

Лабораторна робота 4

Дослідження операційного підсилювача з від'ємним зворотним зв'язком

1. Інвертуючий підсилювач

Зібрати схему як на рис. 1:

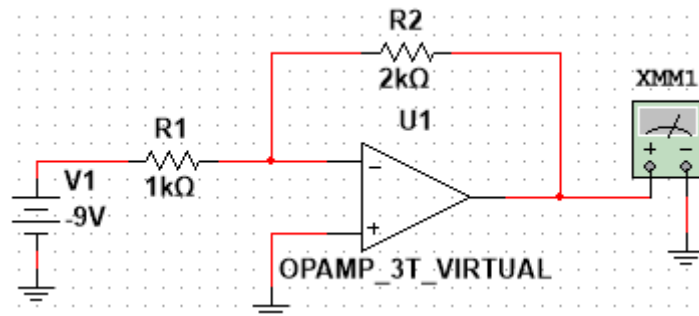


Рис. 1

Мультиметр ХММ1 має бути в режимі вольтметра. Вхідний потенціал схеми дорівнює значенню ЕРС джерела V1, вихідний потенціал схеми вимірюється вольтметром ХММ1. Параметри «Positive voltage swing» та «Negative voltage swing» операційного підсилювача (ОП) встановити рівними +12В та -12В. Ці параметри є значеннями максимального та мінімального можливих потенціалів ($+\varphi_{\max}$ та $-\varphi_{\max}$) на виході ОП.

Змінюючи значення ЕРС джерела V1, заповнити таблицю

$\varphi_{\text{вх}}$, В	$\varphi_{\text{вих}}$, В (Multisim)	$\varphi_{\text{вих}}$, В (теорія)
-9		
-8		
-7		
-6		
-5		
-4		
-3		
-2		
-1		
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

«Мультисимними» значеннями є «експериментальні» значення потенціалу виходу, «виміряні» на основі Multisim, теоретичні значення обчислюються на основі

формул (1). Побудувати в Excel на одному графіку теоретичну та «експериментальну» залежності $\varphi_{\text{вих}}(\varphi_{\text{вх}})$.

$$\varphi_{\text{вих}} = \begin{cases} -\varphi_{\text{max}}, & -R_2 \cdot \varphi_{\text{вх}} / R_1 \leq -\varphi_{\text{max}} \\ \varphi_{\text{max}}, & -R_2 \cdot \varphi_{\text{вх}} / R_1 \geq \varphi_{\text{max}} \\ -R_2 \cdot \varphi_{\text{вх}} / R_1, & \text{інакше} \end{cases} \quad (1)$$

Зробити висновок, наскільки добре «експериментальна» залежність співпала з теоретичною.

2. Ненвертуючий підсилювач

Зібрати схему як на рис. 2:

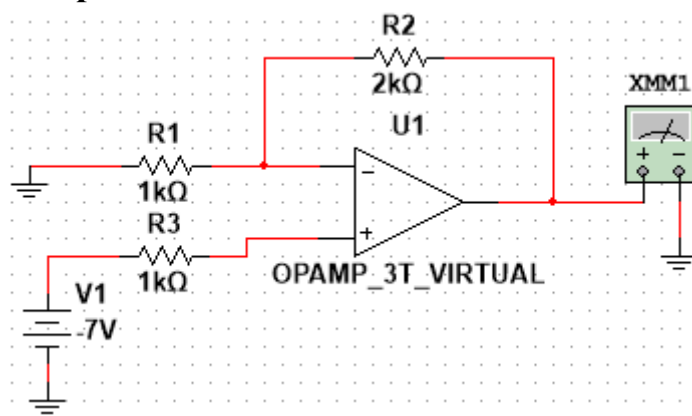


Рис. 2

Мультиметр ХММ1 та ОП налаштувати так же само, як в першій частині роботи. Вхідний потенціал схеми дорівнює значенню ЕРС джерела V1, вихідний потенціал схеми вимірюється вольтметром ХММ1. **Змінюючи значення ЕРС джерела V1, заповнити таблицю**

$\varphi_{\text{вх}}, \text{В}$	$\varphi_{\text{вих}}, \text{В}$ (Multisim)	$\varphi_{\text{вих}}, \text{В}$ (теорія)
-7		
-6		
-5		
-4		
-3		
-2		
-1		
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

«Мультисимними» значеннями є «експериментальні» значення потенціалу виходу, «виміряні» на основі Multisim, теоретичні значення обчислюються на основі

формул (2). Побудувати в Excel на одному графіку теоретичну та «експериментальну» залежності $\varphi_{\text{вих}}(\varphi_{\text{вх}})$.

$$\varphi_{\text{вих}} = \begin{cases} -\varphi_{\text{max}}, (R_1 + R_2) \cdot \varphi_{\text{вх}} / R_1 \leq -\varphi_{\text{max}} \\ \varphi_{\text{max}}, (R_1 + R_2) \cdot \varphi_{\text{вх}} / R_1 \geq \varphi_{\text{max}} \\ (R_1 + R_2) \cdot \varphi_{\text{вх}} / R_1, \text{інакше} \end{cases} \quad (2)$$

Зробити висновок, наскільки добре «експериментальна» залежність співпала з теоретичною.

3. Віднімання на операційному підсилювачі

Зібрати схему як на рис. 3:

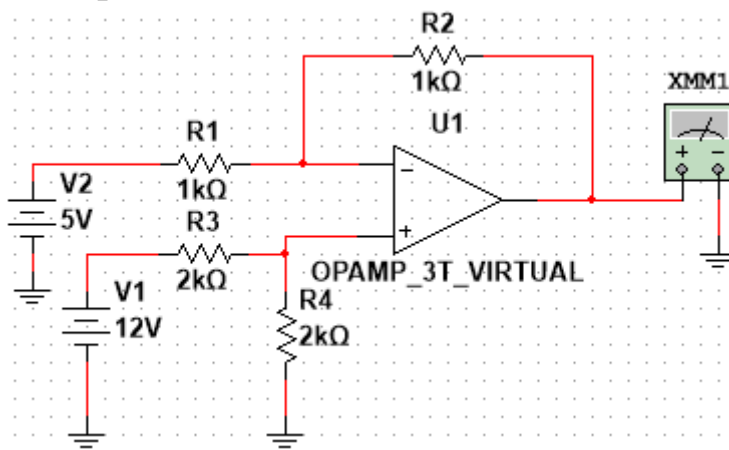


Рис. 3

Мультиметр ХММ1 та ОП налаштувати так же само, як в першій частині роботи. Вихідний сигнал такої схеми задається формулою (3), якщо він не більше за найвище можливе значення на виході ОП та не менше за найменше можливе значення на виході ОП:

$$\varphi_{\text{вих}} = \frac{R_4}{R_4 + R_3} \frac{R_1 + R_2}{R_1} \varphi_1 - \frac{R_2}{R_1} \varphi_2, \quad (3)$$

де φ_1 – вхідний потенціал схеми, що дорівнює значенню ЕРС джерела V1, φ_2 – вхідний потенціал схеми, що дорівнює значенню ЕРС джерела V2.

Заповнити таблицю:

φ_1 , В	φ_2 , В	$\varphi_{\text{вих}}$, В (Multisim)	$\varphi_{\text{вих}}$, В за формулою (3)
12	5		
5	12		
18	5		
5	18		

Пояснити отримані результати.

4. Суматор на операційному підсилювачі

Зібрати схему як на рис. 4. Мультиметр ХММ1 та операційні підсилювачі налаштувати так же само, як в першій частині роботи. Вихідний сигнал такої схеми

задається формулою (4), якщо на виході обох підсилювачів сигнал не «впирається» в допустимі межі.

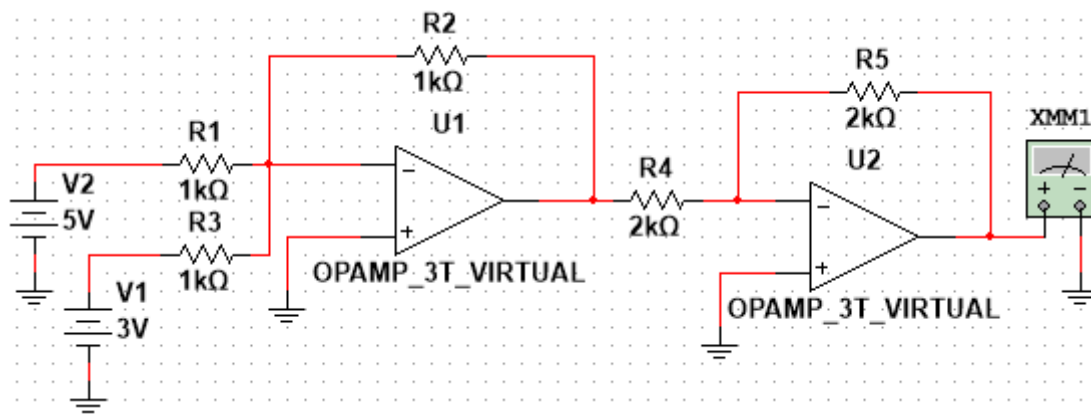


Рис. 4

$$\varphi_{\text{вих}} = \frac{R_5 R_2}{R_4 R_3} \varphi_1 + \frac{R_5 R_2}{R_4 R_1} \varphi_2. \quad (4)$$

Тут φ_1 – вхідний потенціал схеми, що дорівнює значенню ЕРС джерела V1, φ_2 – вхідний потенціал схеми, що дорівнює значенню ЕРС джерела V2.

Заповнити таблицю:

φ_1 , В	φ_2 , В	$\varphi_{\text{вих}}$, В (Multisim)	$\varphi_{\text{вих}}$, В за формулою (4)
3	5		
5	3		
10	5		
5	10		

Пояснити отримані результати.

5. Інтегратор на операційному підсилювачі

Зібрати схему як на рис. 5.

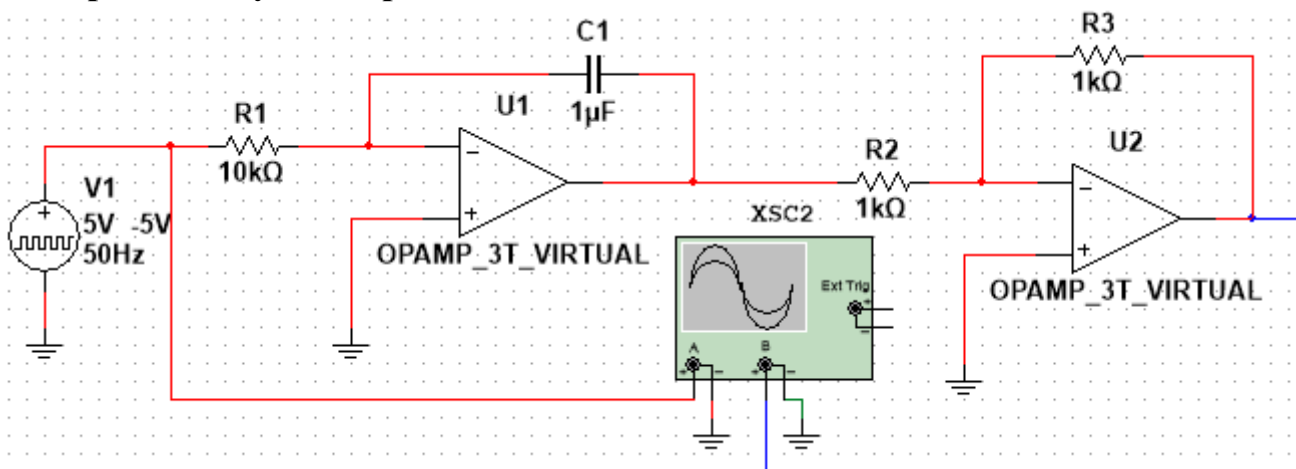


Рис. 5

Вхідний сигнал такої схеми задається з генератору прямокутних імпульсів, параметри якого слід виставити такими як на рис. 6. Операційні підсилювачі налаштувати так же само, як в першій частині роботи. Вихідним сигналом схеми є

сигнал на виході операційного підсилювача U2. У випадку, коли на виході обох підсилювачів сигнал не «впирається» в допустимі межі, вихідний сигнал схеми задається виразом (5).

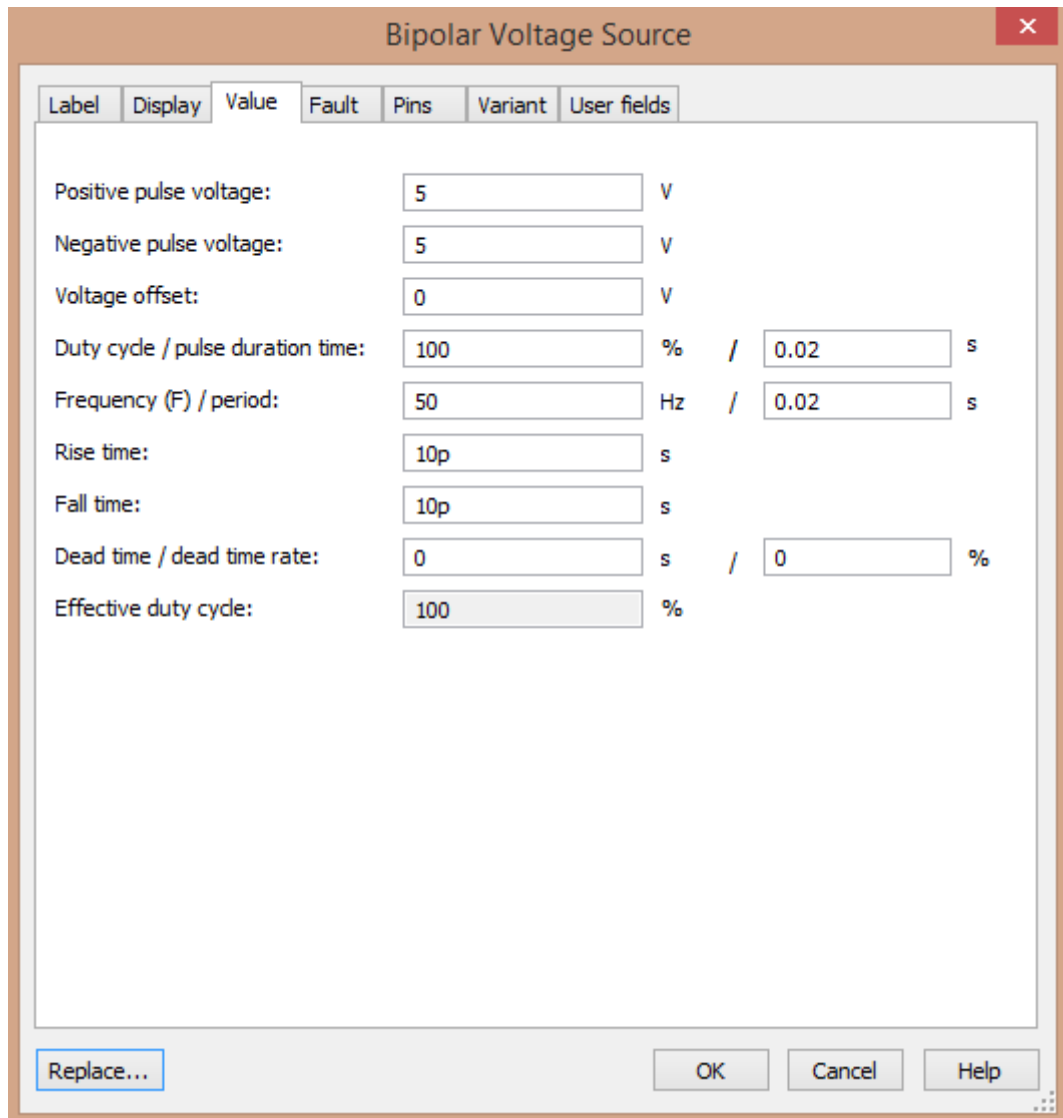


Рис. 6

$$\varphi_{\text{вих}}(t) = \frac{R_3}{R_2} \frac{1}{R_1 C_1} \int_0^t \varphi_{\text{вих}}(\tau) d\tau. \quad (5)$$

Згідно зібраної схеми, вхідний потенціал має вигляд

$$\varphi_{\text{вих}}(t) = V \cdot \text{sign} \left(\sin \left(\frac{2\pi}{T} \cdot t \right) \right), \quad (6)$$

де $V = 5\text{В}$, $T = 20\text{мс}$.

Зробити скріншот осцилограми. На одному графіку побудувати теоретичні залежності (5) та (6) при $t \in (0, 2T)$. Порівнявши осцилограму та графік, зробити висновок чи співпадають «експериментальні» графіки з теоретичними.

6. Диференціатор на операційному підсилювачі

Зібрати схему як на рис. 7. Вхідний сигнал такої схеми задається з генератору трикутної напруги, параметри якого слід виставити такими як на рис. 8. Операційні підсилювачі налаштувати так же само, як в першій частині роботи. Вихідним сигналом схеми є сигнал на виході операційного підсилювача U2.

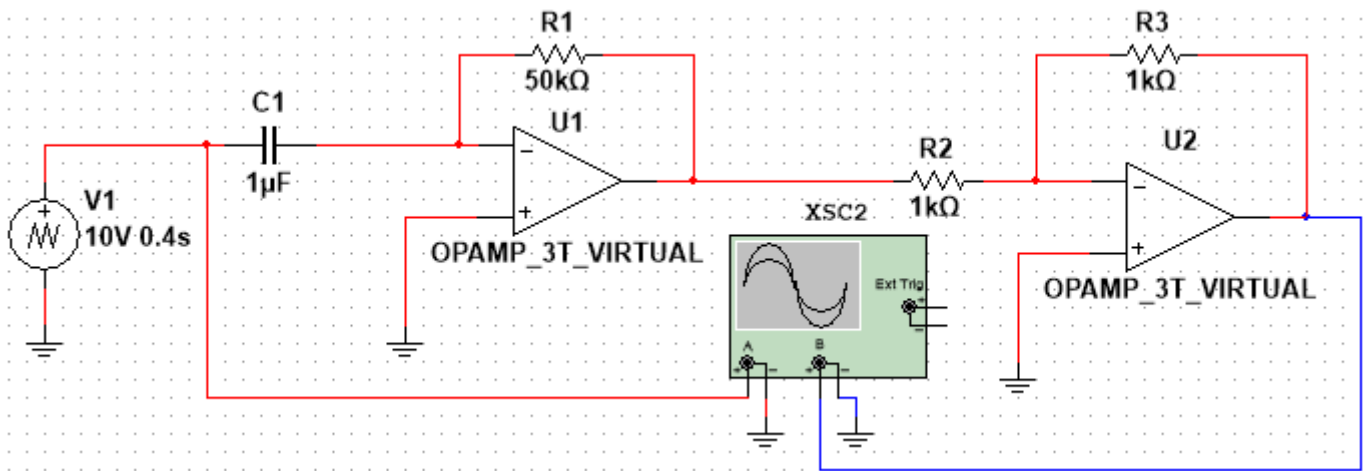


Рис. 7

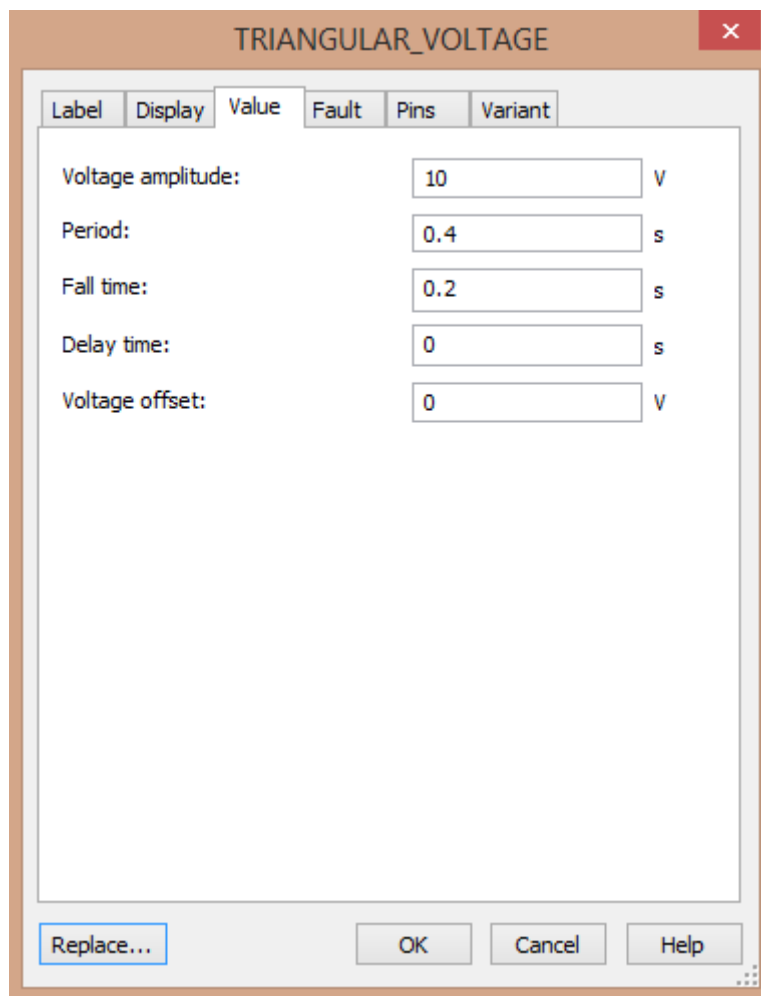


Рис. 8

У випадку, коли на виході обох підсилювачів сигнал не «впирається» в допустимі межі, вихідний сигнал схеми задається виразом (7):

$$\varphi_{\text{вих}}(t) = \frac{R_3}{R_2} R_1 C_1 \frac{d\varphi_{\text{вх}}(t)}{dt}. \quad (7)$$

За перші два періоди вхідна залежність задається виразом

$$\varphi_{\text{вх}}(t) = \begin{cases} \frac{2V}{T} \cdot t - 2Vn, t \in \left(nT, nT + \frac{T}{2} \right) \\ -\frac{2V}{T} \cdot t + 2V(n+1), t \in \left(nT + \frac{T}{2}, nT + T \right) \end{cases}, n \in \mathbb{Z}, \quad (8)$$

де $V = 10\text{В}$, $T = 0,4\text{с}$.

Зробити скріншот осцилограми. На одному графіку побудувати теоретичні залежності (7) та (8) при $t \in (0, 2T)$. Порівнявши осцилограму та графік, зробити висновок чи співпадають «експериментальні» графіки з теоретичними.