

Практичне заняття № 6

Тема: Розрахунок схем на інтегральних операційних підсилювачів.

Мета роботи: Опрацювання і узагальнення матеріалу, розглянутого на лекційних заняттях. Засвоєння методики розрахунку електронних схем на базі ОП. Розрахунок найпростіших схем на основі операційного підсилювача .

Теоретична частина.

Операційний підсилювач (ОП) – це підсилювач постійного струму, що має високий коефіцієнт підсилення, два входи (прямий та інверсний) і один вихід.

Операційні підсилювачі

Інвертуючий підсилювач змінює знак вихідного сигналу відносно вхідного і створюється введенням паралельного від'ємного зворотного зв'язку (ВЗЗ) за допомогою резистора $R_{зз}$ на інвертуючий вхід ОП – на цей вхід подається частина вихідного сигналу з діляника напруги $R_{зз}, R_1$.

Неінвертуючий вхід з'єднується зі спільною точкою схеми (точкою з нульовим потенціалом). Вхідний сигнал через резистор R_1 подається на інвертуючий вхід ОП.

Властивості та параметри операційного підсилювача в своїй більшості визначаються параметрами і властивостями ланцюгів зворотнього зв'язку.

По своїй конструкції цей підсилювач має два входи, один з яких інверсний, та один вихід. Умовне графічне позначення цього підсилювача приведено на рисунку 9.1.

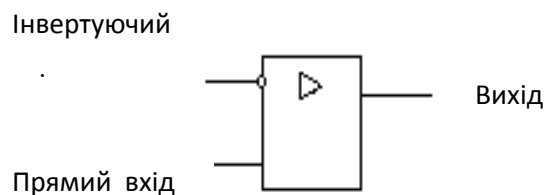


Рисунок 9.1 Умовне графічне позначення операційного підсилювача.

При попередніх розрахунках будь якої схеми на базі ОП розглядається ідеальний операційний підсилювач, який працює в лінійній області. Ідеальний операційний підсилювач має такі властивості:

1. Коефіцієнт підсилення операційного підсилювача без зворотнього зв'язку $= \infty$.
2. Струм через входи підсилювача не протікає.
3. Вихідний опір операційного підсилювача $= 0$.
4. Якщо операційний підсилювач працює в лінійному режимі, різниця між потенціалами на його входах $= 0$.

При розрахунках використовуються такі співвідношення:

1. Коефіцієнт підсилення визначається за формулою:

$$K = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = -\frac{R_{33}}{R_1}$$

де: $U_{\text{вих}}$ - вихідна напруга операційного підсилювача

$U_{\text{вх}}$ - вхідна напруга на інверсному вході операційного підсилювача

R_1 - вхідний опір на інверсному вході

R_{33} - опір зворотного зв'язку

2. Якщо підсилювач працює в лінійному режимі, тоді струм, який протікає через резистор R_1 визначається за формулою:

$$I_{R1} = \frac{U_{\text{вх}}}{R_1}$$

3. В залежності від того, в якому напрямку зображуються струми при входженні у вузол перед інверсним входом підсилювача, сила струму зворотного зв'язку може мати різні напрямки. Нижче приведено схему інвертуючого підсилювача, параметри якого необхідно розрахувати.

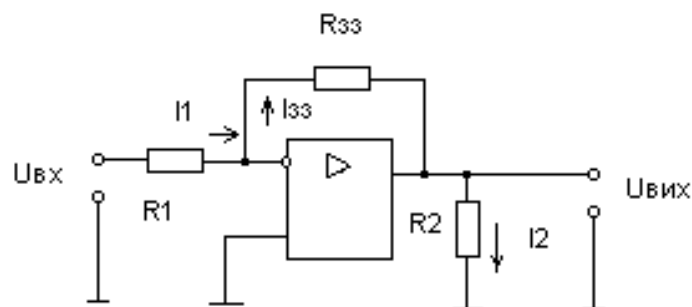


Рисунок 9.2 Розрахункова схема інвертуючого підсилювача.

Практична частина.

Завдання 9.1 Виконати розрахунок інвертуючого підсилювача на базі операційного підсилювача (ОП). Таблиця варіантів (за номером у списку) для виконання завдання наведена нижче.

Таблиця 9.1. Таблиця варіантів для виконання розрахунків

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Параметр													
R_1 , кОм	1	×	×	1,1	1,2	×	×	1	2	1,1	2	×	×
R_{33} , кОм	×	30	75	33	×	×	240	×	×	33	×	60	150
R_2 , кОм	2	1	6,2	×	×	2,4	×	×	×	2,2	4	2	12,4
$U_{вх}$, В	1,5	0,15	×	×	×	0,01	×	×	-0,05	×	0,25	0,3	×
$U_{вих}$, В	-2,5	-0,25	×	-5	-5	×	1,2	2,2	×	×	-5	×	×
I_1 , мА	×	×	×	×	×	×	0,005	×	×	0,2	×	×	×
I_{33} , мА	×	×	×	×	×	-0,05	×	0,02	×	×	×	×	×
I_2 , мА	×	×	1	2,5	-2,5	×	1	0,01	0,55	×	×	-0,5	2
K_u	×	×	-50	×	-100	-120	-24	×	-110	×	×	×	-100
Варіант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Параметр													
R_1 , кОм	2,2	2,5	×	×	1,5	2	3,3	1,8	×	×	2,2	2,5	1
R_{33} , кОм	66	×	×	120	×	×	33	×	50	95	55	100	×
R_2 , кОм	2,2	×	5	×	×	×	2,8	2,5	1	10	2,2	×	2
$U_{вх}$, В	×	×	0,015	×	×	-0,05	×	0,05	0,25	×	×	×	0,15
$U_{вих}$, В	-7,5	-5	×	1,2	-2,9	×	×	-2,5	×	×	×	-5	-2,5
I_1 , мА	×	×		0,005	×	×	0,2	×	×	×	0,2	×	×
I_{33} , мА	×	×	0,05	×	0,025	×	×	×	×	×	×	×	×
I_2 , мА	×	2,5		1	0,015	0,55	×	×	-0,25	1	×	2,5	×
K_u	×	-100	-120	×	×	-110	×	×	×	-10	×	×	×

В процесі виконання розрахунків необхідно визначити:

– величини параметрів, які позначені в таблиці варіантів позначкою «×»;

– потужність резисторів пристрою.

Приклад. Вихідні дані: $R_1 = 1 \text{ кОм}$; $R_2 = 2 \text{ кОм}$; $U_{\text{вх}} = 0,15 \text{ В}$; $U_{\text{вих}} = -3\text{В}$.

Визначити:

Опір резистора R_{33} , величини струмів I_1 , I_{33} , I_2 , коефіцієнт підсилення K_u і потужності резисторів схеми.

Розв'язок.

Коефіцієнт підсилення по напрузі розраховується за формулою:

$$K_u = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}}$$

При підстановці відомих величин отримуємо:

$$K_u = \frac{-3}{0,15} = -20$$

З формули розрахунку коефіцієнта підсилення можна знайти значення R_{33} :

$$K_u = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{I_{33} \cdot R_{33}}{I_1 \cdot R_1}$$

У відповідності з першим законом Кірхгофа сила струмів у вузлі дорівнює 0, тобто:

$$I_1 + I_{33} = 0$$

Це означає, що струми I_1 та I_{33} рівні за своєю величиною, але протилежні за своїм знаком. Тому:

$$K_u = \frac{I_{33} \cdot R_{33}}{I_1 \cdot R_1} = -\frac{R_{33}}{R_1}$$

Звідси:

$$R_{33} = -R_1 \cdot K_u, \text{ Ом}$$

$$R_{33} = -1 \cdot 10^3 \cdot (-20) = 20 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Оскільки потенціал інвертую чого входу ОП дорівнює 0, можна стверджувати, що:

$$I_1 = \frac{U_{\text{вх}}}{R_1}, \text{ А}$$

$$I_1 = \frac{0,15}{1 \cdot 10^3} = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Струм, що протікає через резистор R_2 , розраховується за формулою:

$$I_2 = \frac{U_{\text{вих}}}{R_2}, \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{-3}{2 \cdot 10^3} = -1,5 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Потужність, що виділяється в резисторах знаходиться як добуток падіння напруги на резисторі та величини опору резистора:

$$P_R = U \cdot I = I^2 \cdot R, \text{ Вт}$$

Тоді:

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

$$P_{R2} = 2 \cdot 10^3 \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^2 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

$$P_{R33} = 20 \cdot 10^3 \cdot (0,15 \cdot 10^{-3})^2 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ Вт}$$

Вибираємо за табл. ДЗ резистори типу С2-33 з номінальною потужністю 0,125Вт.

Контрольні питання.

1. Який пристрій називається операційним підсилювачем?
2. Які основні параметри ОП вам відомі?
3. Чому дорівнює вхідний опір ідеального ОП?
4. Чому дорівнює коефіцієнт підсилення ідеального ОП?
5. Який режим роботи підсилювача називається лінійним?