

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №7

Тема. Розрахунок підсилюючих пристроїв на операційних підсилювачах (ОП)

Мета роботи: вивчення методів розрахунку та аналізу підсилюючих каскадів на ОП.

Теоретичні відомості

Операційний підсилювач (ОП) – це підсилювач постійного струму, що має високий коефіцієнт підсилення, два входи (прямий та інверсний) і один вихід. Загальні теоретичні відомості про операційні підсилювачі наведені в [8, с.153-174].

Для розрахунку параметрів схеми неінвертуючого ОП використовують такі основні формули (рис. 7.2): за $U_H = U_{BX}$, вхідний струм $I_{BX} = 0$, тому що $R_{BX,OP} = \infty$.

Оскільки $U_0 = 0$, то $U_{R1} = U_{BX}$, а $U_{BX} / R_1 = I_{33}$.

$$\text{З іншого боку} \quad I_{33} = \frac{U_{ВИХ}}{R_{33} + R_1}.$$

$$\text{Отже,} \quad \frac{U_{ВИХ}}{R_1} = \frac{U_{ВИХ}}{R_{33} + R_1}, \quad \text{звідки} \quad U_{ВИХ} = U_{BX} \left(1 + \frac{R_{33}}{R_1} \right) \quad (7.1)$$

Тоді коефіцієнт підсилення неінвертуючого підсилювача

$$K_{U33} = \frac{U_{ВИХ}}{U_{BX}} = 1 + \frac{R_{33}}{R_1}. \quad (7.2)$$

Для розрахунку параметрів схеми інвертуючого ОП використовують такі основні формули (рис. 7.3):

за першим законом Кірхгофа для вузла a маємо:

$$I_1 = I_{33} \quad (7.3)$$

тобто,

$$\frac{U_{BX}}{R_1} = -\frac{U_{ВИХ}}{R_{33}}. \quad (7.4)$$

ОП, забезпечуючи рівність $U_0 = 0$, створює на виході таку напругу, щоб відвести струм I_1 через резистор R_{33} .

Тоді

$$K_{U33} = \frac{U_{ВИХ}}{U_{BX}} = -\frac{R_{33}}{R_1}. \quad (7.5)$$

Отже, K_{U33} залежить лише від співвідношення опорів резисторів дільника НЗЗ. Знак «-» вказує на інверсію вхідного сигналу. Вхідний опір схеми дорівнює величині R_1 .

Практичне завдання

За заданими величинами (табл.7.1) виконати розрахунок невідомих параметрів розрахункової схеми на основі ОП.

Вихідними даними для розрахунку є: тип та схема підсилюючого каскаду - у даному разі це інвертуючий підсилювач чи двовходовий суматор, розрахункова схема якого наведена на рис. 7.1, або неінвертуючий підсилювач за схемою з рис.7.2; величини опорів деяких резисторів схеми каскаду; напрямки протікання струмів у вітках каскаду та величини деяких з них; величини деяких напруг на входах і виході каскаду або його коефіцієнта підсилення за напругою K_{U33} ; тип ОП та типова схема його вмикання - пропонується будувати каскади на ІМС ОП типу 140УД7, вважаючи його за типовий, з напругою живлення $\pm 12V$, за схемою вмикання, рис. 7.4.

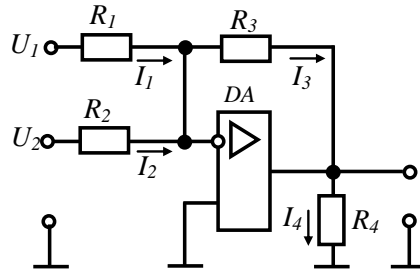


Рис. 7.1 - Розрахункова схема двохвходового інвертуючого суматора на ОП

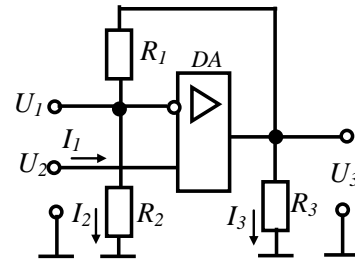


Рис. 7.2 - Розрахункова схема неінвертуючого підсилювача на ОП

Необхідно визначити:

- величини параметрів, що позначені у табл.7.1 знаком «х»;
- вказати, чи правильно позначені на рис.7.1 та рис. 7.2 напрямки протікання струмів;
- тип та потужність резисторів пристрою.

Також необхідно навести електричну принципову схему каскаду з вказанням заданих та отриманих за результатами розрахунку номінальних значень опорів, величин напруг і струмів, напрямків протікання останніх.

Таблиця 7.1- Вихідні дані для розрахунку задачі 1

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
Для розрахунку інвертуючого суматора або підсилювача на ОП											
	R_1 , кОм	1	х	х	1,1	-	-	х	-	2	1,1
	R_2 , кОм	1,5	3	-	-	1,2	х	-	1	-	1,5
	R_3 , кОм	х	30	75	33	х	х	240	х	х	33
	R_4 , кОм	2	1	6,2	2,2	х	2,4	х	х	х	2,2
	U_1 , В	1,5	0,15	х	х	-	-	х	-	-0,05	х
	U_2 , В	-2,5	-0,25	-	-	х	0,01	-	х	-	0
	U_3 , В	2,5	х	х	х	-5	х	1,2	-2,2	х	х
	I_1 , мА	х	х	х	0,2	-	-	0,05	-	х	0,2
	I_2 , мА	х	х	-	-	х	х	-	х	-	-
	I_3 , мА	х	х	х	х	х	0,05	х	0,02	х	х
	I_4 , мА	х	0,25	2	х	2,5	х	1	0,01	0,55	х
	$K_{U_{33}}$	-	-	-50	х	-100	-120	х	х	-110	х
Для розрахунку неінвертуючого підсилювача на ОП											
	R_1 , кОм	18	х	220	х	75	х	24	15	х	36
	R_2 , кОм	х	1,2	х	3	х	1	х	х	2,4	х
	R_3 , кОм	10	6,2	3,9	х	2	2	х	х	10	х
	U_1 , В	-0,3	х	0,04	х	0,15	х	0,3	х	х	х
	U_2 , В	х	0,6	х	0,1	х	х	х	х	0,2	0,25
	U_3 , В	-4,8	-9,6	х	5,1	х	-1,25	х	9	3,2	х
	I_1 , мА	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х
	I_2 , мА	х	х	0,02	х	0,15	х	0,3	0,5	х	х
	I_3 , мА	х	х	х	1	х	х	3,7	3,7	х	2
	$K_{U_{33}}$	х	х	х	х	51	25	х	6	х	16

Примітка. Вибір варіанту задачі 1 здійснюється за останньою цифрою залікової книжки студента.

Приклад. Розрахунок інвертуючого підсилювача на ОП.

Вихідні дані: $R_1 = 1\text{кОм}$; R_3 - відсутнє; $R_4 = 2\text{кОм}$; $U_1 = 0,15\text{В}$; $U_3 = -3\text{В}$.

З аналізу вихідних даних видно, що маємо справу з інвертуючим підсилювачем, розрахункова схема якого наведена на рис. 7.3.

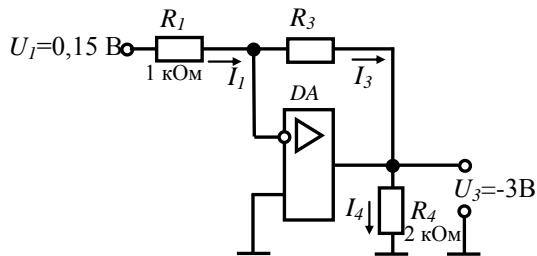


Рис. 7.3 - Розрахункова схема інвертуючого підсилювача на ОП

Необхідно визначити:

- опір резистора R_3 ;
- величини струмів I_1, I_3, I_4 ;
- коефіцієнт підсилення K_{U33} ;
- вірність позначених на рис. 7.3 напрямків протікання струмів;
- тип та потужність резисторів каскаду.

Порядок розрахунку

За формулою (7.5) маємо:

$$K_{U33} = \frac{U_3}{U_1} = -\frac{R_3}{R_1} = \frac{-3}{0,15} = -20$$

Тоді $R_3 = K_{U33} R_1 = -(-20) \cdot 1 = 20 \text{ кОм}$ (що є стандартним значенням, в іншому випадку вибираємо за табл. Д1).

Оскільки потенціал інвертуючого входу ОП для схеми інвертуючого підсилювача дорівнює нулю, маємо:

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{0,15}{1 \cdot 10^3} = 0,15 \text{ мА},$$

напрямок його протікання на рис. 7.3 вказано вірно.

За першим законом Кірхгофа: $I_3 = I_1 = 0,15 \text{ мА}$, напрямок його протікання також вказано вірно.

Очевидно, що

$$I_4 = \frac{U_3}{R_4} = \frac{-3}{2} = -1,5 \text{ мА},$$

оскільки $I_4 = -1,5 \text{ мА}$, то напрямок його протікання є зворотнім до вказаного.

Електрична принципова схема інвертуючого підсилювача з параметрами, отриманими за даними розрахунку і побудованого на ОП 140УД7, наведена на рис. 7.4.

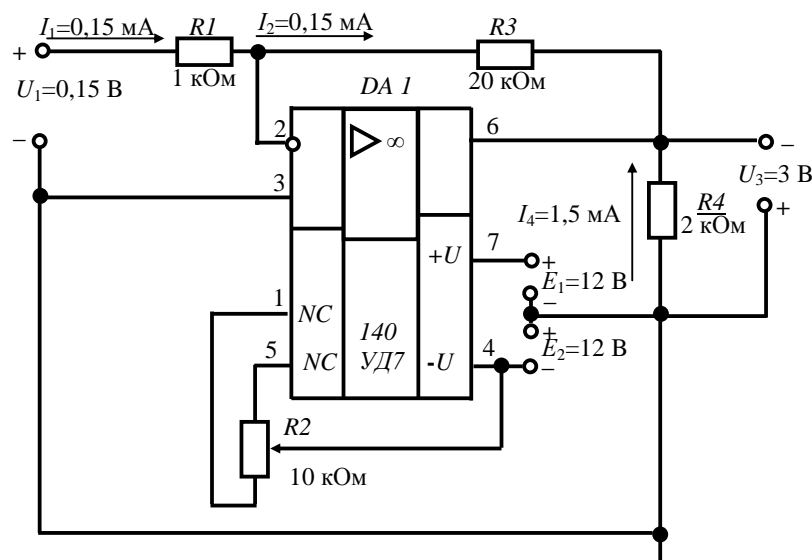


Рис. 7.4 – Інвертуючий підсилювач на ОП. Схема електрична

Потужність, що виділяється в резисторах підсилювача, визначається за (1.5):

$$\text{Отже, } P_{R1} = 1 \cdot 10^3 (0,15 \cdot 10^{-3})^2 = 2,25 \cdot 10^{-5} \text{ Вт};$$

$$P_{R3} = 20 \cdot 10^3 (0,15 \cdot 10^{-3})^2 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ Вт};$$

$$P_{R4} = 2 \cdot 10^3 (1,5 \cdot 10^{-3})^2 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}.$$

Вибираємо за табл. Д3 резистори типу С2-33 з номінальною потужністю 0,125Вт. Розрахунок інших пристроїв (підсилювача струму, випрямляча, інтегратора) проводиться аналогічно, використовуючи I і II закони Кірхгофа. Технічні дані ОП наведені в табл. Д13.