

## Лабораторная работа № 4 ДО

### ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

*Методические указания по выполнению лабораторной  
работы в среде OrCad 9.2»*

1. В операционной системе «Windows» под управлением программы «Schematics» собрать схему для снятия входных вольтамперных характеристик биполярного транзистора (рис. 1).

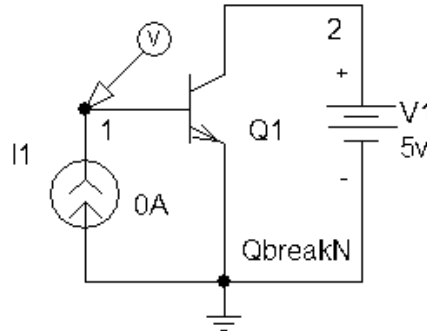


Рис. 1. Схема для снятия входной ВАХ транзистора

Для сборки схемы в библиотеке элементов выбрать:

- источник постоянного тока (модель IDC),
- источник постоянного напряжения (модель VDC),
- идеальный транзистор (модель QbreakN),
- узел нулевого потенциала (EGND).

**Внимание:** Для упрощения процесса сборки можно воспользоваться прилагаемым файлом *BAX\_OE.sch*, поместить его в рабочую, а затем из программы Schematics просто его открыть.

- Для транзистора установить заданный в рабочем задании коэффициент усиления  $\beta$ . Для этого щелкнуть транзистор один раз (он окрасится). Войти в интерфейсный диалог *Edit - Model - Edit instance model (text)...* (рис.2). В окне параметров модели транзисторов ввести коэффициент  $B_f$  с заданным значением  $\beta$  (как например, на рис.2  $\beta=35$ ).

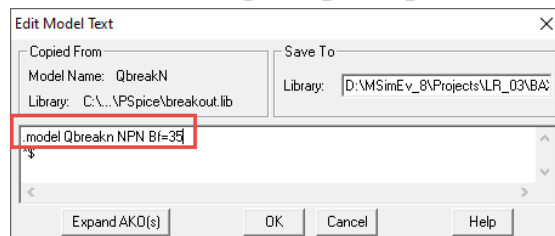


Рис. 2. Ввод коэффициента усиления транзистора  $\beta$

- Схему необходимо сохранить в рабочей папке. **Имя папки и файла не должно содержать кириллицы.**

2. Снять входную характеристику биполярного транзистора  $U_{бэ}(I_б)$  при фиксированном значении напряжения  $U_{кэ}=5В$ .
  - Для вывода напряжения  $U_{бэ}$  подключить маркер напряжения (*Markers - MarkVoltage - Level*) к базе транзистора (узел 1 на рис.1);
  - Установить режим расчета входной характеристики (*Analysis/Setup/DC Sweep...*) и параметры анализа как показано на рис.3. Параметр **End Value** (конечное значение тока источника i1) установить на уровне  $(3...5)I_б$ , где  $I_б$  – рассчитанное в подготовке к работе значение базового тока для схемы усилительного каскада ОЭ. А **Increment** (приращение) составляет  $(0,01...0,001)End Value$ .

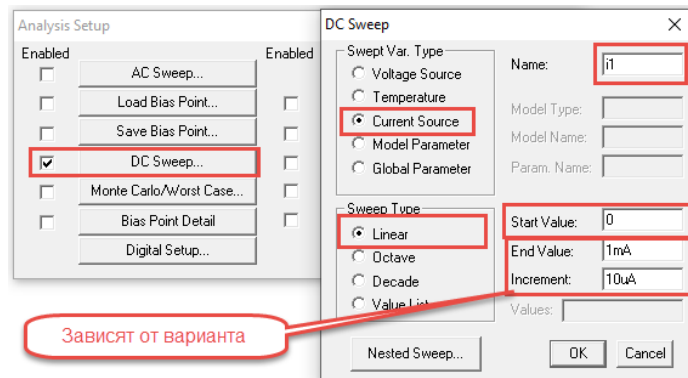


Рис. 3. Задание параметров для расчета входной ВАХ транзистора

- После выхода из диалога *DC Sweep...* отключить режим расчета схемы по постоянному току *Bias Point Detail*.
- Произвести расчет (*Analysis - Simulate* или *F11*) и получить (рис.4) входную характеристику  $U_{бэ}(I_б)$ .

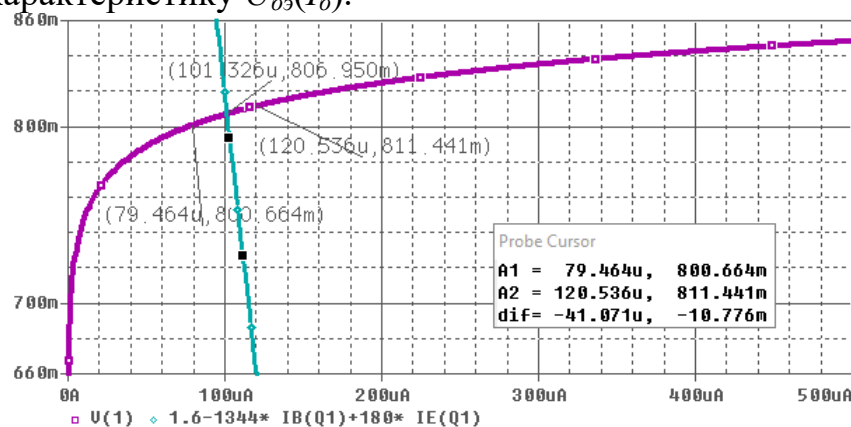


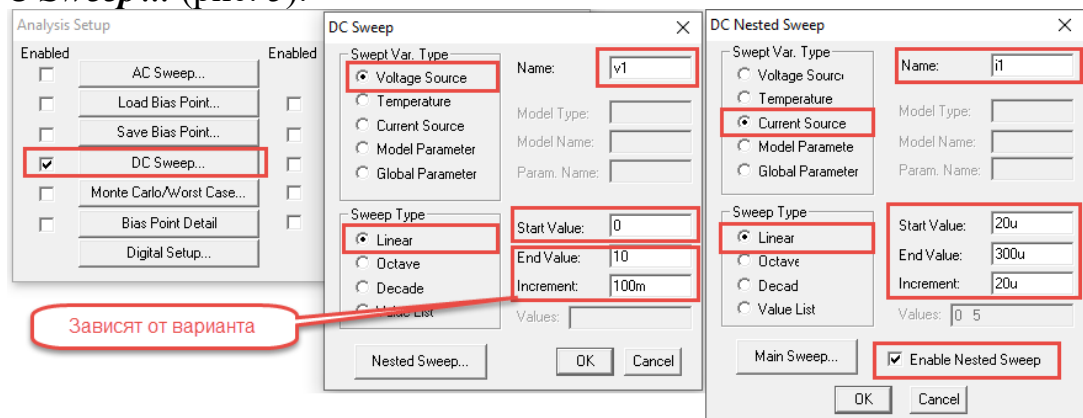
Рис. 4. Входная характеристика транзистора с линией нагрузки

3. По входной характеристике для  $U_{кэ}=5В$  для схемы усилительного каскада ОЭ (см. рабочее задание) графически определить базовый ток транзистора  $I_б$  и напряжение  $U_{бэ}$ .
  - Не выходя из программы *Probe* войти в интерфейсный диалог *Trace - Add* и нанести на график линию нагрузки  $U_{бэ}(I_б) = E_б - I_бR_б - I_эR_э$ , записав в окне *Trace Expression* следующее выражение (см. рис.4):

$$E_{см} - IB(VT) * R_б - (IB(VT) + IC(VT)) * R_э,$$

где  $E_{cm} = E_{\pi} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ ,  $R_6 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  и  $R_3$  – конкретные числа.

- По координатам точки пересечения линии нагрузки и входной характеристики транзистора  $U_{бэ}(I_б)$  определить базовый ток  $I_б$  и напряжение база-эмиттер  $U_{бэ}$ . Для этого удобно воспользоваться средствами *Tools – Cursor – Display*. Это делает доступным два курсора соответственно для левой и правой кнопок мыши. В окошке *Probe Cursor* первая колонка цифр – для оси абсцисс (X), вторая колонка для оси ординат (Y). Для более точных измерений любой элемент графика можно увеличить с помощью окна, доступного после команд *View – Area*. Размеры окна регулируются при нажатой левой кнопке мыши.
  - Для рабочей точки определить входное сопротивление транзистора для малого сигнала  $h_{11э} = \Delta U_{бэ} / \Delta I_б$ . Для нахождения приращений воспользоваться двумя курсорами. Разность отображается в третьей строке окна *Probe Cursor* (см. рис.4).
4. Снять семейство выходных характеристик  $I_k(U_{кэ})$ . Для расчета семейства выходных характеристик биполярного транзистора  $I_k(U_{кэ})$  необходимо задать режим расчета тока  $I_k$  при изменении напряжения  $U_{кэ}$  при фиксированных значениях тока базы  $I_б$ . Для этого:
- Установить маркер тока на коллектор транзистора *VT* для вывода тока  $I_k$ . Маркер напряжения удалить.
  - Установить режим расчета семейства выходных характеристик **DC Sweep...** (рис. 5).



**Рис. 5. Параметры расчета семейства выходных характеристик**

- Запустить систему на расчет и получить семейство выходных характеристик (рис. 6).
5. По снятым выходным характеристикам для усилительного каскада ОЭ (рис. 2) с параметрами, заданными в подготовке к работе, графически определить коллекторный ток транзистора  $I_k$  и напряжение  $U_{кэ}$ . Результат занести в табл. 2. Для рабочей точки определить коэффициент усиления транзистора для малого сигнала  $h_{21э} = \Delta I_k / \Delta I_б$ .

- Нанести на график линию нагрузки  $U_{кэ}(I_k) = E_{п} - I_k R_k - I_9 R_9$ , записав в командной строке окна *Trace Expression* следующее выражение:  $(E_{п} - V(V1)) / R_{\Sigma}$ , где  $E_{п}$  и  $R_{\Sigma} = R_k + R_9$  – числа, определяемые из параметров элементов схемы.

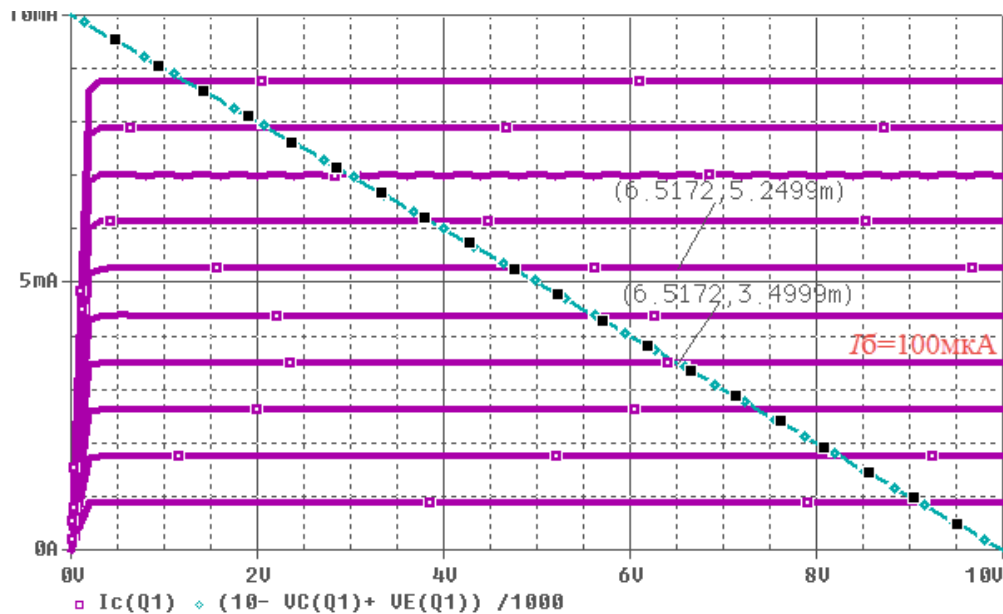


Рис. 6. Выходные характеристики транзистора с линией нагрузки

- Определить координаты точек пересечения линии нагрузки и выходной характеристики для базового тока  $I_{бА}$ , найденного в п. 3.
  - С помощью курсоров определить для двух соседних характеристик вблизи рабочей точки коллекторные токи при равных  $U_{кэ}$ . По этим данным рассчитать коэффициент усиления транзистора для малого сигнала  $h_{21Э} = \Delta I_k / \Delta I_b$ .
6. Собрать схему для расчета рабочего режима однокаскадного усилителя на биполярном транзисторе с общим эмиттером (рис. 7).

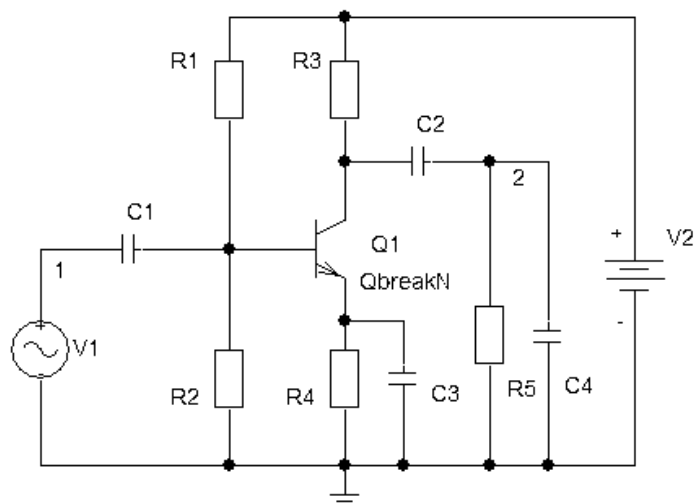
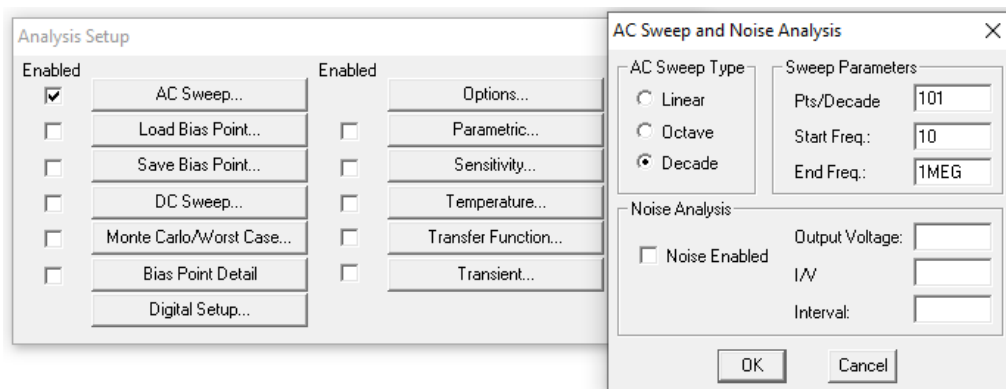


Рис. 7. Усилительный каскад с общим эмиттером  
 $C_1=5\mu\text{Ф}$ ,  $C_2=5\mu\text{Ф}$ ,  $C_3=50\mu\text{Ф}$ ,  $C_4=1\text{нФ}$ ,  $R_5=2\text{кОм}$ .

**Внимание:** Для упрощения процесса сборки можно воспользоваться прилагаемым файлом *Ampf\_OE.sch*, поместить его в рабочую папку, а затем из программы *Schematics* просто его открыть.

7. Определить режим схемы по постоянному току. Результат занести в табл. 2.
  - В исходной схеме (рис.7) установить параметры резисторов, конденсаторов и источника питания V2 в соответствии с вариантом.
  - Сохранить схему.
  - Установить режим расчета схемы по постоянному току (*Analysis – Setup – Bias Point Detail*).
  - Запустить программу расчета *PSpice (F11)*.
  - Определить потенциалы на базе, коллекторе и эмиттере транзистора, нажав на пиктограмму **V**. Рассчитать напряжения  $U_{бэ}$  и  $U_{кэ}$ .
  - Для определения токов нажать на пиктограмму **I**.
  - Сравнить результаты с расчетом в подготовке к работе. Существенное отличие говорит о том, что или домашний расчет проведен неправильно, или возникли ошибки при моделировании схемы.
8. Снять амплитудно-частотную характеристику усилителя, определить граничные частоты полосы пропускания и коэффициент усиления на средних частотах.
  - Отменить анализ по постоянному току и установить режим анализа по переменному току с параметрами, указанными на рис. 8.



**Рис.8. Параметры частотного анализа**

- К выходу усилителя (узел 2 на рис. 7) подключить маркер для измерения напряжения в дБ (*Markers – Mark Advanced – Vdb*).
- Запустить схему на расчет (F11) и получить амплитудно-частотную характеристику (рис. 9).
- С помощью электронных курсоров определить в области средних частот логарифмический коэффициент усиления  $LK_{u0}$  в децибелах (затем надо определить значение  $K_{u0}$  в **линейном масштабе**). На уровне  $-3\text{дБ}$  от значения  $LK_{u0}$  на средней частоте определить граничные частоты ( $f_H$  и  $f_B$ ). Для получения всех необходимых значений на одном графике следует

воспользоваться пиктограммой *Mark Label* , позволяющей ввести на экран координаты точки, помеченной курсором.

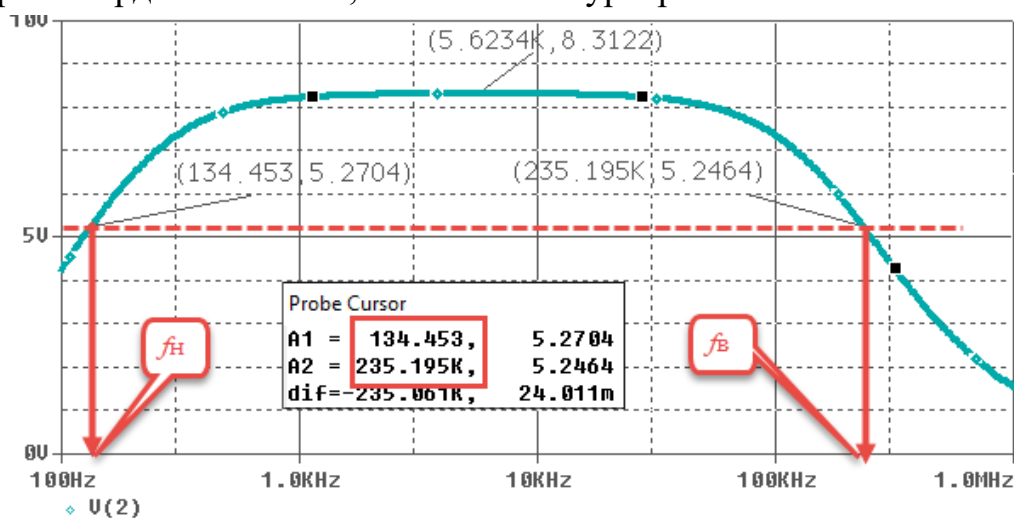


Рис. 9. АЧХ усилителя

9. Отключить конденсатор в цепи эмиттера. Снять амплитудно-частотную характеристику усилителя, определить граничные частоты полосы пропускания и коэффициент усиления на средних частотах с ООС (см. п.8). Результаты занести в таблицу 3.