

1. Поняття про прохідну динамічну характеристику

Режими роботи підсилювальних елементів визначаються положенням робочої точки на прохідній динамічній характеристиці. Прохідною динамічною характеристикою називається залежність вихідного струму від вхідної напруги (рис. 11.1). Для транзистора, увімкненого по схемі із ЗЕ, залежність матиме вигляд $I_K = f(U_{BE})$. Прохідна динамічна характеристика може бути побудована за вхідною $I_B = f(U_{BE})$ і вихідною $I_K = f(U_{KE})$ характеристиками.

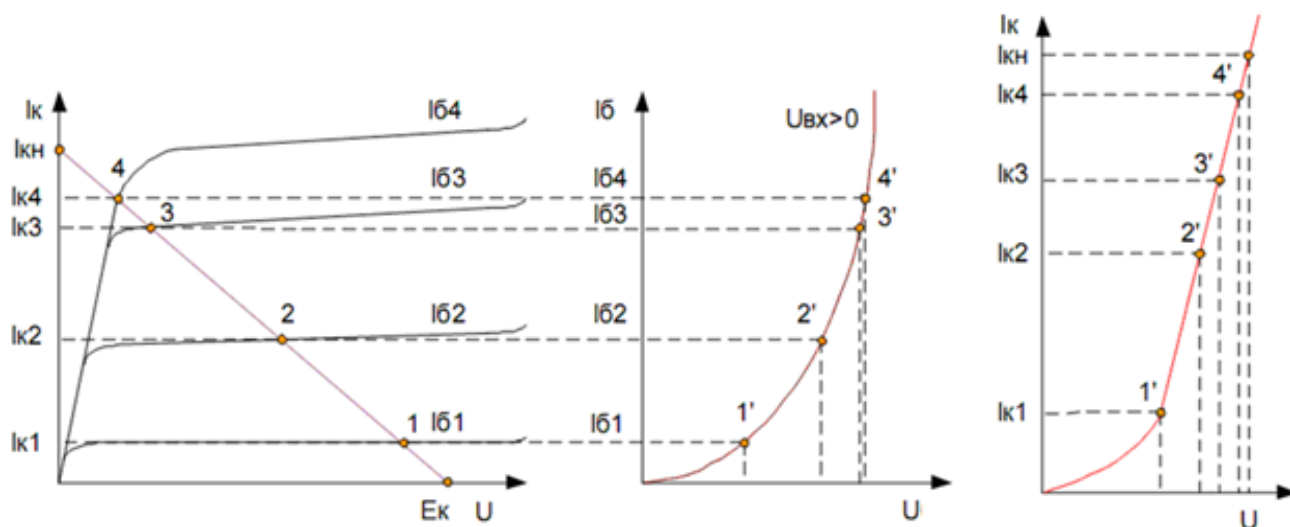


Рис. 11.1. Одержання прохідної характеристики з вихідної та вхідної характеристик транзистора.

2. Режим роботи класу А

Крім вхідних і вихідних кіл, кіл зв'язку між каскадами, у схемах підсилювальних каскадів є елементи, призначені для забезпечення необхідного режиму роботи транзистора. Зазвичай початковий режим транзистора (режим спокою) визначаються сукупністю постійних складових напруги колектора $U_{0к}$, струму колектора $I_{0к}$ та зміщення керуючого електроду (бази в схемі із ЗЕ і чи емітера в схемі із ЗБ). Початковому режиму відповідає початкове положення робочої точки на навантажувальній прямій, побудованій на сімействі статичних вихідних характеристик.

Перед побудовою навантажувальної прямої необхідно визначити *робочу область* статичних характеристик, обмежену граничними значеннями напруги і струму колектора ($U_{к.макс}$ та $I_{к.макс}$), найбільшою потужністю $P_{к.макс}$, яка розсіюється колектором, при найбільшій робочій температурі (рис. 11.2, б).

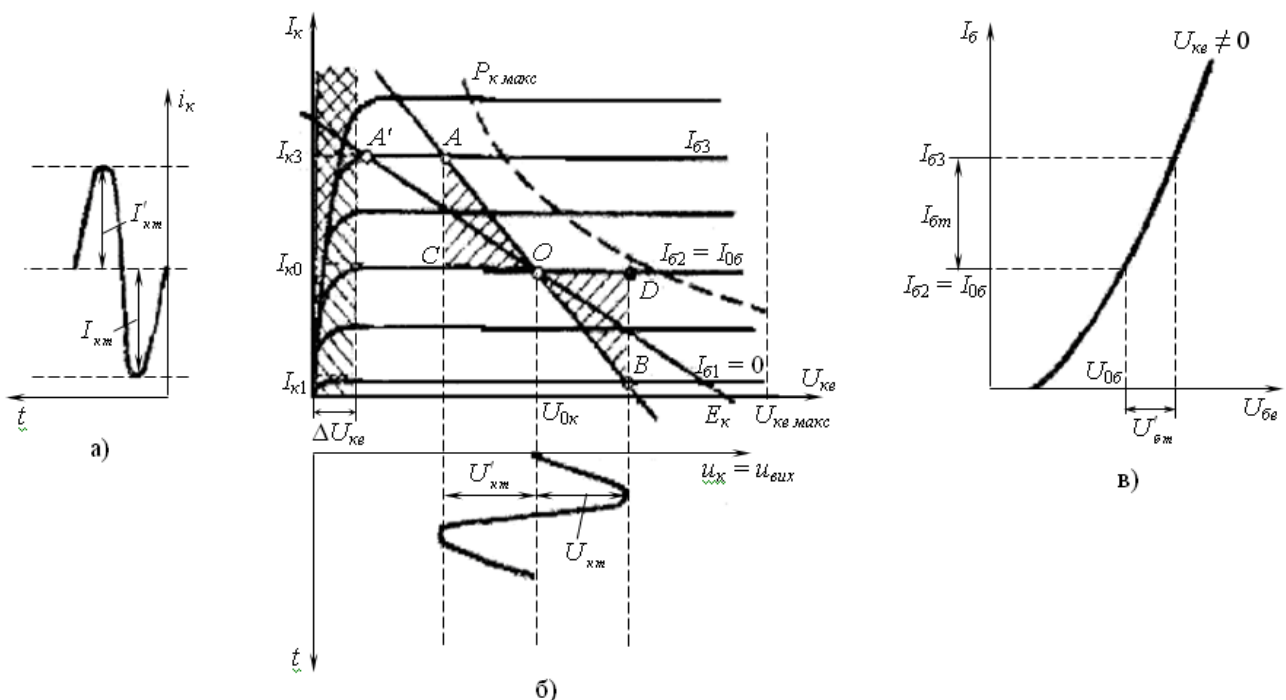


Рис. 11.2. До пояснення вибору режимів роботи транзистора.

Залежно від вихідного режиму роботи і амплітуди вхідного сигналу струм в колі колектора може протікати або впродовж всього періоду зміни вхідного сигналу, або тільки частини періоду (в останньому випадку решту

часу транзистор закритий). Згідно цього розрізняють чотири різновиди режиму роботи транзистора – класи А, АВ, В і С.

У класі А початкове положення робочої точки на навантажувальній прямій і амплітуда вхідного (керуючого) струму вибираються так, щоб робоча точка не виходила за ті межі навантажувальної прямої, де зміни струму колектора прямо пропорційні змінам струму бази (ділянка АВ, обмежена струмами $I_{\kappa 1}$ та $I_{\kappa 2}$, на рис. 11.2, б). Для цього між базою та емітером транзистора за допомогою однієї із схем живлення кола бази необхідно створити постійну складову напруги, яка називається величиною напруги зміщення $E_{зм}$. При відсутності змінної складової підсилювального сигналу робоча точка називається робочою точкою спокою.

При роботі в класі А струм колектора не припиняється (транзистор завжди відкритий) (рис. 11.2, а). Робота підсилювача класу А характеризується мінімальними спотвореннями і низьким ККД (для транзисторних підсилювачів із ЗБ при максимальній вихідній потужності $\eta = 45 - 48 \%$, тобто близький до ідеального значення 50%). Режим підсилення класу А застосовується в тих випадках, коли необхідні мінімальні спотворення, а вхідна потужність і ККД не мають вирішального значення. У класі А працюють всі каскади підсилювачів напруг і малопотужні вихідні каскади.

При підсиленні малих сигналів початкове положення робочої точки доцільно вибирати так, щоб отримати максимальне значення параметра h_{21} (h_{21} – це коефіцієнт підсилення за струмом транзистора або коефіцієнт передачі струму) і найменше споживання потужності від джерела живлення. Режим за струмом бажано вибирати так, щоб коефіцієнт підсилення слабо залежав від зміни струму I_e . При підсиленні вхідних сигналів великих амплітуд початкове положення робочої точки доцільно вибирати посередині ділянки АВ в точці О.

Для забезпечення вибраного режиму роботи за вхідним колом необхідно задати початковий постійний струм бази (струм спокою) $I_{0б} = I_{б2}$, а амплітуда вхідного струму бази $I_{бм}$ не повинна перевищувати різниці $I_{б3} - I_{б2}$. За

вибраною таким чином початковою робочою точкою визначаються початкові значення колекторного струму $I_{0\kappa}$ і напруги колектора $U_{0\kappa}$, а також амплітуди змінного струму колектора $I_{\kappa m}$ і змінної складової напруги колектора $U_{\kappa m}$.

При активному навантаженні максимальна вихідна напруга забезпечується при $U_{0\kappa} \approx E_{\kappa}/2$, а величина $I_{0\kappa}$ або визначається величиною заданого навантаження, або вибирається з умови мінімуму спотворення вихідного сигналу. В останньому випадку необхідно побудувати декілька навантажувальних прямих, які відповідають різним R_n , і порівняти амплітуди півхвиль вихідного сигналу $U_{\kappa m}$. Застосовуючи джерело живлення з ЕРС, яка перевищує напругу колектора вибраного транзистора, схему необхідно розрахувати так, щоб як при ввімкненні, так і при виключенні джерела живлення напруга колектор – загальний електрод не перевищувала граничних значень, наведених в довіднику. При трансформаторному ввімкненні навантаження максимум вихідної напруги забезпечується вибором $U_{0\kappa} \approx E_{\kappa} \leq U_{\kappa \text{ макс}}/2$. Значення струму $I_{0\kappa}$ при цьому визначається величиною навантаження.

Потужність, яка віддається трансформатором в навантаження при синусоїдальній формі сигналу, рівна:

$$P_n = \frac{1}{2} I_{\kappa m} U_{\kappa m} = S_{\Delta AOC} = S_{\Delta OBD},$$

а потужність, яка виділяється на колекторі, складає:

$$P_{\kappa} = I_{0\kappa} U_{0\kappa}$$

Коефіцієнт підсилення за струмом рівний:

$$K_i = \frac{I_{\kappa m}}{I_{\delta m}} = \frac{I_{\kappa 3} - I_{0\kappa}}{I_{\delta 3} - I_{\delta 2}}.$$

Графо-аналітичний розрахунок амплітуди змінної напруги на вході $U_{\delta m}$, вхідного опору транзистора R_{ex} , потужності, яка затрачається на вході, коефіцієнтів підсилення за напругою і потужністю здійснюється із врахуванням

вхідної характеристики транзистора з навантаженням (рис. 11.2, в). Для підсилювача класу А за цією характеристикою визначається подвійна амплітуда вхідної напруги і подвійна амплітуда вхідного струму. Знаючи ці величини, можна визначити вхідну потужність при синусоїдальній формі сигналу:

$$P_{ex} = \frac{1}{2} I_{\delta m} U_{\delta m},$$

коефіцієнт підсилення за напругою

$$K_u = \frac{U_{\kappa m}}{U_{\delta m}},$$

коефіцієнт підсилення за потужністю

$$K_p = \frac{P_{vix}}{P_{ex}}$$

і вхідний опір транзистора

$$R_{ex} = \frac{U_{\delta m}}{I_{\delta m}}.$$

Нелінійність вхідної характеристики може стати причиною спотворень навіть при правильному виборі режиму роботи транзистора за вихідною характеристикою. Для зменшення спотворень необхідно зменшувати амплітуду вхідного сигналу.

Одним із важливих параметрів, який залежить від режиму роботи підсилювача, є кут відсічки θ . Кутом відсічки називається половина тієї частини періоду, за яку у вихідному колі буде протікати струм. Для режиму класу А кут відсічки становить 180° .

3. Режим роботи класу В

У класі В початкове положення робочої точки вибирається на початку лінійної ділянки статичної характеристики (рис. 11.3). Транзистор відкритий тільки впродовж половини періоду, тобто працює з відсічкою. Для режиму класу В кут відсічки $\theta = 90^\circ$. Режим роботи класу В характеризується високим ККД $\eta = (60 \div 70) \%$. Недоліком режиму класу В є великі нелінійні спотворення. Тому клас В застосовується тільки в двохтактних схемах, де зникнення струму одного транзистора компенсується появою струму іншого.

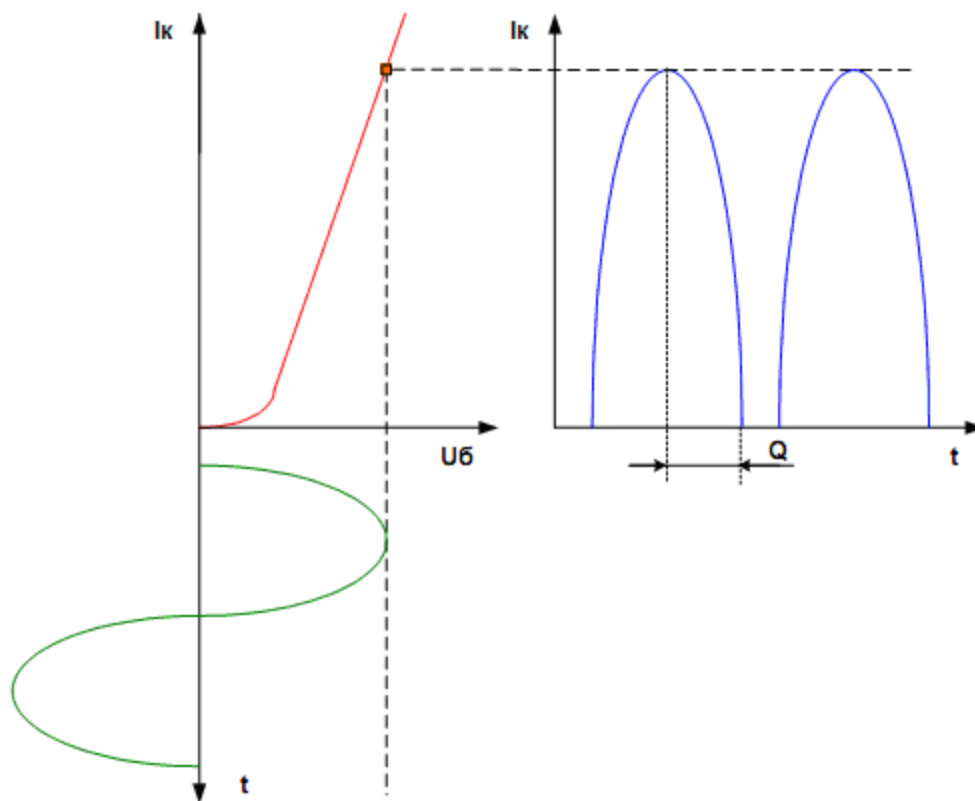


Рис. 11.3. Режим роботи класу В.

4. Режим роботи класу АВ

Іноді положення робочої точки вибирають на нижньому вигині прохідної динамічної характеристики – режим класу АВ (рис. 11.4). У цьому випадку буде мати місце струм спокою, але величина його буде значно менша, ніж в режимі класу А. Кут відсічки θ в режимі класу АВ буде більшим 90° . Режим класу АВ має дещо менший ККД, ніж режим класу В ($\eta = (50 \div 60) \%$) і дещо менші нелінійні спотворення. Застосовується також, як і режим класу В, в двохтактних підсилювачах потужності.

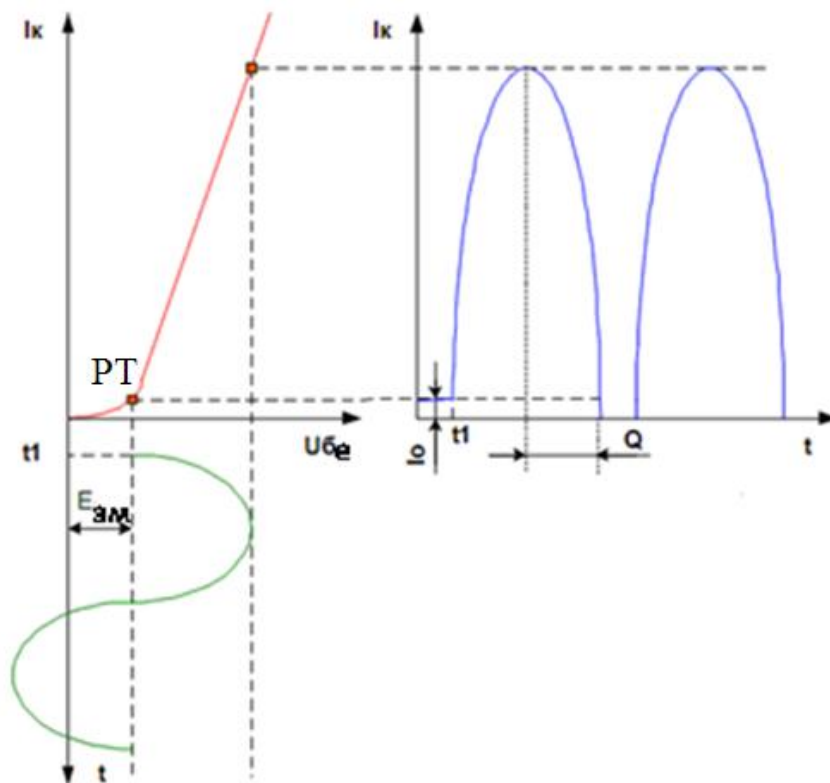


Рис. 11.4. Режим роботи класу АВ.

5. Режим роботи класу С

Це режим, при якому величина E_{3M} має від'ємне значення (рис. 11.5). У даному випадку робоча точка вибирається нижче початку лінійної ділянки статичної характеристики. Режим класу С характеризується максимальним ККД $\eta = 80\%$, але і найбільшими нелінійними спотвореннями. Кут відсічки θ є меншим за 90° . Режим С в підсилювачах застосовується у вихідних каскадах потужних передавачів.

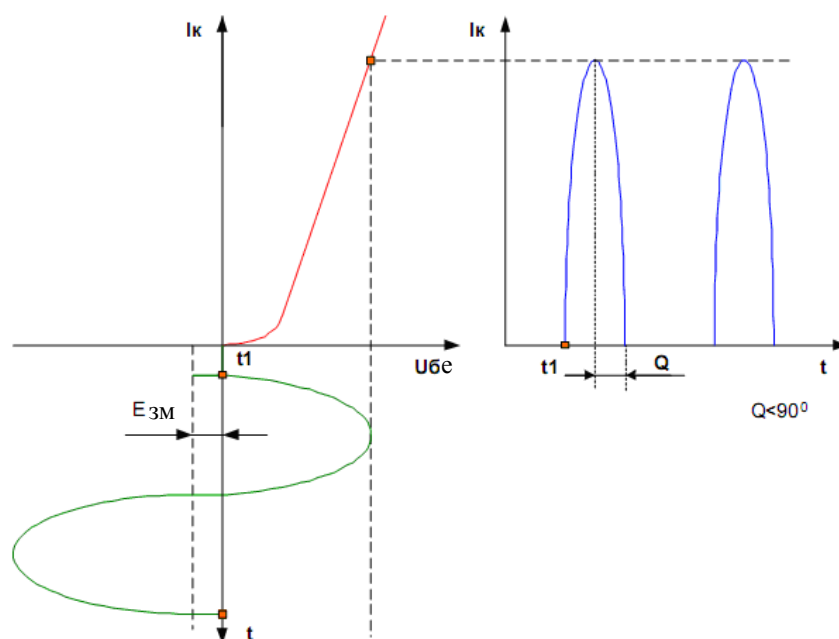


Рис. 11.5. Режим роботи класу С.