

УДК 621. 385

Ш.Т. Тошматов

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

В данной статье впервые предложены и разработаны методы построения нагрузочных характеристик усилителей мощности на биполярных транзисторах в схеме с общим коллектором.

Ключевые слова: биполярный транзистор, схема с общим коллектором, нагрузочная характеристика, усилитель мощности.

Введение

В режиме большого сигнала переменные составляющие токов и напряжений соизмеримы с постоянными составляющими сигналов. Поэтому на свойства усилителя начинают сильно влиять связи параметров транзистора с режимами его работы и нелинейность основных характеристик в схеме с общим коллектором (ОК) [1-2]. В связи с этим расчет усилителя проводится не с использованием малосигнальных моделей транзисторов, а графоаналитическим методом непосредственно по характеристикам используемых при создании усилителя конкретных транзисторов.

Основная часть

Рассмотрим теоретическое построение линии нагрузки усилительного каскада класса А, схема которого приведена на рис. 1, а. Транзистор Q1 включен по схеме с ОК. Генератор напряжения $U_{ВХО}$ задает значение напряжения базаколлектор в режиме покоя (рабочая точка С)

$$U_{БК0} = E_{П} - U_{ВХО}, \quad (1)$$

т.е. класс А усиления усилителя. Сопротивление $R_{Н}$ используемых при создании усилителя конкретных транзисторов. (будем далее его называть нагрузкой) включено последовательно с промежутком коллектор-эмиттер транзистора и источником напряжения $E_{П}$. Поэтому значения напряжений на нагрузке $U_{РН}$ и $U_{ЭК}$ жестко связаны соотношением

$$U_{ЭК} + U_{РН} = E_{П}. \quad (2)$$

Очевидно, что в данной схеме ток

через резистор $R_{Н}$ равен току эмиттера $I_{Э}$. Следовательно, ток эмиттера должен удовлетворять системе уравнений.

$$I_{Э} = f(U_{РН}); \quad (3)$$

$$I_{Э} = f_1(U_{ЭК}); \quad (4)$$

$$I_{Э} = f_2(U_{БК}); \quad (5)$$

$$I_{Б} = f_3(U_{БК}), \quad (6)$$

где $f_1(U_{ЭК})$ – функция, описывающая выходную характеристику транзистора при заданном напряжении $U_{БК}$, а функция $f(U_{РН})$ представляет собой ВАХ резистора $R_{Н}$, т.е. уравнение закона Ома.

Для расчета коэффициентов усиления каскада и других его параметров необходимо найти значение тока эмиттера (выходного тока усилителя) и напряжение эмиттера (выходное напряжение $U_{ЭК}$) по заданному значению входного тока (напряжения). Проведем расчет методом графического решения системы уравнений (3) и (4).

Уравнению (4) соответствует график выходных характеристик используемого транзистора (рис.1,б).

Наклонная прямая линия – график уравнения (3). Ее называют нагрузочной прямой. Нагрузочная прямая отсекает в системе координат $(I_{Э}, U_{ЭК})$ отрезки на оси токов при $U_{ЭК} = 0$, $I_{Э} = E_{П}/R_{Н}$, а на оси напряжений при $I_{Э} = 0$, $U_{ЭК} = E_{П}$. Точки пересечения нагрузочной прямой с выходными характеристиками транзистора соответствуют решениям системы (3) и (4) и позволяют построить две важные нагрузочные характеристики усилителя: проходную $I_{Э} = \varphi_1(U_{БК})$ (рис. 1, а) и входную $I_{Б} = \varphi_2(U_{БК})$ (рис.1,б).

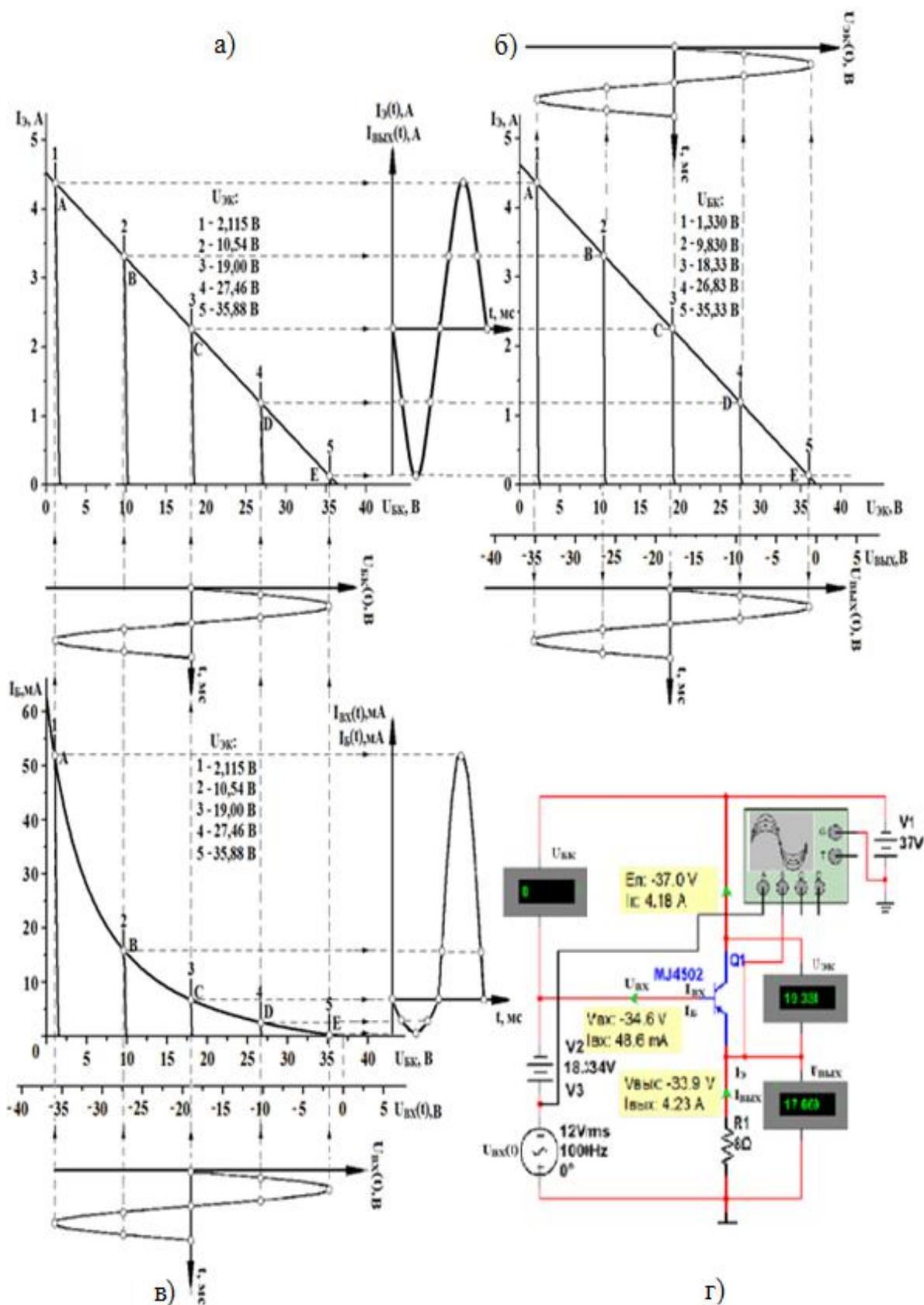


Рис.1 Теоретическое построение линий нагрузки на семействе ВАХ транзистора MJ4502:проходных характеристик $I_C=f(U_{BE})$ (a); выходных характеристик $I_C=f(U_{CE})$ (б), входных характеристик $I_B=f(U_{BE})$ (в) и схема экспериментального исследования каскада усилителя мощности класса А при $E_{П}=37$ В, $R_{П}=8$ Ом(г).

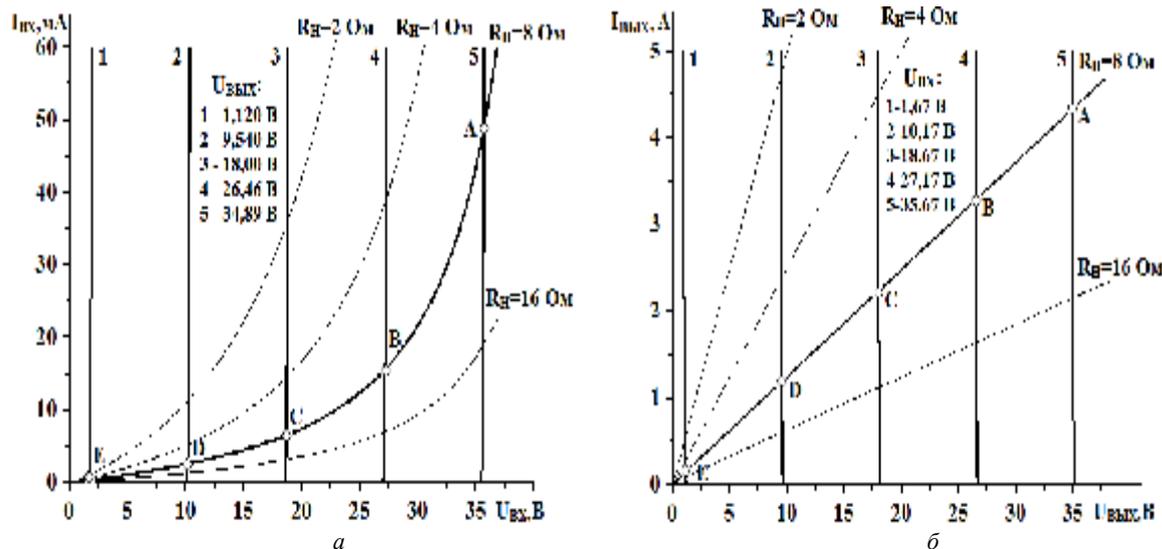


Рис. 2. Теоретическая и экспериментальная методика построения линии нагрузки на семействах ВАХ транзистора MJ4502: входных характеристик $I_{ВХ}=f(U_{ВХ})$ (а) и выходных характеристик $I_{ВЫХ}=f(U_{ВХ})$ (б)

Предложенный нами графо-аналитический метод расчета позволяет теоретически и экспериментально получить входную и выходную ВАХ транзистора при помощи нагрузочных характеристик транзисторного усилителя.

Для этого необходимо перенести начало координат по оси абсцисс графика семейства входных характеристик транзистора в точку $E_{П}-U_{БК}$, а графика семейства выходных характеристик транзистора в точку $E_{П}-U_{ЭК}$. Полученные указанным способом графики ВАХ транзистора представлены на рис. 2,а и б соответственно. При этом на одном графике совмещаются как преобразованная входная характеристика транзистора, так и выходная характеристика усилителя.

Нагрузочные передаточные характеристики усилителя можно представить на одном графике, где совмещены между собой четыре параметра транзистора I_B , I_E , $U_{БЭ}$, $U_{ЭК}$ и четыре параметра усилителя $I_{ВХ}$, $I_{ВЫХ}$, $U_{ВХ}$, $U_{ВЫХ}$.

На рис.3 приведен совмещенный график для транзисторного каскада на транзисторе типа MJ4502 с $E_{П}=37$ В, $R_{Н}=8$ Ом по разработанной нами

методике наглядного сравнения входного и выходного сигналов. При этом координаты точки С одновременно определяют все четыре основных параметра – входные и выходные токи, а также напряжения как транзистора I_B , I_E , $U_{БК}$, $U_{ЭК}$ так и усилителя $I_{ВХ}$, $I_{ВЫХ}$, $U_{ВХ}$, $U_{ВЫХ}$.

Для вычисления усредненных значений коэффициентов усиления, а также входного и выходного сопротивлений усилителя мощности используются три ВАХ транзистора $I_B=f(U_{БК})$, $I_E=f(U_{БК})$, $I_E=f(U_{ЭК})$ и две передаточные характеристики $U_{БК}=f(U_{ЭК})$ и $U_{ЭК}=f(U_{БК})$ при заданных значениях $E_{П}$ и $R_{Н}$.

Выводы

На основе выявленных закономерностей формообразования ВАХ усилительных элементов впервые предложены и разработаны:

- универсальный графоаналитический метод расчета усилителей мощности на биполярных транзисторах в схеме с общим коллектором, позволяющий максимально упростить построение временных диаграмм усилительного каскада при заданной форме входного сигнала;

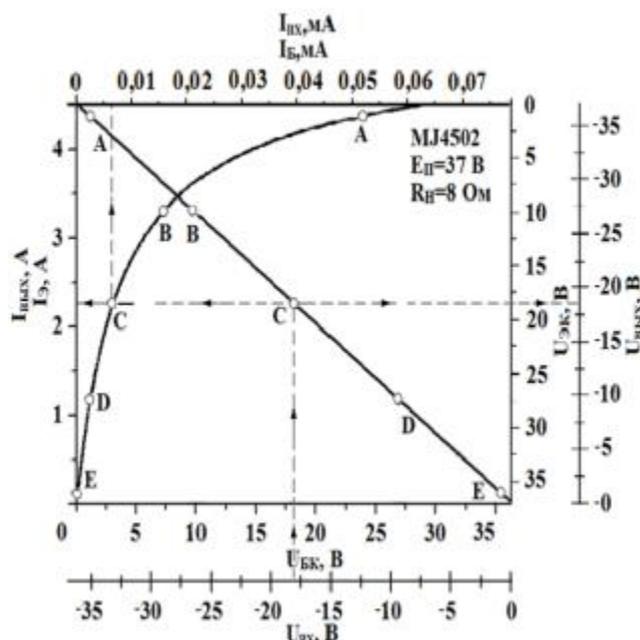


Рис. 3 Совмещенные нагрузочные характеристики транзистора MJ4502 и усилителя мощности класса А на этом транзисторе при $E_B=37$ В, $R_B=8$ Ом

- метод совмещения нагрузочных характеристик усилителей мощности с ВАХ усилительных элементов, связывающий между собой параметры транзистора с параметрами усилителя и позволяющий наглядно анализировать усилительные свойства транзисторов при минимальных нелинейных искажениях;

- экспресс-метод построения нагрузочных характеристик усилителя мощности по статическим ВАХ транзисторов, либо наоборот.

Работа выполнена по гранту БЗ-Ф004.

Литература

1. Х.К.Арипов., Ш.Т.Тошматов. Закономерности токообразования и фотообразования ВАХ в транзисторах в схеме с общим коллектором. // Современные проблемы науки и образования в техническом ВУЗе: материалы II международной научно-практической конференции. г.Стерлитамак, Ч.І.-УФА:

Уфимск.гос. авиац. техн. Ун-т. 25-27 июня 2015.-С.104-108.

2. Toshmatov Sh.T. Power amplifier with injection-voltaic transistor with quiescent current stabilization // Труды СКФ МТУСИ часть II, 20-25 апреля Ростов-на-Дону 2015, 303-306р.

Тошматов Шункоржон Тошпулатович
PhD, старший преподаватель кафедры “Электроника и радиотехника” Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий (ТУИТ)
Тел.: +998 (71) 238-65-68
Эл. почта: Shu-toshmatov@mail.ru

Toshmatov Sh. T. Method of Building Load Characteristics of Power Amplifiers on a Bipolar Transistors

This article deals with *development* methods for building the load characteristics of power amplifiers on bipolar transistors in a circuit with a common collector .

Keywords: bipolar transistor, common collector, load characteristics, power amplifier.