

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

Кафедра «Электрическая связь»

ДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ТРАНЗИСТОРА

Методические указания
к лабораторной работе
по дисциплине «Электроника»

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2017

Целью работы является изучение динамических характеристик транзистора и определение режима его работы в усилительной схеме.

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

При работе транзистора в схеме усилителя (рис.1) в его входной цепи действует источник напряжения $U_{вх}$, подлежащего усилению, а в выходную цепь включается сопротивление нагрузки R_n . Такой режим называется динамическим или рабочим. Характеристики и параметры транзистора, работающего в динамическом режиме, отличаются от соответствующих характеристик в статическом режиме.

Если входной сигнал мал, то используемые рабочие участки статических характеристик транзистора невелики и их обычно считают линейными. В этом случае расчет основных показателей усилителя выполняют аналитическими методами с использованием малосигнальных параметров транзистора.

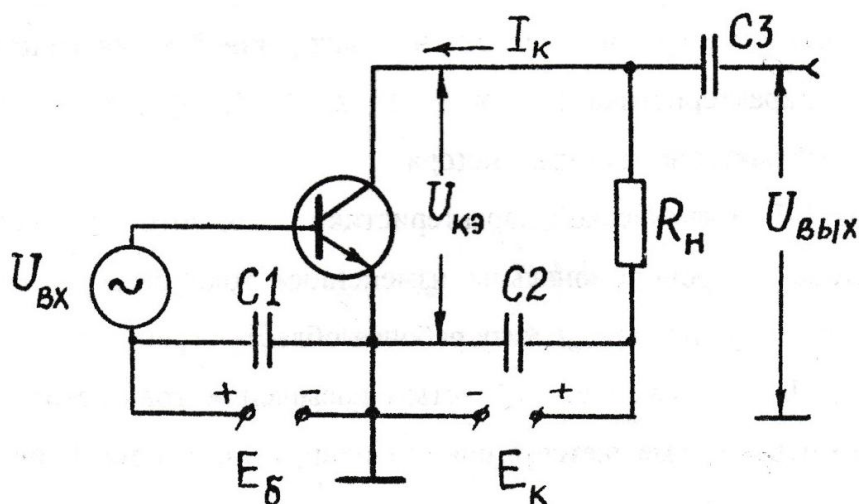


Рис. 1

Если транзистор работает при больших входных сигналах (например, в конечном каскаде усилителя низкой частоты), то для учета нелинейности характеристик транзистора применяют графический метод расчета. Этот случай и исследуется в настоящей работе.

Основные показатели усилителя определяются по входной и выходной динамическим характеристикам. Для получения выходной и входной динамической характеристики следует на семейство статических характеристик (рис 2,б) нанести нагрузочную характеристику. Уравнение нагрузочной характеристики определяется по закону Кирхгофа для замкнутой цепи коллектора с нагрузочным сопротивлением и источником электродвижущей силы.

$$U_{кэ} = E_k - I_k R_n$$

Это уравнение прямой, которую можно построить на семействе статических характеристик по двум точкам: точке А, соответствующей режиму холостого хода выходной цепи при $I_k=0$, $U_{кэ} = E_k$, и в точке В, соответствующей короткому замыканию цепи коллектора $U_{кэ}=0$, $I_k = E_k/R_n$.

Геометрическое место точек пересечения нагрузочной характеристики со статическими характеристиками (точки 1, 2, 3, 4, 5) дает выходную динамическую характеристику транзистора.

Участок 1-5 динамической характеристики, для которого изменения тока коллектора I_k пропорциональны изменениям тока базы I_b , является рабочим для схемы усилителя. Снизу рабочая область ограничена областью отсечки, когда $I_b=0$. Сверху- областью насыщения транзистора, когда коллекторный переход смещается в прямом направлении и ток I_k перестает изменяться.

Входная динамическая характеристика представляет зависимость $I_b=f(U_{бэ})$ при $R_n=const$. Она строится путем перенесения точек 1, 2, 3, 4 и 5 выходной динамической характеристики на семейство входных статических характеристик (рис 2,а). Для каждой из перечисленных точек определяют значения тока базы I_b и напряжения на коллекторе $U_{кэ}$. Отмечают эти значения на входных статических характеристиках и соединяют точки плавной кривой. На рис 2,а она изображена штриховой линией.

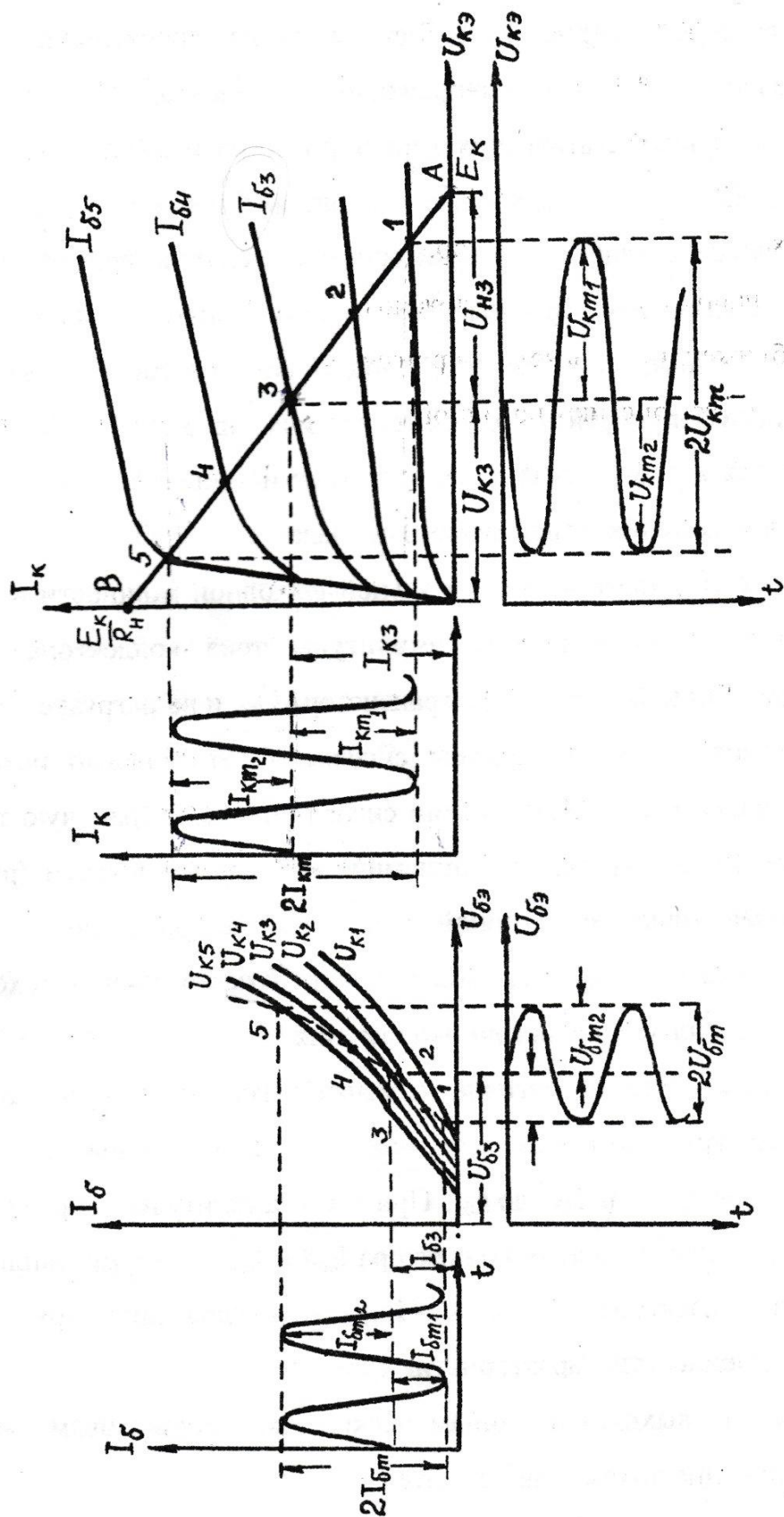


Рис. 2

Обычно входные статические характеристики, снятые при различных коллекторных напряжениях, расположены очень близко друг к другу, поэтому приближенные расчеты производят без построения входной динамической характеристики по одной из статических кривых. На рис. 2, а видно, что входная динамическая характеристика не линейна. Это является одной из причин искажения усиливаемого сигнала.

Для получения от усилителя максимальной выходной мощности в схеме нужно обеспечивать максимальные амплитуды тока коллектора I_{km} и на нагрузке U_{nm} при условии отсутствия искажений формы сигнала. С этой целью исходное значение тока коллектора при отсутствии сигнала на входе (рабочую точку) выбирают на середине участка 1-5 динамической характеристики (рис 2, б точка 3). Рабочая точка во входной цепи транзистора соответствует значению тока базы $I_{б3} = I_{б3}$. Для этого в цепь база-эмиттер необходимо подать постоянное напряжение источника питания $E_{бэ}$.

При подаче на вход сигнала, изменяющегося по гармоническому закону, для неискаженного усиления наибольшие изменения тока базы возможны от $I_{б3}$ до $I_{б5}$ и от $I_{б3}$ до $I_{б1}$. При этом амплитуды напряжений на базе $U_{бm1}$ и $U_{бm2}$, амплитуды тока коллектора I_{km1} и I_{km2} , а также амплитуды напряжений на коллекторе U_{km1} и U_{km2} не равны друг другу. Это объясняется нелинейностью характеристик транзистора.

По входным и выходным динамическим характеристикам можно определить следующие показатели усилителя:

- постоянные напряжение и ток базы при отсутствии входного сигнала, определяющие исходное положение рабочей точки на входной и выходной характеристиках $U_{б3}$ и $I_{б3}$;
- постоянную составляющую тока коллектора $I_{к3}$;
- постоянные напряжения на коллекторе и нагрузке $U_{к3}$ и $U_{н3}$;
- мощность рассеивания на коллекторе $P_{к3} = I_{к3} * U_{к3}$;
- амплитуду переменного входного напряжения $U_{бm}$;
- амплитуду базового тока транзистора, которая определяется средним значением между $I_{бm1}$ и $I_{бm2}$;
- среднее значение входного сопротивления $R_{вх} = U_{бm} / I_{бm}$;
- входную мощность сигнала $P_{вх} = 0.5 U_{бm} I_{бm}$;

- амплитуду переменной составляющей тока коллектора I_{km} ;
- амплитуду переменного напряжения на коллекторе U_{km} ;
- входную мощность сигнала $P_{вых} = 0.5U_{km}I_{km}$;

Поскольку из-за нелинейности характеристик транзистора его усилительные свойства для положительного и отрицательного полупериода сигналов не одинаковы, то они оцениваются при помощи средних коэффициентов усиления:

- по току

$$K_i = 2I_{km} / 2I_{bm}$$

- по напряжению

$$K_u = 2U_{km} / 2U_{bm}$$

- по мощности

$$K_p = 0.5I_{km}U_{km} / 0.5U_{km}I_{km}$$

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Лабораторная работа выполняется на ПК при помощи пакета программ Workbench EDA 5.0.

3.1 Снять семейство входных статических характеристик.

Для выполнения данного пункта необходимо открыть файл Эл.устр.5.1.ewb, находящийся по адресу Lab/Эл.устр./5/Эл.устр.5.1 ewb. Схема, содержащаяся в данном файле, показана на рис 3.

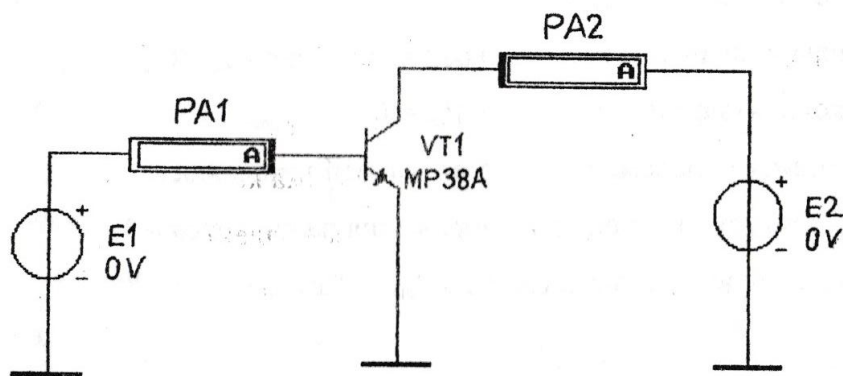


Рис. 3

Для снятия входной характеристики необходимо изменять напряжение $U_{бэ}$ (источник E1) в соответствии со значениями, указанными в таблице 1.

Записывать значения тока базы по показаниям амперметра. Характеристики снимаются при двух значениях напряжения на коллекторе: $U_{кэ}=0$ и $U_{кэ}=10$ В (источник E2).

Результаты измерения занести в таблицу 1.

Таблица 1

$U_{бэ}, \text{mV}$		40	60	100	120	140	150	160	170	180	190
$U_{кэ}=0$	$I_{б}, \text{mA}$										
$U_{кэ}=10\text{В}$	$I_{б}, \text{mA}$										

3.2 Снять семейство статических выходных характеристик транзистора

$I_{к}=f(U_{кэ}), I_{б}=\text{const.}$

Для выполнения данного пункта необходимо открыть файл **Эл.устр.5.2.ewb**, находящийся по адресу **Lab/Эл.устр./5/Эл.устр.5.2.ewb**. Схема, содержащаяся в данном файле, показана на рис 4.

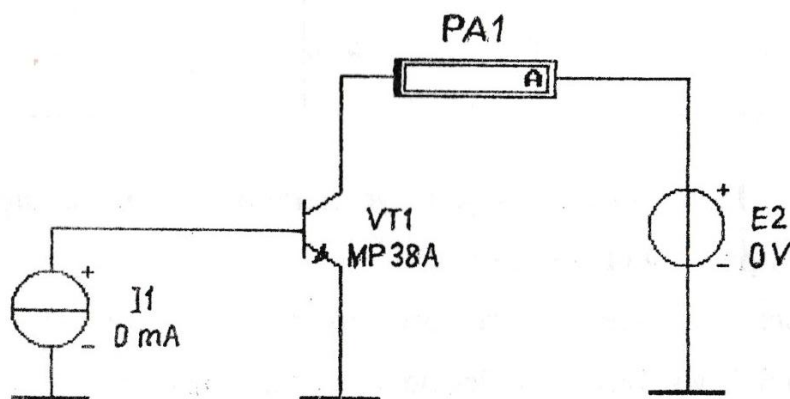


Рис.4

В данном пункте работы ток базы устанавливается с помощью источника тока, включенного в цепь базы. Снять выходные характеристики для значений тока базы, казанных в таблице 2. Напряжение на коллекторе $U_{кэ}$ (источник E2) устанавливать в соответствии со значениями, указанными в той же таблице. Отмечать токи коллектора по показаниям амперметра. Данные измерения занести в таблицу 2.

Таблица 2

$U_{кэ}$, В	$I_{б}$, мА								
	$I_{б}$ 0,01 мА	$I_{б}$ 0.02 мА	$I_{б}$ 0.05 мА	$I_{б}$ 0.1 мА	$I_{б}$ 0.3 мА	$I_{б}$ 0.6 мА	$I_{б}$ 0.8 мА	$I_{б}$ 1.0 мА	$I_{б}$ 1.7 мА
50 mV									
100 mV									

200 mV									
500 mV									
1 V									
5V									
10 V									
15 V									

3.2 Исследовать форму усиленного сигнала при различных режимах работы усилителя.

Для выполнения данного пункта необходимо открыть файл Эл.устр.5.3.ewb, находящийся по адресу Lab/Эл.устр./5/Эл.устр.5.3ewb. Схема, содержащаяся в данном файле показана на рис 5.

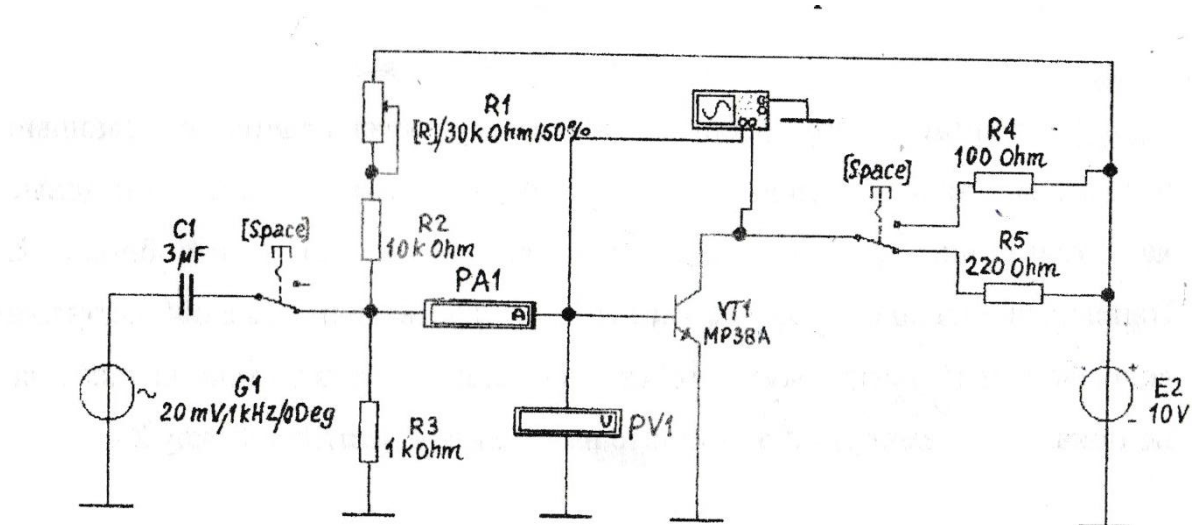


Рис. 5

В данном пункте работы необходимо с помощью резистора R_1 изменять режим работы усилительного каскада, изменяя тем самым постоянное смещение на базе (выбор рабочей точки). Увеличение сопротивления производится путем нажатия клавиши при нажатой клавише Shift. Уменьшение- нажатием клавиши R.

С помощью осциллографа наблюдать форму входного напряжения на базе транзистора, поданного от генератора, и выходного напряжения на коллекторе транзистора. Последовательно изменяя значение сопротивления R_1 , фиксировать форму сигнала на экране осциллографа. Отметить значение сопротивления, при котором возникают искажения сигнала, а также при отключенном генераторе G_1 , зафиксировать значение тока базы (P_{A1}) и напряжения между базой и эмиттером (P_{V1}). Полученные изображения зарисовать вместе с делениями осциллографа и указанием масштаба развертки по вертикали и горизонтали. Указанные исследования проводятся для двух значений коллекторного сопротивления (R_4 и R_5).

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ.

4.1 По данным таблицы 1 и 2 построить семейства статических характеристик, которые рекомендуется разместить на одном листе так, как показано на рис 2.

4.2 На статически выходные характеристики нанести выходную динамическую характеристику, приняв $E_k=10V, R_n=220\Omega$.

Входной динамической характеристикой считать характеристику, построенную при $U_{kэ}=10V$. На этой характеристике выбрать рабочую точку для напряжения между базой и эмиттером равным $160mV$ (точка 3 на рис 2,а). Для переменного напряжения, поданного на базу с амплитудой $20 mV$, определить минимальное и максимальное значение токов базы (точки 1 и 5 на рис. 2, а). Перенести эти точки на динамическую выходную характеристику и выполнить графический расчет основных показателей усилителя: $I_{бm}$, $U_{бm}$, $P_{вх.}$, $I_{км}$, $U_{км}$, $P_{вых.}$, K_i , K_u K_p .

4.3 По данным таблицы 2 построить характеристику прямой передачи тока $I_k=f(I_б)$ при $U_б=10V$.

5.СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- схему усилителя
- таблицы 1 и 2 с результатами построений и расчетов
- выводы

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Ф.Я.Либерман «Электроника на железнодорожном транспорте», М., Транспорт 1987 г.
- 2.В.И.Лачин, Н.С.Савелов «Электроника», Ростов-на-Дону, «Феникс» 2000г.