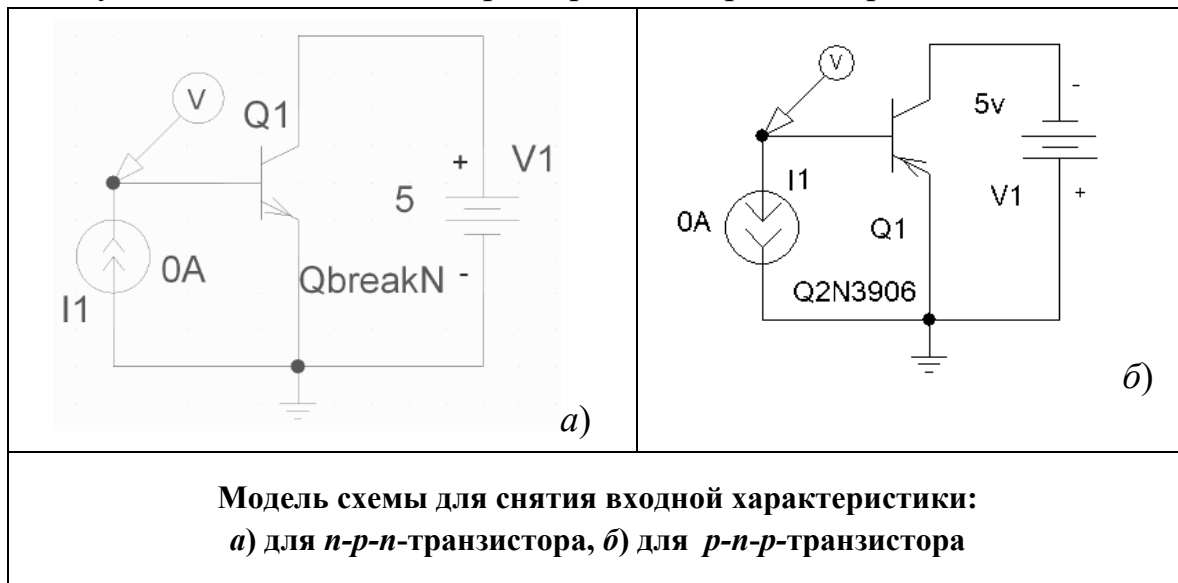


Алгоритм работы при снятии ВАХ транзистора

1. С помощью программы *Schematics*, входящей в состав *DesignLab 8.0*, собрать схему для снятия входной характеристики транзистора.

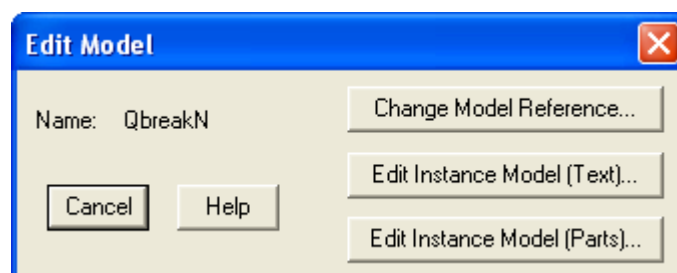


Базовый ток в модели задается источником тока $IDC - I_1$, напряжение коллектор-эмиттер задается источником напряжения $VDC - V_1$. Напряжение на базе фиксируется с помощью маркера V . Для *p-n-p* транзистора (*QbreakP*) полярность включения источников – противоположная (б).

2. Сохранить схему в рабочей папке, например, D:\Student, под именем, например, Схема1.sch, с расширением sch.

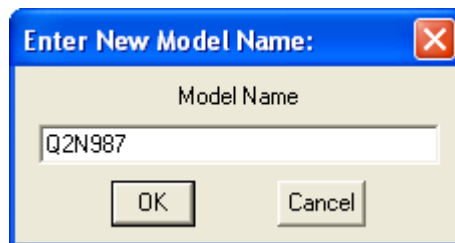
Внимание: Имя папки и имя файла должны быть короткими и состоять только из цифр и латинских букв (кириллица не допускается).


3. Щелкнуть на транзисторе левой кнопкой мыши (ЛКМ), при этом он окрасится. Войти в диалог **Edit – Model...** (редактировать модель...).

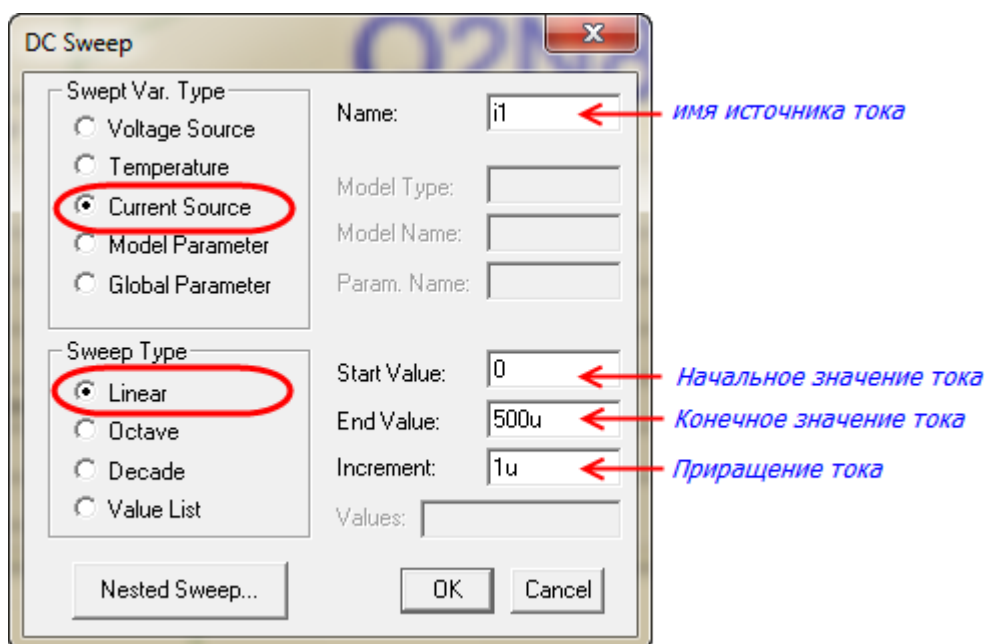
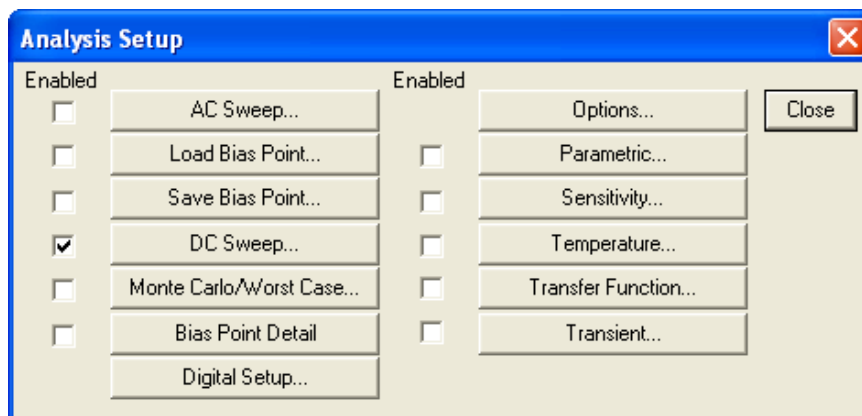



В открывшемся окне войти в диалог **Change Model Reference...** (изменить ссылку на модель...).

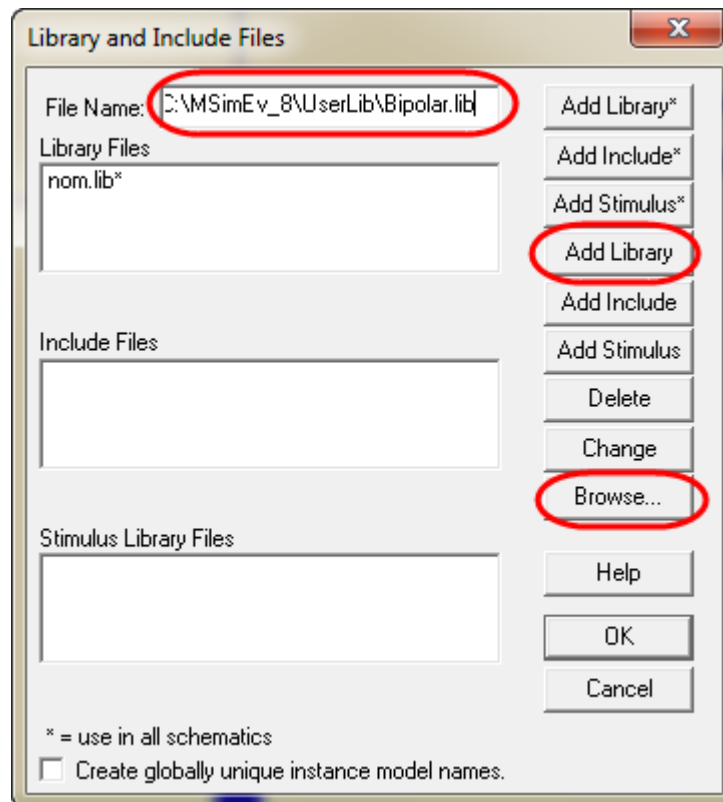
4. В новом окне заменить имя *QbreakN* (для *p-n-p* транзистора *QbreakP*) на имя модели нужного транзистора, например Q2N987 (допустимы только латинские буквы).



5. Войти в диалог *Analysis – Setup...* (или иконка ) , отключить режим расчета схемы по постоянному току *Bias Point Detail* и установить режим расчета статических характеристик *DC Sweep...*:




6. Войти в диалог *Analysis – Simulate* (или F11, или иконка ) и получить входные характеристики. Если ошибок нет – перейти к п. 11.
7. Если возникает ошибка *Model type unknown* (неизвестен тип модели), но известно, что данная модель имеется в файле, допустим *Bipolar.lib*, который хранится в папке, например *C:\MSimEv_8\UserLib*, то надо действовать так:
- войти в интерфейсный диалог *Analysis – Library and Include Files....*

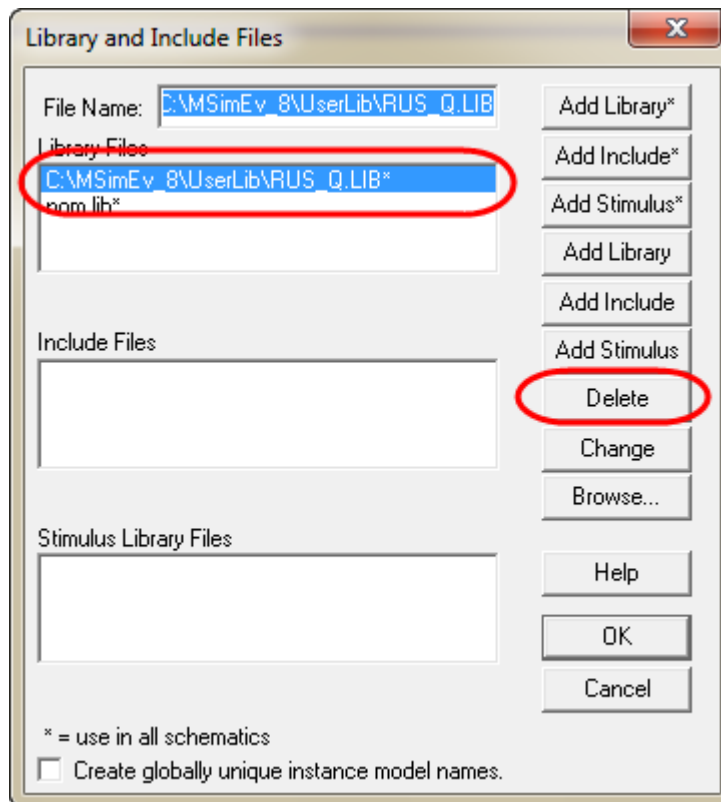



- с помощью команд ***Browse...*** и ***Add Library*** подключить библиотеку пользователя, включающую данную модель.

Если такой библиотеки нет, то с помощью любого текстового редактора предварительно создается файл с моделью транзистора (если известны параметры модели), который потом подключается, как описано выше.

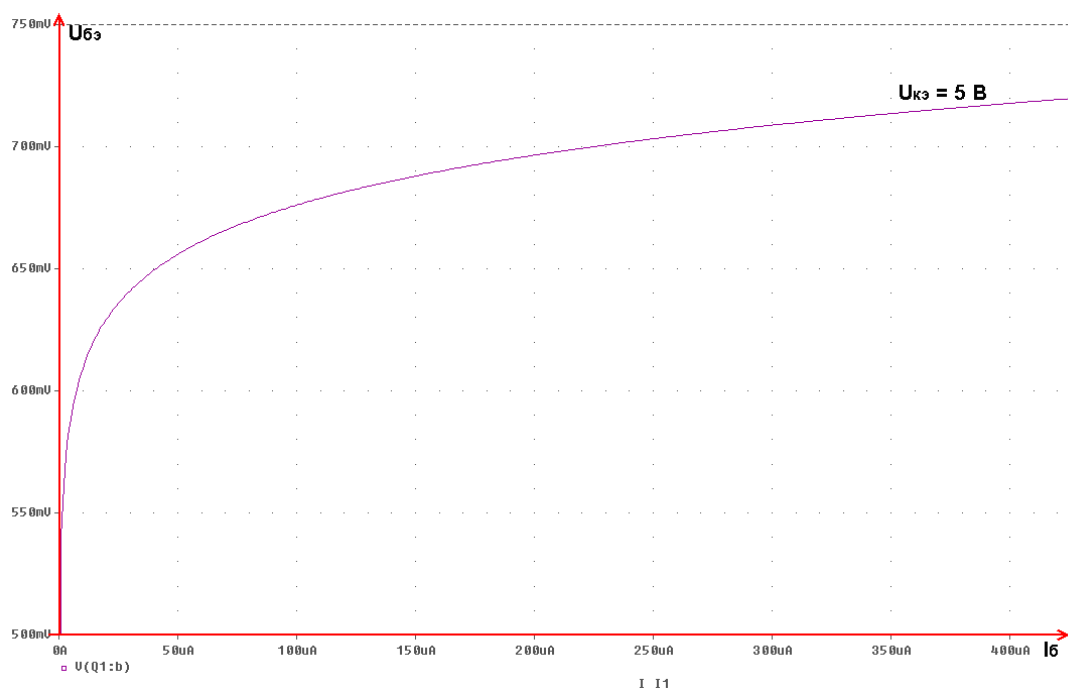
Можно, не создавая файл модели транзистора, просто ввести все параметры модели (если они известны) с помощью команды ***Edit - Model - Edit instance model (text)....***

8. Снова войти в диалог ***Analysis – Simulate*** (или F11, или иконка ) и получить входные характеристики. Если ошибок нет – перейти к п. 11.
9. Если возникает ошибка ***Cann't open file*** (не могу открыть файл) или ***Can't find library*** (не могу найти библиотеку), то в интерфейсном диалоге ***Analysis – Library and include files...*** с помощью команды ***Delete*** исключить из приведенного списка этот файл или библиотеку.

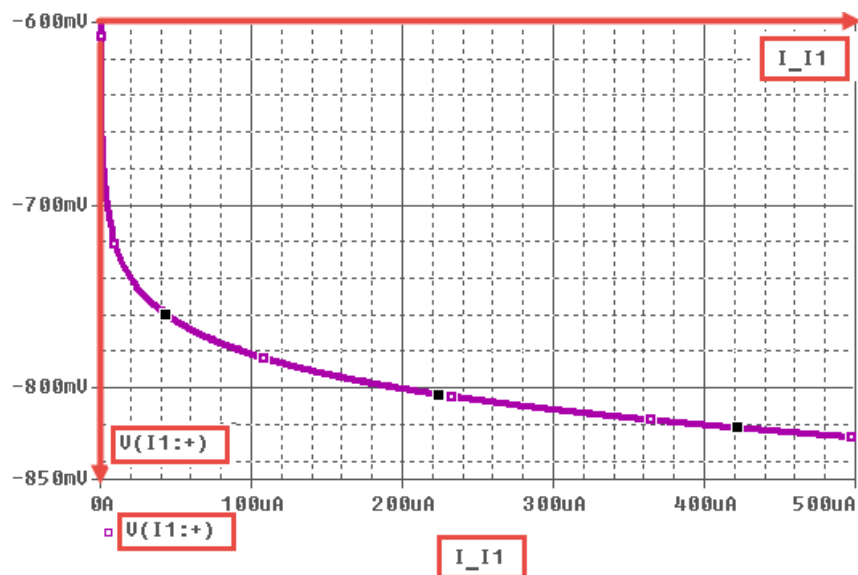


10. Снова войти в диалог **Analysis – Simulate** (или F11, или иконка ) и получить входную характеристику.

11. Затем следует изменить масштаб по оси Y, для чего, дважды щелкнув ЛКМ слева от оси, и, поставив галочку в графе **User Defined**, установить нужные пределы изменения напряжения база-эмиттер. (Надо оставить ту часть характеристики, где ток отличен от нуля). На характеристике (можно с помощью программы SnagIt) необходимо провести оси и отметить режим измерений ($U_{кэ}$), а затем надо сохранить полученную характеристику.

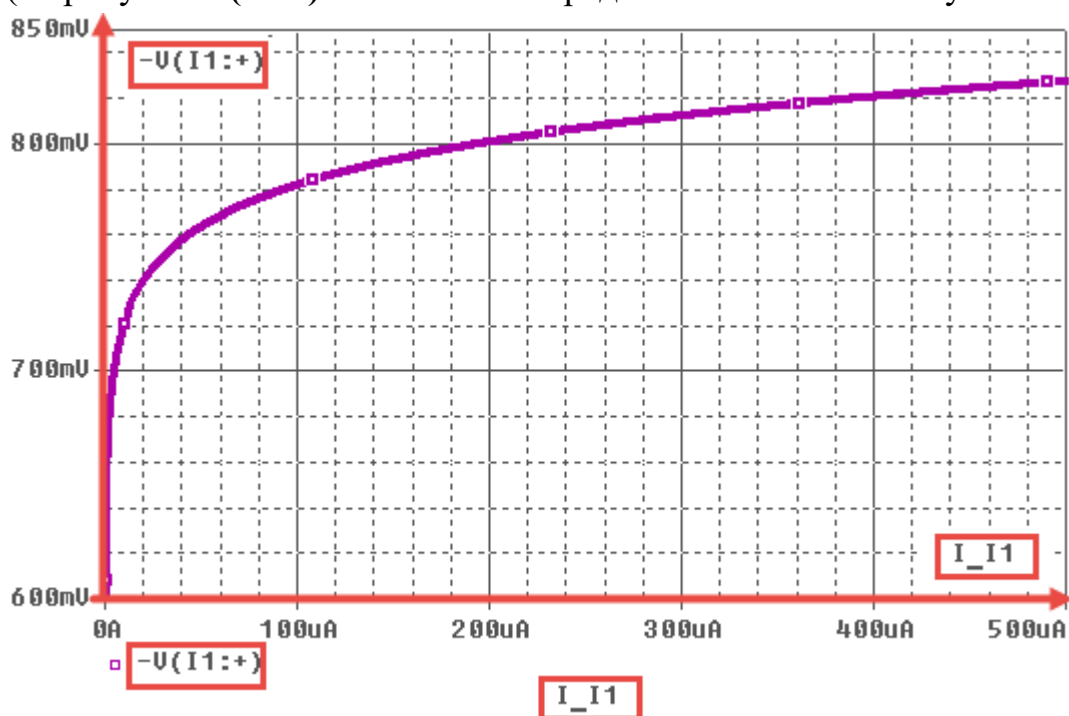


Полученная входная характеристика для *n-p-n*-транзистора



Полученная входная характеристика для $p-n-p$ -транзистора

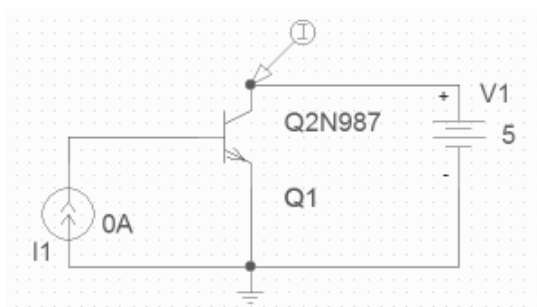
Полученная входная характеристика для $p-n-p$ -транзистора оказалась в четвертой четверти, так как напряжение база-эмиттер отрицательное. Чтобы перенести характеристику в привычную первую четверть надо ЛКМ щелкнуть на название ординаты (на рисунке $V(I1: +)$) и поставить перед названием знак минус.



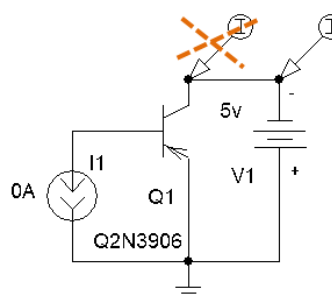
Перевернутая входная характеристика для $p-n-p$ -транзистора

Не забудьте изменить и знаки и значения диапазона по оси Y. И обратите внимание на то, что ось напряжения база-эмиттер со знаком минус. Все дальнейшие расчеты можно проводить аналогично как и для $n-p-n$ -транзистора.

12. Для снятия выходных характеристик необходимо немного изменить схему в соответствии с рисунком.




Модель схемы для снятия выходных характеристик *n-p-n*-транзистора

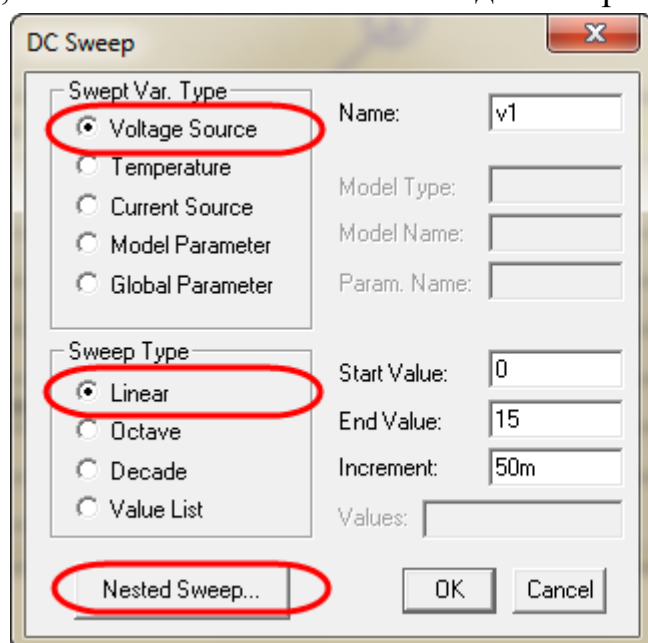


Модель схемы для снятия выходных характеристик *p-n-p*-транзистора

Базовый ток задается источником тока $IDC - I_1$. Напряжение коллектор-эмиттер меняется с помощью источника напряжения $VDC - V_1$. Коллекторный ток фиксируется с помощью маркера I , который подключается непосредственно к выводу коллектора *n-p-n*-транзистора. Для *p-n-p*-транзистора полярность включения всех источников – противоположная. И маркер тока подключается к выводу источника питания, как показано на картинке, чтобы исключить попадание выходных характеристик в четвертую четверть. Для *p-n-p*-транзистора необходимо помнить, что напряжение коллектор-эмиттер отрицательное.

13. Сохранить новую схему в той же папке под новым именем, например, Schema2.sch .

14. Войти в диалог *Analysis – Setup...* (или иконка ) и установить режим *DC Sweep*, чтобы снять семейство выходных характеристик транзистора.



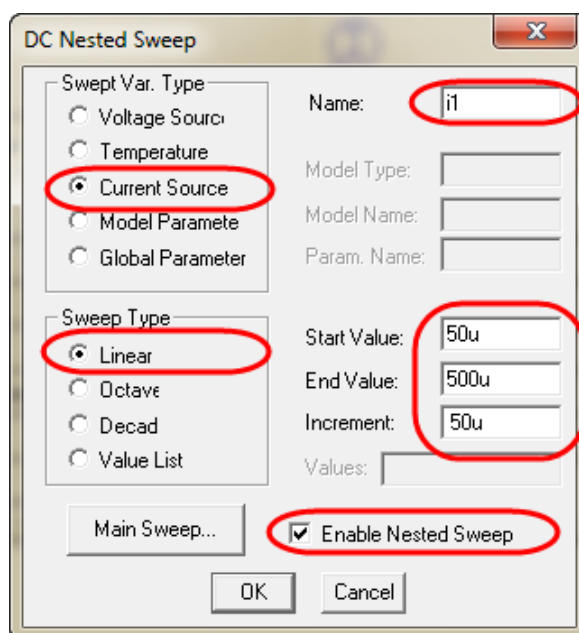
Имя источника


Начальное значение напряжения

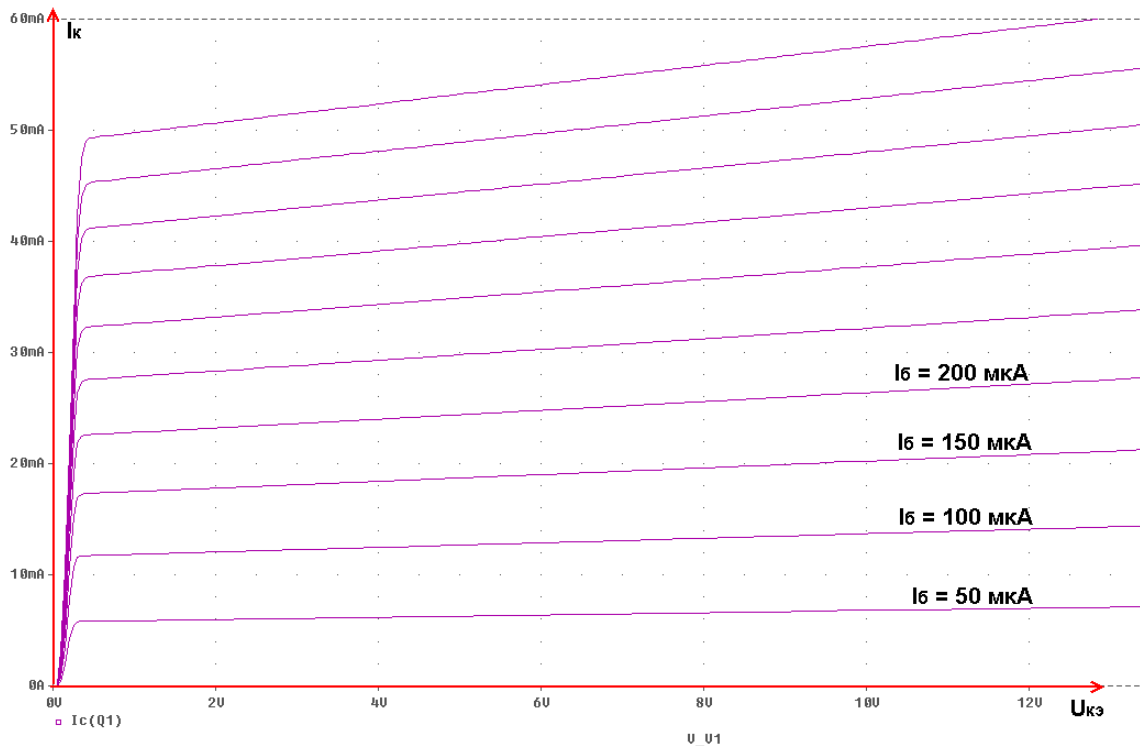
Конечное значение напряжения





Приращение напряжения

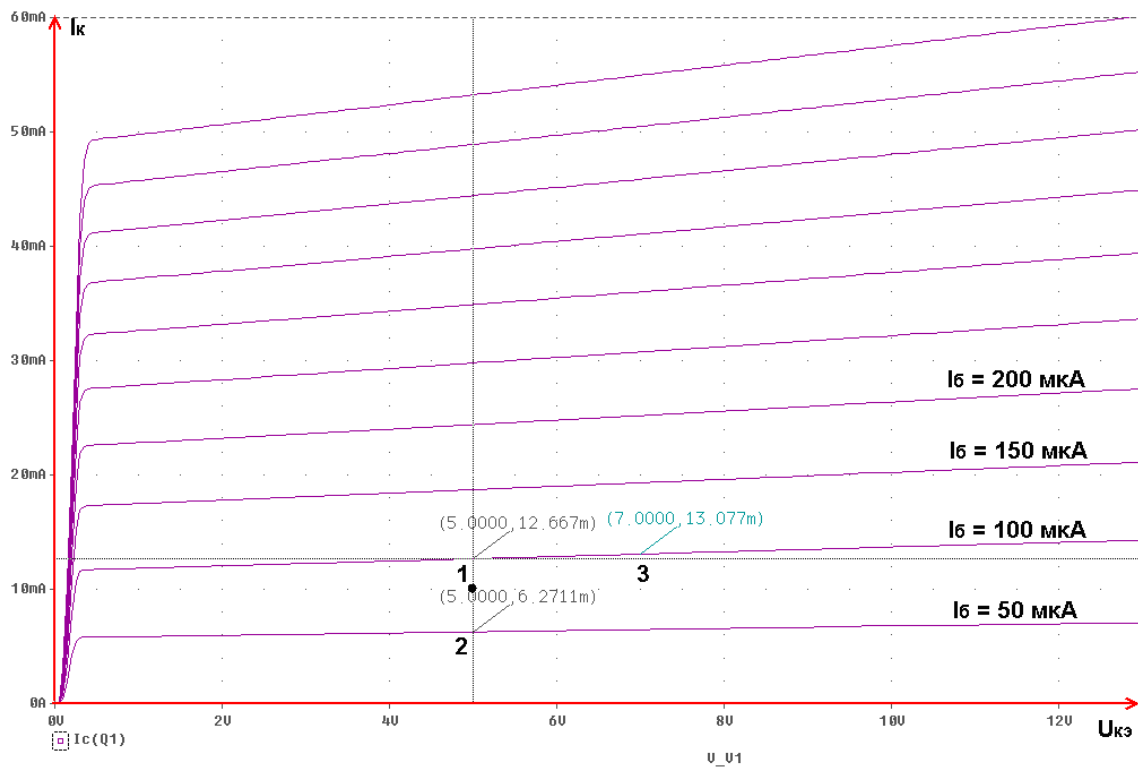
Затем войти в режим *Nested Sweep...*, установить режим и пределы изменения базового тока и поставить галочку в графе *Enable Nested Sweep*. В данном примере базовый ток, задаваемый источником I_1 , меняется от 50мкА до 500мкА с шагом 50мкА.



15. Войти в диалог *Analysis – Simulate* (или F11, или иконка ) и получить семейство выходных характеристик. Для p-n-p транзистора характеристики расположены в 4 четверти. Для получения их в первой четверти надо дважды щелкнуть ЛКМ на названии графика ($I_c(Q1)$ под характеристиками) и в открывшемся окне добавить знак «-» в командной строке *Trace Expression* перед названием графика: $-I_c(Q1)$. Сохранить полученные характеристики.
16. Далее необходимо провести и обозначить оси (можно с помощью программы SnagIt) и указать для каждой характеристики режим измерений (I_0).



17. Все полученные характеристики и схемы (файлы Schema1.sch и Schema2.sch) надо сохранить.
18. На характеристиках необходимо отметить выбранную ранее рабочую точку и определить в ней малосигнальные параметры транзистора. Если выбранная точка расположена вне всех характеристик, следует задать другой диапазон изменения базового тока.
19. Выбранная рабочая точка наносится на выходные характеристики, а на входную характеристику переносится по соответствующему значению тока базы.
20. Для определения параметра h_{11} на входной характеристике надо определить на линейном участке координаты двух близко расположенных точек (можно воспользоваться электронным курсором  и затем пиктограммой **Mark Label** ) или провести через рабочую точку касательную и определить h_{11} из полученного треугольника.
21. При определении параметров h_{21} и h_{22} для фиксирования значений тока и напряжения в точках 1, 2, 3 можно воспользоваться электронным курсором  и затем пиктограммой **Mark Label** , как показано ниже.



$$h_{21э} = \frac{12.667 - 6.271}{0.05} = 127.9,$$

$$h_{22э} = \frac{13.077 - 12.667}{7 - 5} = 0.205 \text{ мСм.}$$

22. Полученное значение $h_{21э}$ надо сравнить со справочными значениями для заданного транзистора (оно должно быть внутри указанного в справочнике технологического диапазона для коэффициента передачи тока).