

Лабораторна робота № 1

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ БЛОКУ ОПЕРАЦІЙНОГО ПІДСИЛЮВАЧА.

Мета: дослідження блоку операційного підсилювача(ОП) в трьох режимах:

- 1)множення на незмінний коефіцієнт;
- 2)додавання;
- 3)інтегрування;

Завдання на лабораторну роботу

1.Номер варіанту визначається як: номер групи – перша цифра, номер по списку – друга та третя цифри. Приклад визначення варіанту: студент по списку 12 у групі 42, його варіант 212.

З табл. №1 відповідно до варіанту вибрати значення коефіцієнту передачі k^*_1 . Визначити значення опору резисторів, які необхідно підключити у вхідне коло і в коло зворотного зв'язку операційного підсилювача для отримання заданого коефіцієнту передачі k^*_1 .

Таблиця № 1

№ п/п	k^*_1	U_1 В	k_{31}	k_{32}	k^*_4	C_4 МкФ	U_2 В
101	0.02	4.5	0.498	3.84	50	1.0	+0.1
102	0.04	3.5	0.322	6.22	10	0.1	-0.5
103	0.1	1.8	0.428	5.38	2	1.0	+2.5
104	0.2	0.9	0.591	8.93	5	0.1	-1.0
105	0.4	0.35	0.633	8.75	1	1.0	+5.0
106	0.5	0.18	0.987	9.93	1	0.1	-5.0
107	1.0	4.0	0.831	8.65	50	1.0	+0.1
108	0.02	3.0	0.576	1.28	10	0.1	-0.5
109	0.04	1.5	0.273	1.25	2	1.0	+2.5
110	0.1	0.8	0.374	2.34	5	0.1	-1.0
111	0.2	0.3	0.114	3.38	1	1.0	+5.0
112	0.4	0.15	0.786	3.56	1	0.1	-5.0
113	0.5	3.0	0.384	4.57	50	1.0	+0.1
114	1.0	2.0	0.622	6.32	10	0.1	-0.5
115	0.02	1.2	0.538	5.28	2	1.0	+2.5
116	0.04	0.7	0.893	9.17	5	0.1	-1.0
117	0.1	0.28	0.875	6.18	1	1.0	+5.0
118	0.2	0.17	0.933	1.95	1	0.1	-5.0
119	0.4	4.9	0.865	2.68	50	1.0	+0.1
120	0.5	3.1	0.128	7.71	10	0.1	-0.5
121	1.0	1.9	0.125	6.92	2	1.0	+2.5
122	0.02	0.95	0.234	7.12	5	0.1	-1.0
123	0.04	0.31	0.338	5.25	1	1.0	+5.0
124	0.1	0.16	0.356	8.38	1	0.1	-5.0
125	0.2	4.8	0.472	5.13	50	1.0	+0.1
126	0.3	3.2	0.720	9.76	10	0.1	-0.5
127	0.03	3.4	0.754	3.79	10	0.1	-1.0

128	0.3	1.5	0.917	8.82	2	1.0	+5.0
129	0.3	0.99	0.914	7.03	5	0.1	-5.0
130	0.03	0.34	0.782	1.78	1	0.1	-0.5
201	0.4	3.1	0.387	4.95	10	0.1	-0.5
202	0.5	1.8	0.211	7.33	2	1.0	+2.5
203	1.0	0.96	0.317	6.49	5	0.1	-1.0
204	0.02	0.32	0.480	9.04	1	1.0	+5.0
205	0.04	0.15	0.522	9.86	1	0.1	-5.0
206	0.1	4.7	0.876	1.84	50	1.0	+0.1
207	0.2	3.2	0.720	9.76	10	0.1	-0.5
208	0.4	1.7	0.465	2.39	2	1.0	+2.5
209	0.5	0.97	0.162	2.36	5	0.1	-1.0
210	1.0	0.33	0.263	3.45	1	1.0	+5.0
211	0.02	0.13	0.914	4.49	1	0.1	-5.0
212	0.04	4.6	0.675	4.67	50	1.0	+0.1
213	0.1	3.3	0.273	5.68	10	0.1	-0.5
214	0.2	1.6	0.511	7.43	2	1.0	+2.5
215	0.4	0.98	0.427	6.39	5	0.1	-1.0
216	0.5	0.34	0.782	1.78	1	1.0	+5.0
217	1.0	0.12	0.764	7.29	1	0.1	-5.0
218	0.02	4.5	0.882	2.06	50	1.0	+0.1
219	0.04	3.4	0.754	3.79	10	0.1	-0.5
220	0.1	1.5	0.917	8.82	2	1.0	+2.5
221	0.2	0.99	0.914	7.03	5	0.1	-1.0
222	0.4	0.35	0.123	8.23	1	1.0	+5.0
223	0.5	0.13	0.227	6.36	1	0.1	-5.0
224	1.0	4.4	0.245	9.49	50	1.0	+0.1
225	0.02	3.5	0.361	6.24	10	0.1	-0.5
226	0.4	0.97	0.987	9.93	1	0.1	-0.5
227	4.0	0.33	0.831	8.65	50	1.0	+5.0
228	0.04	0.13	0.576	1.28	10	0.1	-5.0
229	0.04	4.6	0.162	2.36	5	0.1	+0.1
230	0.4	3.3	0.263	3.45	1	1.0	-0.5
301	0.04	1.4	0.509	5.06	2	1.0	+2.5
302	0.1	0.94	0.433	8.44	5	0.1	-1.0
303	0.2	0.36	0.539	7.50	1	1.0	+5.0
304	0.4	0.14	0.602	1.15	1	0.1	-5.0
305	0.5	4.3	0.744	1.97	50	1.0	+0.1
306	1.0	3.6	0.198	2.95	10	0.1	-0.5
307	0.02	1.45	0.942	1.87	2	1.0	+2.5
308	0.04	0.93	0.687	3.40	5	0.1	-1.0
309	0.1	0.37	0.384	3.47	1	1.0	+5.0
310	0.2	0.15	0.485	4.56	1	0.1	-5.0
311	0.4	4.2	0.225	5.50	50	1.0	+0.1
312	0.5	3.7	0.897	5.78	10	0.1	-0.5
313	1.0	1.55	0.495	6.79	2	1.0	+2.5
314	0.02	0.92	0.733	8.54	5	0.1	-1.0
315	0.04	0.38	0.649	7.40	1	1.0	+5.0
316	0.1	0.16	0.904	2.89	1	0.1	-5.0
317	0.2	4.1	0.986	8.30	50	1.0	+0.1

318	0.4	3.8	0.104	3.17	10	0.1	-0.5
319	0.5	1.65	0.976	4.80	2	1.0	+2.5
320	1.0	0.91	0.239	9.93	5	0.1	-1.0
321	0.02	0.39	0.236	8.14	1	1.0	+5.0
322	0.04	0.17	0.345	9.34	1	0.1	-5.0
323	0.1	4.0	0.449	7.47	50	1.0	+0.1
324	0.2	3.9	0.467	1.52	10	0.1	-0.5
325	0.4	1.75	0.583	7.35	2	1.0	+2.5
326	0.6	0.98	0.427	1.28	10	0.1	-0.5
327	0.06	0.34	0.782	2.36	5	0.1	-1.0
328	0.6	0.12	0.764	3.45	1	1.0	+5.0
329	6.0	4.5	0.882	4.49	1	0.1	-5.0
330	0.06	3.4	0.754	4.67	50	1.0	+0.1
401	0.02	4.5	0.498	3.84	50	1.0	+0.1
402	0.04	3.5	0.322	6.22	10	0.1	-0.5
403	0.1	1.8	0.428	5.38	2	1.0	+2.5
404	0.2	0.9	0.591	8.93	5	0.1	-1.0
405	0.4	0.35	0.633	8.75	1	1.0	+5.0
406	0.5	0.18	0.987	9.93	1	0.1	-5.0
407	1.0	4.0	0.831	8.65	50	1.0	+0.1
408	0.02	3.0	0.576	1.28	10	0.1	-0.5
409	0.5	0.97	0.162	2.36	5	0.1	-1.0
410	1.0	0.33	0.263	3.45	1	1.0	+5.0
411	0.02	0.13	0.914	4.49	1	0.1	-5.0
412	0.04	4.6	0.675	4.67	50	1.0	+0.1
413	0.1	3.3	0.273	5.68	10	0.1	-0.5
414	0.2	1.6	0.511	7.43	2	1.0	+2.5
415	0.4	0.98	0.427	6.39	5	0.1	-1.0
416	0.5	0.34	0.782	1.78	1	1.0	+5.0
417	1.0	0.12	0.764	7.29	1	0.1	-5.0
418	0.02	4.5	0.882	2.06	50	1.0	+0.1
419	0.04	3.4	0.754	3.79	10	0.1	-0.5
421	0.02	0.39	0.236	8.14	1	1.0	+5.0
422	0.04	0.17	0.345	9.34	1	0.1	-5.0
423	0.1	4.0	0.449	7.47	50	1.0	+0.1
424	0.2	3.9	0.467	1.52	10	0.1	-0.5
425	0.4	1.75	0.583	7.35	2	1.0	+2.5
426	0.02	0.92	0.733	8.54	10	0.1	-0.5
427	0.04	0.38	0.649	7.40	5	0.1	-1.0
428	0.1	0.16	0.904	2.89	1	1.0	+5.0
429	0.2	4.1	0.986	8.30	1	0.1	-5.0
430	0.4	3.8	0.104	3.17	50	1.0	+0.1
501	0.02	4.5	0.387	4.95	10	0.1	+2.5
502	0.04	3.5	0.211	7.33	2	1.0	-1.0
503	0.1	1.8	0.317	6.49	5	0.1	+5.0
504	0.2	0.9	0.480	9.04	1	1.0	-5.0
505	0.4	0.35	0.522	9.86	1	0.1	+0.1
506	0.5	0.18	0.876	1.84	50	1.0	-0.5
507	1.0	4.0	0.720	9.76	10	0.1	+2.5
508	0.02	3.0	0.465	2.39	2	1.0	-1.0

509	0.04	1.5	0.162	2.36	5	0.1	+5.0
510	0.1	0.8	0.263	3.45	1	1.0	-5.0
511	0.2	0.3	0.914	4.49	1	0.1	+0.1
512	0.4	0.15	0.675	4.67	50	1.0	-0.5
513	0.5	3.0	0.273	5.68	10	0.1	+2.5
514	1.0	2.0	0.511	7.43	2	1.0	-1.0
515	0.02	1.2	0.427	6.39	5	0.1	+5.0
516	0.04	0.7	0.782	1.78	1	1.0	-5.0
517	0.1	0.28	0.764	7.29	1	0.1	+0.1
518	0.2	0.17	0.882	2.06	50	1.0	-0.5
519	0.4	4.9	0.754	3.79	10	0.1	+2.5
520	0.5	3.1	0.917	8.82	2	1.0	-1.0
521	1.0	1.9	0.914	7.03	5	0.1	+5.0
522	0.02	0.95	0.123	8.23	1	1.0	-5.0
523	0.04	0.31	0.227	6.36	1	0.1	+0.1
524	0.1	0.16	0.245	9.49	50	1.0	-0.5
525	0.2	4.8	0.361	6.24	10	0.1	+2.5
526	0.02	4.5	0.987	9.93	1	0.1	-0.5
527	0.04	3.5	0.831	8.65	50	1.0	-1.0
528	0.1	1.8	0.576	1.28	10	0.1	+5.0
529	0.2	0.9	0.162	2.36	5	0.1	-5.0
530	0.4	0.35	0.263	3.45	1	1.0	+0.1
601	0.02	4.5	0.498	7.71	10	0.1	-0.5
602	0.04	3.5	0.322	6.92	2	1.0	+2.5
603	0.1	1.8	0.428	7.12	5	0.1	-1.0
604	0.2	0.9	0.591	5.25	1	1.0	+5.0
605	0.4	0.35	0.633	8.38	1	0.1	-5.0
606	0.5	0.18	0.987	5.13	50	1.0	+0.1
607	1.0	4.0	0.831	9.76	10	0.1	-0.5
608	0.02	3.0	0.576	3.79	10	0.1	-1.0
609	0.5	0.97	0.162	8.82	2	1.0	+5.0
610	1.0	0.33	0.263	7.03	5	0.1	-5.0
611	0.02	0.13	0.914	1.78	1	0.1	-0.5
612	0.04	4.6	0.675	4.95	10	0.1	-0.5
613	0.1	3.3	0.273	7.33	2	1.0	+2.5
614	0.2	1.6	0.511	6.49	5	0.1	-1.0
615	0.4	0.98	0.427	9.04	1	1.0	+5.0
616	0.5	0.34	0.782	9.86	1	0.1	-5.0
617	1.0	0.12	0.764	1.84	50	1.0	+0.1
618	0.02	4.5	0.882	9.76	10	0.1	-0.5
619	0.04	3.4	0.754	2.39	2	1.0	+2.5
620	0.02	0.39	0.236	2.36	5	0.1	-1.0
621	0.04	0.17	0.345	3.45	1	1.0	+5.0
622	0.1	4.0	0.449	4.49	1	0.1	-5.0
623	0.2	3.9	0.467	4.67	50	1.0	+0.1
624	0.4	1.75	0.583	5.68	10	0.1	-0.5
625	0.02	0.92	0.733	7.43	2	1.0	+2.5
701	0.04	0.38	0.649	6.39	5	0.1	-1.0
702	0.1	0.16	0.904	1.78	1	1.0	+5.0
703	0.2	4.1	0.986	7.29	1	0.1	-5.0

704	0.4	3.8	0.104	2.06	50	1.0	+0.1
705	0.02	4.5	0.498	3.79	10	0.1	-0.5
706	0.1	0.16	0.904	2.89	1	1.0	+5.0
707	0.2	4.1	0.986	8.30	1	0.1	-5.0
708	0.4	3.8	0.104	3.17	50	1.0	+0.1
709	0.02	4.5	0.387	4.95	10	0.1	+2.5
710	0.04	3.5	0.211	7.33	2	1.0	-1.0

2. Намалювати схему електричну принципову масштабного ОБ, який має коефіцієнт передачі k^*_1 , вказати значення і номери резисторів, які використовували. Приклад такої схеми зображено на мал.№1. З табл.№1 вибрати значення вхідної напруги для $U_{1\text{ вх}}=U_1$ масштабного ОБ. Дані занести до табл.№2

Таблиця № 2.

Коефіцієнт передачі	k^*_1
Опір кола зворотного зв'язку, R_0 (МОм)	
Опір вхідного кола, R_1 (МОм)	
Тип ОП	

3. З табл.№1. вибрати значення коефіцієнтів передач k_{31} і k_{32} . Розрахувати номінали резисторів R_{31} і R_{32} , які забезпечують необхідні значення коефіцієнтів передач k_{31} і k_{32} . Опір резистора кола зворотного зв'язку R_0 вибрати 1 Мом.

Намалювати схему електричну принципову ОБ в режимі додавання. Вказати значення опорів R_0 , R_{31} , R_{32} (приклад мал.2)

4. З табл.№1 вибрати значення коефіцієнта k^*_4 і вхідної напруги $U_{2\text{ вх}}=U_2^*$.

Визначити опір R_4 вхідного резистору, який необхідно підключити у вхідне коло інтегруючого ОБ для отримання заданого коефіцієнта передачі k^*_4 .

Намалювати схему електричну принципову інтегруючого ОБ, вказав номінали вхідного резистора R_4 та конденсатору кола зворотного зв'язку C_4 . Визначити ідеальне значення вихідної напруги інтегруючого підсилювача $U_{2\text{ вих}}^*(\tau)$ з інтервалом $\Delta\tau=1\text{с}$ при вхідній напрузі $U_2^*_{\text{ вх}}$, т.б. $U_2^*_{\text{ вих}}(\tau)$. Отримані дані занести у другий стовпчик табл. № 3(приклад мал.3)

Таблиця № 3

Значення машинного часу $\tau, \text{с}$	Ідеальне значення вихідної напруги $U_{2\text{ вих}}^*(\tau), \text{В}$	Реальні значення вихідної напруги $U_{2\text{ вих}}(\tau), \text{В}$	Абсолютна похибка $\Delta U_{2\text{ вих}}(\tau),$
0			
1			
2			
3			
4			
5			

5. Повторити розрахунки п. 4 при початковій вихідній напрузі умов інтегруючого ОБ $U_{2\text{ вих}}^*(0)=5\text{В}$ занести результати в таблицю аналогічну табл.№3

Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему масштабного ОБ з коефіцієнтом передачі k^*_1 , підключити у вхідні кола та кола зворотних зв'язків резистори згідно табл. № 2.

2. Перевірити правильність і точність виконання математичних операцій множення вхідної напруги на незмінний коефіцієнт. На вхід масштабного ОБ, який має коефіцієнт передачі k^*_1 , подати напругу $U_0 = U_1$ В і виміряти вихідну напругу.

Визначити реальне значення коефіцієнтів передачі $k_I = U_{\text{вих}} / U_0$ і відносну похибку коефіцієнтів передачі $\Delta k_I = (k_I - k^*_1) / k^*_1$.

3. Зібрати схему ОБ суми з коефіцієнтами передач на входах k_{31}, k_{32} .

Встановити значення R_0, R_{31}, R_{32} , які забезпечують коефіцієнти передач k_{31}, k_{32} .

Перевірити правильність і точність виконання математичної операції додавання вхідних змінних з множенням на незмінні коефіцієнти.

На перший вхід ОБ суми, на якому встановили коефіцієнт передачі k_{31} , подати напругу $U_{31 \text{ вх}} = +10$ В, а на другий вхід k_{32} - напругу $U_{32 \text{ вх}} = -1$ В. Виміряти вихідну напругу $U_{3 \text{ вих}}$ і обчислити абсолютну похибку виконання операції додавання $\Delta U_{\text{вих}}$.

4. Зібрати схему ОБ інтегрування з коефіцієнтом передачі k^*_4 .

Перевірити правильність і точність виконання операції інтегрування. На вхід інтегруючого підсилювача (коефіцієнт передачі k^*_4) подати напругу $U_{4 \text{ вх}}$. Виміряти реальне значення вихідної напруги інтегруючого підсилювача $U_{4 \text{ вих}}^*(\tau)$ з інтервалом $\Delta \tau = 1$ с при вхідній напрузі $U_{4 \text{ вх}}^*$. Порівняти реальне значення вихідної напруги з ідеальною вихідною напругою $U_{4 \text{ вих}}^*(\tau)$, визначити абсолютну похибку $\Delta U_{\text{вих}}$ у режимі інтегрування. Отримані дані занести в третій стовпець табл. № 1.3.1.

Встановити на інтегруючому підсилювачу початкове $U_{\text{вих}}^*(0) = 5$ В і повторити інтегрування.

Зміст звіту

1. Схеми електричні принципи масштабного ОБ, ОБ суми і ОБ інтегрування.
2. Результати підготовки.
3. Результати виконання лабораторної роботи.

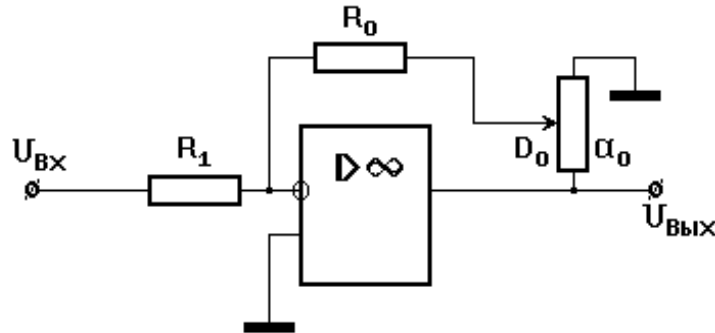
Контрольні запитання

1. Як впливає коефіцієнт передачі на точність виконання математичної операції?
2. Як виконується установка початкових умов?
3. По яких формулах визначається $U_{\text{вих}}$ в трьох режимах роботи ОБ?

Теоретичні відомості

1. МАСШТАБНИЙ ОПЕРАЦІЙНИЙ БЛОК (ОБ).

Для моделювання математичних операцій множення залежної змінної на незмінний коефіцієнт і інвертування використовується масштабний ОБ, який складається з операційного підсилювача (ОП) і елементів багатополюсника (резисторів R_0 , R_1). На мал.1 зображена схема такого масштабного ОБ.



Мал.1 Масштабний ОБ.

Для цієї схеми ідеальне значення вихідної напруги k_1^*

$$U_{\text{ВЫХ}}^*(t) = -k_1^* U_1(t), \quad (1)$$

де k_1^* - ідеальне значення коефіцієнту передачі ОП

$$k_1^* = R_0/R_1, \quad (2)$$

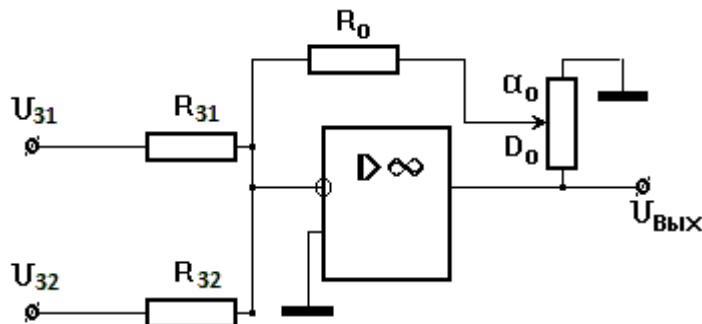
Систематична похибка визначається за формулою :

$$\Delta U_{\text{ВЫХ}}(t) = U_{\text{ВЫХ}}(t) - U_{\text{ВЫХ}}^*(t), \quad (3)$$

де $U_{\text{ВЫХ}}(t)$ - реальне значення вихідної напруги, а $U_{\text{ВЫХ}}^*(t)$ – розраховане.

2. ОПЕРАЦІЙНИЙ БЛОК ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ ДОДАВАННЯ.

Для моделювання математичної операції додавання залежних змінних (з помноженням кожної на свій незмінний коефіцієнт) використовується ОБ суми (мал.2).



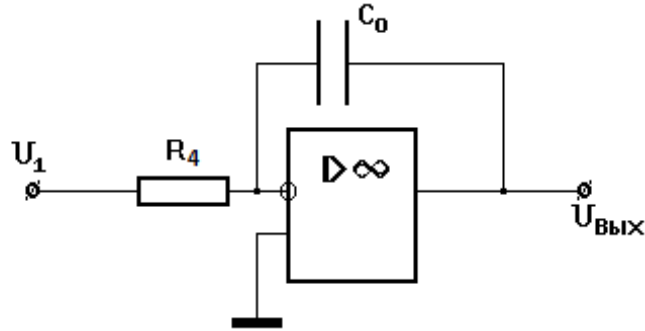
Мал. 2. ОБ в режимі додавання.

Ідеальне значення вихідної напруги такого ОП буде:

$$U^*_{\text{вих}}(t) = - \sum_{s=1}^N k_s * U_s(t) \quad (4)$$

3. ОПЕРАЦІЙНИЙ БЛОК ІНТЕГРУВАННЯ.

Для моделювання математичної операції інтегрування за незалежною змінною використовується ОБ інтегрування (мал. 3).



Мал. 3 ОБ інтегрування.

Ідеальне значення вихідної напруги такої схеми

$$U^*_{\text{вих}}(\tau) = U_{\text{вих}}(0) + \int_0^{\tau} -k^*_I * U_1(\tau) * d\tau \quad (5)$$

де k^*_I - ідеальне значення коефіцієнта передачі ОП.

$$k^*_I = 1/(R_1 * C_0) \quad (6)$$

$U_{\text{вих}}(0)$ - початкове значення вихідної напруги (початкові умови): τ - незалежна фізична змінна (машинний час).