

4.5.7. Режими підсилювачів

Режимом називається сукупність напруг та струмів електродів транзистора, які визначають місцеположення робочої точки.

У залежності від місцеположення робочої точки та форми сигналу, яку треба одержати, підсилювач може працювати в режимах *A*, *B*, *C*, *D* та *E*, а також у комбінованих режимах, наприклад *AB*.

4.5.7.1. Режим *A*

У режимі *A* робоча точка РТ (точка спокою) лежить на середині ділянки 1–2 лінії навантаження (рис. 4.81), через що відтворюються обидві напівхвилі сигналу: і позитивна, і негативна.

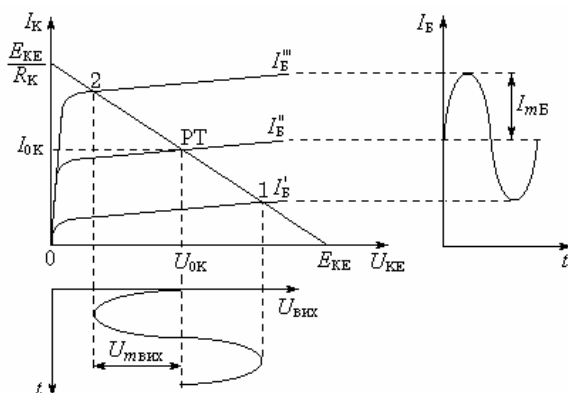


Рис. 4.81. Діаграма роботи підсилювача в режимі *A*

Тому спотворення сигналу в режимі *A* найменші. У цьому значна перевага режиму *A* і через це режим *A* використовується переважно у вхідних та вимірвальних підсилювачах.

Не зважаючи на важливі переваги режиму *A*, він має суттєві недоліки, основні з яких наступні:

- щоб відтворити обидві напівхвилі, напруга живлення E_{KE} має перевищувати амплітуду сигналу вдвічі ($E_{KE} > 2U_{mвк}$), тобто бути відносно високою;

- велике струмоспоживання зумовлене тим, що в робочій точці струм I_{0K} протікає завжди, незалежно від наявності чи відсутності сигналу;

- малий коефіцієнт корисної дії (ККД), максимальне значення якого не перевищує 25% (див. п. 4.4.9.1)

Тому режим *A* доцільно використовувати тільки в малопотужних каскадах, наприклад, у вхідних, де потужність незначна.

Основною причиною малого ККД є великий струм спокою I_{0K} (див. рис. 4.81), який протікає незалежно від того, чи є сигнал, чи його нема,

великий він чи малий. Якби здійснити залежність I_{0K} від амплітуди сигналу, то ККД можна було б збільшити. Це реалізується у режимі B .

Щодо схем підсилювачів режиму A , то ними є усі, що розглянуті раніше.

4.5.7.2. Режим B

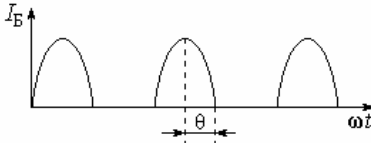


Рис. 4.82. Форма струму бази в режимі B

Режим B характеризується так званим *кутом відсікання* θ . Для режиму B кут відсікання становить $\theta = \frac{\pi}{2}$ (рис. 4.82).

Це означає, що в одному підсилювачі підсилюється тільки одна з двох напівхвиль сигналу.

Щоб відтворити повністю сигнал, треба мати ще один інший підсилювач, тобто підсилювач режиму B має бути двоканальним.

З діаграми роботи одного з двох каналів, що наведена на рис. 4.83 видно, що для здійснення режиму B , робоча точка РТ має вибиратися на характеристиці $I_{0B} = 0$.

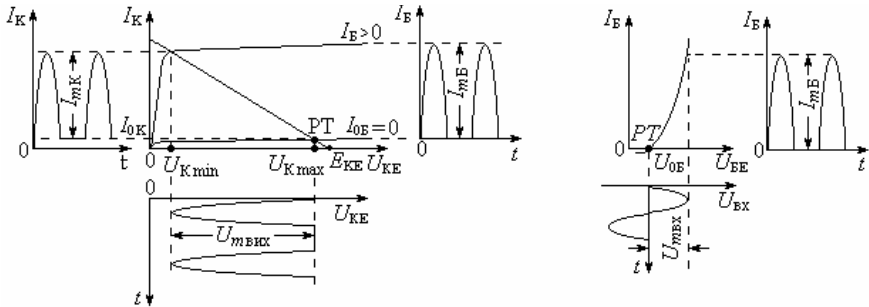


Рис. 4.83. Діаграма роботи підсилювача в режимі B

Знайдемо ККД підсилювача в режимі B . Він визначається, як і в режимі A :

$$\eta_B = \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вт}}} \tag{4.167}$$

Зважаючи на те, що на виході підсилювача діє лише одна напівхвиля, вихідну потужність одного підсилювача знайдемо, як

$$P_{\text{вих}} = \frac{1}{4} \frac{U_{\text{мвих}}^2}{R_K} \tag{4.168}$$

Потужність витрат становить

$$P_{вт} = E_K I_{0K}. \quad (4.169)$$

Постійна складова колекторного струму залежить від амплітуди струму колектора і визначається, як

$$I_{0K} = \frac{I_{mK}}{\pi}, \quad (4.170)$$

З урахуванням того, що $U_{мвих} \approx E_{KE}$, амплітуда колекторного струму становить

$$I_{mK} \cong \frac{E_K}{R_K}. \quad (4.171)$$

На підставі формул (4.167) ... (4.171) знаходимо, що в режимі *B* максимальний ККД становить

$$\eta_B = \frac{\pi}{4} = 0,75, \quad (4.172)$$

тобто втричі більше, ніж у режимі *A*.

Схема підсилювача режиму *B* наведена на рис. 4.84.

Тут *VT1* та *VT2* – транзистори, на яких створені відповідно перший та другий канали підсилення.

Подільники *R1*, *R2* та *R4*, *R3* створюють напруги живлення баз, $U_{B1} = U_{0B}$ та $U_{B2} = U_{0B}$ (див. рис. 4.83), тобто визначають робочі точки, в яких транзистори *VT1* та *VT2* виводяться на межі відкриття.

За допомогою змінного резистора *R5* симетрують канали.

Підсилювач режиму *B* працює наступним чином.

У початковому стані, тобто за відсутності сигналу ($U_{вх} = 0$) обидва транзистори *VT1* та *VT2* закриті. Тому за відсутності сигналу, наприклад, у паузах, струму I_K немає.

Через це додатково підвищується ККД, тому що при $I_K = 0$ підсилювач не споживає енергії.

З поданням сигналу напруги обмоток W_1 та W_2 протилежні. Якщо, наприклад, напруга обмотки W_1 позитивна, то транзистор *VT1* відкритий, а *VT2* – закритий. Через це в інтервалі моментів $t_1 \dots t_2$ (рис. 4.85) на виході U_{K1} сигнал є, а на виході U_{K2} сигналу немає.

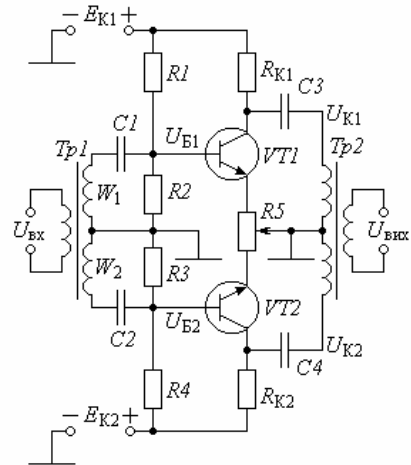


Рис. 4.84. Принципова схема підсилювача режиму *B*

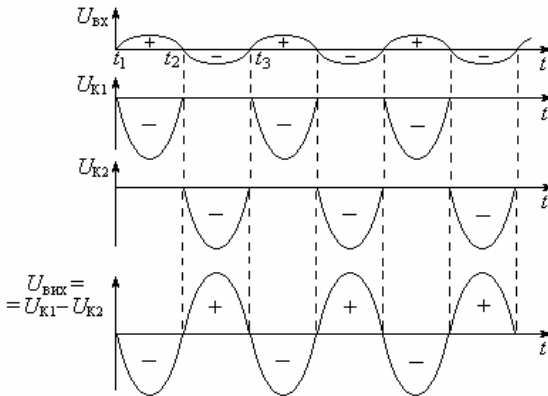


Рис. 4.85. Відтворення сигналу в підсилювачі режиму *B*

Через напівперіод полярність вхідного сигналу зміниться на протилежну. Тому напруга обмотки W_2 стане позитивною і відкриє транзистор $VT2$, а негативна напруга обмотки W_1 закриє транзистор $VT1$. Тому в інтервалі моментів $t_2 \dots t_3$ на виході U_{K2} сигнал є, а на виході U_{K1} сигналу немає. Різниця потенціалів U_{K1} та U_{K2} відтворює повний вихідний сигнал $U_{\text{вих}} = U_{K1} - U_{K2}$ без будь-яких спотворень.

4.5.7.3. Режим *C*

Режим *C* визначається таким вибором робочої точки, за якого кут відсікання становить $\theta < \frac{\pi}{2}$ (рис. 4.86).

Цей режим можна здійснити, якщо в схемі, яка наведена на рис. 4.83, вилучити резистор RI .

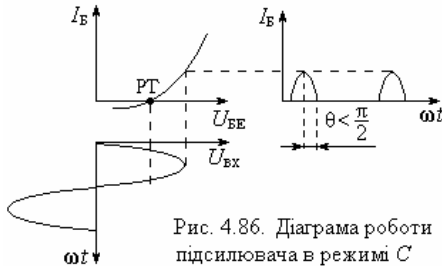


Рис. 4.86. Діаграма роботи підсилювача в режимі *C*

Режим *C* створює значну частку вищих гармонік ($2\omega, 3\omega \dots$) і тому в резистивних підсилювачах не використовується. Він забезпечує високий ККД у підсилювачах та автогенераторах, які містять коливальні системи. Тому далі режим *C* буде розглядатися при вивченні автогенераторів.

4.5.7.4. Режим *D*

Режим *D* називається ще *ключовим*, тому що в ньому транзистор виконує роль ключа, тобто він або повністю відкритий і замикає коло, або

повністю закритий і саме тим розриває коло.

У відкритому стані транзистора через нього протікає значний струм, а напруга на транзисторі мала. У закритому стані майже вся напруга живлення падає на транзисторі, а струм дуже малий. Тому як у закритому, так і у відкритому станах транзистора втрати підсилювача режиму D нехтовно малі, через що ККД значний і перевищує 90%.

Режим D характеризується тим, що вихідним сигналом $U_{\text{вих}}$ підсилювача є прямокутні біполярні імпульси (рис. 4.87).

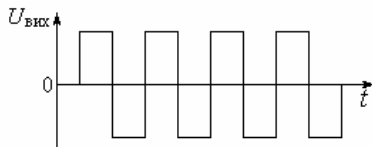


Рис. 4.87. Часова діаграма роботи підсилювача режиму D

Підсилення гармонічних сигналів у режимі D неможливе.

Перевагою режиму D є високий ККД, а недоліком є біполярні імпульси, що потребує ускладнення схеми підсилювача через потребу двох різнополярних джерел живлення. Цього недоліку позбавлені підсилювачі режиму E .

4.5.7.5. Режим E

Режим E , як і режим D , обробляє сигнали тільки прямокутної форми і має високий ККД, який досягає 90 – 95%.

Режим E характеризується тим, що вихідним сигналом $U_{\text{вих}}$ підсилювача є прямокутні однополярні імпульси (рис. 4.88), через що підсилювач живиться тільки від одного джерела.

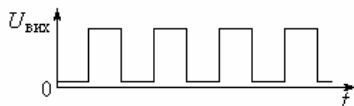


Рис. 4.88. Часова діаграма роботи підсилювача режиму E

Через цю однополярність вихідного сигналу режим E здобув найширшого розповсюдження в цифрових схемах, які розглядатимуться нижче в розділах 8 ... 13.

Контрольні питання

4.1. Наведіть схему підсилювача на тріоді та поясніть наявність підсилення.

4.2. Наведіть схему підсилювача на пентоді та поясніть наявність підсилення.

4.3. Поясніть вибір робочої точки для неспотвореного підсилення.

4.4. Наведіть умовні позначення біполярних транзисторів типів $p-n-p$ та $n-p-n$.

4.5. Наведіть структуру біполярних транзисторів типів $p-n-p$ та $n-p-n$.

4.6. Наведіть основні схеми включення біполярних транзисторів типів $p-n-p$ та $n-p-n$ з СБ та СЕ.

4.7. Перелічіть струми транзистора.

4.8. Наведіть вирази для коефіцієнтів передавання струму в схемах з