

**Схеми на операційних підсилювачах**

У даній роботі досліджується ряд схем, побудованих на основі операційних підсилювачів (ОП). Ідеальний ОП характеризується коефіцієнтом підсилення та вхідним опором, що прямує до нескінченності, вихідним опором, що прямує до нуля, і рівномірною амплітудно-частотною характеристикою для всіх частот.

**1. Інверсне увімкнення ОП**

Великий власний коефіцієнт підсилення ОП дозволяє за допомогою негативного зворотного зв'язку отримати будь-яке потрібне значення коефіцієнта підсилення у широкій смузі частот. Для цього використовуються інверсне (рис.1) та не інверсне (рис.2) увімкнення ОП.

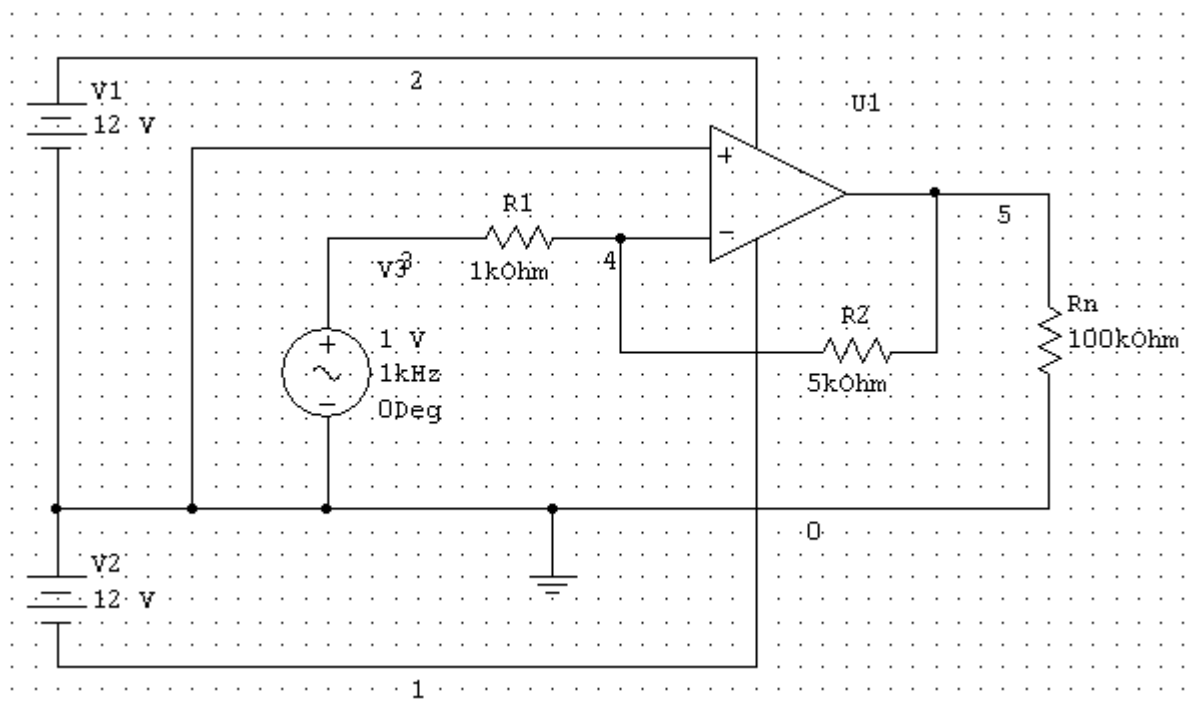


Рис.1

Коефіцієнт підсилення увімкненого за інверсною схемою ОП, зображеного на рис. 1, складає

$$K_i = -R_2/R_1 \quad (1)$$

Формула (1) справедлива, якщо  $K_i$  виходить істотно меншим за власний коефіцієнт підсилення застосованого в схемі реального ОП, а значення опорів  $R_1$ ,  $R_2$  та опору навантаження  $R_n$  значно менші за вхідний опір цього ОП і значно більші за його вихідний опір.

Для зображеної на рис.2 неінверсної схеми для таких самих умов коефіцієнт підсилення складе

$$K_n = 1 + R_2/R_1 \quad (2)$$

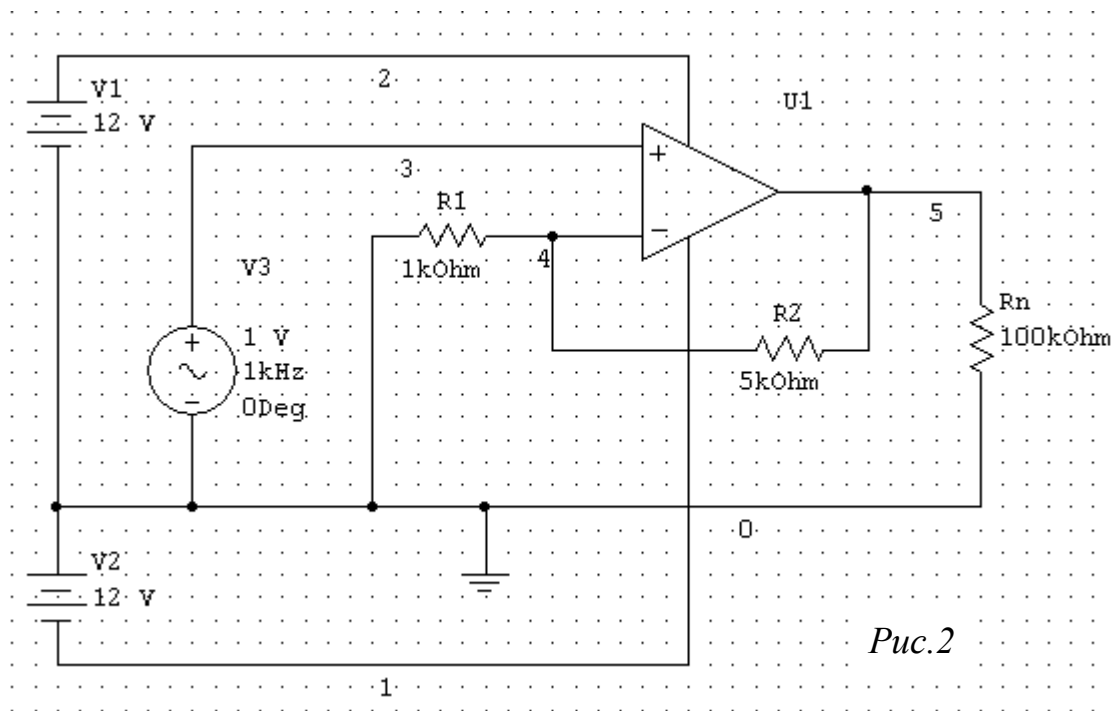


Рис.2

## 2. Виконання аналогових операцій

Використовуючи ОП із негативним зворотним зв'язком, можна виконувати математичні операції над аналоговими величинами, зокрема, над напругами.

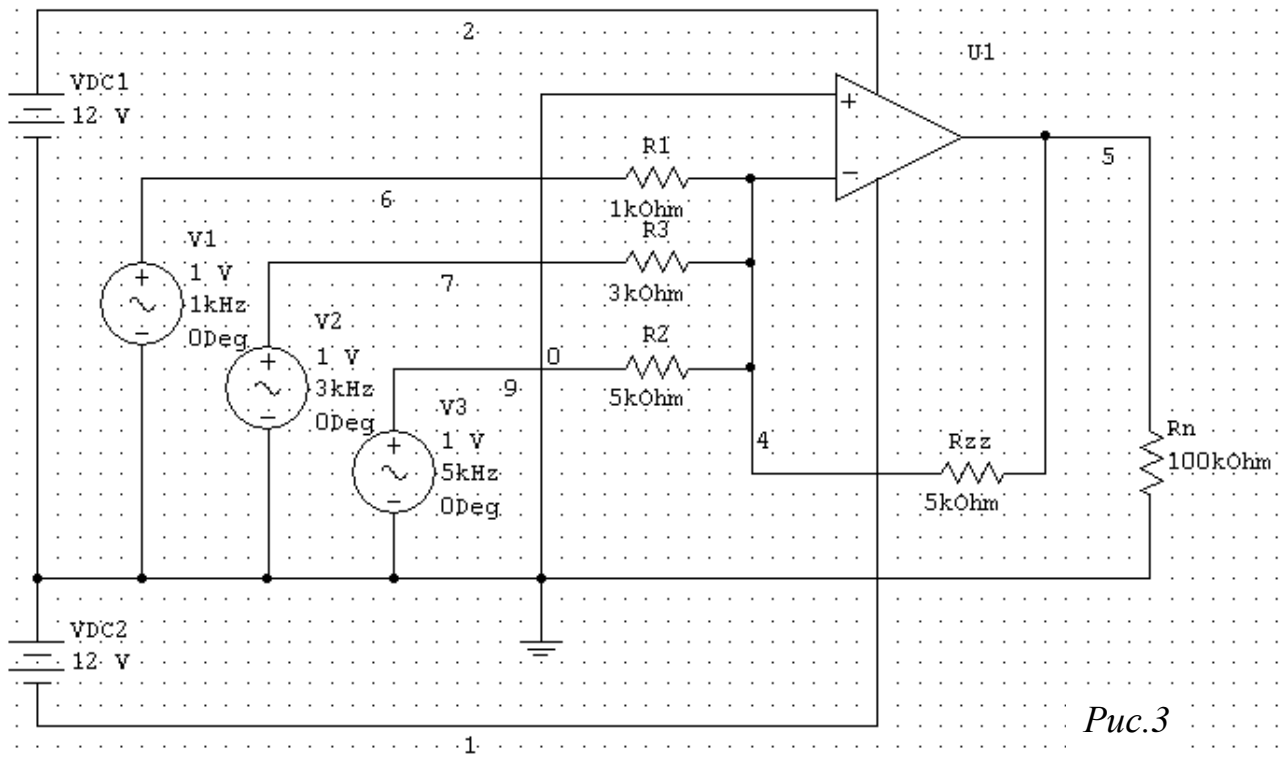


Рис.3

На рис.3 зображено схему аналогового підсумовування сигналів з різними частотами (Фур'є-синтез), яка дозволяє отримати на виході сигнал, за формою близький до прямокутного імпульсу, оскільки спектр такого імпульсу складається з непарних гармонік, амплітуда яких обернено пропорційна частоті. Напруга на виході схеми, зображеної на рис.3, складає

$$V_n = - ( V_1/R_1 + V_2/R_2 + V_3/R_3 ) * R_{zz} \quad (3)$$

Формула (3) справедлива при виконанні наведених вище умов на коефіцієнти підсилення та опори усіх резисторів.

### 3. ОП в режимі компаратора.

Великий власний коефіцієнт підсилення ОП дозволяє побудувати на його базі пристрій порівняння входних сигналів – компаратор. Як правило, рівні сигналу на виході компаратора підлаштовуються під певну серію цифрових інтегральних мікросхем, таким чином, щоб вищий рівень відповідав цифровій 1, а нижній – 0. На рис.4 зображено схему дослідження такого компаратора на основі ОП.

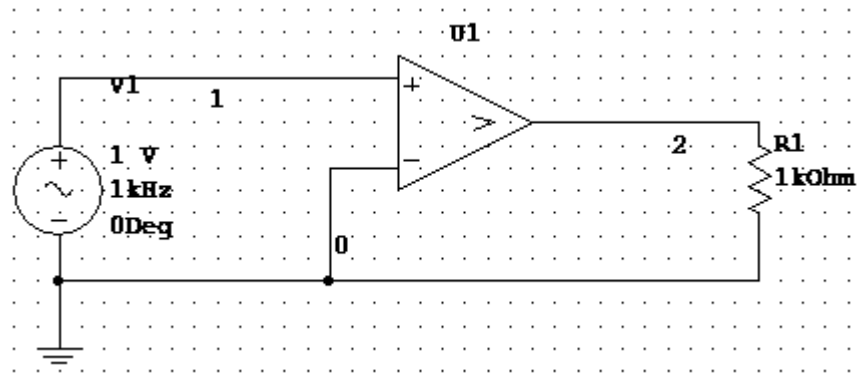


Рис.4

#### Лабораторне завдання.

1. Зібрати схему інверсного увімкнення ОП, зображену на рис.1. Застосувати модель ОП *OPAMP\_5T\_VIRTUAL* з бібліотеки *ANALOG*. Забезпечити коефіцієнт підсилення, рівний номеру Вашого варіанту. Провести аналіз часових залежностей (*Transient Analysis*). Після цього змінюючи співвідношення  $R_2/R_1$  збільшувати коефіцієнт підсилення доти, доки не перестане виконуватися формула (1). Порівняти оцінений таким чином коефіцієнт підсилення із заданим значенням (*Differential Mode Voltage Gain* у властивостях моделі ОП)
2. Повернутися до початкового коефіцієнта підсилення. Провести аналіз частотних характеристик (*AC Analysis*). Визначити верхню граничну частоту та порівняти її із заданим значенням (*Unity-Gain Bandwidth* у властивостях моделі ОП)
3. Повторити пункти 1-2 для неінверсного увімкнення ОП (рис.2).
4. Зібрати схему Фур'є-синтезу (рис.3). Провести аналіз часових залежностей для 2-5 спектральних складових прямокутного імпульсу та порівняти форму сигналів, що отримуються на виході
5. Зібрати схему дослідження компаратора (рис.4). Застосувати модель ОП *COMPARATOR\_VIRTUAL* з бібліотеки *ANALOG*. Провести аналіз часових залежностей (*Transient Analysis*) і визначити верхній та нижній рівні вихідного сигналу.
6. Зменшити амплітуду вхідного джерела до значень порядку 1 мкВ, і оцінити таким чином власний коефіцієнт підсилення ОП, на базі якого побудовано компаратор. Порівняти отримане значення із заданим (*Gain* у властивостях моделі компаратора)