

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Кафедра мікроелектроніки

Лабораторна робота № 2

з дисципліни: «Схемотехніка-1. Аналогова схемотехніка»
ЗВОРОТНІЙ ЗВ'ЯЗОК У ПІДСИЛЮВАЧАХ

Виконав:

студент 3-го курсу групи ДП-82

Мнацаканов Антон Станіславович

Перевірила: Порєва Ганна Сергіївна

Київ 2021

1. Мета роботи

Вивчення принципів роботи зворотного зв'язку, дослідження впливу негативного зворотного зв'язку на характеристики і параметри підсилювача.

2. Блок-схема установки для дослідження лабораторного модуля «Зворотній зв'язок у підсилювачах»

Блок-схема установки для дослідження лабораторного модуля «Зворотній зв'язок у підсилювачах» («ЗЗП») наведена на рис. 2.1.

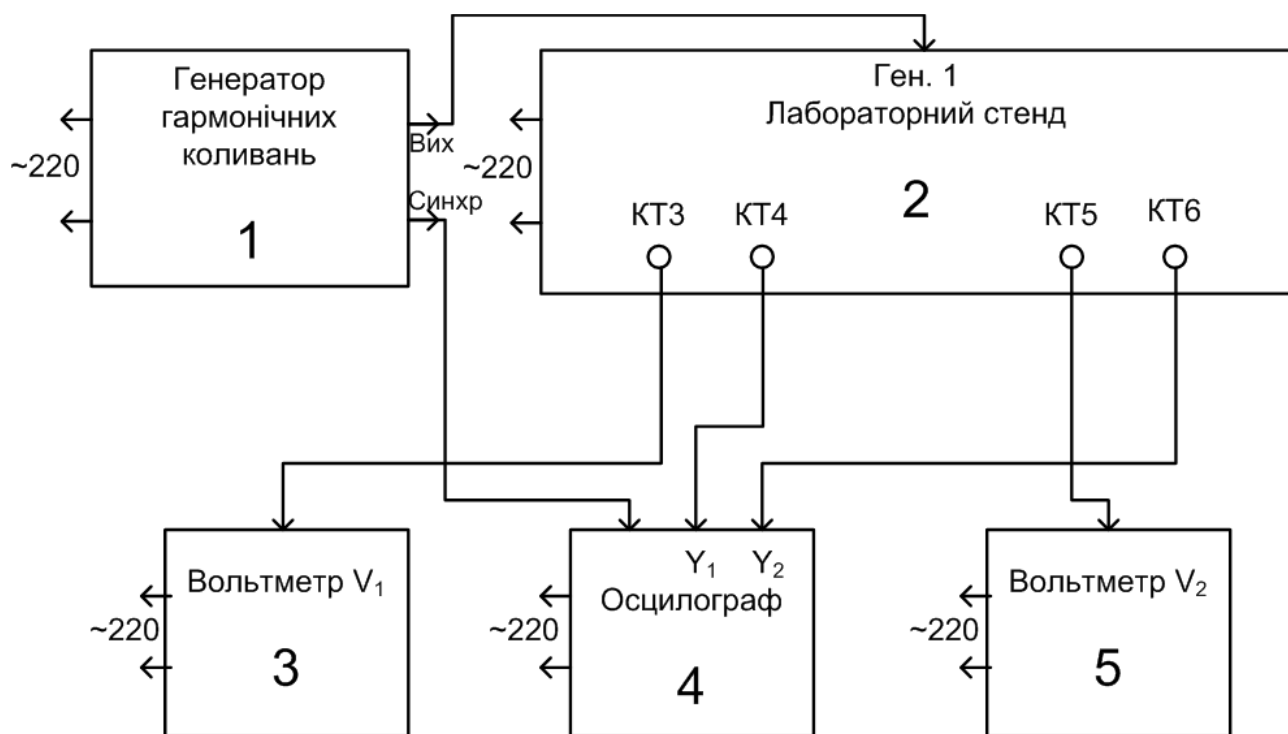


Рис. 1.1. Блок-схема установки для дослідження лабораторного модуля «Зворотній зв'язок у підсилювачах».

3. Схема електрична принципова лабораторного модуля «Зворотній зв'язок у підсилювачах»

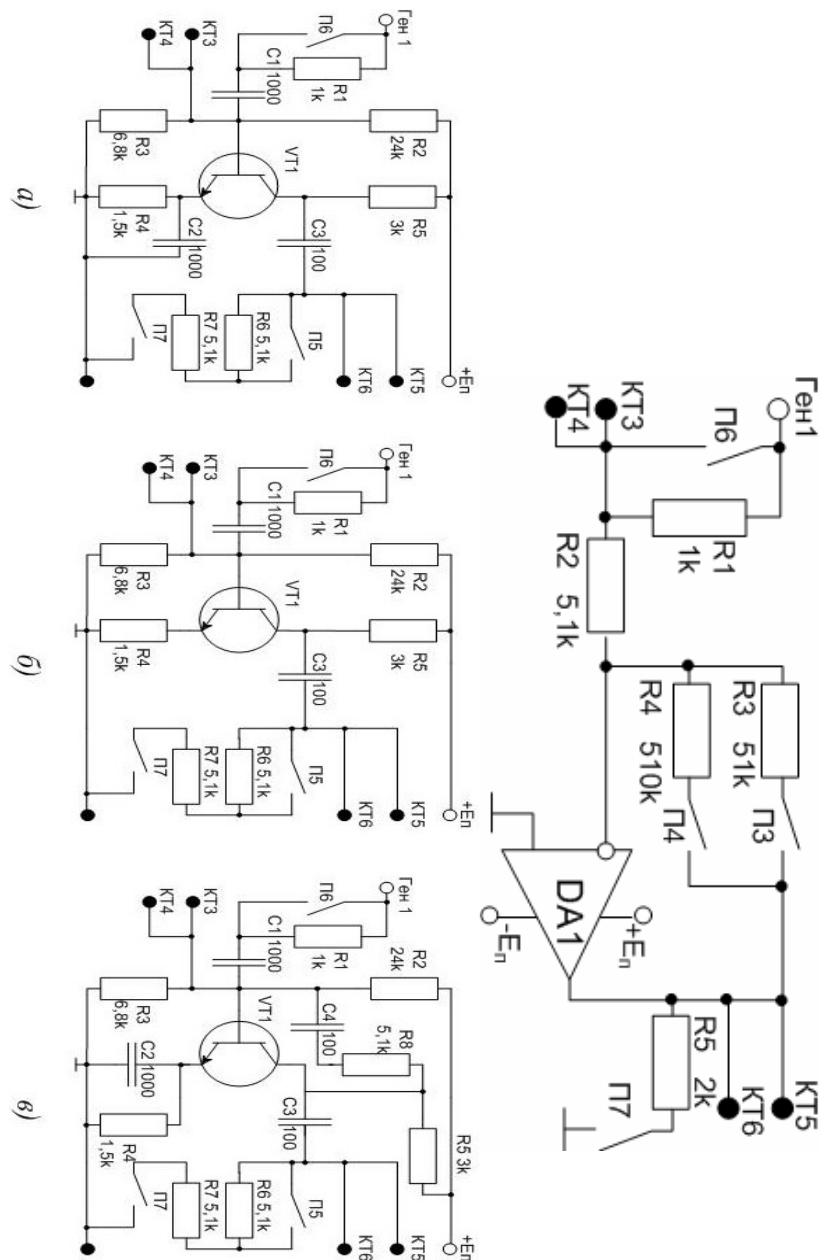


Рис. 1.2 Схема електрична принципова лабораторного модуля «ЗЗП»: а) схема без ЗЗ (П1-вкл), б) схема НЗЗ по току (П2-вкл), в) схема НЗЗ по напрузі (П3-вкл), г) схема ЗЗ на операційному підсилювачі (П4-вкл).

Таблиця 1.1. Призначення перемикачів.

№	Призначення перемикачів
П1	Вмикає підсилювач на БТ з НЗЗ по току
П2	Вмикає підсилювач на БТ з НЗЗ по напрузі
П3	Вмикає підсилювач на ОП при $K_U=10$
П4	Вмикає підсилювач на ОП при $K_U=100$
П5	Закорочує резистор R_6 – навантаження підсилювача на БТ
П6	Закорочує резистор R_1 у підсилювачах на БТ та ОП
П7	Підключає резистори навантаження R_6 - R_7 у підсилювач на БТ, або R_5 у ОП

Таблиця 2.2. Реалізовані в лабораторному модулі схеми.

Тип ЗЗ	Перемикач замкнутий	Схема електрична принципова
Підсилювач на БТ без ЗЗ	-	
Підсилювач на БТ із НЗЗ по току	П1	

Підсилювач на БТ із НЗЗ по напрузі	П2	
ОП із НЗЗ по напрузі	ПЗ (при $K_U=10$) П4 (при $K_U=100$)	

Таблиця 1.3. До вимірам амплітудних характеристик підсилювача $U_z=U_z(U_i)$ при $f_z=10$ кГц.

№	U_i , мВ			U_z , В		
	Без 33	НЗЗ по току	НЗЗ по напрузі	Без 33 (П1- П7 викл.)	НЗЗ по току (П1- вкл.)	НЗЗ по напрузі (П2–вкл.)
1	25	750	50	1,7	1,25	1,25
2	20	650	40	1,45	1,1	1,2
3	15	550	30	1,1	0,97	1,05
4	10	450	20	0,8	0,8	0,93
5	5	350	10	0,4	0,62	0,53
6	1	250	1	0,08	0,44	0,052
7		150			0,26	
8		50			0,092	
9		1			0,018	
10						
Визначити	$\mathcal{D}_z^+ = \frac{U_{zx\max}^+}{U_{zx\min}}$					
	$\mathcal{D}_z^- = \frac{U_{zx\max}^-}{U_{zx\min}}$					

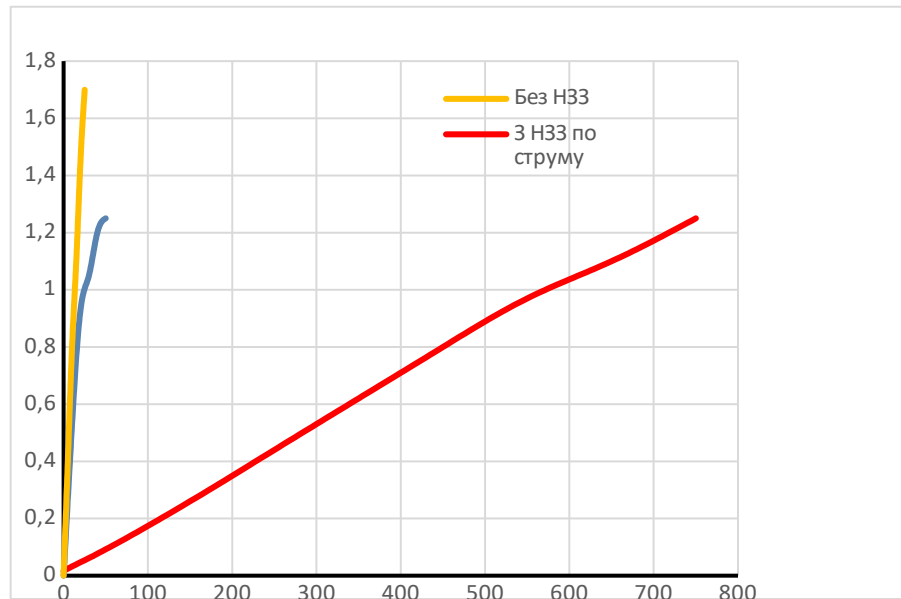


Рис.1.3 Амплітудна характеристика підсилювача

Таблиця 1.4. До вимірюванню функцій підсилювачів.

№	Показники роботи підсилювача	Підсилювач в схемі			Примітки
		Без 33	НЗЗ _I (П1)	НЗЗ _U (П2)	
1	При $R_I=0$ $U_I=U_z$, мВ	10	50	10	Натиснути П6 і встановити ручкою вихід генератора U_I . Перемикач П7 розімкнений.
2	При $R_I=1\text{кОм}$ (П6–розімкнений) U_I' , мВ	4,7	34	0,8	Розімкнути П6 і виміряти вольтметром V_I напругу U_I' . Перемикач П7 розімкнений.
3	$R_{\text{вх}} = R_1 \frac{U_1'}{U_z - U_1'}$, Ом	886	2125	87	Обчислити вхідний опір ($R_I=1\text{кОм}$)
4	При відключенні $R_H=R_6+R_7$ $U_{2\text{хх}}$, мВ ($U_I=U_z$)	840	94	550	Розімкнути П7 і вольтметром V_2 виміряти $U_{2\text{хх}}$. Перемикач П6 замкнутий.
5	При відключенні $R_H=R_6+R_7$ U_2 , мВ	650	74	470	Замкнути П7 і вольтметром V_2 виміряти напругу U_2 . Перемикач П6 замкнутий.
6	$R_{\text{вих}} = (R_6 + R_7) \frac{U_{2\text{хх}} - U_2}{U_2}$ де $R_H=R_6+R_7=12\text{ кОм}$	3,5	3,24	2,04	Обчислити вихідний опір $R_{\text{вих}}$

7	$K_U = \frac{U_2}{U_1}$	65	1,48	47	Обчислити відношення раніше виміряних U_1 та U_2
8	$K_I = \frac{I_H}{I_1} = \frac{R_{ex}}{R_H} K_U$	4,7	0,26	0,34	Обчислити коефіцієнт передачі струму як відношення R_{ex} та R_H , помножене на K_U
9	$K_P = \frac{P_H}{P_1} = K_U \cdot K_I$	312	0,38	16	Обчислити добуток K_U и K_I
10	$f_H = f_{min}, \text{ при } U_2 = 0,707 \cdot U_2 (f=10 \text{ кГц})$	<10 Гц	<10 Гц	<10 Гц	Перемикач П6 замкнутий. Перемикач П7 замкнутий.
11	$f_{\delta} = f_{max}, \text{ при } U_2 = 0,707 \cdot U_2 (f=10 \text{ кГц})$	122 КГц	220 КГц	160 КГц	Перемикач П6 замкнутий. Перемикач П7 замкнутий.
12	$\Delta f = f_{\delta} - f_H$	$1,21 \cdot 10^5$	$2,19 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	

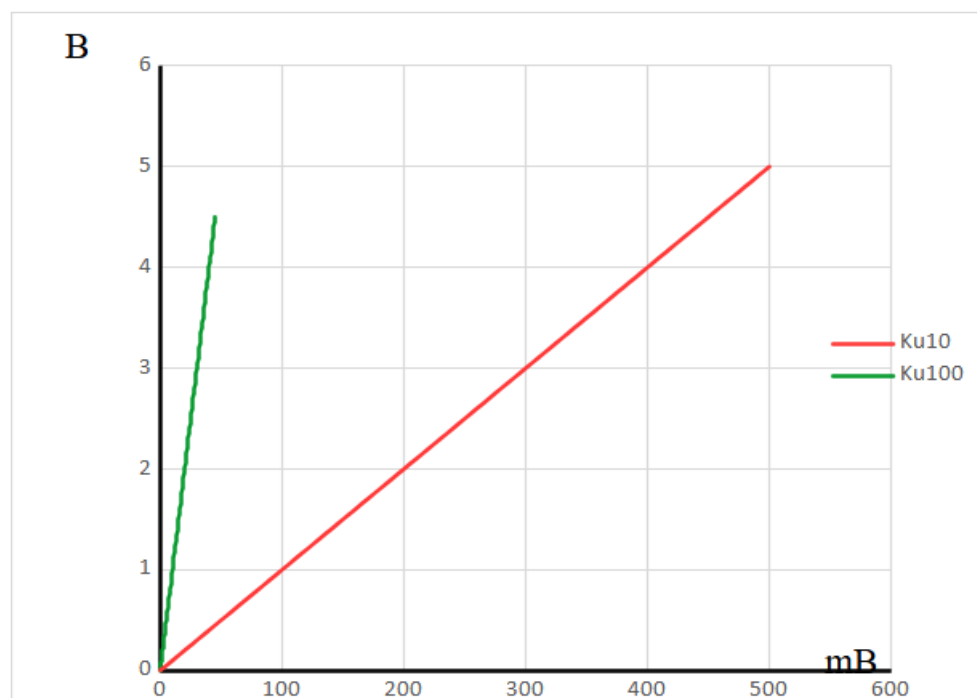


Рис. 1.4 Амплітудна характеристика підсилювача

Таблиця 1.5. До вимірювань амплітудних характеристик підсилювача $U_2=U_2(U_1)$, при $f_c=10$ кГц

№	U_1 , мВ		U_2 , В	
	$K_U=10$	$K_U=100$	$K_U=10$ (П3-вкл.)	$K_U=100$ (П4-вкл.)
1	500	45	5	4,5
2	400	35	4	3,5
3	300	25	3	2,5
4	200	15	2	1,5
5	100	5	1	0,5
6	10		0,1	

Таблиця 1.6. До вимірювань відносної нестабільності коефіцієнта передачі напруги підсилювача при $U_1=10$ мВ, $f_c=10$ кГц (П6 – замкнутий).

Підсилювач без ЗЗ				Підсилювач із ЗЗ по току				Підсилювач із ЗЗ по напрузі			
П7 – включити				П1, П7 – включити				П2, П7 – включити			
$R_n=R_6+R_7=$ $=10,2$ кОм		$R_n=R_6+R_7=$ $=5,1$ кОм		$R_n=R_6+R_7=$ $=10,2$ кОм		$R_n=R_6+R_7=$ $=5,1$ кОм		$R_n=R_6+R_7=$ $=10,2$ кОм		$R_n=R_6+R_7=$ $=5,1$ кОм	
П5- вимк.		П5-вкл.		П5- вимк.		П5-вкл.		П5- вимк.		П5-вкл.	
$U_{2,В}$	$K_U = \frac{U_2}{U_1}$	$U'_{2,В}$	$K'_U = \frac{U'_2}{U_1}$	$U_{2,В}$	$K_U = \frac{U_2}{U_1}$	$U'_{2,В}$	$K'_U = \frac{U'_2}{U_1}$	$U_{2,В}$	$K_U = \frac{U_2}{U_1}$	$U'_{2,В}$	$K'_U = \frac{U'_2}{U_1}$
0,65	65	0,54	54	14,5 мВ	1,45	12мВ	1,2	0,45	45	0,4	40
$\delta = \frac{K'_U - K_U}{K_U} 100\% = \frac{U'_2 - U_2}{U_2} 100\%$				$\delta = \frac{K'_{U\beta} - K_{U\beta}}{K_{U\beta}} 100\% = \frac{U'_{2\beta} - U_{2\beta}}{U_{2\beta}} 100\%$				$\delta = \frac{K'_{U\beta} - K_{U\beta}}{K_{U\beta}} 100\% = \frac{U'_{2\beta} - U_{2\beta}}{U_{2\beta}} 100\%$			
-16,9				-17,2				-11,1			

Таблиця 1.7. До вимірюванню АЧХ підсилювача на ІОП.

	При $U_1=10$ мВ	
	$K_{Uo}=10$ (П3 – вкл.)	$K_{Uo}=100$ (П4 – вкл.)
При $f_0=10$ кГц виміряти U_{2o} , мВ	100	1000
0,707* U_{2o} , мВ	70,7	707
$f\omega$, Гц	460 КГц	38 КГц

Висновок: в цій лабораторній роботі ми переконались, що при підсиленні спостерігається спотворення форми та частотного складу сигналу. Ці спотворення зменшуються при роботі підсилювальних елементів в режимах, що відповідають лінійним ділянкам характеристик, тому чим вищий вхідний опір, тим меншу потужність споживає підсилювач від джерела вхідного сигналу, а чим нижчий вихідний, тим точніше узгоджується підсилювач за потужністю. Також рівень напруги, яка подається з виходу підсилювача на його вхід, у відповідності з АЧХ підсилювача є різним на різних частотах, тому різною є і дія зворотного зв'язку. В області зростання частот, зворотний зв'язок більше послаблює підсилення, ніж на частотах, де є завал АЧХ. Таким чином, нерівномірність АЧХ згладжується. Але все це справедливе лише при дійсному зворотному зв'язку.