**Лабораторна робота № 3.**

**Дослідження біполярного транзистора.**

**Вхідні та вихідні статичні характеристики.**

***Мета роботи:***

зняти та побудувати вхідні та вихідні статичні характеристики біполярного транзистора підключеного за схемою зі спільним емітером; експериментально визначити параметри транзистора в статичному та динамічному режимах.

***Теоретичні відомості.***

 Транзистор уявляє собою напівпровідниковий прилад з одним або кількома p-n-p переходами, який може бути використаний для підсилення потужності електричних сигналів. Існують різні види транзисторів. Найбільше використання знаходить біполярний транзистор.

 Основа біполярного транзистора – кристал германія або кремнія, в якому є три ділянки, що мають різний тип пропускання струму. Крайні ділянки звуться емітером та колектором. Вони завжди мають один тип пропускання струму. Біполярні транзистори бувають p-n-p та n-p-n типів (рис.1.1). Фізичні процеси, що існують в них аналогічні. Розглянемо принцип дії біполярного транзистора на прикладі транзистора p-n-p.



рис. 1.1.

*Принцип дії біполярного транзистора.*

 При виготовленні біполярного транзистора необхідно виконати дві умови:

1. Ділянка бази повинна бути дуже тонкою (долі мікрометрів).

2. Концентрація основних носіїв повинна бути в емітері на декілька порядків більше концентрації основних носіїв у базі (DPE>>NNB).

 Для того, щоб транзистор міг працювати в режимі підсилення електричних сигналів, необхідно мати два джерела напруги U1 та U2.

 В активному режимі джерело U1 підключають до емітерного переходу в прямому напрямку (емітерний перехід відкритий), джерело U2 - до колекторного переходу в зворотньому напрямку (колекторний перехід закритий)(рис.1.2).



 рис. 1.2.

 Оскільки емітерний перехід відкритий, опір його малий і через нього протікає струм, що виникає шляхом переходу дірок з емітера до бази та електронів з бази до емітера. Якщо здійснюється друга умова (DPE>>NNB), можна вважати, що практично весь струм еміторного перехода (струм емітера транзистора) виникає за рахунок дірок, що перейшли з емітера до бази. Дірки, що перейшли з емітера до бази завдяки різниці концентрацій починають дифундувати крізь ділянку бази в бік колектора. Для ділянки бази дірки є неосновними носіями заряду. Зустрічаючись в базі з електронами, вони повинні рекомбінуватися з ними. Для того, щоб електрон зустрівся з діркою та рекомбінувався з нею, необхідний якийсь час. У зв’язку з тим, що база виготовляється дуже тонкою (вимога 1), більшість дірок встигають пройти її, не встигнувши рекомбінуватись. Але невелика кількість дірок все ж таки встигає рекомбінуватись в базі з електронами. Ці електрони створюють струм бази транзистора IБ.

 Більша частина дірок, що вийшла з емітеру, встигають дійти до колекторного переходу. Електричне поле колекторного p-n - переходу є ускорюючим для неосновних носіїв бази ( в даному випадку для дірок ). Тут вони підхватуються його полем та переходять до ділянки колектора. Для їх нейтралізації від джерела U2 до колектора надходять електрони, які створюють струм колектора IК.

 Виходячи з цього, можна зробити висновок, що для транзистора здійснюється другий закон Кірхгофа: IЕ = IБ + IК.

 Впливаючи на будь-який з цих струмів, тим самим впливаємо і на інші два струми. Як правило впливають на струм бази IБ, який в транзисторі має мінімальне значення. При цьому пропорціонально змінюються струми IЕ та IК, які значно більші. Таким чином, транзистор здійснює підсилення струму.

 Взаємозв’язок між струмами транзистора виражають через такі коефіцієнти:

 коефіцієнт передачі струму емітера α = Δ IК/ Δ IЕ (0,9..0,99);

 коефіцієнт передачі струму бази β = Δ IК/ Δ IБ (10..100).

Використовуючи надані коефіцієнти, можна записати:

IК= α IЕ.

Але більш точним є вираз

IК= α IЕ+ IК0,

де IК0 – тепловий (зворотній) струм колекторного переходу, викликаний переходом неосновних носіїв з бази до колектора та з колектора до бази. Оскільки концентрація неосновних носіїв значно менша, ніж основних, струм IК0 при кімнатній температурі дуже малий. Але при підвищенні температури швидко зростає (зростає приблизно в два рази кожні 10 градусів). Оскільки цей струм некерований (не залежить від струму емітера), при підвищених температурах він заважає нормальній роботі транзисторних схем.

 При використанні транзистора в електронних схемах на його вхід подається сигнал, що потрібно підсилити, а з виходу знімається підсилений. Для подавання вхідного сигналу необхідно два електроди. Для зняття підсиленого сигналу також необхідно два електроди. Оскільки у транзистора тільки три електроди, один з них завжди є спільним для вхідного та вихідного сигналів. В залежності від того, який електрод є спільним, розрізняють три схеми включення транзистора:

1. схема з спільною базою (СБ);
2. схема з спільним колектором (СК);
3. схема з спільним емітером (СЕ);

 Найбільше використання знаходить схема з спільним емітером СЕ, оскільки вона забезпечує найбільше підсилення сигналу по потужності та напрузі.

*Характеристики та параметри біполярного транзистора.*

 Оскільки біполярний транзистор має три зовнішніх електроди, то можна зняти декілька вольт-амперних характеристик (вхідну, вихідну та інші). ВАХ знімаються між двома будь-якими електродами, але її вигляд буде залежати від того, що подається на третій електрод. В зв’язку з цим ВАХ транзистора буде являти собою не одну характеристику, а їх сім’ю. Для схеми включення транзисторів СЕ вхідний сигнал впливає між базою та емітером, а вихідний сигнал знімається між емітером та колектором. З цього виникає залежність IБ= f(UЕБ), а вихідною характеристикою IК= f(UЕК). Ці характеристики зображені на рис.1.3. Як бачите, вхідна характеристика мало залежить від вихідної напруги UКЕ. Тому в довідниках приводять дві вхідні характеристики, що відповідають нульовій та робочій напрузі UКЕ. Вихідні характеристики свідчать про те, що струм колектора транзистора (вихідний струм) мало залежить від вихідної напруги UКЕ, а визначається напругою бази (вхідним струмом). Також транзистор характеризується більшою кількістю інших параметрів:

 UКЕ макс - максимальна напруга між колектором та емітером;

 IК макс - максимальний струм колектора;

 PК макс - максимальна потужність, що розсіюється транзистором;

 IК0 - зворотній (тепловий) струм колектора;

 fмакс - максимальна робоча частота транзистора.

 Tмакс - максимальна робоча температура (для германійових транзисторів +850С, для кремнійових +1250С).

 Розглянуті характеристики називають статичними. Вони характеризують транзистор як прилад. Для того, щоб за допомогою транзистора отримати підсилений сигнал за напругою, в його колекторне коло необхідно включити резистор навантаження RК. Для цього кола за другим законом Кірхгофа можна записати:

EК = UКЕ + UК = UКЕ + IКRК.

З якого отримуємо:

IК = EК/RК – UКЕ/RК.

 Це рівняння зветься рівнянням динамічної навантажувальної характеристики. Оскільки рівняння є лінійне, динамічну навантажувальну характеристику можливо добудувати за допомогою двох точок.

1) при IК = 0, UКЕ = EК;

2) при UКЕ = 0, IК = EК/RК.



Рис.1.3.



 рис.1.4 рис. 1.5

 Динамічна навантажувальна характеристика транзистора будується на вихідних статичних характеристиках. Точка перетинання динамічної навантажувальної характеристики з відповідною статичною характеристикою (визначається заданим струмом бази IБ) зветься робочою точкою транзистора.

 В процесі роботи при зміні вхідного сигналу (струму бази) робоча точка може знаходитись в трьох ділянках (режимах).

 Активна ділянка ( I ). В даному режимі емітерний перехід відкритий колекторний перехід зачинений. Виконується умова:

IК = IБ + (β + 1)IК0.

 Ділянка відсіку ( II ).В цьому режимі емітерний та колекторний перехід зачинені. В ланцюзі колектора тече незначний струм IК = IК0 (тепловий струм). Транзистор зачинений.

 Ділянка насичення ( III ). В цьому режимі емітерний та колекторний переходи відкриті. Для даного режиму:

IК < βIБ; IК = EК/RК.

 Транзистор повністю відкритий і його опір мінімальний. Струм стримується тільки опором резистора RК. В лінійних підсилювачах транзистор працює в активному режимі. Якщо в процесі роботи транзистор знаходиться в режимі насичення та відсіку, такий режим зветься імпульсним або ключовим. Він використовується в імпульсних та цифрових приладах.

**Порядок виконання лабораторної роботи**

1.1. Дослідження вхідних характеристик транзистора

1.1.1. Перелік приладів:

* джерело постійної напруги - 2 шт .;
* змінний резистор (100 Ом);
* вольтметр - 2 шт .;
* амперметр;
* біполярний транзистор 2N2218.

1.1.2. Складіть схему для зняття вхідних вольт амперних характеристик біполярного транзистора (рис. 1.6).

Рис.1.6 – Схема для зняття вхідних вольтамперних характеристик біполярного транзистора

Зніміть вхідні характеристики транзистора Іб=*f*(Uбе), Uке=const.

Дослідження провести наступним чином.

1. Напругу джерела живлення колектор-еміттер встановити рівною 0 В, а величину струму бази змінювати шляхом зміни номінального значення змінного резистора (від 0% до 100% з кроком в 20%). На кожному кроці знімати показання вольтметра емітер-база і амперметра. Отримані значення занести в рядки 1 та 2 в таблиці 1.
2. Встановити напругу джерела живлення колектор-емітер, рівною 5В і повторити ті ж дії Отримані результати занести в третій рядок таблиці 1.

Таблиця 1.

Дослідження вхідних характеристик транзистора

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UБЕ,В |  |  |  |  |  |  | UКЕ,В |
| ІБ1, мкА |  |  |  |  |  |  | 0 |
| ІБ2, мкА |  |  |  |  |  |  | 5 |

1.2. Дослідження вихідних характеристик транзистора.

1.2.1. Перелік приладів

* джерело постійної напруги - 2 шт .;
* змінний резистор (100 Ом);
* вольтметр - 2 шт .;
* амперметр;
* біполярний транзистор 2N2218.

1.2.2. Складіть схему для зняття вихідних вольт амперних характеристик біполярного транзистора (рис. 1.7).



Рис.1.7 – Схема для зняття вихідних вольтамперних характеристик біполярного транзистора

Зніміть вихідні характеристики транзистора ІК=*f* (UКЕ), ІБ=const наступним чином.

1. Встановити значення струму бази (показання амперметра в колі бази) шляхом зміни номінального значення опору. При цьому слід враховувати, що номінальні значення опору резистора необхідно підбирати такими, щоб струм бази відповідав заданим в таблиці 2 значенням (підбір виконувати при будь-яких значеннях UКЕ, крім 0). Величини підібраних номінальних значень опорів внести в колонку R.

2. Змінюючи величину напруги джерела живлення колектор-емітер від 0 В до 5В, фіксувати показання амперметра в колекторному колі і ці дані занести в таблицю 2, рядок 2. Потім встановлюються наступні значення струмів бази і досліди повторюються.

Таблиця 2

Дослідження вихідних характеристик транзистора

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UКЕ,В | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | R | ІБ, мА |
| ІК1, мА |  |  |  |  |  |  |  | 200 |
| ІК2, мА |  |  |  |  |  |  |  | 300 |
| ІК3, мА |  |  |  |  |  |  |  | 400 |

* 1. За даними таблиць 1 і 2 побудувати сімейство вхідних і вихідних характеристик транзистора.
	2. За вихідною характеристикою визначте коефіцієнт передачі струму транзистора, включеного за схемою з загальним емітером.
	3. Зробити висновки по результатам роботи.

*Контрольні питання.*

1. Які вимоги повинні бути виконані при виготовленні транзистора і чому?

2. Чому в транзисторі носії заряду, що попали до бази з емітера, вільно проходять з бази до колектора, не дивлячись на те, що колекторний перехід зачинений?

3. Чому виникає струм IК0 та від чого залежить його значення?

4. В чому різниця статичних та динамічних характеристик транзистора?

5. Як визначити параметр β за знятими характеристиками?

6. Основні режими роботи транзистора, чим вони відрізняються?