

*Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю. М. Потєбні*

*Кафедра: Електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення*

Практичне заняття 6

з дисципліни Аналогова та оптохемотехніка

Розрахунок інвертуючого підсилювача на базі операційного підсилювача

Студента (ки) 2 курсу, групи _____

(прізвище та ініціали)

Викладач _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Метою вивчення теми є опрацювання і узагальнення матеріалу, розглянутого на лекційних заняттях. Засвоєння методики розрахунку схем підсилювачів, побудованих на базі ОП.

Ключові терміни та поняття: операційний підсилювач, зворотний зв'язок, напруга, інвертор, опір, лінійний режим, струм.

План самостійного опрацювання теми.

1. Вивчення матеріалу, розглянутого на теоретичних заняттях.
2. Ознайомлення з методикою розрахунку схем, до складу яких входять операційні підсилювачі.
3. Засвоїти технічні показники схем на операційних підсилювачах з зворотним зв'язком.

Методичні вказівки до вивчення питань та виконання завдань.

Операційним підсилювачем (ОП) називається універсальний підсилювач, призначений для виконання різних функцій, і який дозволяє без порушення його роботоспроможності вводити зворотні зв'язки різного типу.

Інвертуючий підсилювач змінює знак вихідного сигналу відносно вхідного і створюється введенням паралельного негативного зворотного зв'язку (ВЗЗ) за допомогою резистора R_{33} на інвертуючий вхід ОП – на цей вхід подається частина вихідного сигналу з дільника напруги R_{33}, 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 кіл зворотного 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 6.1.

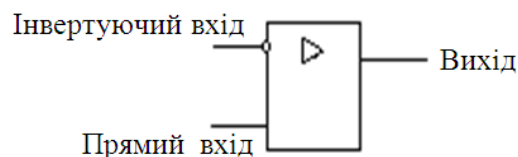


Рисунок 6.1 Умовне графічне позначення операційного підсилювача

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 зворотного зв'язку дорівнює нескінченності.
2. Струм через входи підсилювача не протікає.
3. Вихідний опір операційного підсилювача дорівнює нулю.
4. Якщо операційний підсилювач працює в лінійному режимі, різниця між потенціалами на його входах дорівнює нулю.

При розрахунках використовуються такі співвідношення:

1. Коефіцієнт підсилення визначається за формулою:

$$K = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = -\frac{R_{33}}{R1}$$

де $U_{\text{вих}}$ - вихідна напруга операційного підсилювача; $U_{\text{вх}}$ - вхідна напруга на інверсному вході операційного підсилювача; $R1$ - вхідний опір на інверсному вході; R_{33} - опір зворотного зв'язку

2. Якщо підсилювач працює в лінійному режимі, тоді струм, який протікає через резистор $R1$ визначається за формулою:

$$I_{R1} = \frac{U_{\text{вх}}}{R1}$$

3. В залежності від того, в якому напрямку зображуються струми при входженні у вузол перед інверсним входом підсилювача, сила струму зворотного зв'язку може дорівнювати:

$$I_{33} = \frac{U_{\text{вх}}}{R_{33}}$$

Нижче приведено схему інвертуючого підсилювача, параметри якого необхідно розрахувати.

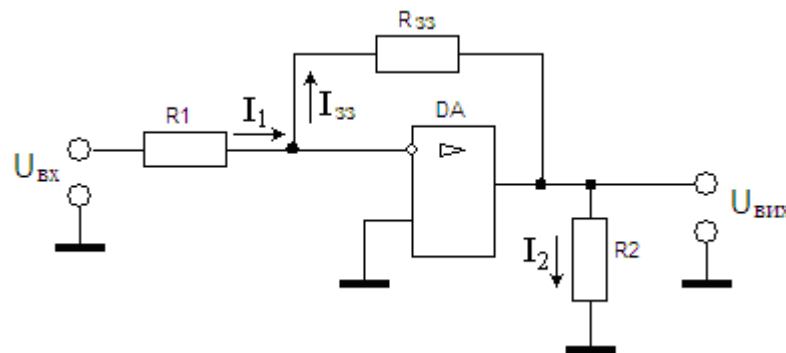


Рисунок 6.2 - Розрахункова схема інвертуючого підсилювача

Практичне завдання.

В процесі виконання розрахунків необхідно визначити:

- 1) величини параметрів, які позначені в таблиці варіантів позначкою «х»;
- 2) потужність резисторів пристрою.

1. Вихідні дані (приклад):

$$R1 = 1 \text{ кОм};$$

$$R2 = 2 \text{ кОм};$$

$$U_{\text{вх}} = 0,15 \text{ В};$$

$$U_{\text{вих}} = -3 \text{ В}.$$

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} :

$$K_U = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{I_{33} \cdot R_{33}}{I_1 \cdot R1}$$

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:

$$K_U = \frac{I_{33} \cdot R_{33}}{I_1 \cdot R1} = -\frac{R_{33}}{R1}$$

Звідси:

$$R_{33} = -R1 \cdot K_U, \text{ Ом}$$

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

Оскільки потенціал інвертуючого входу ОП дорівнює 0, можна стверджувати, що:

$$I_1 = \frac{U_{\text{вх}}}{R1}, \text{ А}$$

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

Струм, що протікає через резистор $R2$, розраховується за формулою:

$$I_2 = \frac{U_{\text{вих}}}{R2}, \text{ А}$$

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

Потужність, яка 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:

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

$$P_{R_2} = 2 \cdot 10^3 \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^2 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ (Вт)}$$

$$P_{R_{33}} = 20 \cdot 10^3 \cdot (0,15 \cdot 10^{-3})^2 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ (Вт)}$$

2. Виконати індивідуальні завдання практичної роботи згідно з варіантами (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 - Таблиця варіантів для виконання розрахунків

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Р1, кОм	1	×	×	1,1	1,2	×	×	1	2	1,1	2	×	×
Р ₃₃ , кОм	×	30	75	33	×	×	240	×	×	33	×	60	150
Р2, 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
Р1, кОм	2,2	2,5	×	×	1,5	2	3,3	1,8	×	×	2,2	2,5	1
Р ₃₃ , кОм	66	×	×	120	×	×	33	×	50	95	55	100	×
Р2, 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	×	×	×

Питання для закріплення вивченого матеріалу та самоконтролю.

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?

Література

1. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ : Вища шк., 2004. 527 с.
2. Гельжинський І. І., Голяка Р. Л., Готра З. Ю., Марусенкова Т. А. Мікросхемотехніка: підручник. Львів : Ліга - Прес, 2015. 492 с.
3. Бойко В. І., Зорі А. А. Основи електронних систем : вступ до фаху. Донецьк : ДНТУ, 2002. 207 с.