

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5:

Исследование биполярного транзистора

Цель работы – ознакомиться с устройством, принципом действия транзисторов и исследовать статические характеристики и параметры биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

1. Краткие теоретические сведения.

1.1. Устройство, условные обозначения и принцип действия биполярных транзисторов.

Транзистором называют полупроводниковый прибор с одним или несколькими электрическими P-N переходами и тремя или более выводами для включения в цепь.

Транзистор с двумя P-N переходами и тремя выводами (рис.1) называется биполярным. Термин "биполярный" говорит о наличии в этих транзисторах двух типов носителей заряда – электронов и дырок. В литературе слово "биполярный" часто опускается.

Транзистор имеет три области (слоя): крайние области называются эмиттером (Э) и коллектором (К), а средняя – базой (Б).

В зависимости от типа проводимости базы (или P) различают транзисторы двух типов: P-N-P и N-P-N.

Схематическое устройство и условные обозначения транзисторов показаны на рис.1.

В зависимости от конструкций P-N – переходов транзисторы подразделяются на плоскостные и точечные (рис. 2). В качестве основы для плоскостного транзистора типа P-N-P берут пластину германия (G_v) с электронной проводимостью (N) и с двух сторон в нее вплавляют индий (In), в месте контакта образуется область с дырочной проводимостью (P) (рис.2 а).

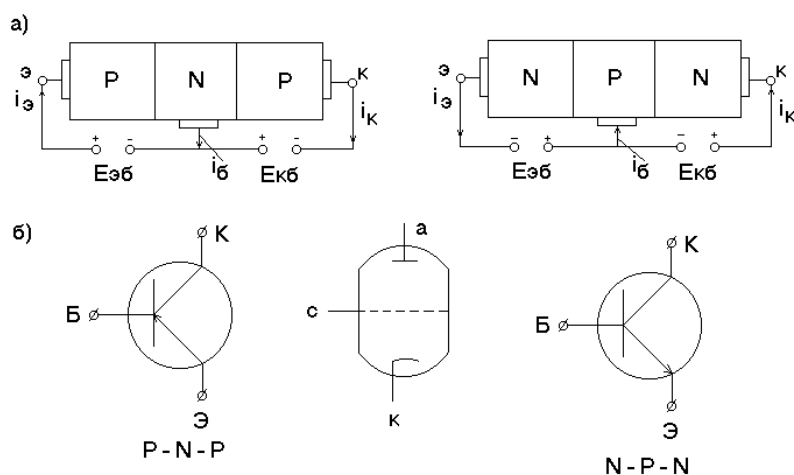


Рис.1. Устройство (а) и условные обозначения (б) транзисторов типа P-N-P и N-P-N

В точечном транзисторе P-N-P область с дырочной проводимостью (P) образуется в месте контакта вольфрамовых проволочек с пластиной германия с электронной проводимостью (N) (рис.2б). Наиболее широко применяются плоскостные транзисторы, позволяющие пропускать через P-N –переход большие токи.

Область эмиттера имеет большую концентрацию примесей и является основным источником носителей зарядов: электронов – в транзисторах типа N-P-N или дырок – в транзисторах типа P-N-P.

Другими словами, эмиттер выполняет функции, подобные катоду электронной лампы.

Область коллектора имеет концентрацию примесей на 2-3 порядка меньше, чем эмиттер, и служит для приема подвижных носителей заряда (электронов или дырок) из области эмиттера, т.е. роль коллектора подобна аноду электронной лампы.

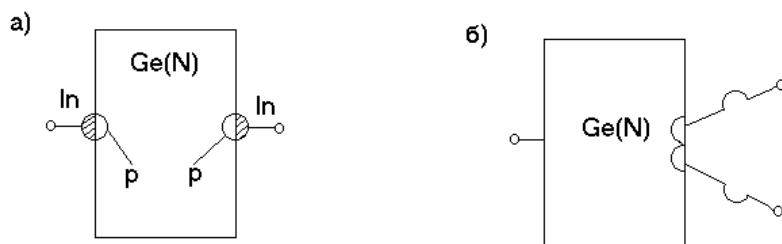


Рис. 2. Устройство плоскостного (а) и точечного (б) транзистора

С помощью базы можно управлять токами эмиттера (I_E) и коллектора (I_K), ее роль подобна сетке триода.

В цепи эмиттера – база напряжение приложено в прямом (проводящем) направлении. Это напряжение $U_{эб}$ составляет десятые доли вольта. В цепи коллектора – база напряжения $U_{кб}$ приложено в обратном направлении и составляет десятки вольт.

Транзисторы, как ламповые триоды, могут иметь три основные схемы включения: с общим (заземленным) эмиттером, общей базой и общим коллектором.

Наибольшее распространение получила схема с общим эмиттером (рис.3), которая по сравнению с другими схемами имеет малую величину входного (управляющего) тока $I_б$ и позволяет получить наибольшее усиление по мощности.

Направление токов в цепях коллектора ($I_к$), эмиттера ($I_э$) и базы ($I_б$) при любой схеме включения для плоскостных транзисторов определяется соотношением

$$I_э = I_к + I_б$$

(по аналогии с ламповым триодом, где $I_к = I_a + I_c$).

1.2. Статические характеристики и параметры биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

Режимы работы транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, характеризуются величинами токов и напряжений во входной цепи ($I_б$, $U_{бэ}$) и выходной ($I_к$, $U_{кэ}$).

Зависимости между этими токами и напряжениями характеризуются вольт - амперными входными и выходными характеристиками.

Входной характеристикой транзистора называется зависимость входного тока ($I_б$) от входного напряжения ($U_{бэ}$) при постоянном напряжении на выходе, т.е. между коллектором и эмиттером ($U_{кэ} = const$):

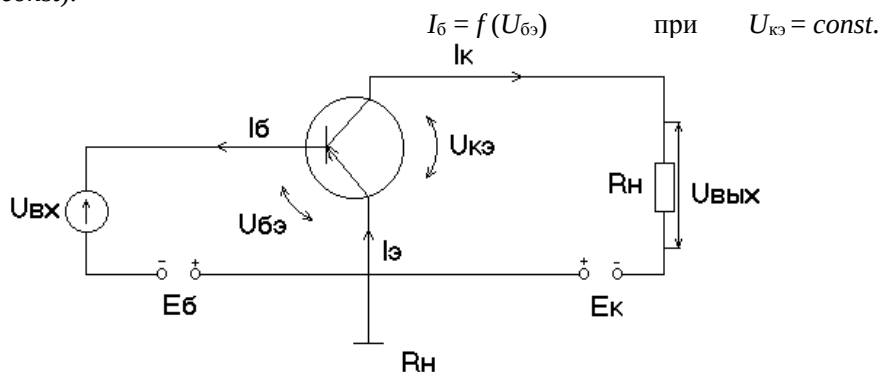


Рис.3. Включение биполярного транзистора типа *p-n-p* по схеме с общим эмиттером

Выходной или коллекторной характеристикой транзистора называется зависимость выходного тока и тока коллектора ($I_к$) от выходного напряжения между коллектором и эмиттером ($U_{кэ}$) при постоянном токе базы ($I_б$):

$$I_к = f(U_{кэ}) \quad \text{при} \quad I_б = const.$$

Выходные характеристики зависят от тока базы ($I_б$), поэтому снимают обычно семейство выходных характеристик (рис.4б). Входные характеристики мало зависят от $U_{кэ}$, поэтому обычно приводят одну входную характеристику (рис.4а), которая по форме близка к характеристике диода. Выходные характеристики имеют две характерные области:

активную область, где характеристики идут почти горизонтально и которая используется при работе транзистора в усилительных режимах. Малый наклон характеристик указывает на слабую зависимость коллекторного тока $I_к$ от напряжения на коллекторе ($U_{кэ}$);

область насыщения коллекторного тока, которая располагается правее вертикальной оси и соответствует начальному участку входных характеристик.

Транзисторы, как и электронные лампы, являются усилительными и ключевыми приборами и широко применяются в усилителях, генераторах, логических и импульсных устройствах.

Для оценки усилительных свойств транзистора и расчета цепей, содержащих транзисторы, используются параметры транзисторов, которые можно определить по статическим входным и выходным характеристикам транзистора, используя прямолинейную часть входной и активную область выходных характеристик.

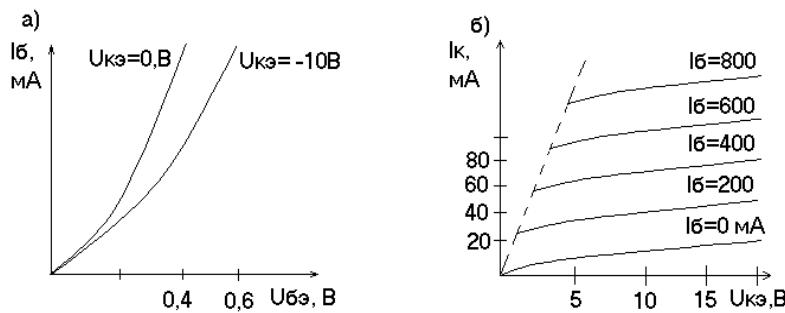


Рис.4. Входные (а) и выходные (б) характеристики биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером

Для схемы с общим эмиттером (ОЭ) важнейшими параметрами транзистора являются: статический коэффициент усиления по току (β), входное сопротивление ($r_{вх}$), выходное сопротивление ($r_{вых}$).

Статический коэффициент усиления по току (β) для схемы с общим эмиттером определяется в режиме без нагрузки ($R_n = 0$), т.е. при $U_{кэ} = const$, достигает значений порядка десятков и определяется по формуле

$$\beta = \frac{\Delta I_r}{\Delta I_{\delta}} \quad \text{при} \quad U_{кэ} = const.$$

Входное сопротивление ($r_{вх}$) имеет значение от сотен Ом до единиц килоом, т.е. меньше, чем у вакуумного триода, и определяется по формуле

$$r_{вх} = \frac{\Delta U_{\delta э}}{\Delta I_{\delta}} \quad \text{при} \quad U_{кэ} = const.$$

Выходное сопротивление для схемы с общим эмиттером ($r_{вых ОЭ}$) достигает значений от единиц до десятков килоом и определяется по формуле

$$r_{вых ОЭ} = \frac{\Delta U_{кэ}}{\Delta I_{к}} \quad \text{при} \quad I_{\delta} = const.$$

Статические параметры зависят от режима работы транзистора, т.е. от $U_{кэ}$, $I_{к}$, I_{δ} , $U_{бэ}$.

1.3. Общие сведения о полевых транзисторах.

Кроме биполярных транзисторов существуют униполярные или полевые транзисторы, которые могут работать на частотах до нескольких мегагерц и применяются в усилительных каскадах с высоким входным сопротивлением, в ключевых и логических схемах.

Полевым транзистором называется усилительный прибор, являющийся полупроводниковым резистором, сопротивление которого изменяется под действием электрического поля, создаваемого управляющим электродом (затвором). В отличие от биполярных транзисторов, в которых рабочие процессы обусловлены как основными, так и не основными носителями, в полевом транзисторе управляемый ток представляет собой поток только основных носителей заряда одного знака (электронов или дырок) через полупроводниковый канал с одним типом проводимости. Поэтому полевые транзисторы называются еще униполярными или канальными транзисторами.

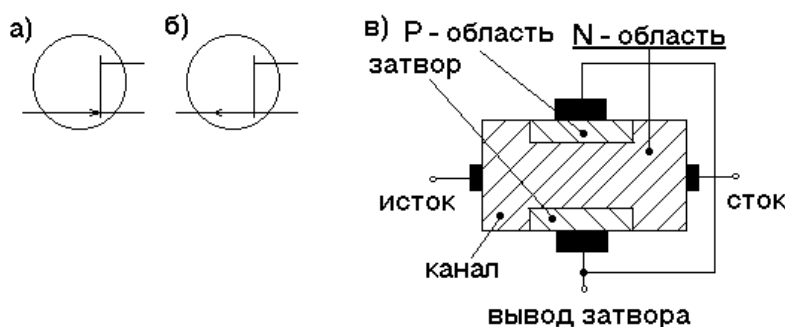


Рис. 5. Условное обозначение (а, б) и структурная схема (в) полевого транзистора

Полупроводниковый канал – это область в транзисторе, сопротивление которой зависит от потенциала на затворе. Электрод, из которого в канал входят основные носители заряда, называют источником, а электрод, через который основные носители заряда уходят из канала, – стоком. Электрод, служащий для регулирования поперечного сечения канала, называется затвором.

На рис.5 показано условное обозначение полевых транзисторов с типом затвора в виде *p-n*-перехода и электропроводимостью каналов N и P типов.

2. Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

1. Наименование и цель работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Справочные данные исследуемого транзистора и схему расположения выводов.
4. Схему исследования, выполненную с соблюдением ГОСТов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется биполярным транзистором? Его условные обозначения для транзисторов типа P-N-P и N-P-N.
2. Расскажите об устройстве плоскостных и точечных транзисторов.
3. Какого типа проводимостью обладают эмиттер, база и коллектор транзистора прямой и обратной проводимости? Их назначение.
4. Назовите и изобразите три схемы включения транзисторов и направления токов $I_э$, $I_к$, $I_б$.
5. Что называется входной и выходной характеристикой транзистора?
6. Нарисуйте входные и выходные характеристики транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.
7. Назовите важнейшие параметры транзистора.
8. Объясните метод расчета параметров транзистора по выходным и входным характеристикам.
9. Что называется полевым транзистором?
10. Что называется в полевом транзисторе истоком, стоком и затвором?
11. Изобразите условное обозначение полевых транзисторов с типом затвора в виде P-N-перехода и электропроводимостью каналов N- и P-типа.

Рекомендуемая литература:

1. Айзинов М.М., Байрашевский А.М. Радиотехника и радионавигационные приборы. – М.: Транспорт, 1975. – 432 с., ил.
2. Ковальчук В.С. Судовая радиоэлектроника. – М.: Транспорт, 1977. – 344 с.
3. Ковальчук В.С., Никанкин В.К., Судовая радиоэлектроника. – М.: Транспорт, 1984. – 311 с.