

Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"  
Факультет Електроніки  
Кафедра мікроелектроніки

ЗВІТ

Про виконання лабораторної роботи №3  
з дисципліни: «Схемотехніка-1. Аналогова схемотехніка»

**ОПЕРАЦІЙНІ ЛАНКИ НУЛЬОВОГО ПОРЯДКУ**

Виконав:

Студент 3-го курсу

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кузьмінський О.Р.

Перевірила:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Бевза О.М.

# 1. Мета завдання

Вивчення принципів роботи, дослідження амплітудних характеристик та параметрів різних функціональних ланок на основі інтегральних операційних підсилювачів (інвертуючого та неінвертуючого підсилювачів, сумуючого та віднімаючого підсилювачів).

## 2. Порядок виконання завдання

- 1) Включити лабораторну установку для дослідження операційних ланок нульового порядку. Підключити лабораторну установку відповідно до блок-схеми (рис.1).
- 2) Для схем масштабного підсилювача з інвертування та без інвертування:
  - а) Виміряти вхідний  $R_{вх}$  та вихідний опір  $R_{вих}$ , коефіцієнт передачі напруги  $K_U$  при підключенні опорів  $R_1$  та  $R_4$  і  $U_{вх}=U_1=0,1$  В на частоті  $f_{г} = 1$  кГц.
  - б) Обчислити коефіцієнти передачі напруги  $K_U = \frac{U_2}{U_1}$ , струму  $K_I = \frac{R_{вх}}{R_4} K_U$ , та потужності  $K_P = K_U \times K_I$
  - в) Визначити максимальну частоту масштабних підсилювачів при припущеному зменшенні коефіцієнта передачі до рівня
$$M_d = \frac{K_U(f_v)}{K_U(f_0 = 1 \text{ кГц} = 0,707)}$$
  - г) Змалювати з екрана осцилографа та порівняти амплітуди і фази напруг  $U_1$  та  $U_2$ .
  - д) Результат вимірювань та осцилограми внести в табл. 3.2.
  - е) Виміряти та побудувати графік амплітудної характеристики  $U_2 = U_2(U_1)$  неінвертуючого підсилювача (П2) на частоті  $f_{г} = 1$  кГц. Відзначити знаками «+» і «-» відповідно найбільше значення вхідної напруги  $U_1(U_{1max}^+$  та  $U_{1max}^-)$ , при яких з'являються помітні нелінійні спотворення вихідної напруги  $U_2$  позитивної та негативної полярності. Обчислити динамічний діапазон вхідного напруги позитивної  $D^+$  та негативної  $D^-$  полярностей:  $D^+ = \frac{U_{1max}^+}{U_{1min}}$ , де  $U_{1min}$  - мінімальна амплітуда вхідної на-

пруги, помітна на рівні шумів при заданому відношенні  $\frac{\text{сигнал}}{\text{шум}}$  (взяти  $\frac{\text{сигнал}}{\text{шум}} = 3$ ).

- 3) Для диференціального масштабного підсилювача, інвертуючого та неінвертуючого сумуючих підсилювачів змалювати осцилограми вхідних напруг ( $U_{11} = U_{\Gamma}, U_{12}$ ) та вихідної напруги ( $U_2$ ) на частоті  $f_{\Gamma} = 1$  кГц,  $U_{11m} = 1$  В, де :  $U_{11}(t) = U_{1m} \sin(\omega t + \phi)$  при  $0 \leq t \leq T$ ;

$U_{11}$  знімається з виходу КТ3,

$$U_{12}(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t_1 \leq t \leq (t_1 + t_u) \\ 0 & \text{при } (t_1 + t_u) \leq t \leq (t_1 + t_u + t_n) \end{cases} \text{-знімається з виходу КТ7,}$$

$U_2$  знімається з виходу КТ3.

Для зазначених трьох підсилювачів (ДМП, ІСП, НСП) записати аналітичний вираз для вихідної напруги  $U_2(t)$  у символьному вигляді та чисельно і порівняти результати вимірювань з розрахунками, зробити висновки по кожному пункту досліджень.

Тут  $U_{1m}$ — амплітуда вхідного сигналу  $U_{11}$ ,  $U_{2m}$ —максимальне значення вхідного сигналу  $U_{12}$ ,  $T$ — період вхідного сигналу  $U_{11}$ ,  $t_u$ — тривалість імпульсу вхідного сигналу  $U_{12}$ ,  $t_n$ — тривалість паузи вхідного сигналу  $U_{12}$ .

- 4) Визначити споживану потужність установки при проведенні лабораторних досліджень, знаючи час проведення досліджень та споживану потужність блоків установки.

### 3. Схеми вимірювання

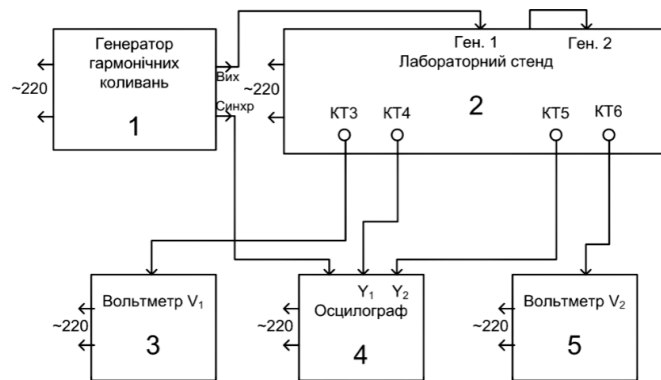


Рис. 1: Блок-схема лабораторного макета «Операційні ланки нульового порядку».

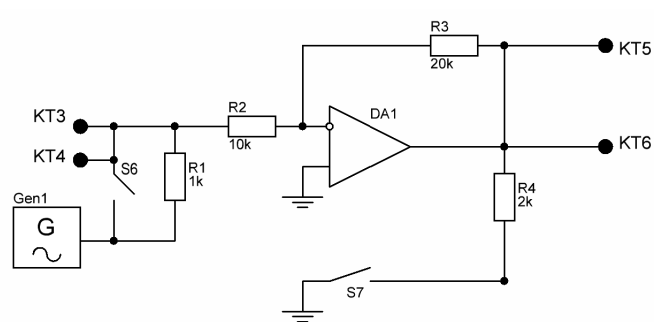


Рис. 2: ІМП

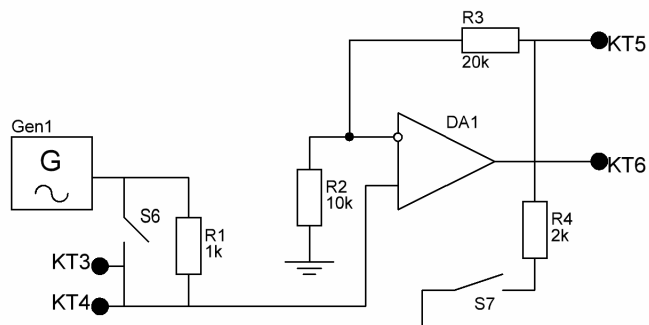


Рис. 3: НМП

## 4.Результати вимірювань

Табл.1. До вимірювань функцій масштабних підсилювачів (ІМП, НМП).

| №  | Показники роботи підсилювача                                       | Підсилювач в схемі |             |
|----|--|--------------------|-------------|
|    |  | ІМП<br>(П1)        | НМП<br>(П2) |
| 1  | При $R_1 = 0$<br>(П6-замкнутий) $U_{г, мВ}$                        | 100                | 100         |
| 2  | При $R_1 = 1 \text{ кОм}$<br>(П6-розімкнений)<br>$U_1, \text{ мВ}$ | 91,3               | 99,4        |
| 3  | $R_{вх} = R_1 \frac{U_1}{U_{г} - U_1}$                             | 10,49              | 165,7       |
| 4  | При $R_4 = \infty$ ,<br>$U_{2xx}, \text{ мВ}$                      | 199                | 300         |
| 5  | При $R_4 = 2 \text{ кОм}$ ,<br>$U_2, \text{ мВ}$                   | 199                | 300         |
| 6  | $R_{вих} = R_4 \frac{U_{2xx} - U_2}{U_2}, \text{ Ом}$              | 0                  | 0           |
| 7  | $K_U = \frac{U_2}{U_1}$  | 2,18               | 3,018       |
| 8  | $K_I = K_U \frac{R_{вх}}{R_4}$                                     | 11,434             | 250,041     |
| 9  | $K_P = K_U \cdot K_I$  | 24,926             | 754,624     |
| 10 | Епюри напруги $U_1(-)$ та $U_2(....)$                              | протифазні         | синфазні    |
| 11 | $f_{в} = f_{max}, \text{ кГц}$<br>при $U_{2в} = 0,707 \cdot U_2$   | 500-600            | 500-600     |

Табл.2. До вимірювань амплітудної характеристики неінвертуючого масштабного підсилювача.

|        |        |       |       |       |      |      |
|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|
| Um1, В | 0,0186 | 0,092 | 0,174 | 0,552 | 0,92 | 1,22 |
| Um2, В | 0,0561 | 0,283 | 0,568 | 1,68  | 2,78 | 3,66 |

## 5. Розрахунки

1) Розрахунок вхідного попору ( $R_1 = 1 \text{ кОм}$ )

- Підсилювач в схемі ІМП:

$$R_{\text{вх}} = R_1 \frac{U_1}{U_{\Gamma} - U_1} = 10^3 \times \frac{91,3 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} - 91,3 \cdot 10^{-3}} = 10,49 \text{ кОм}$$

- Підсилювач в схемі НМП:

$$R_{\text{вх}} = R_1 \frac{U_1}{U_{\Gamma} - U_1} = 10^3 \times \frac{99,4 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} - 99,4 \cdot 10^{-3}} = 165,7 \text{ кОм}$$

---

2) Розрахунок вихідного попору ( $R_4 = 2 \text{ кОм}$ )

- Підсилювач в схемі ІМП:

$$R_{\text{вих}} = R_4 \frac{U_{2xx} - U_2}{U_2} = 2 \cdot 10^3 \times \frac{199 \cdot 10^{-3} - 199 \cdot 10^{-3}}{199 \cdot 10^{-3}} = 0 \text{ Ом}$$

- Підсилювач в схемі НМП:

$$R_{\text{вих}} = R_4 \frac{U_{2xx} - U_2}{U_2} = 2 \cdot 10^3 \times \frac{300 \cdot 10^{-3} - 300 \cdot 10^{-3}}{300 \cdot 10^{-3}} = 0 \text{ Ом}$$

---

3) Розрахунок коефіцієнта передачі напруги

- Підсилювач в схемі ІМП:

$$K_U = \frac{U_2}{U_1} \frac{199 \cdot 10^{-3}}{91,3 \cdot 10^{-3}} = 2,18$$

- Підсилювач в схемі НМП:

$$K_U = \frac{U_2}{U_1} \frac{300 \cdot 10^{-3}}{99,4 \cdot 10^{-3}} = 3,018$$

---

4) Розрахунок коефіцієнта передачі струму

- Підсилювач в схемі ІМП:

$$K_I = K_U \times \frac{R_{\text{вх}}}{R_4} = 2,18 \times \frac{10,49 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3} = 11,434$$

- Підсилювач в схемі НМП:

$$K_I = K_U \times \frac{R_{\text{вх}}}{R_4} = 3,018 \times \frac{165,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3} = 250,041$$

---

## 5) Розрахунок коефіцієнта передачі потужності

- Підсилювач в схемі ІМП:

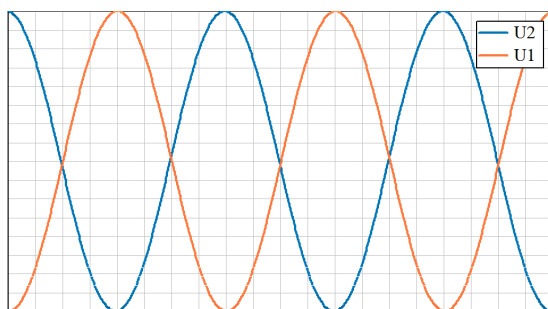
$$K_P = K_U \cdot K_I = 2,18 \cdot 11,434 = 24,926$$

- Підсилювач в схемі НМП:

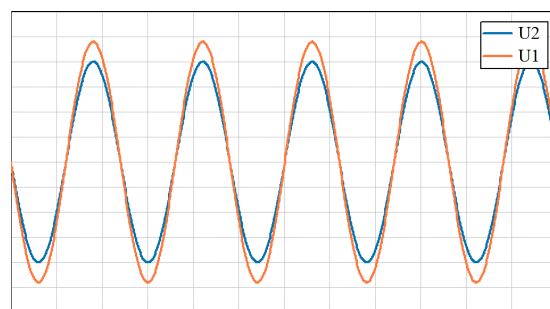
$$K_P = K_U \cdot K_I = 3,018 \cdot 250,041 = 754,624$$

---

## 6.Графіки



(a) ІМП



(б) НМП

Рис. 4: Епюри напруг  $U_1$  і  $U_2$  підсилювача в схемі

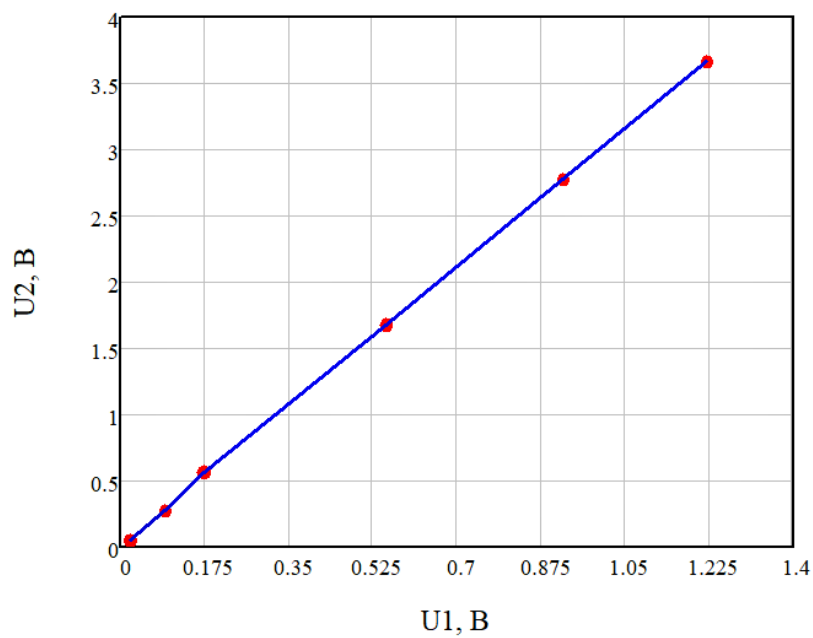


Рис. 5: Амплітудна характеристика НМП

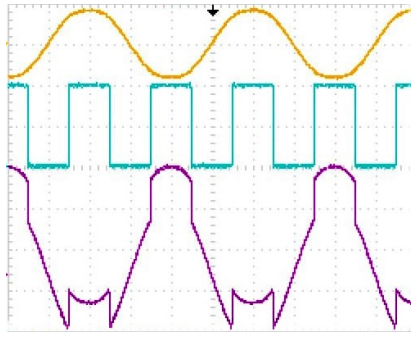


Рис. 6: Осцилограмми  $U_{11}(t)$ ,  $U_{12}(t)$ ,  $U_2(t)$  для ДМУ

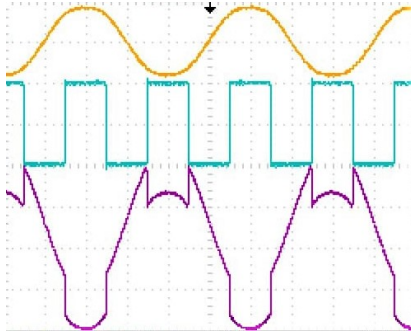


Рис. 7: Осцилограмми  $U_{11}(t)$ ,  $U_{12}(t)$ ,  $U_2(t)$  для ИСУ

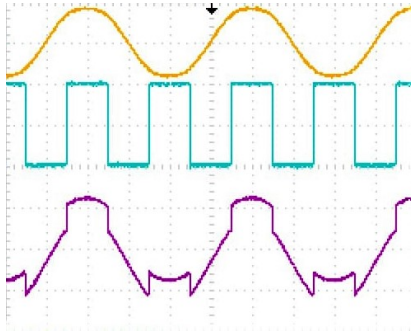


Рис. 8: Осцилограмми  $U_{11}(t)$ ,  $U_{12}(t)$ ,  $U_2(t)$  для НСУ



## 7. Аналіз результатів та висновки