

## Лабораторна робота № 13

### ПІДСИЛЮВАЧ ПОТУЖНОСТІ

**Мета роботи:** дослідити властивості безтрансформаторного двотактного каскаду підсилювача потужності на біполярних транзисторах типу  $p-n-p$  та  $n-p-n$  в режимах класів  $A$  та  $B$ .

#### Опис досліджуваної схеми

До складу лабораторної установки входять: універсальний лабораторний стенд, змінний модуль №13, генератор гармонічного сигналу Л-30, вхідний та вихідний вольтметри ВЗ-38 (ВЗ-13), осцилограф СІ-55, магазин опорів РЗЗ, мультиметр ВР-ІІ.

На рис. 13.1 показано принципову електричну схему лабораторного модуля, який являє собою безтрансформаторний кінцевий каскад з послідовним живленням, зібраний на транзисторах типу  $p-n-p$  та  $n-p-n$ . Транзистори  $VT1$  і  $VT2$  ввімкнуті за схемою спільного колектора (СК). Режим їх роботи на постійному струмі визначається компонентами дільника напруги  $R1, R2, R3$  підключеного до джерела постійної напруги  $U$ . Напруга живлення вмикається кнопкою  $S11$  (ВКЛ.)

Зміна режиму роботи підсилювача потужності здійснюється перемикачем  $S6$ , при замиканні якого каскад переходить з режиму роботи класу  $A$  у режим роботи класу  $B$ .

Резистор  $R1=100$  Ом, включений у вхідне коло, призначений для непрямого вимірювання вхідного струму каскаду, визначаємого за величиною падіння напруги на  $R1$ . Падіння напруги вимірюється вхідним вольтметром  $PV1$  або осцилографом на двох полюсах резистора за допомогою перемикача  $S5$ .

Конденсатори  $C2$  та  $C3$  є роздільними, а  $C1$  використовується для пере-дачі без затухання вхідного сигналу на базу транзистора  $VT1$  у режимі класу  $A$ .

Для лінеаризації вхідних характеристик транзисторів до їх емітерних кіл ввімкнуті резистори  $R5$  та  $R6$  напруга на яких (гнізда  $XS2 - XS5$  та  $XS4 - XS5$ ) повторює форму емітерного струму. Внутрішнє навантаження каскаду підключається перемикачем  $S7$ , а зовнішнє (магазин опорів  $P33$ ) підключається до гнізд  $XS5$  та  $XS20$  ( $\perp$ ).

#### Домашнє завдання

1. Вивчити способи реалізації та властивості каскадів підсилення потужності в режимах класів  $A, B, AB$  [1; 2; 3; 9].

2. Використовуючи характеристики транзисторів типу КТ815А і К814В, обрати положення робочої точки для отримання потужності 1 Вт при напрузі джерела живлення  $U = -5$ В, на навантажувальному резисторі  $R_H = 15$  Ом при роботі підсилювача у режимі класу  $B$ .

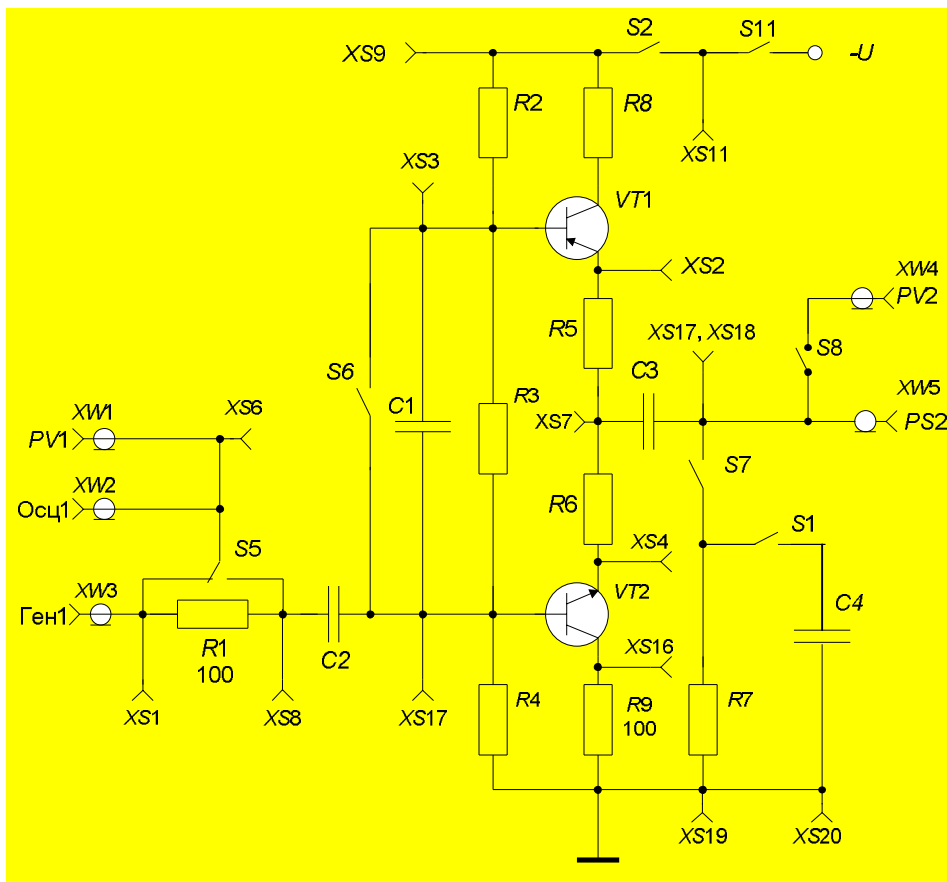


Рис. 13.1

### Робоче завдання

1. Замалювати (або сфотографувати) осцилограми вихідного сигналу  $U_{\text{вих}}$  та емітерних струмів  $i_{E1}$ ,  $i_{E2}$  при роботі підсилювача потужності на внутрішнє навантаження у режимі класу *A* та *B*.

2. Для каскаду у режимі класу *A* зняти і побудувати залежності потужності  $P_0$ , споживаної від джерела живлення; потужності  $P_H$ , що віддається у навантаження; потужності  $P_K$ , розсіюваної на колекторах транзисторів; коефіцієнта корисної дії (ККД)  $\eta(U_{\text{BX}})$  від амплітуди вхідної напруги.  $f_{\Gamma} = 1000$  Гц,  $R_{\Gamma} = 50$  Ом,  $R_H = 5$  Ом.

3. Визначити коефіцієнт підсилення за потужністю  $K_P$  каскаду в режимі класу *A*:  $f_{\Gamma} = 1000$  Гц,  $R_{\Gamma} = 50$  Ом,  $R_H = 5$  Ом.

4. Для каскаду у режимі класу *B*:

а) зняти і побудувати амплітудну характеристику;

б) зняти і побудувати залежності  $P_0$ ,  $P_H$ ,  $P_K$ ,  $\eta$  від  $U_{\text{BX}}$  при  $f_{\Gamma} = 1000$  Гц,  $R_{\Gamma} = 50$  Ом,  $R_H = 5$  Ом;

в) зняти і побудувати залежності, що віддаються до навантаження потужності від опору навантаження  $R_H$ :  $f_{\Gamma} = 1000$  Гц,  $R_{\Gamma} = 50$  Ом,  $U_{\text{BX}} = 1,0$  В;

г) зняти і побудувати амплітудно-частотну характеристику підсилювача:  $R_{\Gamma} = 50 \text{ Ом}$ ,  $R_{\text{Н}} = 15 \text{ Ом}$ ,  $U_{\text{ВХ}} = 1,0 \text{ В}$ ,  $f_{\Gamma} = 10 \dots 20 \text{ кГц}$ .

5. Зробити аналіз результатів вимірів та записати висновки.

|                           |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $U_{\text{ВХ}}, \text{В}$ | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 2,8 |
| $I_0, \text{мА}$          |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $U_{\text{Н}}, \text{В}$  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $P_0, \text{Вт}$          |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $P_{\text{Н}}, \text{Вт}$ |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $P_{\text{К}}, \text{Вт}$ |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $\eta, \%$                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

#### Методичні вказівки

1. Для отримання осцилограм емітерних струмів  $I_{\text{Е1}}$  та  $I_{\text{Е2}}$  треба підключити осцилограф відповідно до резистора  $R5$  (гнізда  $XS2$  та  $XS5$ ) і резистор  $R6$  (гнізда  $XS4$  та  $XS5$ ).

**УВАГА!** При зніманні осцилограм струмів  $I_{\text{Е1}}$  та  $I_{\text{Е2}}$  неприпустимо підключати корпус осцилографа до гнізд  $XS2$  і  $XS4$ . Корпус осцилографа підключати тільки до гнізда  $XS5$ .

2. Потужність, що споживається від джерела живлення, визначається за співвідношенням:

$$P_0 \approx UI_0,$$

де  $U = 5 \text{ В}$ ,  $I_0 = U_{R9}/R9 = U_{R9}/100$ .

Потужність  $P_i$ , що віддається до навантаження,

$$P_{\text{Н}} = U_{\text{Н}}^2 / R_{\text{Н}},$$

де  $U_{\text{Н}}$  - показання вихідного вольтметра  $PV2$ .

Потужність  $P_{\text{К}}$ , розсіювана на колекторі  $VT1$  і  $VT2$ ,

$$P_{\text{К1}} = P_{\text{К2}} = (P_0 - P_{\text{Н}})/2.$$

Коефіцієнт корисної дії

$$\eta = P_i / P_0 \cdot 100(\%).$$

3. Для визначення коефіцієнта підсилення потужності  $K_P$  потрібно спочатку визначити вхідний опір каскаду  $R_{\text{ВХ}}$  або вхідний струм  $I_{\text{ВХ}}$ . Перемикач забезпечує підключення вольтметра  $PV1$  до двох затискачів

резистора  $R_1 = 100 \text{ Ом}$ . Відповідно отримані значення напруг  $U_\Gamma$  і  $U_{BX}$  дають:

$$I_{BX} = \frac{U_\Gamma - U_{BX}}{R_1}; \quad R_{BX} = \frac{U_{BX}}{I_{BX}} = \frac{U_{BX}}{U_\Gamma - U_{BX}} R_1,$$

тоді

$$R_{BX} = \frac{U_{BX}^2}{P_{BX}}, \quad K_P = \frac{P_H}{P_{BX}} = K_U^2 \frac{R_{BX}}{R_H}.$$

4. Залежності  $P_0, P_H, P_K$  та  $\eta$  від  $U_{BX}$  у режимі класу  $B$  визначають аналогічно п.2.

Амплітудну характеристику каскаду знімають для діапазону вхідних напруг  $U_{BX \min}$  до  $U_{BX \max}$ , при якому з'являються істотні нелінійні спотворення сигналу.

При зніманні залежності  $P_H(R_H) = U_H^2 / R_H$  при  $U_{BX} = \text{const}$  необхідно відключити внутрішнє навантаження  $R_7$ , установити опір Ом магазину  $P_{33}$   $R_M = 25 \text{ Ом}$  та підключити магазин до гнізд  $XS5$  та  $XS20$  ( $\perp$ ) і зменшити опір магазину до  $5 \text{ Ом}$ . Подальше зменшення  $R_M$  неприпустимо тому, що це може призвести до теплового пробою транзисторів.

Амплітудно-частотну характеристику знімають відповідно до п.5 методичних вказівок до роботи № 11.

### Контрольні запитання

1. Поясніть положення робочої точки транзистора підсилювача потужності класів  $A, AB, B, C$ .
2. Порівняйте каскади підсилення класів  $A, AB, B, C$  за економічністю та рівнем нелінійних спотворень.
3. Поясніть причини нелінійних спотворень у каскадах підсилення потужності на біполярних транзисторах.
4. Опишіть принцип роботи досліджуваної схеми.
5. Поясніть призначення компонентів схеми каскаду.
6. Приведіть співвідношення для потужностей  $P_0, P_K, P_H$  та  $\eta$ , поясніть їх залежність від  $U_{BX}$  у підсилювальних каскадах класів  $A$  і  $B$ .
7. Поясніть позитивні якості і недоліки безтрансформаторної схеми підсилювача потужності.
8. Поясніть способи лінеаризації характеристик транзисторних підсилювачів потужності.
9. Що таке узгоджене навантаження каскаду?