

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6

Тема. Розрахунок однокаскадних підсилювачів.

Мета роботи: вивчення методики розрахунку транзисторного однокаскадного підсилювача змінного струму низької частоти.

Теоретичні відомості

Електронним підсилювачем називається пристрій, призначений для підсилення потужності електричного сигналу без спотворень його форми і частоти. Загальні теоретичні відомості про підсилювачі електричних сигналів наведені в [8, с.93-124].

Підсилювачі класифікують за такими ознаками:

1. Призначення.
2. Частота сигналу, що підсилюється.
3. Форма сигналу.
4. Характер зміни з часом сигналу, що підсилюється.

Розрахунок каскаду транзисторного підсилювача розпочинають з вибору класу роботи цього підсилюючого каскаду (А, В, С чи їх комбінацій). Клас роботи визначається режимом спокою, тобто режимом роботи транзистора за постійним струмом, що і визначає ККД, коефіцієнт нелінійних спотворень, інші параметри каскаду.

Підсилювальні властивості підсилювача оцінюються коефіцієнтами підсилення:

- для схеми СЕ: $K_U \square 1$, $K_I \square 1$, $K_P \square 1$;
- для схеми СК: $K_U \leq 1$, $K_I \square 1$, $K_P \square 1$;
- для схеми СБ: $K_U \square 1$, $K_I \leq 1$, $K_P \square 1$.

Всі ці ознаки накладають специфічні вимоги до побудови конкретних схем підсилювачів.

Основні формули та рівняння

Коефіцієнти підсилення каскаду:

- за напругою $K_U = \frac{U_{вих}}{U_{вх}}$;
- за струмом $K_I = \frac{I_{вих}}{I_{вх}}$;
- за потужністю $K_P = \frac{P_{вих}}{P_{вх}} = K_U K_I$.

Коефіцієнт підсилення виражений у децибелах:

$$K_{u_{дБ}} = 20 \lg K_U, \quad K_{i_{дБ}} = 20 \lg K_I, \quad K_{p_{дБ}} = 20 \lg K_P. \quad (6.1)$$

Зворотне перетворення:

$$K_U = 10^{\frac{K_{u_{дБ}}}{20}}, \quad K_I = 10^{\frac{K_{i_{дБ}}}{20}}, \quad K_P = 10^{\frac{K_{p_{дБ}}}{20}}. \quad (6.2)$$

Коефіцієнт підсилення за струмом:

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}, \quad (6.3)$$

де $\alpha = 0,9 \div 0,95$.

Коефіцієнт підсилення за напругою:

$$K_U = \frac{\alpha \cdot R_H}{R_E + R_B (1 - \alpha)}, \quad (6.4)$$

де R_H, R_E, R_B - відповідно опір навантаження, емітера і бази каскаду.

Вхідний опір каскаду:

$$R_{вх} = R_B + \frac{R_E}{1 - \alpha}. \quad (6.5)$$

Вихідний опір каскаду:

$$R_{ВИХ} = R_K (1 - \alpha) + R_E \frac{\alpha \cdot R_K + R_{ДЖ}}{R_E + R_B + R_{ДЖ}}. \quad (6.6)$$

Коефіцієнт частотних спотворень підсилювального каскаду:

$$M = \frac{K_0}{K}, \quad (6.7)$$

де K_0 - коефіцієнт підсилення на середніх частотах; K – коефіцієнт підсилення на будь-якій частоті робочого діапазону.

Коефіцієнт підсилення транзисторного каскаду на середніх частотах:

$$K_0 = \frac{h_{21e} R_H}{R_{ex}}. \quad (6.8)$$

Напряга зміщення в транзисторному каскаді під час використання схеми емітерної температурної стабілізації:

$$U_{BE} = I_D R_{B2} - I_{E0} R_E, \quad (6.9)$$

де $I_D = \frac{E_K}{R_{B1} + R_{B2}}$ - постійний струм дільника в колі бази транзистора; I_{E0} – постійна складова струму емітера.

Для розрахунку параметрів дільника використовують такі співвідношення:

$$R_{B1} = \frac{E_K - U_{B0}}{I_{B0} + I_D}, \quad (6.10)$$

$$R_{B2} = \frac{U_{B0}}{I_D}, \quad (6.11)$$

$$I_D = (2 \div 5) I_{B0}. \quad (6.12)$$

де U_{B0} , I_{B0} - відповідно вхідна напруга та струм каскаду, що визначають положення робочої точки на вхідній характеристиці транзистора.

Ємність конденсатора в колі емітера:

$$C \geq \frac{10}{2\pi f_H R_E}, \quad (6.13)$$

де f_H – нижня частота спектру підсилюваних коливань, Гц.

Для забезпечення стабільної роботи каскаду використовують зворотні зв'язки. Коефіцієнт підсилення каскаду зі зворотним зв'язком:

$$K_0^* = \frac{K_0}{1 \pm K_{33} K_0}, \quad (6.14)$$

де K_0 – коефіцієнт підсилення каскаду до введення зворотного зв'язку; K_{33} – коефіцієнт зворотного зв'язку; знак «+» - використовується при від'ємному зворотному зв'язку, а знак «-» - при додатному зворотному зв'язку.

Вхідний і вихідний опори підсилюючого каскаду зі зворотним зв'язком знаходяться аналогічно:

$$R_{ВХ.33} = \frac{R_{ВХ}}{1 \pm K_{33} K_0} \quad (6.15)$$

$$R_{ВИХ.33} = \frac{R_{ВИХ}}{1 \pm K_{33} K_0} \quad (6.16)$$

Практичне завдання

Виконайте аналітичний розрахунок підсилювача низької частоти на транзисторі зображеного на рис.5.1 за такими вихідними даними: h – параметри транзистора; параметри робочої точки транзистора у стані спокою; опір навантаження підсилювача R_H ; опір резистора у колі колектора R_K ;

найменша (нижня) гранична частота підсилення f_H , падіння напруги на резисторі R_E , яке вибирається відповідно до вимог температурної стабільності підсилювача.

Розрахувати: параметри інших елементів схеми, напругу на цих елементах і струми, що проходять через них, коефіцієнти підсилення за напругою, струмом і потужністю.

Вихідні дані підсилювача наведені у табл.5.1.

Таблиця 5.1- Вихідні дані для розрахунку задачі 1

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	R_K , кОм	2	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,91	0,82
	U_{0E} , В	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8
	U_{KE} , В	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8
	I_{0K} , мА	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	h_{11E} , Ом	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
	h_{21E} , -	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
	f_H , Гц	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
	R_H , кОм	0,2	0,22	0,24	0,27	0,3	0,33	0,36	0,39	0,43	0,47
	h_{12E} , $\times 10^{-3}$	4	4,5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
	U_{0B} , В	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
	h_{22E} , $\times 10^{-6}$ Ом $^{-1}$	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95

Примітка. Вибір варіанту задачі 1 здійснюється за двома останніми цифрами залікової книжки студента.

Розрахунок

Визначаємо падіння напруги на колекторному резисторі у стані спокою: $U_{0K} = I_{0K} \cdot R_K$.

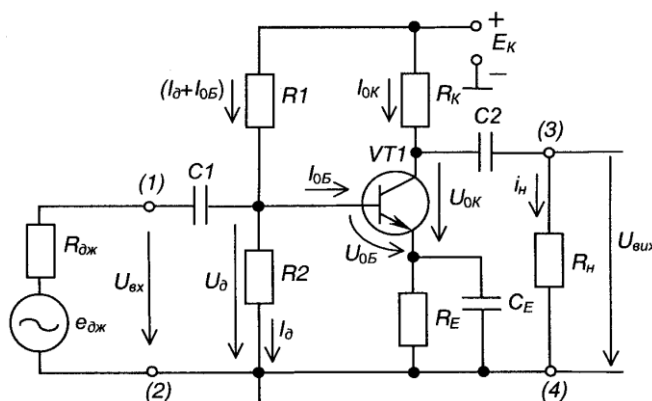


Рис. 5.1 – Підсилюючий каскад зі спільним емітером. Схема електрична принципова

Розраховуємо струм бази транзистора у стані спокою: $I_{0B} = \frac{I_{0K}}{h_{21E}}$.

Струм дільника, що проходить у резисторах R_1, R_2 приймаємо рівним: $I_D = 5I_{0B}$.

Розраховуємо напругу живлення схеми як суму трьох напруг: $E_K = U_{KE} + U_{0K} + U_{0E}$.

Визначаємо падіння напруги на резисторі R_2 дільника як суму двох напруг: $U_D = U_2 = U_{0E} + U_{0B}$.

Визначаємо падіння напруги на резисторі R_1 : $U_1 = E_K - U_2$.

Розраховуємо опір резистора R_2 : $R_2 = \frac{U_2}{I_D}$.

При розрахунку опору резистора R_I потрібно врахувати, що через нього протікає сума струмів:

$$R_I = \frac{U_1}{I_D + I_{0B}}.$$

Знаходимо вхідний опір підсилювача R_{BX} як еквівалентний опір трьох паралельно ввімкнених опорів: R_I , R_2 , h_{11E} .

Розраховуємо опір резистора R_E :
$$R_E = \frac{U_{0E}}{I_{0K} + I_{0B}}.$$

Із табл. Д1 приймаємо стандартні значення опорів R_E , R_I , R_2 .

Розраховуємо потужність, що розсіюється на прийнятих резисторах за формулою (1.5).

Із табл. Д3 вибираємо тип резисторів за опором і потужністю.

Визначаємо ємність шунтуючого конденсатора C_E в емітерному колі за наближеною формулою:

$$C_E \geq \frac{1}{2\pi f_H r_E}, \text{ де } r_E = \frac{2h_{12E}}{h_{22E}}.$$

Визначаємо ємність роздільного конденсатора на вході схеми за наближеною формулою:

$$C_B \geq \frac{1}{f_H R_{BX}}.$$

Ємність роздільного конденсатора колекторного кола визначаємо за формулою:
$$C_K \geq \frac{1}{f_H R_H}.$$

Визначаємо робочу напругу на конденсаторах за формулою:

$$U_{C_B} = U_{C_K} = 1,5E_K;$$

$$U_{C_E} = R_E \cdot (I_{0K} + I_{0B}).$$

З табл. Д10 за обчисленою ємністю та робочою напругою вибираємо тип конденсаторів C_E , C_B , C_K .

Визначаємо коефіцієнти підсилення:

за напругою:
$$K_U = \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = \frac{h_{21E} R_K}{h_{11E} (1 + h_{22E} R_K)},$$

за струмом:
$$K_I = \frac{I_{вих}}{I_{вх}} = \frac{h_{21E} R_B}{(R_B + h_{11E})(1 + h_{22E} R_K)},$$

за потужністю:
$$K_P = K_U K_I.$$