


Первый этап моделирования при выполнении курсового проекта по курсу **Электроника на ЭВМ**

Получение характеристик транзистора KT315B и графический расчет рабочего режима на примере каскада с ОЭ.

Рассчитать рабочую точку графически можно по вольтамперным характеристикам транзистора. Но, к сожалению, найти характеристики транзисторов в современных справочниках (да и в Интернете тоже) невозможно. Поэтому получаем входные и выходные характеристики, используя программу **DesignLab** и модель транзистора, например, KT315B. Параметры модели транзистора можно найти в Интернете на сайтах производителей.

Для получения входной характеристики $I_b(U_{бэ})$ для $U_{кэ}=5В$ собираем схему, показанную на рис.1. При этом для установки управляющего тока в цепи базы транзистора и напряжения на коллекторе из библиотеки символьных компонентов выбираются постоянные источники **IDC** и **VDC**. Для вывода напряжения $U_{бэ}$ устанавливаем на базе транзистора маркер . Так как в библиотеке компонентов в демо-версии транзистор отсутствует, выбираем транзистор *n-p-n*-типа **QbreakN**. После сохранения схемы под оригинальным именем, помечаем транзистор, щелкнув его один раз, и входим в интерфейсный диалог **Edit - Model - Change Model Reference...** и заменяем имя модели транзистора **QbreakN** на **KT315V** (все буквы латинские !!!). Это можно сделать, только если **модель есть в библиотеке пользователя, и библиотека подключена к системе**. В противном случае предварительно с помощью любого текстового редактора создается файл модели транзистора, который потом подключается к данной схеме.

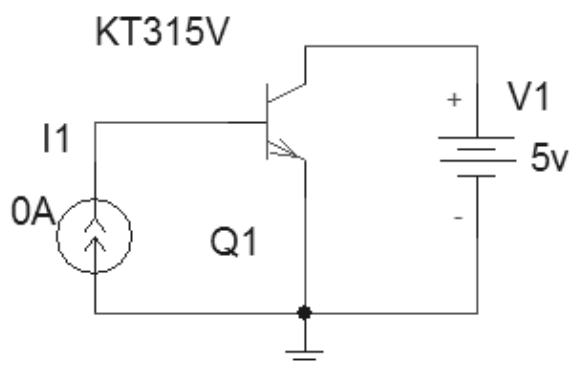


Рис. 1.
Схема для снятия входной и выходной
характеристик транзистора KT315B

Можно также просто установить (или заменить) параметры модели транзистора в окне, которое откроется по команде **Edit - Model - Edit instance model (text)...** (рис. 2).

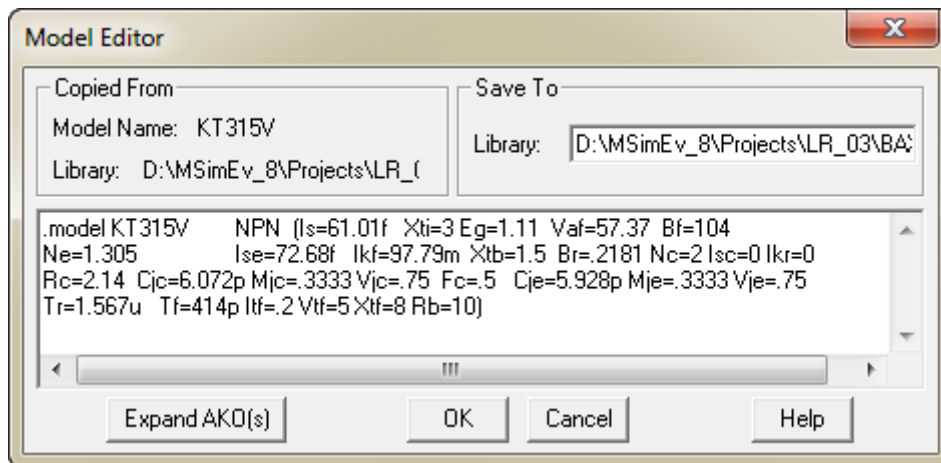



Рис. 2.
Задание параметров
транзистора KT315B

Чтобы получить входную характеристику биполярного транзистора, $U_{бэ}(I_б)$, задаем режим расчета напряжения $U_{бэ}$ при изменении тока $I_б$ при фиксированном значении напряжения $U_{кэ}=5В$. С этой целью отключаем режим расчета схемы по постоянному току **Bias Point Detail** и устанавливаем режим расчета статических характеристик **DC Sweep...** (рис.3). После выхода из диалога **DC Sweep...** запускаем схему на расчет (клавиша **F11**, или пиктограмма ) и получаем входную характеристику $U_{бэ}(I_б)$. Изменяем масштаб по оси Y, и характеристика приобретает вид, показанный на рис.4.

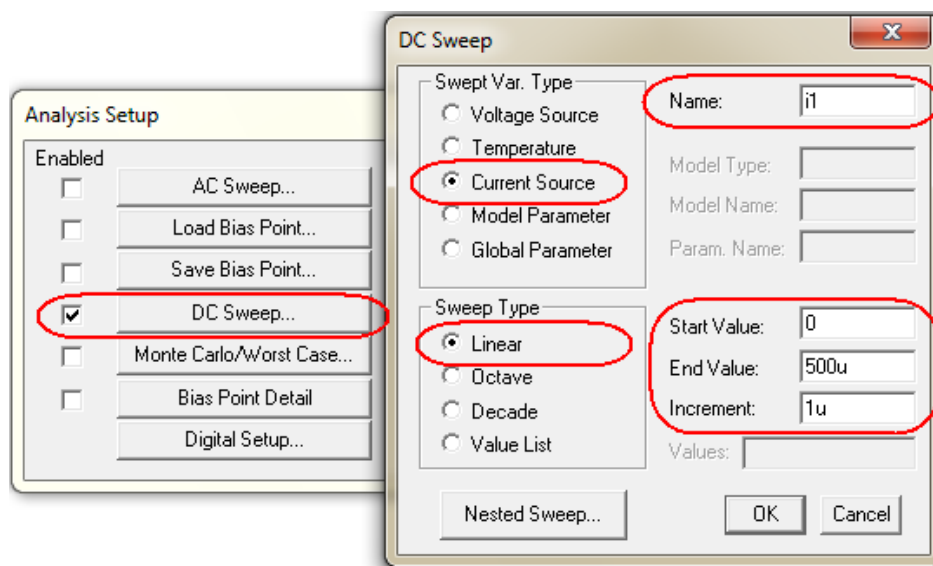



Рис.3. Задание на построение входной характеристики транзистора KT315B

По входной характеристике графоаналитическим способом определяем базовый ток транзистора в схеме усилительного каскада ОЭ. Для этого, оставаясь в диалоге с программой графического отображения результатов расчета **Probe**, делаем следующее.

- Наносим на график линию нагрузки $U_{бэ}(I_б) = E_{см} - I_б R_б - I_э R_э$, записав в окне **Trace Expression** (пиктограмма ) следующее выражение:

$E_{cm} - IB(VT) R_6 - (IB(VT) + IC(VT)) R_9$, где $E_{cm} = E_n \frac{R_2}{R_1 + R_2}$, $R_6 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ и $R_9 = R_4 + R_5$ – определяются параметрами элементов схемы (см. рис. 8).
Полученное уравнение линии нагрузки отображено на рис.4.

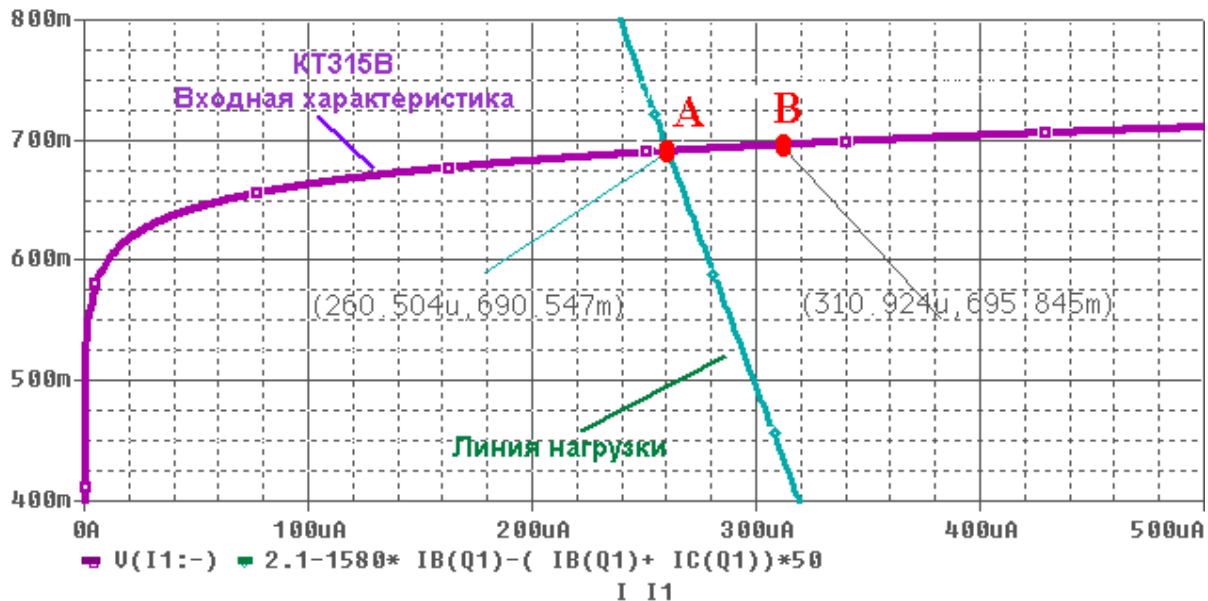




Рис.4. Входная характеристика транзистора

- По координатам точки пересечения линии нагрузки и входной характеристики транзистора (т. А) с помощью курсора определяем базовый ток I_6 и напряжение база-эмиттер $U_{6э}$.
- На линейном участке характеристики выбираем вторую точку (т. В) и определяем входное сопротивление транзистора в режиме малого сигнала:

$$r_{вх} = h_{11э} = \frac{\Delta U_{6э}}{\Delta I_6}.$$

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_6 . Для этого:

- устанавливаем маркер тока на коллектор транзистора VT для задания вывода тока I_k ; маркер вывода напряжения $U_{6э}$ удаляем;
- устанавливаем режим расчета выходной характеристики **DC Sweep...** (рис. 5).
- Запускаем схему на расчет (клавиша **F11**, или пиктограмма ) и получаем семейство выходных характеристик (рис. 6).
- По выходным характеристикам графоаналитическим способом определяем коллекторный ток транзистора в схеме усилительного каскада ОЭ. Для этого наносим на график линию нагрузки $U_{кэ}(I_k) = E_n - I_k R_k - I_9 R_9$, записав в командной строке окна **Trace Expression** (пиктограмма ) следующее

выражение: $(E_n - V(V1))/R_$, где E_n и $R_$ определяются параметрами элементов схемы (см. рис. 8). Полученное уравнение линии нагрузки отображено на рис. 6. Построив (используя линейную интерполяцию) фрагмент дополнительной выходной характеристики, соответствующей рабочему току $I_6 = 260.5$ мкА (см. рис 4), определяем координаты точки пересечения линии нагрузки и этой выходной характеристики (точка А).

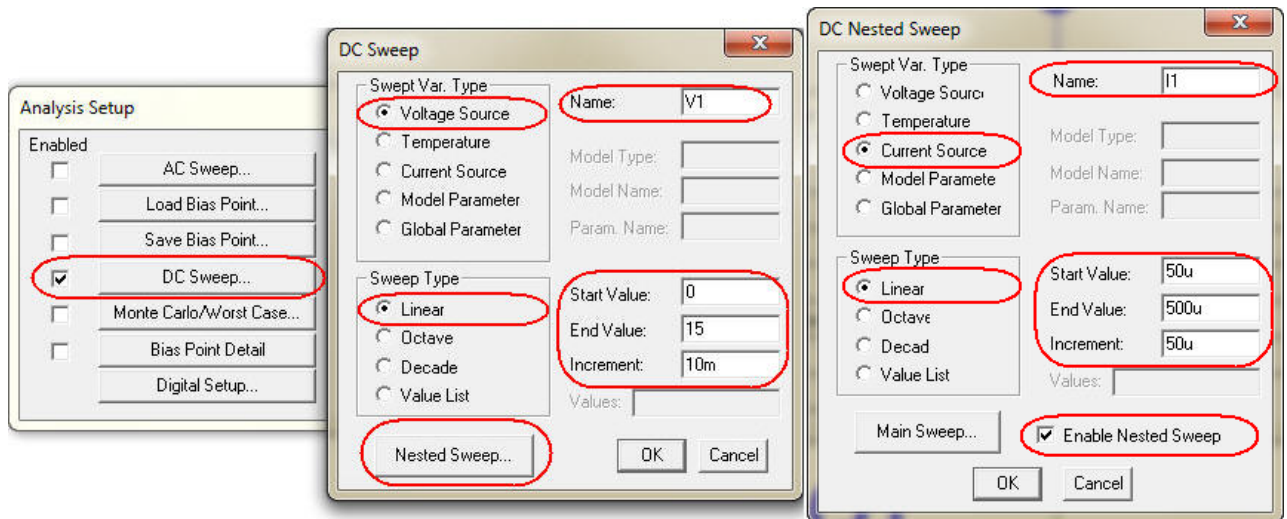


Рис.5. Задание на построение семейства выходных характеристик транзистора

С помощью курсоров определяем координаты точек 1 и 2, для которых $U_{кэ1} = U_{кэ2} = U_{кэА}$, и рассчитываем коэффициент усиления транзистора в режиме малого сигнала: $h_{21э} = \Delta I_k / \Delta I_6$.

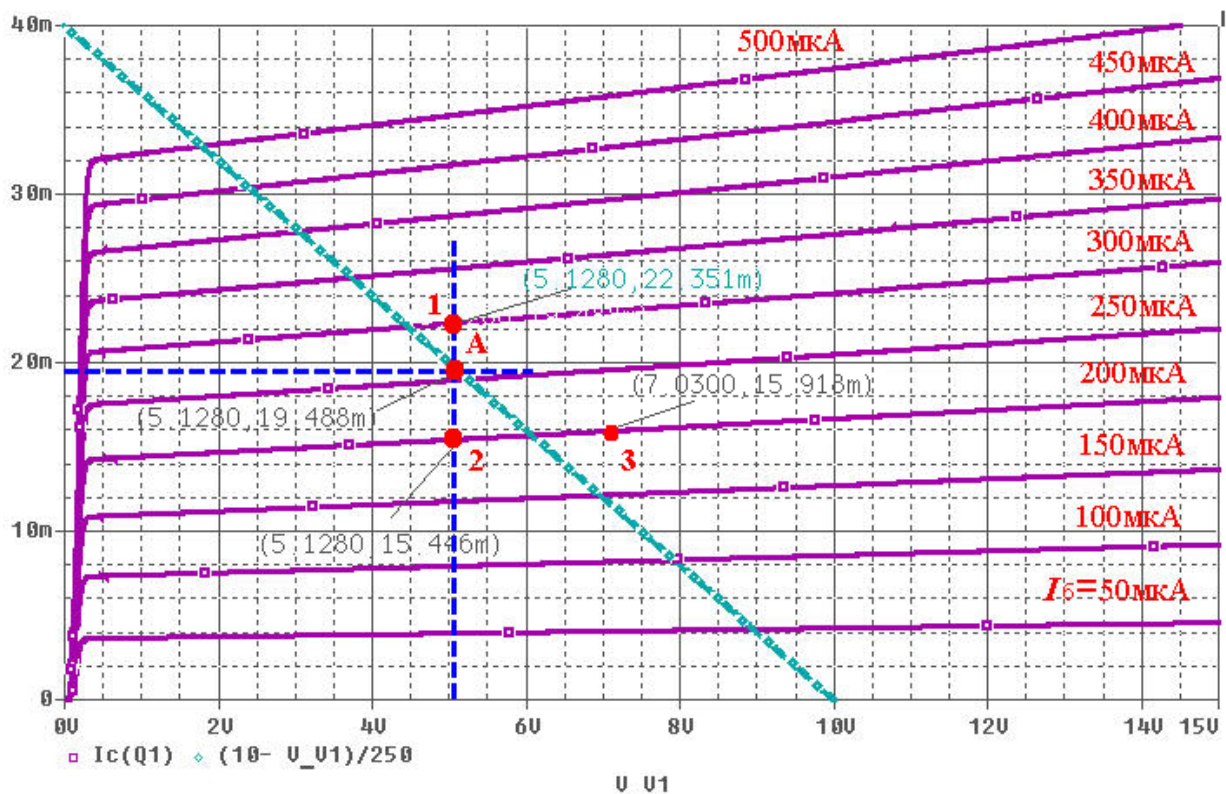



Рис.6. Семейство выходных характеристик транзистора

Для определения выходного сопротивления транзистора на выходных характеристиках с помощью курсоров определяем координаты точки 3. По полученным данным рассчитываем выходное сопротивление транзистора:

$$r_{\text{вых}} = \frac{1}{h_{223}} = \frac{U_{\text{к3}} - U_{\text{к2}}}{I_{\text{к3}} - I_{\text{к2}}}.$$

Для определения рабочего режима усилителя на биполярном транзисторе с общим эмиттером собираем рабочую схему (рис.7) и устанавливаем режим **Bias Point Detail**. После запуска программы расчета (клавиша **F11**, или пиктограмма ) и нажатия на пиктограммы **V** и **I**, экран приобретает вид, показанный на рис.7.

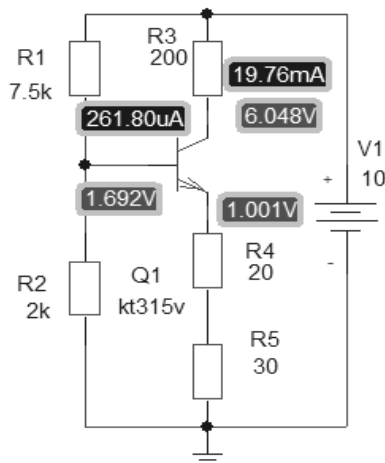


Рис.7. Схема усилителя для расчета рабочего режима

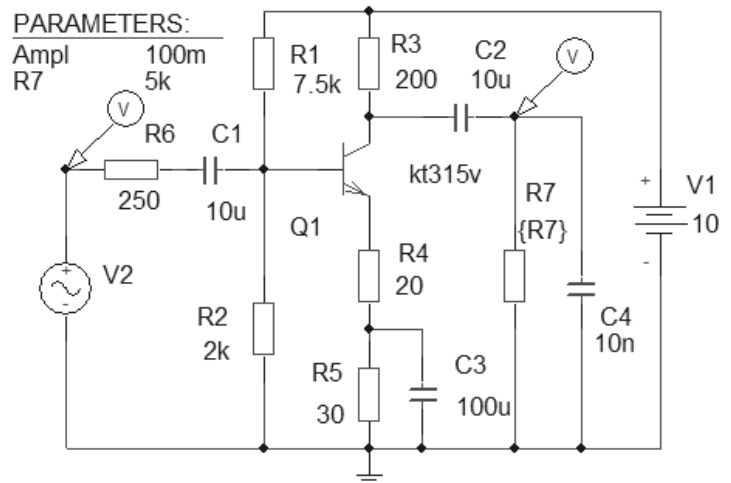


Рис.8. Схема усилителя

Результаты расчета каскада по постоянному току можно посмотреть также в выходном файле программы **Pspice**, воспользовавшись, например, командой **Analysis/Examine Output** программы **Schematics**:

**** BIPOLAR JUNCTION TRANSISTORS

NAME	Q_Q1
MODEL	kt315v
IB	2.62E-04 – ток базы
IC	1.98E-02 – ток коллектора
VBE	6.91E-01 – напряжение база-эмиттер
VBC	-4.36E+00 – напряжение база- коллектор
VCE	5.05E+00 – напряжение коллектор-эмиттер
RPI	1.04E+02 – входное сопротивление транзистора
RO	3.12E+03 – выходное сопротивление транзистора
BETAAC	6.83E+01 – коэффициент h_{213}