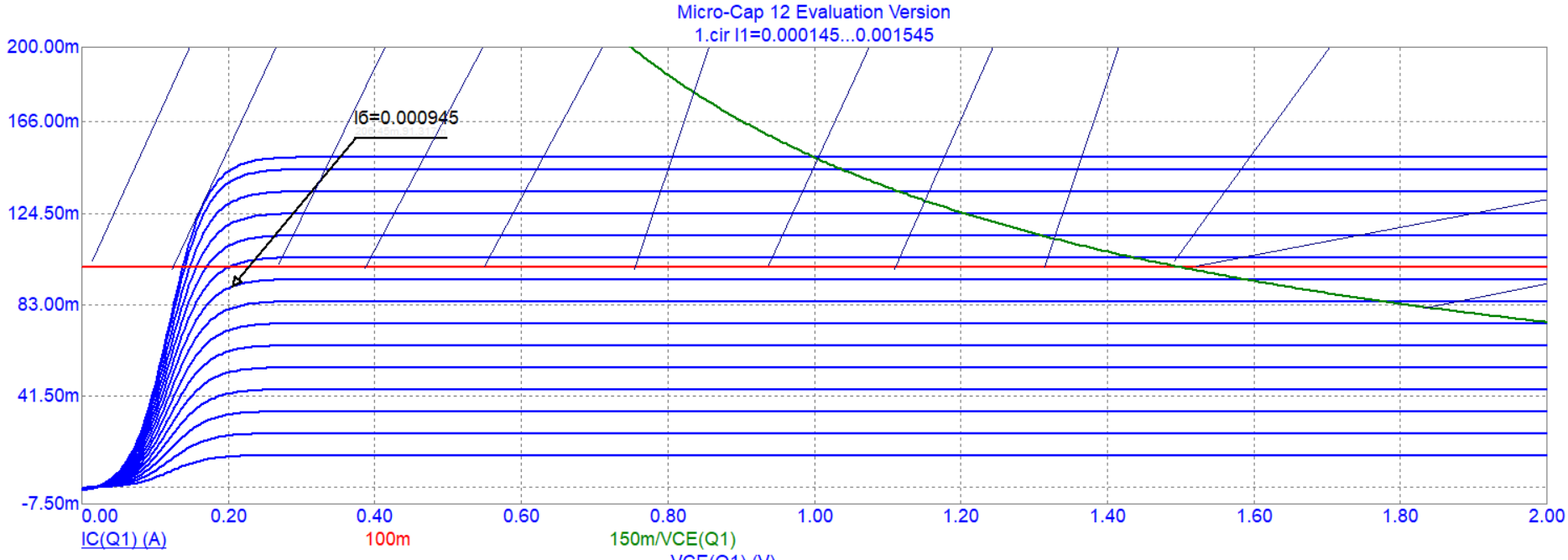


Рисунок 11 – Выбранная выходная ВАХ с соответствующим параметром тока базы

Затем необходимо определить напряжение база-эмиттер минимальное, максимальное, среднее и амплитуду - соответственно. Для этого необходимо на входной ВАХ, соответствующей входному напряжению , ограничить линейный участок. Значения напряжения база-эмиттер минимальное, максимальное и линейный участок входной ВАХ показаны на рисунке 12.

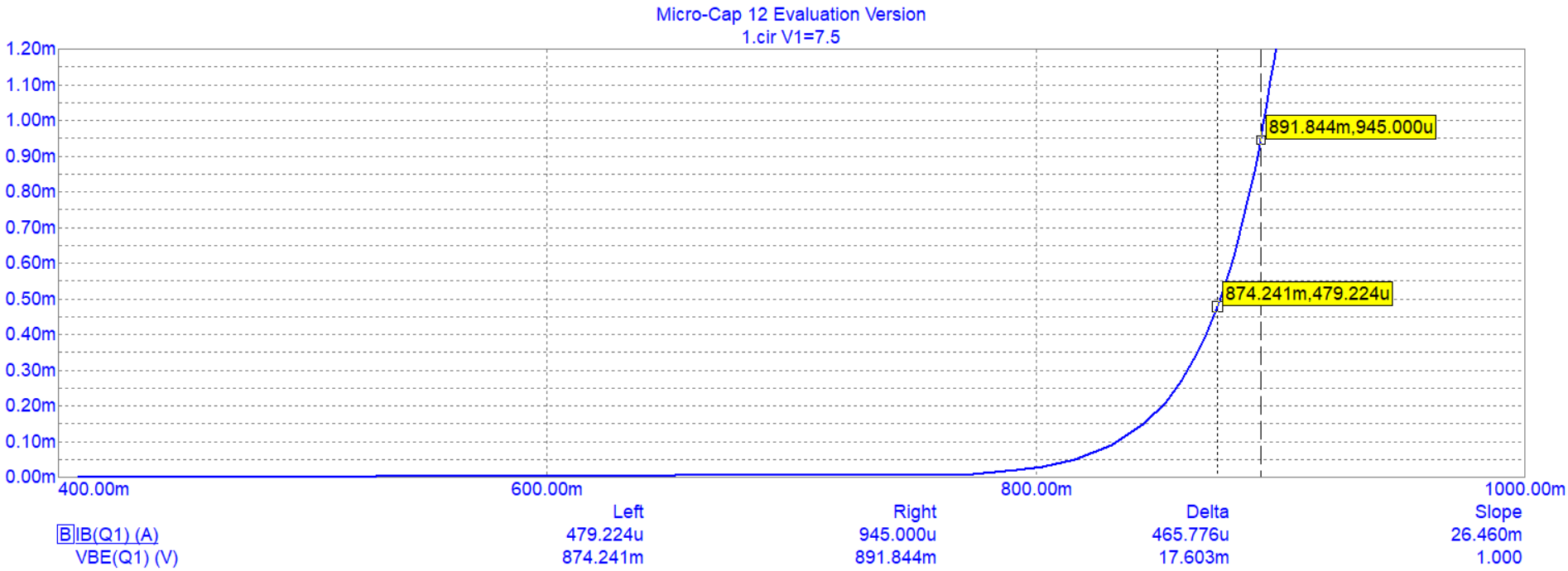


Рисунок 12 – линейный участок входной ВАХ и минимальное и максимально значение напряжения база-эмиттер

Тогда получается, а значит .

Для определения сопротивления необходимо провести нагрузочную прямую. Она представлена на рисунке 13 черным цветом. Прямая пересекает ось абсцисс в точке ­.

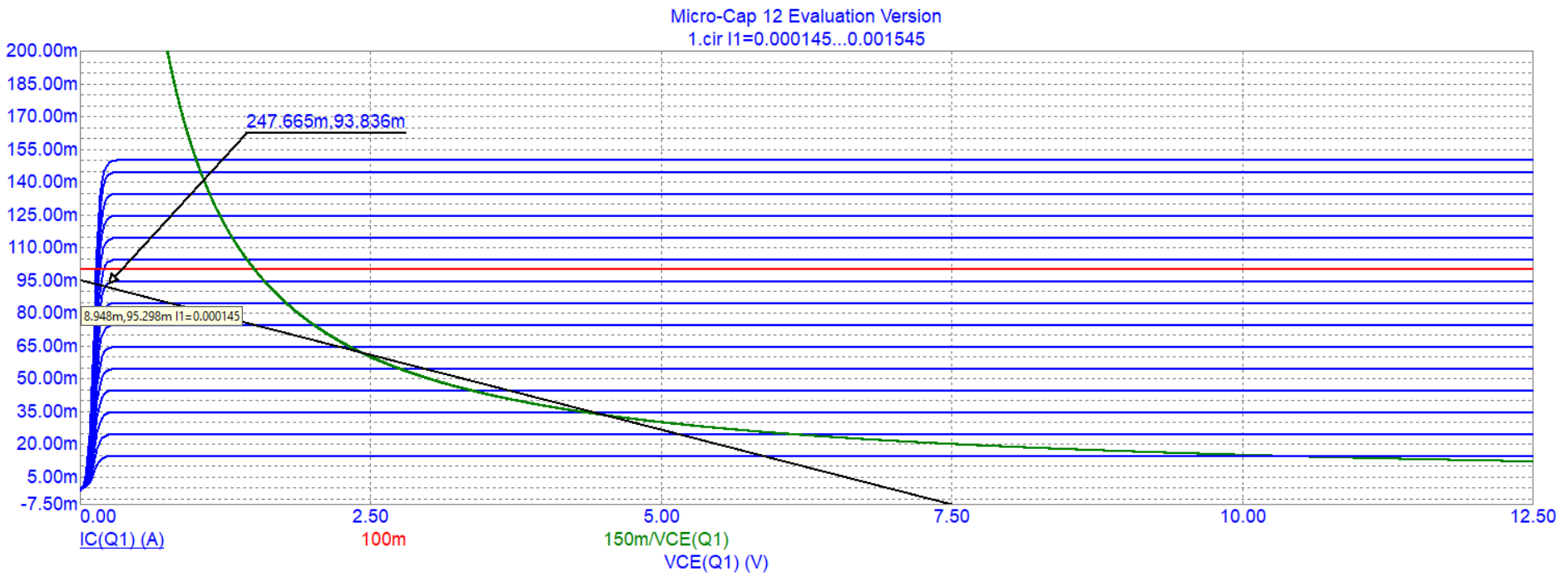


Рисунок 13 – Нагрузочная прямая

Ток: . Он определяется как ток точки пересечения оси ординат и нагрузочной прямой.

Тогда сопротивление равно отношению входного напряжения к данному току: .

Затем необходимо вычислить номиналы резисторов делителя. Для этого необходимо воспользоваться формулой ­. Пусть , тогда по формуле второй резистор будет иметь сопротивление .

Следовательно, все неизвестные параметры цепи найдены:

­

На рисунках 14 и 15 представлены заполненные параметры схемы.

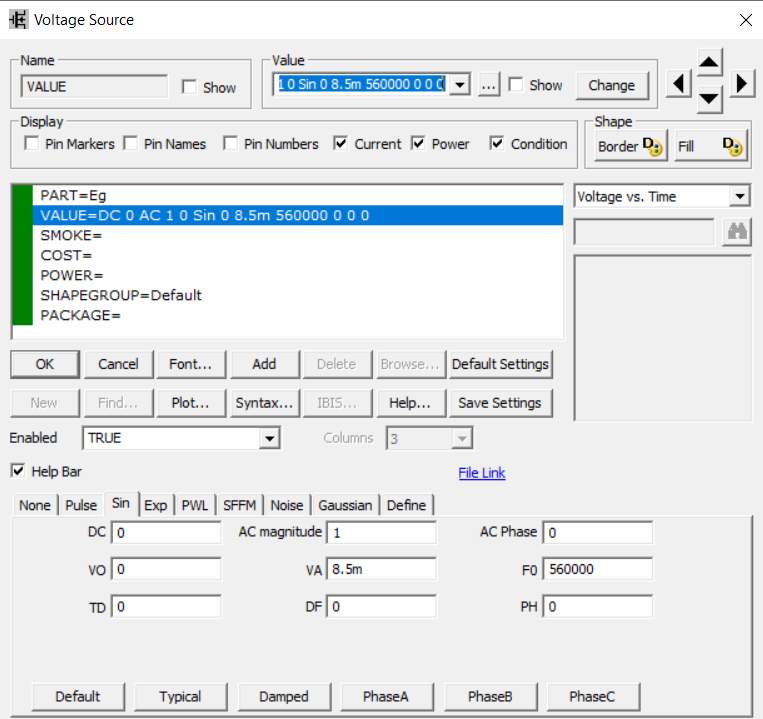


Рисунок 14 – параметры источника

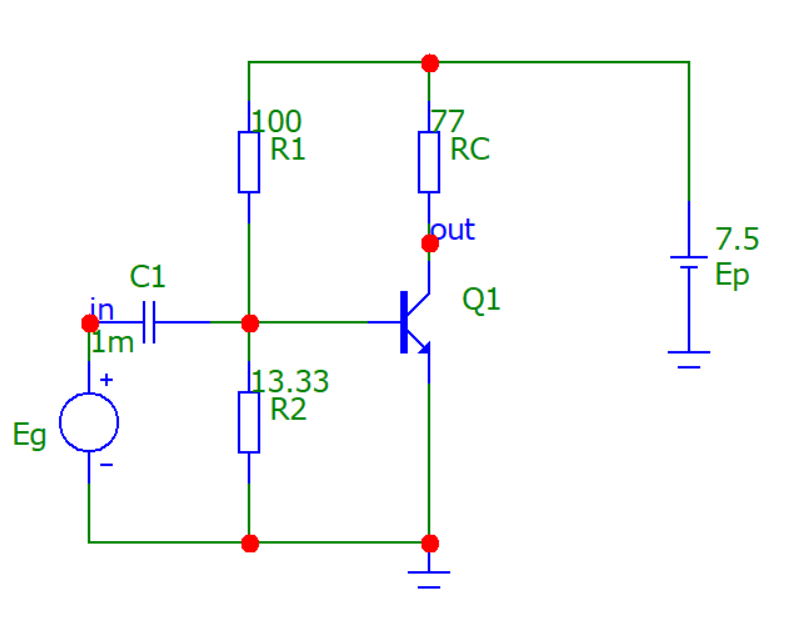


Рисунок 15 – Общий вид схемы с заполненными значениями

Далее необходимо провести анализ схемы на предмет удовлетворения требованиям по амплитуде напряжения выходного сигнала, коэффициенту усиления усилительного каскада по мощности и коэффициенту нелинейных искажений выходного сигнала. Для получения требуемых параметров необходимо провести анализ переходных процессов.

Оценка времени выполнения анализа и шага: . Тогда шаг в 1000 раз меньше: .

Параметры анализа переходных процессов представлены на рисунке 16.

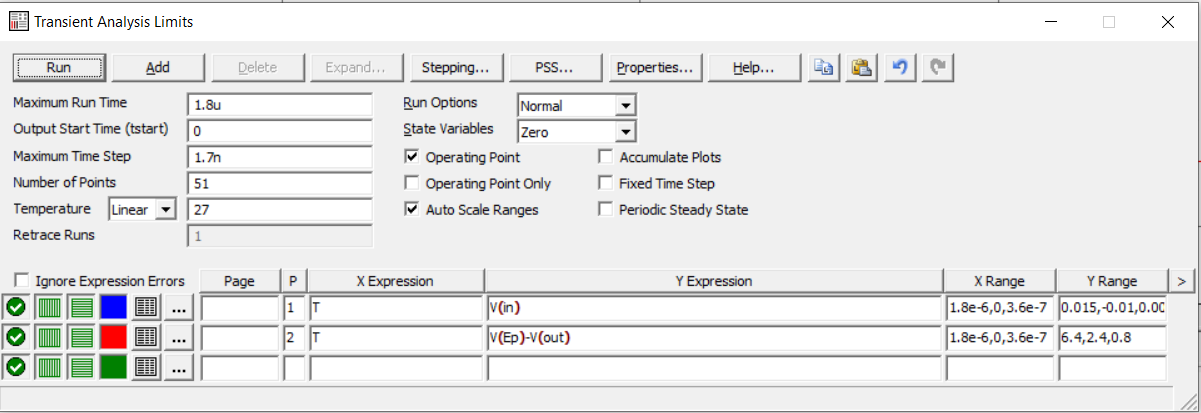


Рисунок 16 – Параметры transient analysis

Графики входного и выходного сигналов представлены на рисунке 17. Синим показан график управляющего сигнала, красным – выходной сигнал. На графиках показаны размахи соответствующих сигналов.

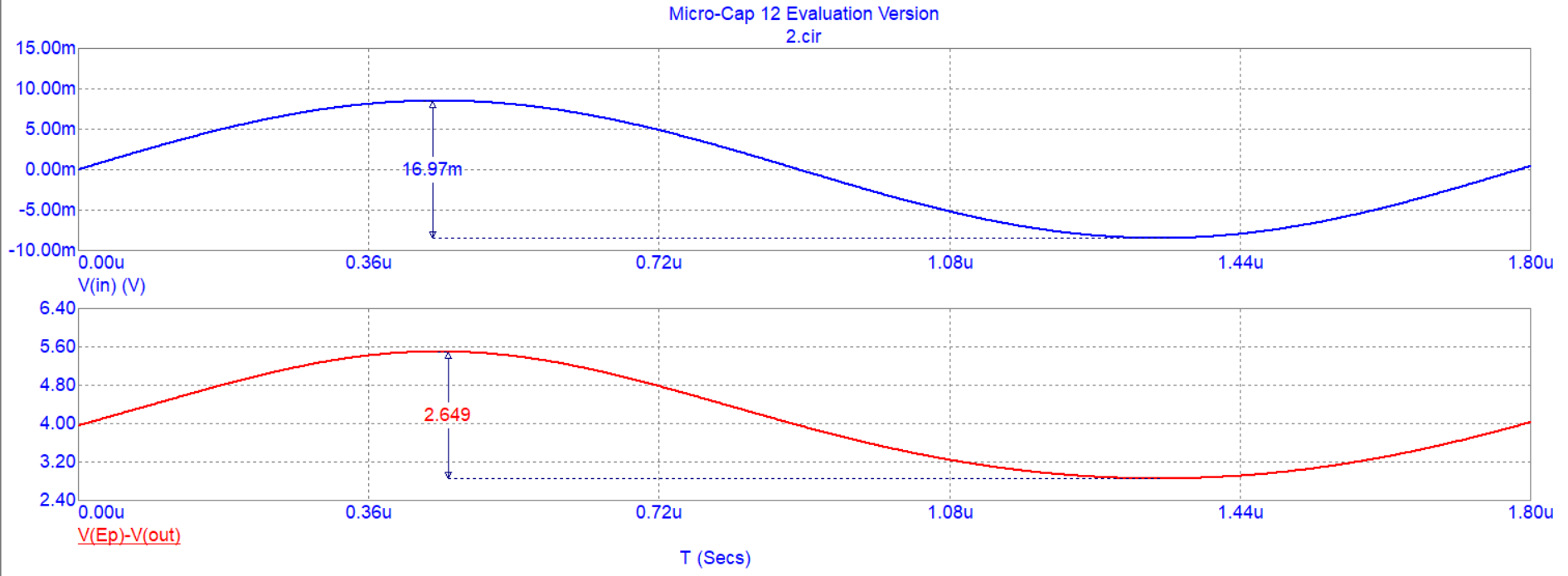


Рисунок 17 – Осциллограммы входного и выходного сигналов

Полученная амплитуда входного сигнала , амплитуда выходного сигнала – . Тогда отношение амплитуды выходного сигнала к напряжению питания . Значение больше 15%, следовательно, первое требование выполнено.

Для определения коэффициента усиления необходимо подключить нагрузку (выбран резистор в 1 кОм) и выполнить динамический AC анализ. Анализ показан на рисунке 18.

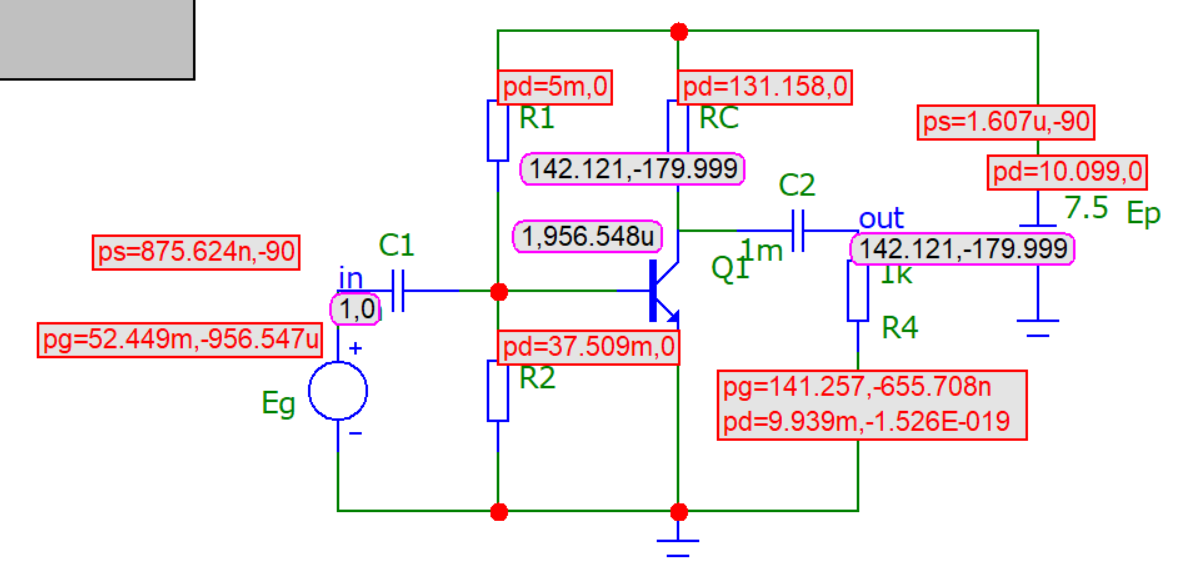


Рисунок 18 – Dynamic AC analysis

Тогда входная мощность будет определена как , а выходная – . Следовательно, коэффициент усиления . Переводя в децибелы, . Значение больше порога в 20 децибел, а значит, выполняется второе требование.

Спектр входного и выходного графиков, а также искажения представлены на рисунке 19 зеленым, оранжевым и черным соответственно.

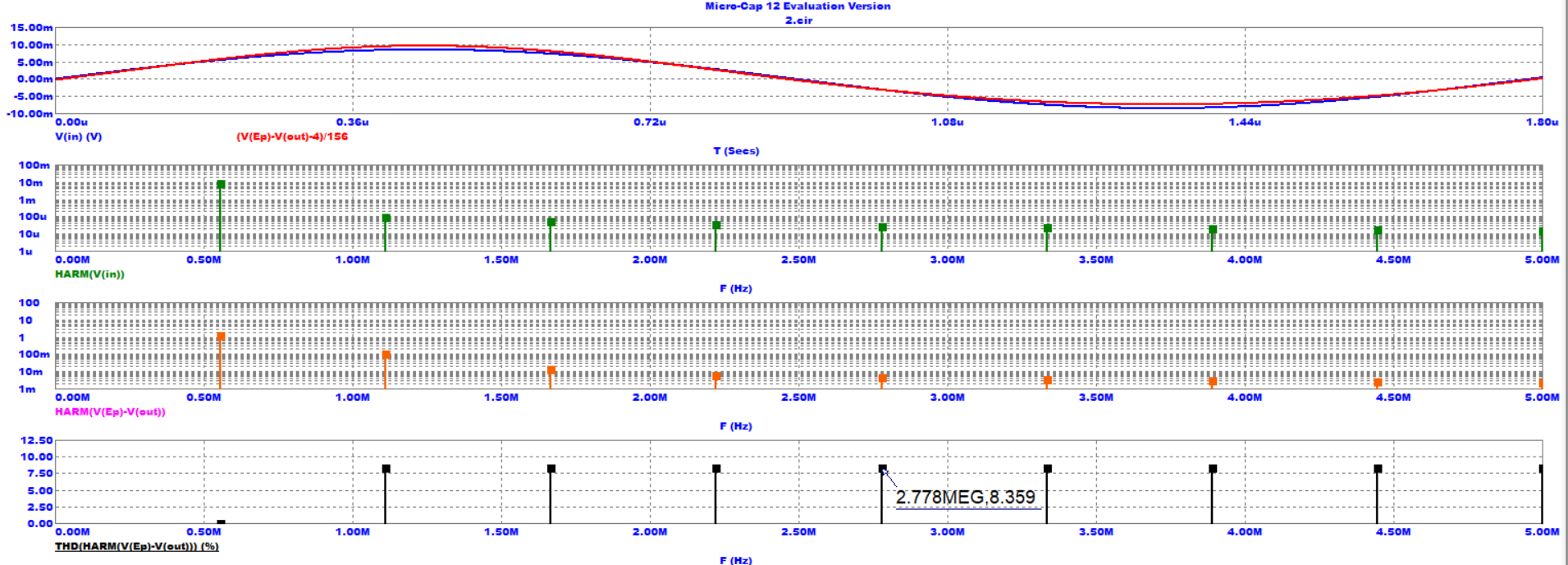


Рисунок 19 – спектры сигналов и искажения

Как видно из графика, искажения составляют 8.3%, что меньше порога в 15% требуемых. Следовательно, третье требование выполнено.

**Вывод**

В первом задании были построены семестра входных и выходных ВАХ биполярного транзистора по варианту. В соответствии с параметрами транзистора по варианту изображена область запрещенного режима работы по максимально допустимому току и максимальной мощности .

В втором задании найдены искомые параметры схемы усилительного каскада с общим эмиттером и делителем на основе предложенного транзистора:

Выбрана наиболее оптимальная ВАХ, соответствующая току базы , построена нагрузочная прямая. Построены осциллограммы входного и выходного сигналов, спектры сигналов и искажения. В результате усилительный каскад имеет следующий характеристики:

* амплитуда напряжения выходного сигнала: 18% от напряжения питания;
* коэффициент усиления усилительного каскада по мощности: 23Дб;
* коэффициент нелинейных искажений выходного сигнала: 8%.

**Список использованных материалов**

1. Вариант: модель транзистора, напряжение питания и частота входного сигнала;

2. Справочная таблица с основными параметрами заданных по варианту транзисторов;

3. Библиотека моделей отечественных транзисторов для программы Micro-Cap

4. Инструкция по установке библиотеки моделей отечественных транзисторов;

5. Учебник с графоаналитическим методом расчета усилительного каскада.