

БІПОЛЯРНІ ТРАНЗИСТОРИ

Заняття 1. *Будова та основи роботи біполярного транзистора (БТ).*

1. Загальні відомості про біполярні транзистори. (будова, умовне зображення, маркування, режими роботи).
2. Режими роботи, схеми включення БТ.
3. Струмопроходження в БТ в АР.







sesaya.ru



sesaga.ru

- **Транзистором** називається електроперетворювальний напівпровідниковий прилад з одним або декількома електричними переходами, здатний підсилювати потужність і має три і більше виводи.
- Дія транзистора основана на управлінні рухом носіїв електричних зарядів в напівпровідниковому кристалі.
- Найбільш розповсюджені транзистори з трьома виводами – **напівпровідникові тріоди.**

КЛАСИФІКАЦІЯ ТРАНЗИСТОРІВ

Транзистори класифікують за різними ознаками: по характеру перенесення носіїв зарядів, по числу *p-n*-переходів, по порядку слідування областей *p-n*-переходів, по методах виготовлення, по потужності, по діапазону робочих частот і т.ін.

По характеру переносу носіїв зарядів розрізняють біполярні і уніполярні (польові) транзистори.

До біполярних транзисторів відносяться транзистори з двома взаємодіючими між собою електронно - дірковими переходами. В процесах струмопроходження таких транзисторів беруть участь основні і неосновні носії зарядів.

У польових транзисторів в процесі струмопро-ходження беруть участь носії одного знаку. По числу *p-n*-переходів транзистори підрозділяються на одноперехідні, двоперехідні і багатоперехідні. Найбільше розповсюдження серед біполярних транзисторів одержали двоперехідні транзистори з трьома виводами.

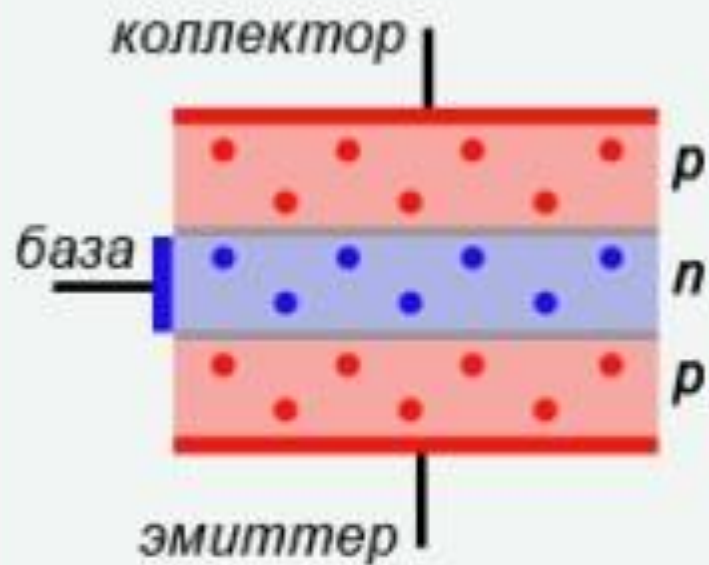
По порядку слідування областей *p-n-переходів* розрізняють транзистори типу *p-n-p* і *n-p-n*. Принцип дії обох типів транзисторів однаковий, але полярність джерел живлення і напрямки прямих струмів протилежні.

По характеру розподілу атомів домішок і руху носіїв зарядів в середній області (базі) транзистори розподіляються на бездрейфові і дрейфові.

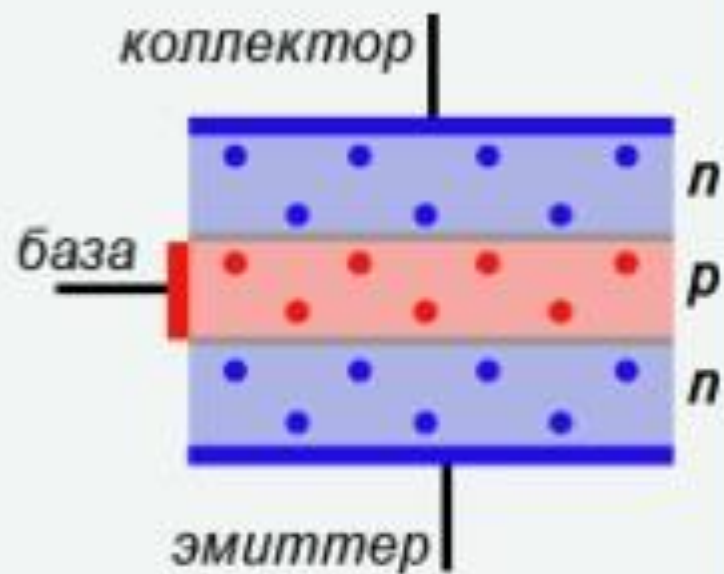
По величині допустимої потужності, яка розсіюється на електродах транзистора, транзистори підрозділяються на малопотужні (до 0,3 Вт), середньої потужності (від 0,3 до 1,5 Вт) і потужні (вище 1,5 Вт).

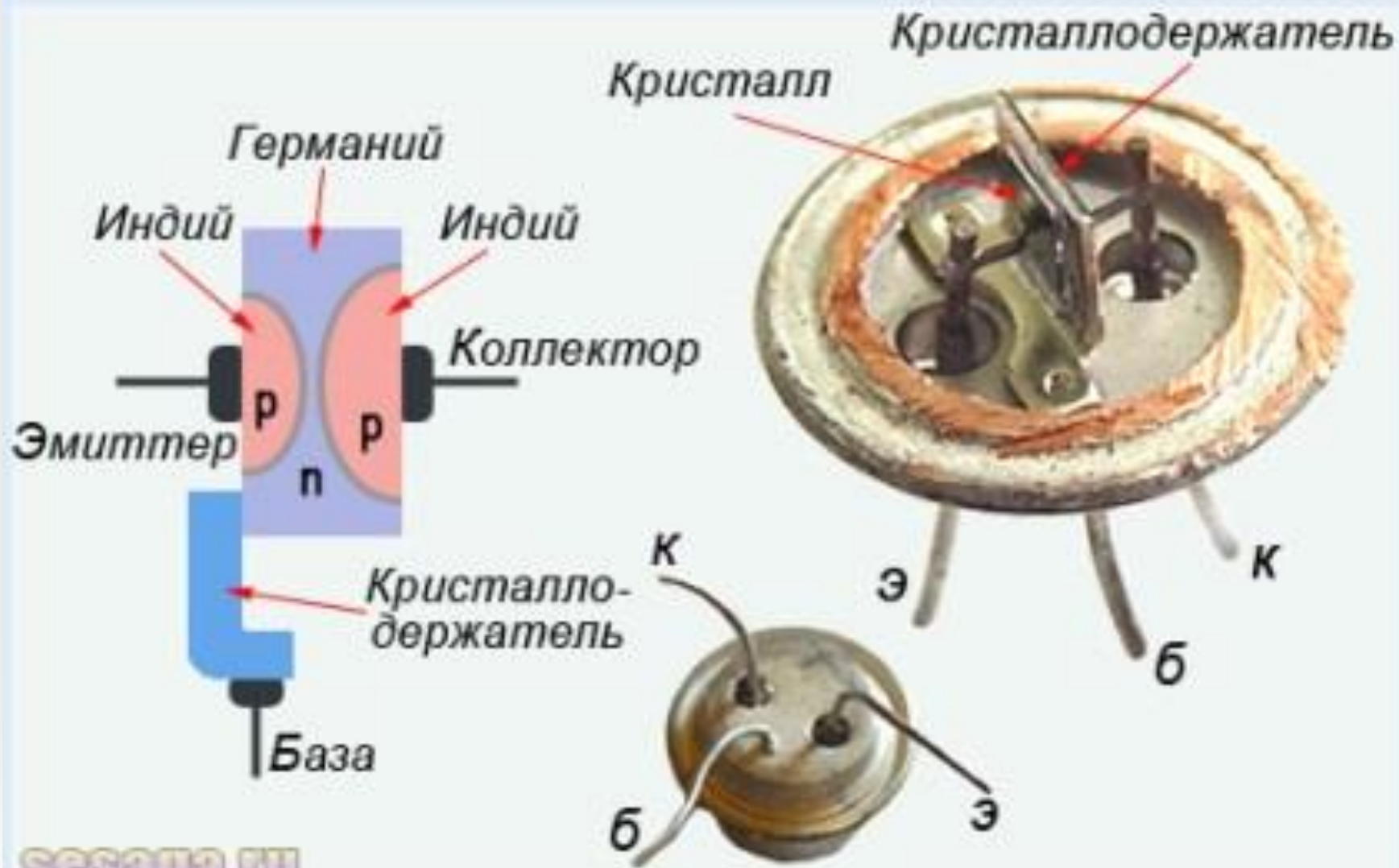
По значенню граничної частоти їх ділять на низькочастотні (до 3 МГц), середньої частоти (від 3 до 30 МГц) і високочастотні (вище 30 МГц).

Транзистор структуры $p-n-p$



Транзистор структуры $n-p-n$





БУДОВА І ПРИНЦИП ДІЇ БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРІВ

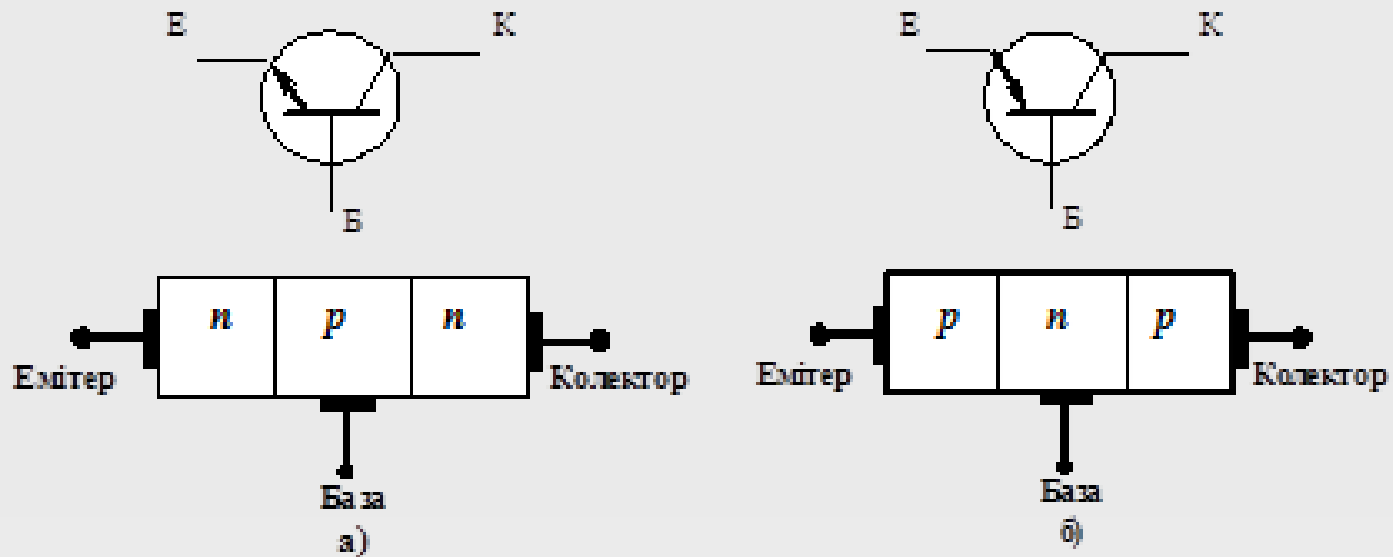


Рис. 3.1. Будова біполярних транзисторів та їх умовне графічне позначення: а) транзистор *p-n-p* типу;
б) транзистор *n-p-n* типу

Робота транзисторів $p-n-p$ - і - $n-p-n$ - типів аналогічна, різниця заключається лише в полярності джерел зовнішніх напруг і в напрямку протікання струмів через електроди. Саме тому в подальшому будуть розглядатися лише транзистори $p-n-p$ - типу. Всі висновки, одержані для цих транзисторів, будуть справедливі і для транзисторів $n-p-n$ - типу.

Середня область транзистора називається **базою**, p -область, яка відділена від бази $p-n$ -переходом меншої площі, називається **емітером**, а p -область з більшою площею $p-n$ -перехода називається **колектором**. Характеристики і пара-метри біполярних транзисторів визначаються використанням в них матеріалом і технологією виготовлення.

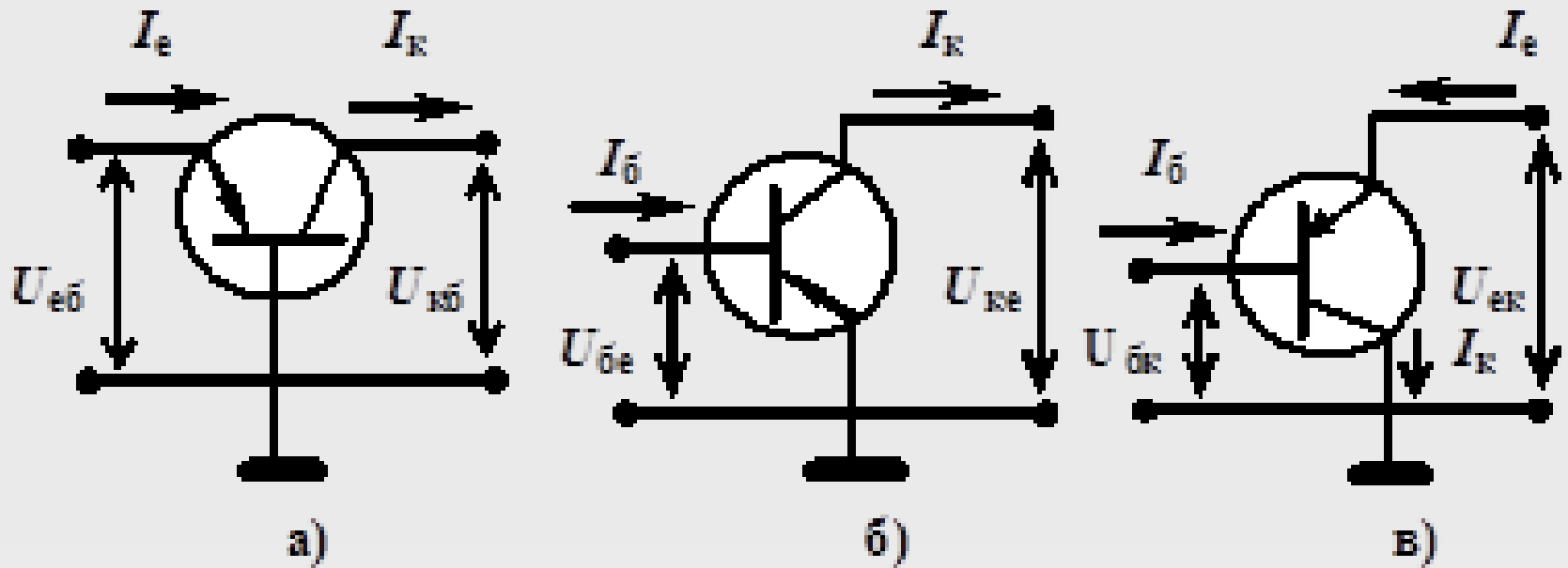


Рис. 3.3. Схеми включення біполярного транзистора

➤ В режимі відсічки обидва p - n -переходи транзистора включаються в зворотному напрямку. При цьому запираючі шари на межах p - і n -областей розширюються і їх опори для основних носіїв збільшуються. Внаслідок цього через p - n -переходи протікають зворотний струм колектора $I_{кбо}$ і емітера $I_{ебо}$, зумовлені рухом неосновних носіїв зарядів і пропорціональні їх концентрації і площі p - n -переходів. Ці струми $I_{кбо}$ і $I_{ебо}$ малі, тому що концентрація неосновних носіїв невелика.

В режимі насичення емітерний і колекторний $p-n$ -переходи включаються в прямому напрямку. При цьому виникає інжекція дірок з емітера в базу і з колектора в базу. В базі відбувається накопичення неосновних нерівноважних носіїв зарядів, а через переходи течуть великі струми насичення $I_{кн}$ і $I_{ен}$, які визначаються рухом основних носіїв p -областей.

В активному режимі емітерний $p-n$ -перехід включається в прямому напрямку, а колекторний – в зворотному. Таке включення транзистора вважають нормальним. В цьому випадку в колі емітера тече струм, зумовлений інжекцією дірок з емітера в базу, а в колі колектора тече струм колектора, величина якого залежить від струму емітера. Якщо під дією зовнішніх напруг колекторний $p-n$ -перехід включається в прямому напрямку, а емітерний в зворотному, то включення транзистора називають **інверс-ним**.

Режим лавинного множення відповідає пробою колекторного $p-n$ -переходу і характеризується різким зростанням колекторного струму.

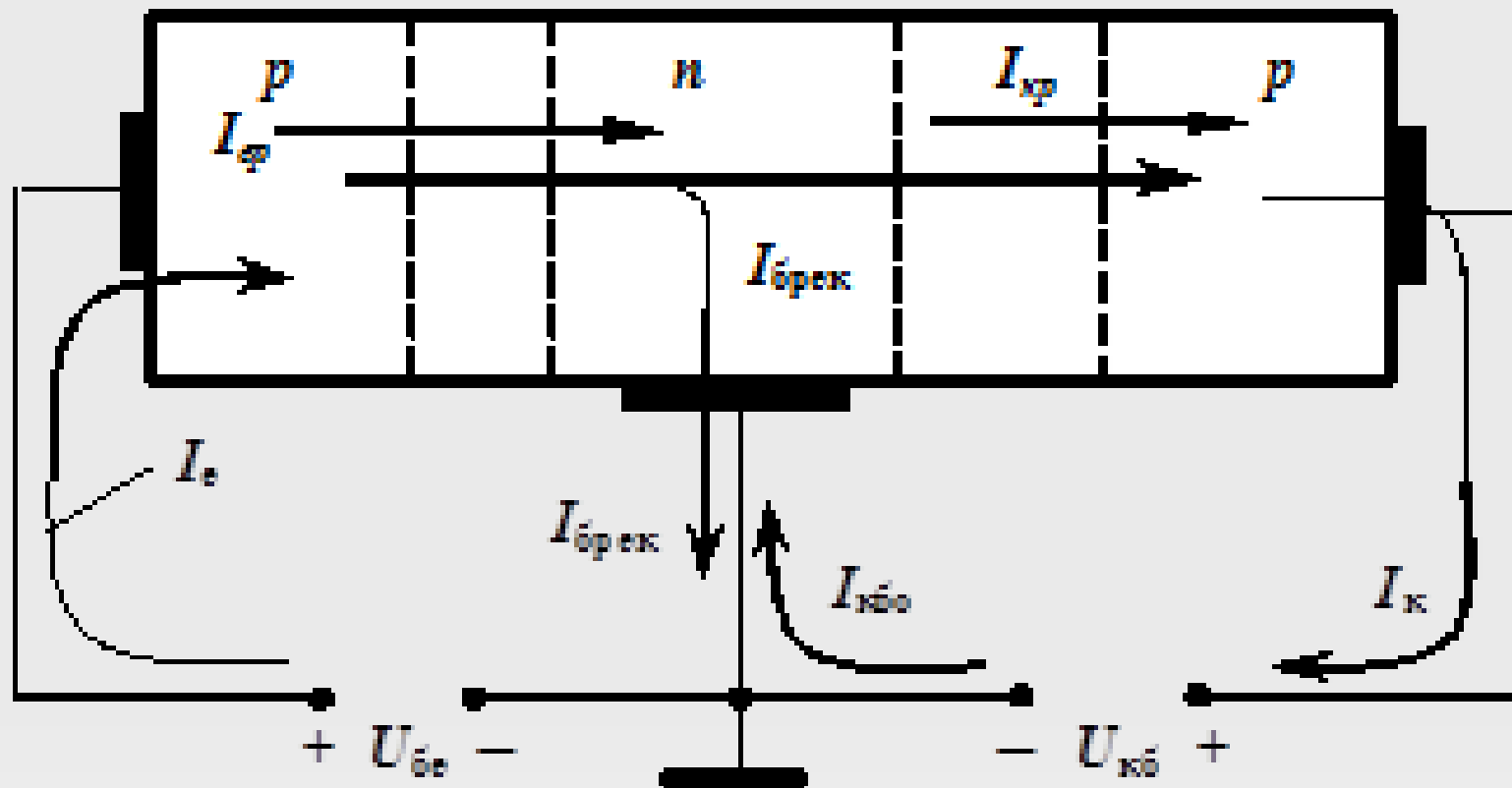


Рис. 3.4. Струмопроходження в біполярному транзисторі, працюючого в активному режимі

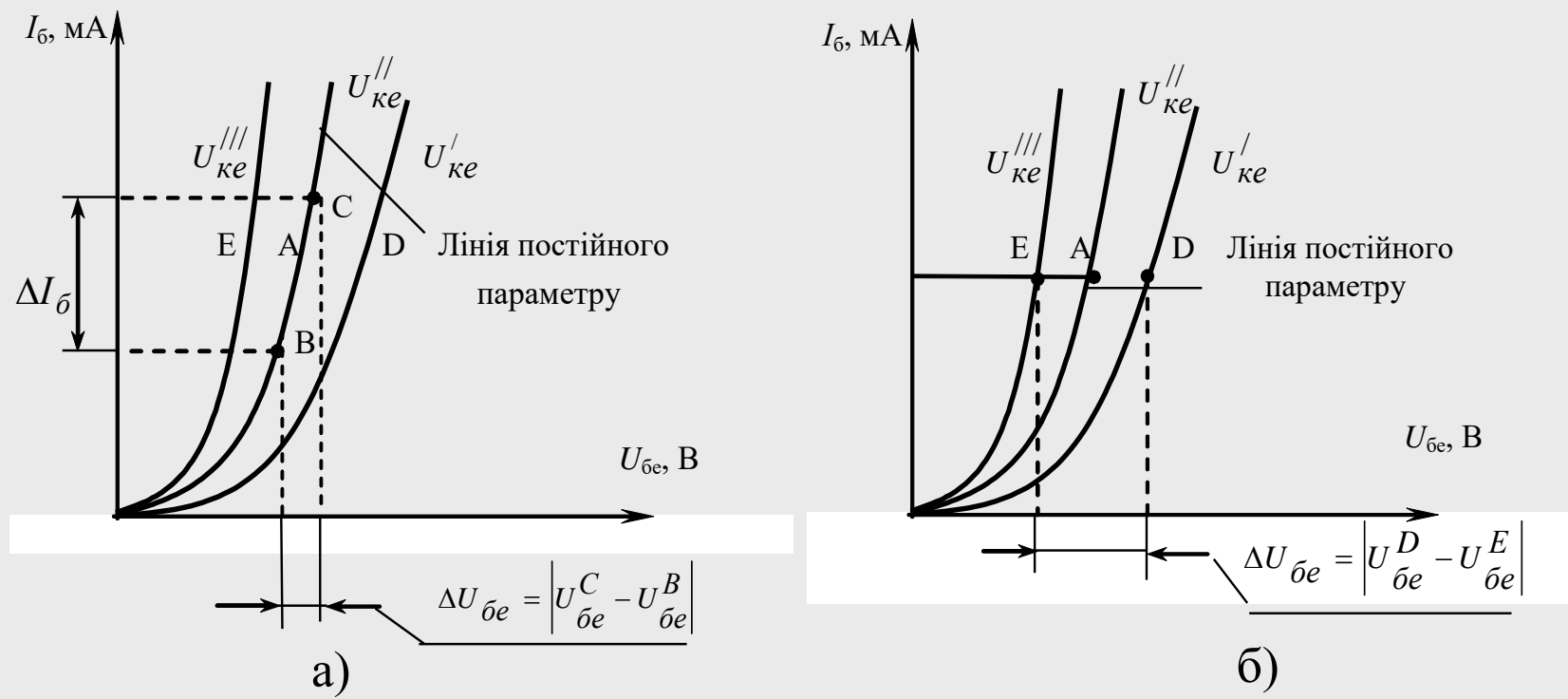


Рис. 1.2. Визначення малосигнальних h -параметрів h_{11} (а) та h_{12} (б) по вхідних статичних характеристиках

В систему h -параметрів входять такі величини:

вхідний опір

$$h_{11} = \frac{\Delta U_{\bar{b}e}}{\Delta I_{\bar{b}}} \quad \text{при } U_{ke} = \text{const} \quad (1.2)$$

коефіцієнт зворотного зв'язку по напрузі

$$h_{12} = \frac{\Delta U_{\bar{b}e}}{\Delta U_{ke}} \quad \text{при } I_{\bar{b}} = \text{const} \quad (1.3)$$

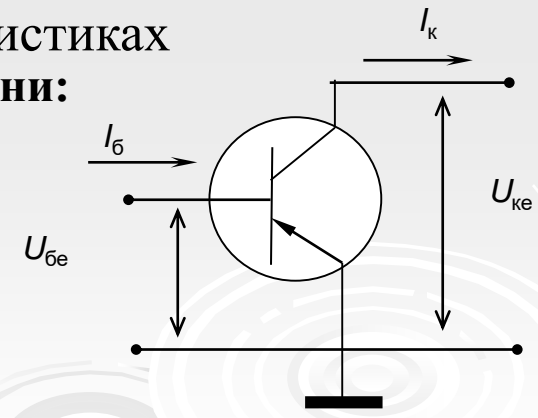


Рис. 1.2.1 Схема включення БТ з СЕ

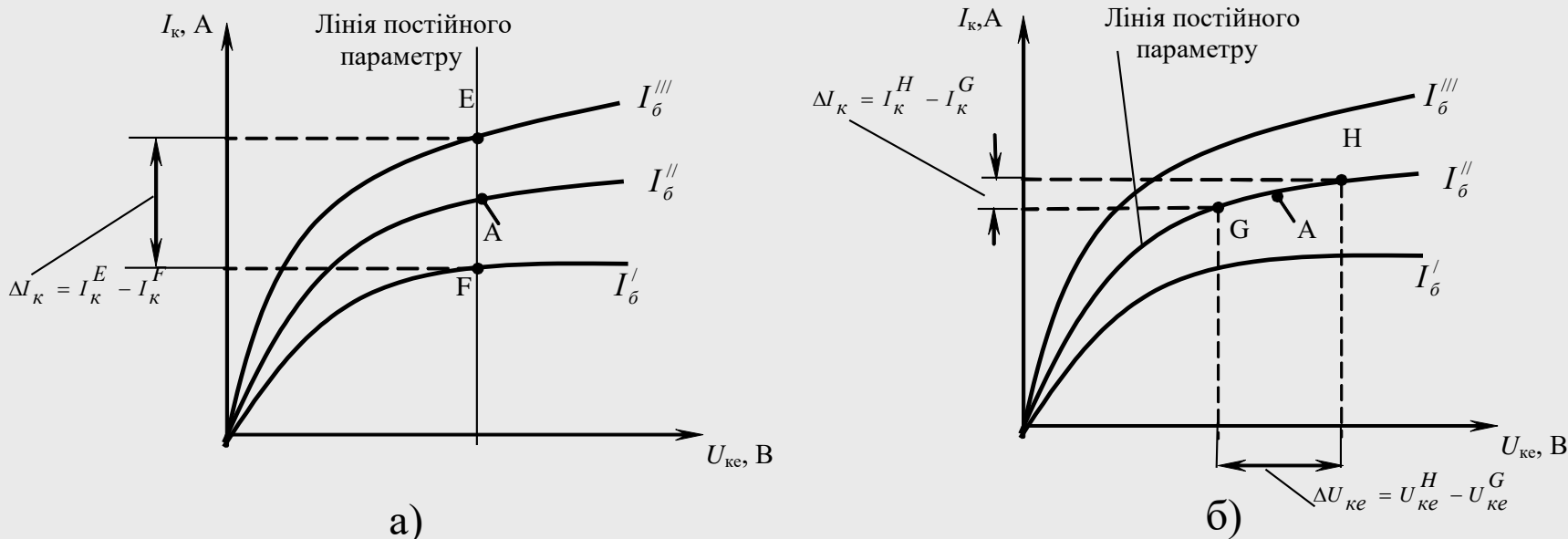


Рис. 1.3. Визначення малосигнальних h -параметрів h_{21} (а) та h_{22} (б) по вихідних статичних характеристиках

коефіцієнт передачі струму

$$h_{21} = \frac{\Delta I_{\kappa}}{\Delta I_{\delta}} \quad \text{при } U_{\text{ке}} = \text{const} \quad (1.4)$$

вихідна провідність

$$h_{22} = \frac{\Delta I_{\kappa}}{\Delta U_{\text{ке}}} \quad \text{при } I_{\delta} = \text{const} \quad (1.5)$$

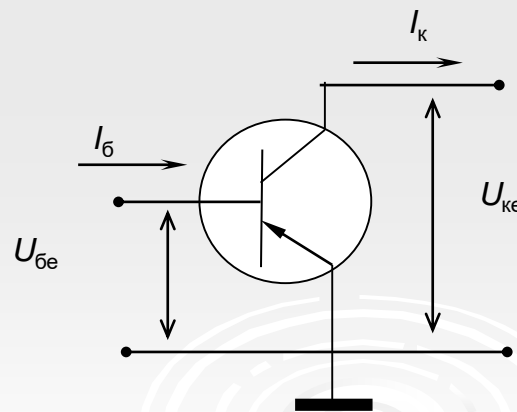


Рис. 1.3.1 Схема включення БТ з СЕ

Основними показниками транзисторного підсилювального каскаду при будь-якій схемі включення транзистора являються:

вхідний опір

$$R_{\text{вх}} = \frac{\Delta U_{\text{вх}}}{\Delta I_{\text{вх}}}$$

вихідний опір

$$R_{\text{вих}} = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{\Delta I_{\text{вих}}}$$

коефіцієнт підсилення по струму

$$K_i = \frac{\Delta I_{\text{вих}}}{\Delta I_{\text{вх}}}$$

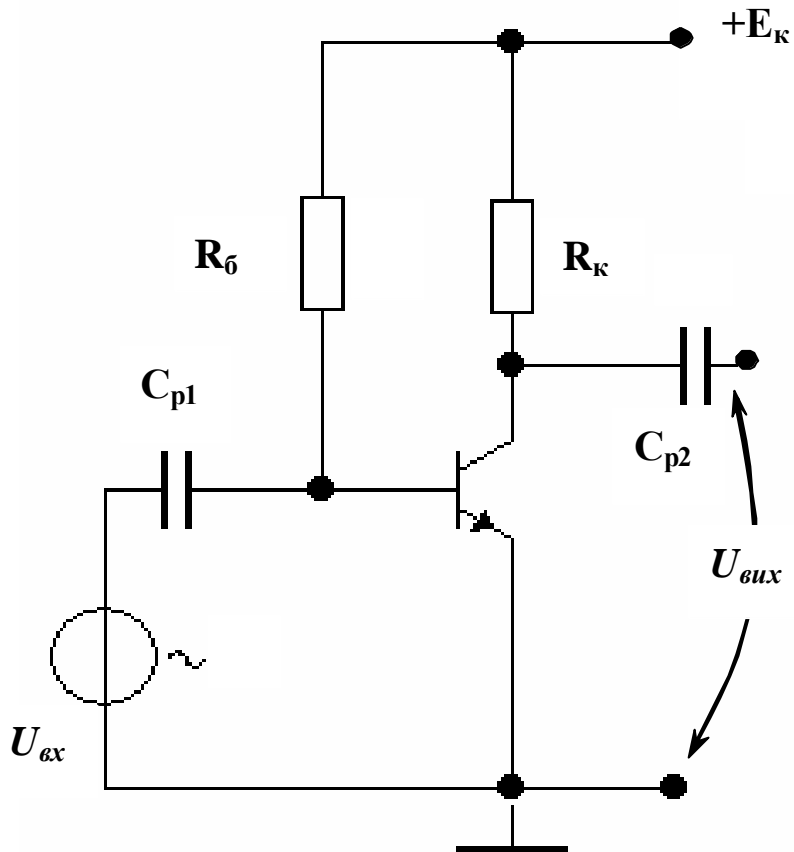
коефіцієнт підсилення по напрузі

$$K_u = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{\Delta U_{\text{вх}}}$$

коефіцієнт підсилення по потужності

$$K_p = K_i \cdot K_u$$

Задання початкового режиму за схемою з фіксованим струмом бази

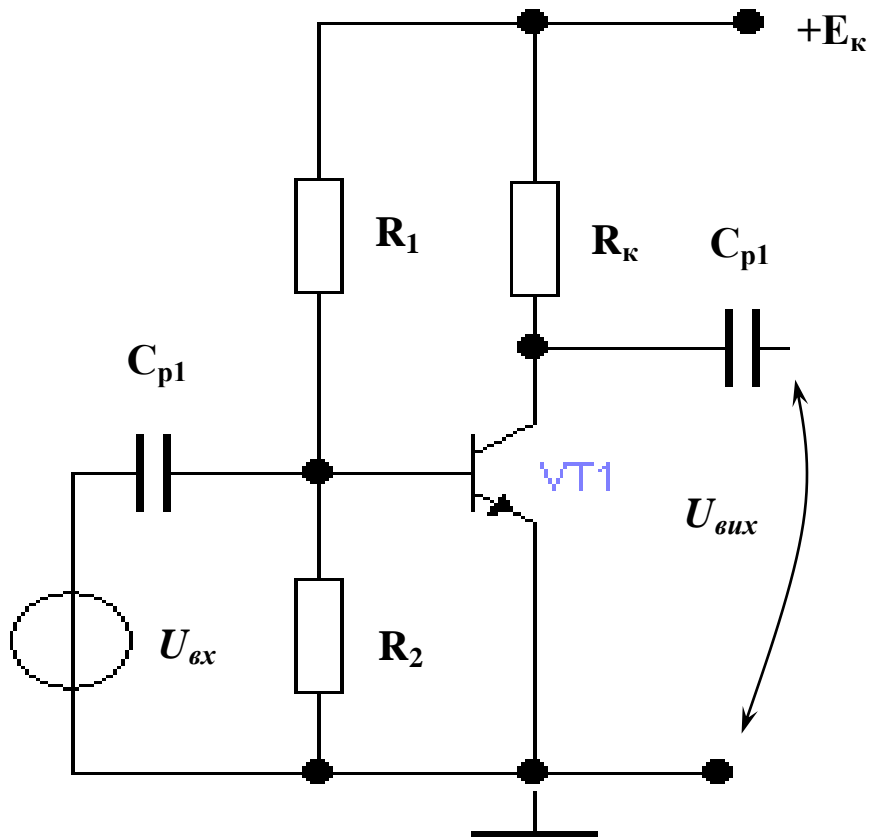


$$U_{еб0} = E_{к} - I_{б0} R_{к}$$

$$R = \frac{E_{к} - U_{бe0}}{I_{б0}}$$

$$R \approx \frac{E_{к}}{I_{б0}}$$

Задання початкового режиму за схемою з фіксованою напругою на базі



$$R_1 = \frac{E_K - U_{\beta e_0}}{I_D + I_{\beta_0}} \approx \frac{E_K}{I_D + I_{\beta_0}};$$

$$R_2 = \frac{U_{\beta e_0}}{I_D},$$