

Таврійський державний агротехнологічний університет
Енергетичний факультет

Кафедра Електротехніки та електромеханіки
імені професора В.В. Овчарова

ЕЛЕКТРОНІКА ТА МІКРОСХЕМОТЕХНІКА

РОБОЧИЙ ЗОШИТ

для виконання лабораторних робіт

для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

УДК 621.316

Розробник:

к.т.н., доцент кафедри «Електротехніка і електромеханіка імені професора В.В. Овчарова» **С.Ф. Курашкін**

Робочий зошит розглянутий та рекомендований до друку на засіданні кафедри «Електротехніка і електромеханіка імені професора В.В. Овчарова», ТДАТУ протокол № 10 від «19» квітня 2019 р.

Робочий зошит затверджений на засіданні методичної комісії Енергетичного факультету ТДАТУ протокол № 8 від «24» квітня 2019 р.

Рецензент:

к.т.н., ст. викладач кафедри «Електроенергетика і автоматизація» ТДАТУ,
О.І. Лобода

Електроніка та мікросхемотехніка. Робочий зошит для виконання лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ Курашкін С.Ф. – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – 64 с.

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота 1. Напівпровідникові діоди (випрямні діоди)	5
Лабораторна робота 2. Випрямлячі однофазного струму	9
Лабораторна робота 3. Напівпровідникові діоди (стабілітрони)	13
Лабораторна робота 4. Напівпровідникові світлодіоди	17
Лабораторна робота 5-6. Перемикаючі прилади (тиристори)	19
Лабораторна робота 7-8. Біполярні транзистори	24
Лабораторна робота 9-10. Польові транзистори	29
Лабораторна робота 11. Підсилювачі на біполярних транзисторах	37
Лабораторна робота 12. Підсилювачі на польових транзисторах	41
Лабораторна робота 13. Операційні підсилювачі	45
Лабораторна робота 14-15. Генератори синусоїдальних коливань	49
Лабораторна робота 16. Логічні елементи, тригери	53
Лабораторна робота 17-18. Імпульсні пристрої	57
Критерії оцінювання знань	63
Список літератури	64

ВСТУП

Лабораторні роботи є одним з основних видів навчальних занять студентів при вивченні курсу «Електроніка та мікросхемотехніка», які проводяться в спеціалізованій лабораторії кафедри «Електротехніка і електромеханіка» (ауд. 1.120).

Метою проведення лабораторних робіт є:

- практичне ознайомлення з будовою, принципом дії і характеристиками напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем;
- практичне ознайомлення з принципом дії електронних приладів на базі напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем;
- здійснення експериментальних вимірювань та оцінка їх результатів;
- розрахунок основних вузлів електронних приладів.

Найважливішою умовою ефективності навчання при проведенні лабораторних робіт з навчальної дисципліни є обов'язкова самостійна пізнавальна робота студента і чітке розуміння цілей, змісту та методики виконання.

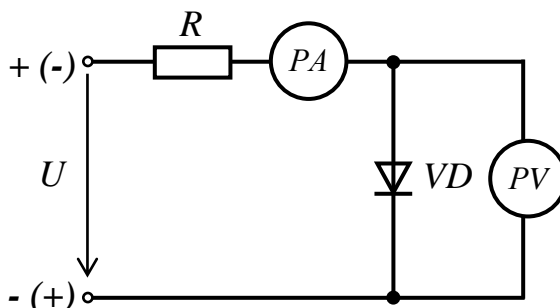
Для плідної самостійної пізнавальної роботи студентам пропонується робочі зошити для виконання лабораторних робіт. Робочий зошит містить структурні блоки:

- виконання завдань самостійної домашньої підготовки;
- виконання завдань експериментального характеру під час аудиторних занять;
- виконання завдань практичного характеру для самостійної підготовки до захисту лабораторної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ВИПРЯМНІ ДІОДИ

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії, вольт-амперних характеристик (ВАХ) випрямних діодів.

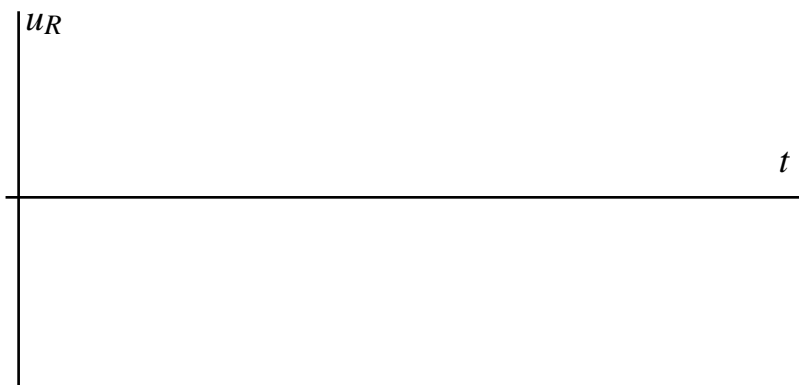
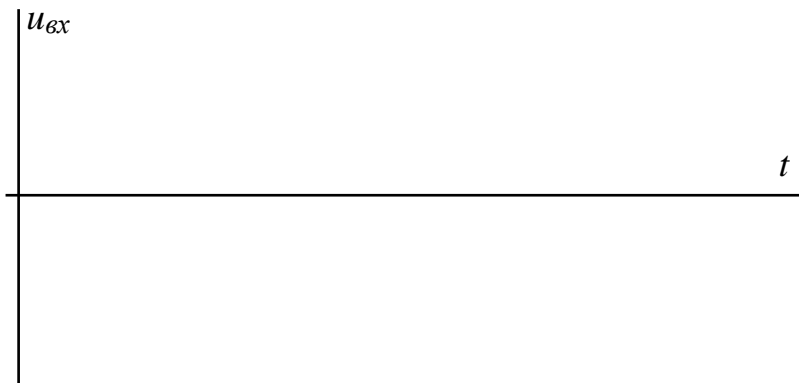


Принципова електрична схема для дослідження ВАХ випрямного діода

Дані варіантів для виконання роботи (відмітити свій варіант)

№ вар.	Для діода 1N4001 $U_{np} = 1,35 \text{ В}$		№ вар.	Для діода 1N4001 $U_{np} = 1,35 \text{ В}$	
	$U_{ex.m}, \text{ В}$	$R, \text{ Ом}$		$U_{ex.m}, \text{ В}$	$R, \text{ Ом}$
1	10	10	16	29	16
2	12	20	17	27	14
3	14	30	18	25	12
4	16	40	19	23	10
5	18	50	20	21	11
6	20	45	21	19	13
7	22	35	22	17	15
8	24	25	23	15	17
9	26	11	24	13	19
10	28	13	25	11	10
11	30	15	26	9	11
12	32	17	27	7	12
13	34	19	28	5	13
14	33	20	29	8	14
15	31	18	30	6	15

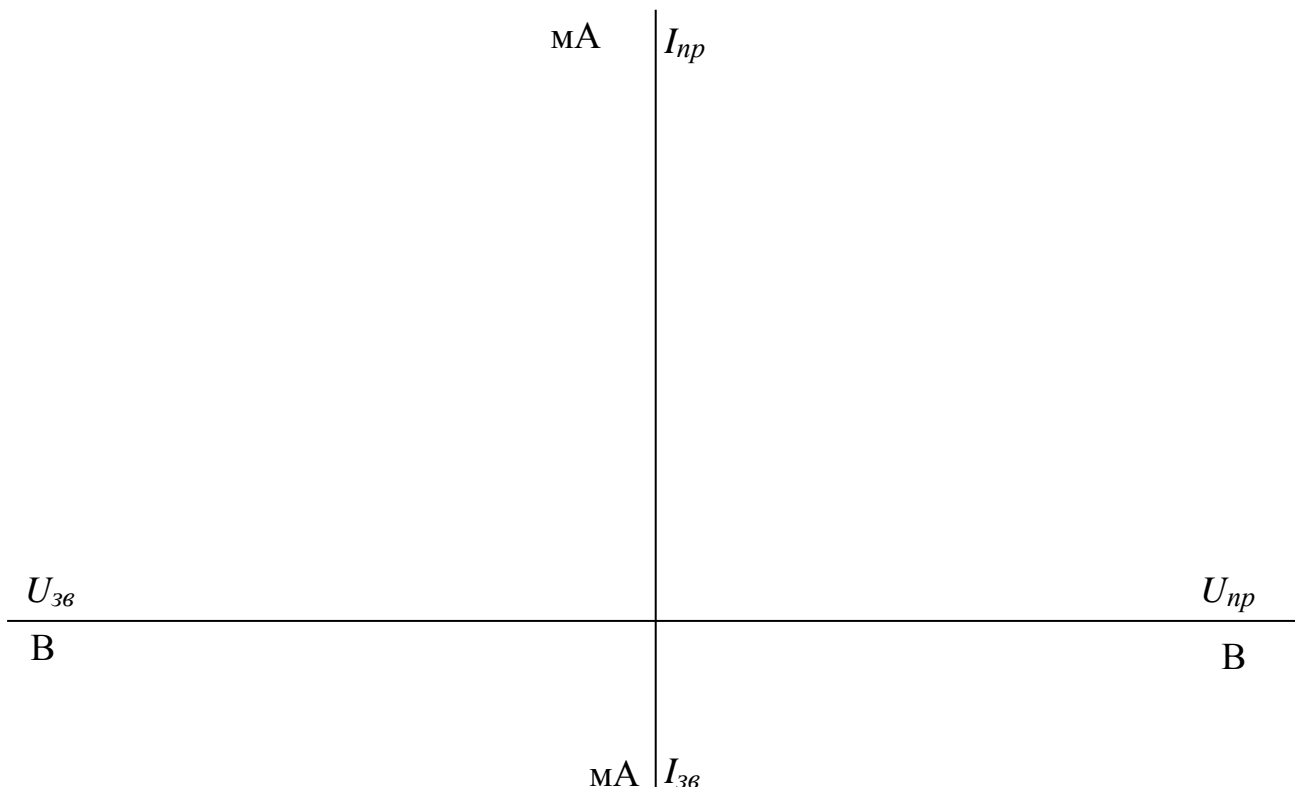
Графіки зміни в часі (часові діаграми) напруг на випрямному діоді u_{VD} і резисторі u_R при синусоїдальній вхідній напрузі u_{ex} :



Результати експериментальних досліджень випрямного діода

Пряма частина ВАХ випрямного діода							
$E, В$	0	0,5	1	2	3	4	5
$U_{np}, В$							
$I_{np}, мА$							
Зворотна частина ВАХ випрямного діода							
$E, В$	0	5	10	15	20		
$U_{зб}, В$							
$I_{зб}, мА$							

ВАХ випрямного діода за експериментальними даними (в масштабі):



Висновки по роботі.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

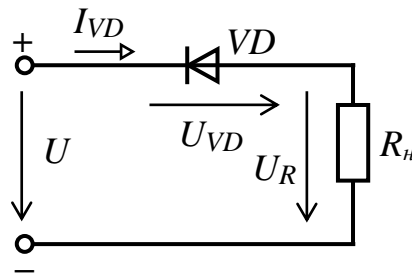
.....

.....

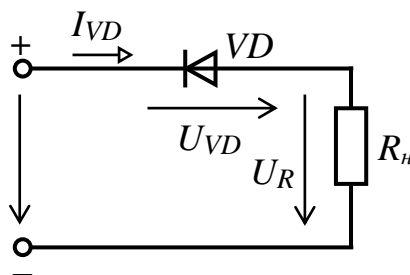
ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Що таке донорні домішки?
2. Що таке акцепторні домішки?
3. Яким чином отримують напівпровідник з електронною електропровідністю?
4. Яким чином отримують напівпровідник з дірчастою електропровідністю?
5. Що називають електронною провідністю?
6. Що називається напівпровідником *n*-типу?

7. Що називається дірчастою провідністю?
8. Що називається напівпровідником p -типу?
9. Що називається p - n переходом?
10. Що називається запираючим шаром?
11. Що розуміють під прямим вмиканням p - n переходу?
12. Що розуміють під зворотним вмиканням p - n переходу?
13. Яка напруга називається прямою?
14. Яка напруга називається зворотною?
15. Який струм називається прямим?
16. Який струм називається зворотнім?
17. Яке призначення напівпровідникового випрямного діода?
18. Вкажіть умовне графічне позначення випрямного діода.
19. Вкажіть ВАХ випрямного діода.
20. Назвіть основні параметри випрямного діода.
21. В якому випадку випрямні діоди вмикаються послідовно.
22. В якому випадку випрямні діоди вмикаються паралельно.
23. Відомо, що $U = 15$ В. Визначити напругу на діоді U_{VD} .



24. Відомо, що $U = 20$ В. Визначити напругу на резисторі U_R .



25. Як необхідно вмикати в електричне коло два однотипних випрямних діоди, які розраховані на максимально допустимий струм 100 мА кожний, якщо в колі протікає струм $I = 150$ мА?
26. Випрямні діоди типу КД103А мають максимальну зворотну напругу $U_{зв} = 50$ В. Як необхідно вмикати такі діоди в електричне коло, до якого підведена напруга $U = 80$ В?

ВИПРЯМЛЯЧІ ОДНОФАЗНОГО СТРУМУ

Мета роботи: вивчення принципу роботи і дослідження схем однофазних випрямлячів. Дослідження впливу ємності конденсатора згладжуючого фільтра на форму і величину випрямленої напруги.

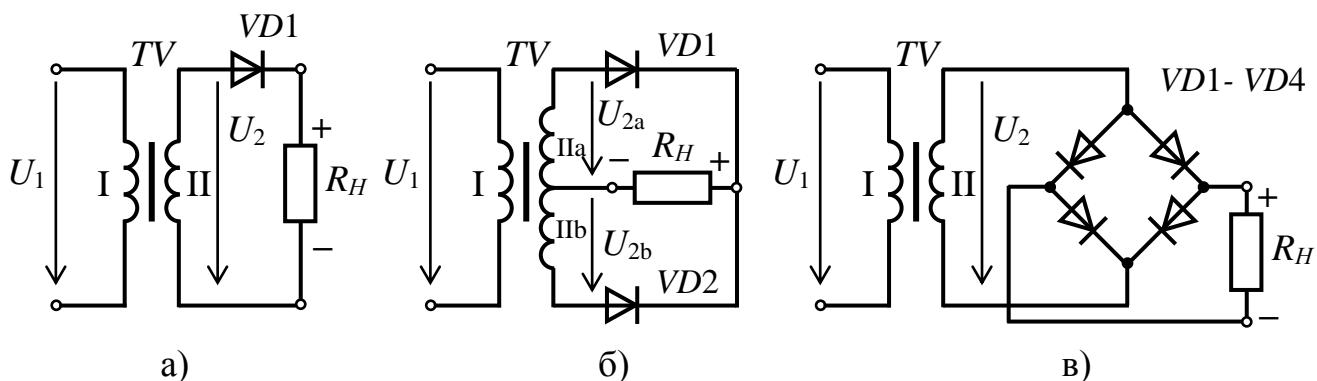


Рисунок 1 – Принципові електричні схеми однофазних випрямлячів: а) однофазного однопівперіодного; б) однофазного двопівперіодного з виводом середньої точки вторинної обмотки трансформатора; в) однофазного двопівперіодного мостового

Таблиця 1

№ вар.	U_2 , В	R_H , Ом	№ вар.	U_2 , В	R_H , Ом	№ вар.	U_2 , В	R_H , Ом
1	10	20	11	60	70	21	10	55
2	15	25	12	55	75	22	14	60
3	20	30	13	50	80	23	18	65
4	25	35	14	45	20	24	22	70
5	30	40	15	40	25	25	26	75
6	35	45	16	35	30	26	30	80
7	40	50	17	30	35	27	34	85
8	45	55	18	25	40	28	38	90
9	50	60	19	20	45	29	42	95
10	55	65	20	15	50	30	44	100

Згідно варіанта № ____ ($U_2 =$ В; $R_H =$ Ом) розраховано:

для однопівперіодного випрямляча

- середнє значення випрямленої напруги $U_d = 0,45 \cdot U_2 =$ В;

- середнє значення випрямленого струму $I_d = U_d / R_H =$ А;

- коефіцієнт пульсацій $q = 1,57$;

- зворотна напруга діодів $U_{ЗВ} = \sqrt{2} \cdot U_2 =$ В;

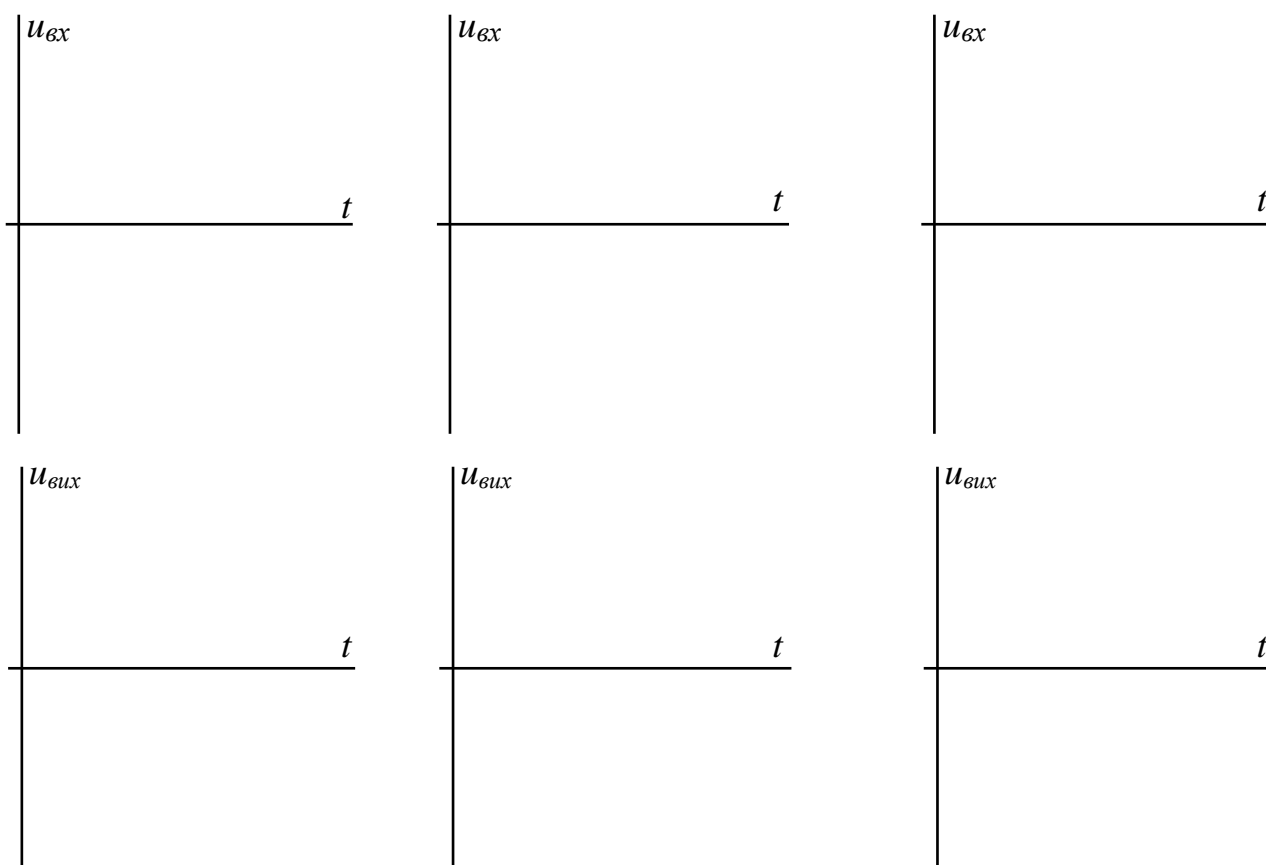
для двохпівперіодного випрямляча з середньою точкою

- середнє значення випрямленої напруги $U_d = 0,9 \cdot U_2 =$ В;
- середнє значення випрямленого струму $I_d = U_d / (2R_H) =$ А;
- коефіцієнт пульсацій $q = 0,67;$
- зворотна напруга діодів $U_{3B} = 2\sqrt{2} \cdot U_2 =$ В;

для двохпівперіодного мостового випрямляча

- середнє значення випрямленої напруги $U_d = 0,9 \cdot U_2 =$ В;
- середнє значення випрямленого струму $I_d = U_d / R_H =$ А;
- коефіцієнт пульсацій $q = 0,67;$
- зворотна напруга діодів $U_{3B} = \sqrt{2} \cdot U_2 =$ В;

Осцилограми вхідної і вихідної напруги:



однопівперіодного
випрямляча

двохпівперіодного
випрямляча
з середньою точкою

двохпівперіодного
мостового
випрямляча

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень ємнісного згладжуючого фільтра

$C, \text{мкФ}$	0	10	50	100	200	500	1000
$U_d, \text{В}$							
$I_d, \text{А}$							

За даними таблиці 2 побудовано графік залежності вихідної напруги мостового випрямляча від величини ємності конденсатора згладжуючого фільтра: $U_d = f(C)$:



Висновки по роботі.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Що називають випрямлячем?
2. Для чого застосовують некеровані випрямлячі?
3. Для чого застосовують керовані випрямлячі?
4. Приведіть схему однофазного однонапівперіодного випрямляча.
5. Як визначається середнє значення випрямленої напруги для однофазного однонапівперіодного випрямляча?
6. Як визначається середнє значення випрямленого струму для однофазного однонапівперіодного випрямляча?
7. Чому дорівнює коефіцієнт пульсації для однофазного однонапівперіодного випрямляча?
8. Приведіть схему однофазного двонапівперіодного випрямляча з нульовим виводом.
9. Як визначається середнє значення випрямленої напруги для однофазного двонапівперіодного випрямляча з нульовим виводом?
10. Як визначається середнє значення випрямленого струму для однофазного двонапівперіодного випрямляча з нульовим виводом?
11. Чому дорівнює коефіцієнт пульсації для однофазного двонапівперіодного випрямляча з нульовим виводом?
12. Приведіть схему однофазного мостового випрямляча.
13. Що називають згладжуючим фільтром?
14. Приведіть схему ємнісного згладжуючого фільтра.
15. Приведіть схему Γ -подібного згладжуючого LC -фільтра.
16. Приведіть схему Π -подібного згладжуючого LC -фільтра.
17. Визначить амплітуду основної змінної складової напруги випрямляча, якщо напруга на навантаженні $U_H = 36$ В, коефіцієнт пульсацій випрямляча $q = 0,67$.
18. Визначить струм діода однофазного двохнапівперіодного випрямляча з виводом середньої точки вторинної обмотки трансформатора, якщо напруга і потужність навантаження $U_H = 100$ В; $P_H = 1000$ Вт.
19. Визначить напругу на вході однофазного мостового випрямляча, який працює на навантаження з параметрами $P_H = 40$ Вт; $I_H = 2$ А.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

СТАБІЛІТРОНИ

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії, вольт-амперних характеристик (ВАХ) випрямних стабілітронів. Дослідження найпростіших електричних кіл з стабілітронами.

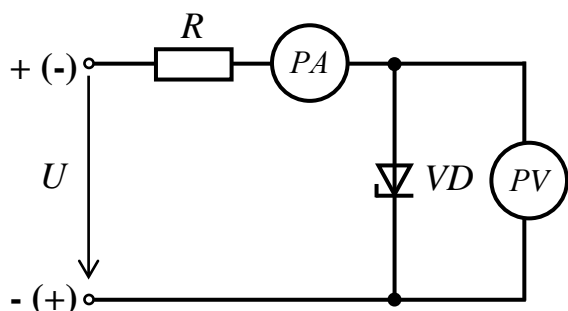


Рисунок 1 – Принципова електрична схема для дослідження ВАХ стабілітрона

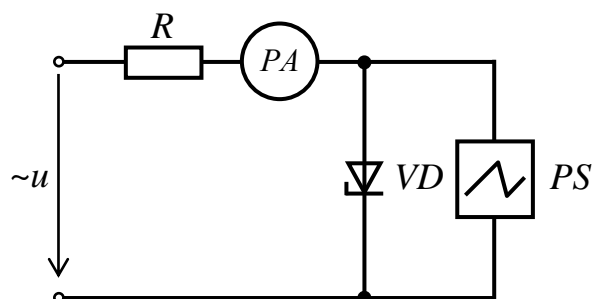


Рисунок 2 – Принципова електрична схема для дослідження електричного кола з стабілітроном

Графіки зміни в часі (часові діаграми) напруг на резисторі u_R і стабілітроні u_{VD} при синусоїдальній входній напрузі $u_{вх}$ побудовані на рис. 3.

Дані варіанта № ____ $U_{ст} = 5,1 \text{ В}$; $U_{вх.м} =$ В

Таблиця 1

№ вар.	Для стабілітрона 1N4733 $U_{ст} = 5,1 \text{ В}$		№ вар.	Для стабілітрона 1N4733 $U_{ст} = 5,1 \text{ В}$	
	$U_{вх.м}, \text{ В}$	R, кОм		$U_{вх.м}, \text{ В}$	R, кОм
1	6	0,2	16	21	3,2
2	7	0,4	17	22	3,4
3	8	0,6	18	23	3,6
4	9	0,8	19	24	3,8
5	10	1,0	20	25	4,0
6	11	1,2	21	6	0,3
7	12	1,4	22	7	0,5
8	13	1,6	23	8	0,7
9	14	1,8	24	9	0,9
10	15	2,0	25	10	1,1
11	16	2,2	26	11	1,3
12	17	2,4	27	12	1,5
13	18	2,6	28	13	1,7
14	19	2,8	29	14	1,9
15	20	3,0	30	15	2,1

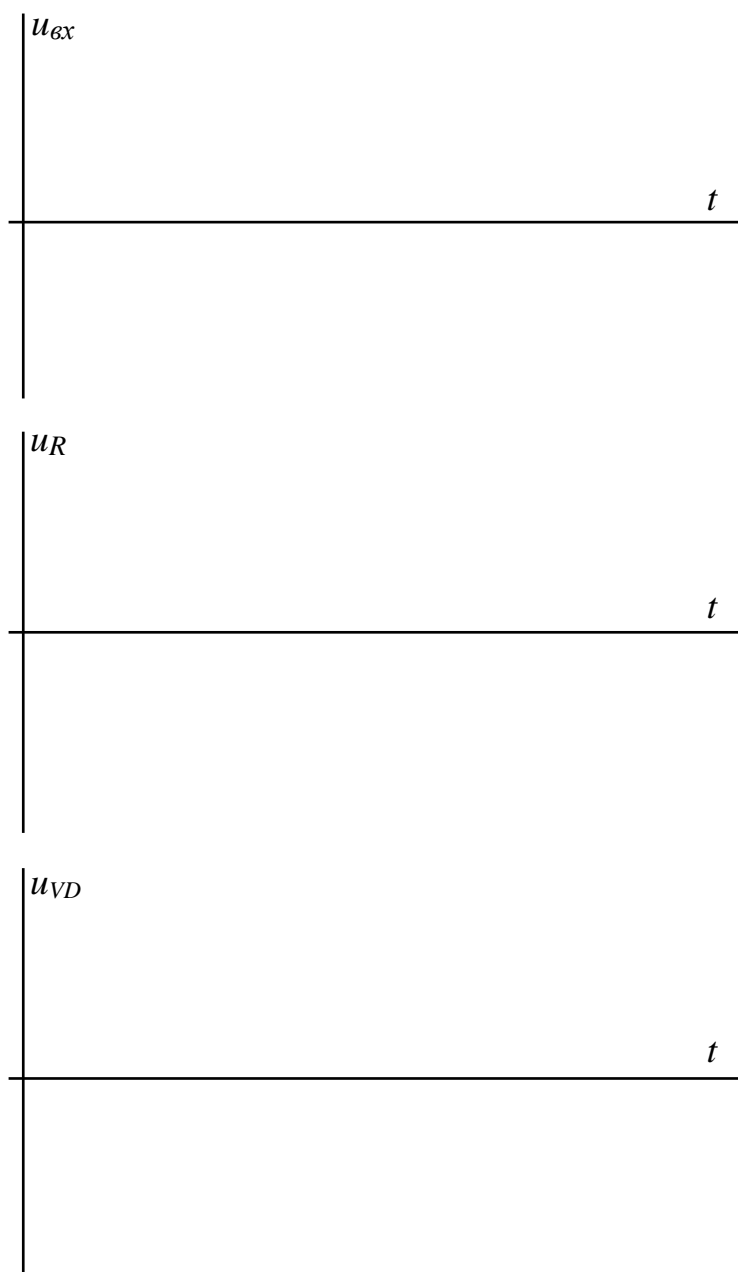
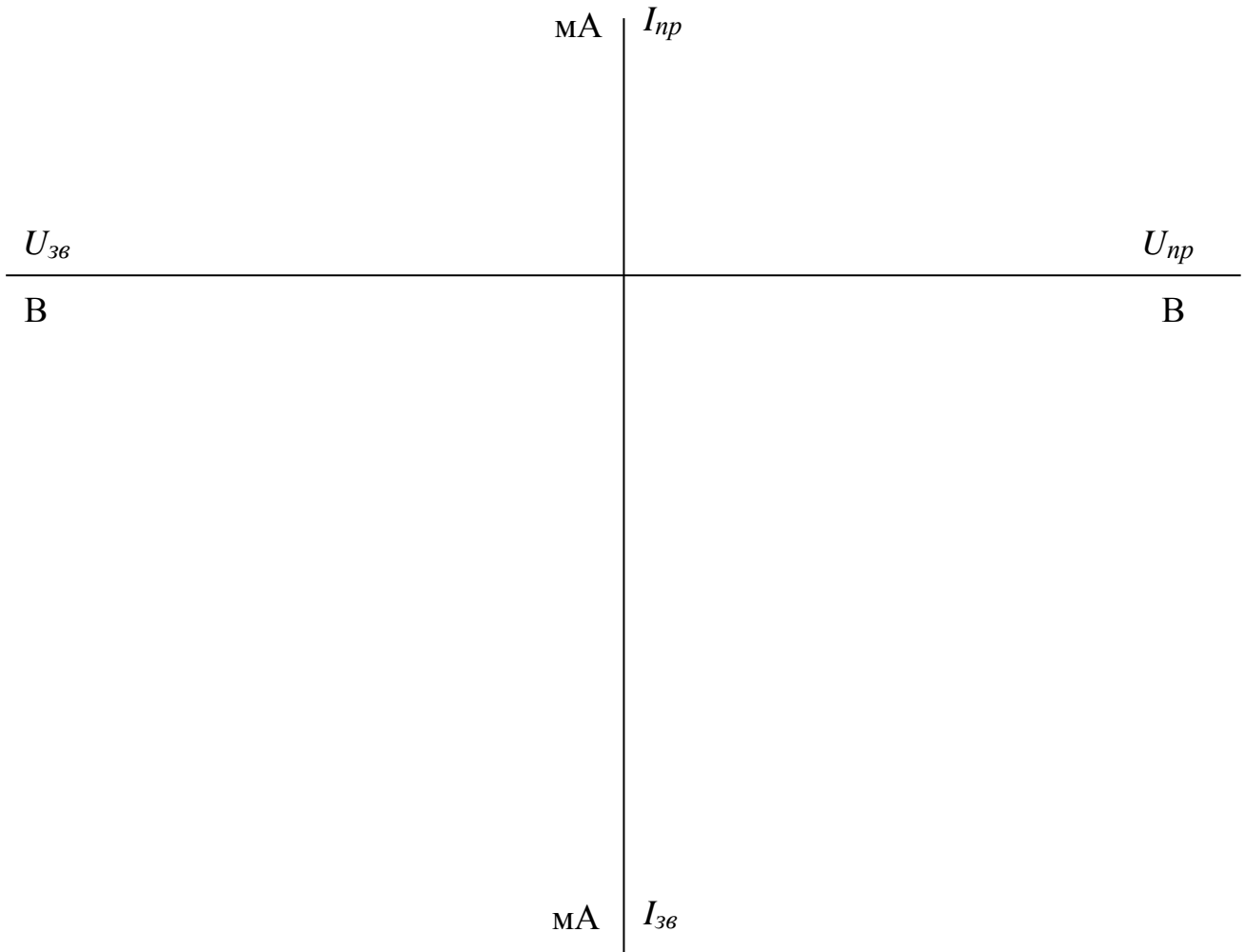


Рисунок 3.

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень стабілітрона

Пряма частина ВАХ стабілітрона							
$E, В$	0	0,5	1	2	3	4	5
$U_{np}, В$							
$I_{np}, мА$							
Зворотна частина ВАХ стабілітрона							
$E, В$	0	4	6	10	15	20	25
$U_{зв}, В$							
$I_{зв}, мА$							

ВАХ стабілітрона (за даними табл. 1):



Висновки по роботі.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

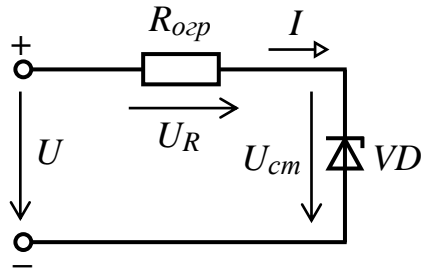
.....

.....

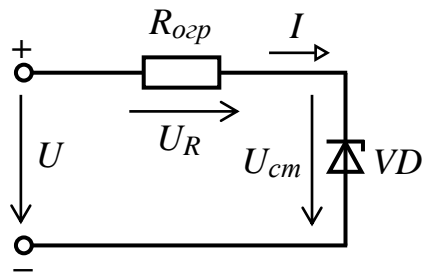
.....

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Яке призначення напівпровідникового стабілітрона?
2. Приведіть умовне графічне позначення стабілітрона.
3. Приведіть ВАХ стабілітрона.
4. Назвіть основні параметри стабілітрона.
5. В якому випадку стабілітрони вмикаються послідовно.
6. Відомо, що $U = 15$ В; $U_{CT} = 3$ В. Визначити напругу на резисторі U_R . Поясніть призначення резистора $R_{огр}$.



7. Відомо, що $U = 20$ В; $U_{CT} = 3$ В. Визначити напругу на стабілітроні U_{VD} .



8. Яку напругу можна стабілізувати на навантаженні при послідовному вмиканні двох стабілітронів типу Д814Г, кожний з яких має напругу стабілізації $U_{CT} = 10 \dots 12$ В?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

НАПІВПРОВІДНИКОВІ ОПТОЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ (СВІТЛОДІОДИ)

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії, ВАХ і характеристики яскравості світлодіодів.

1. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ

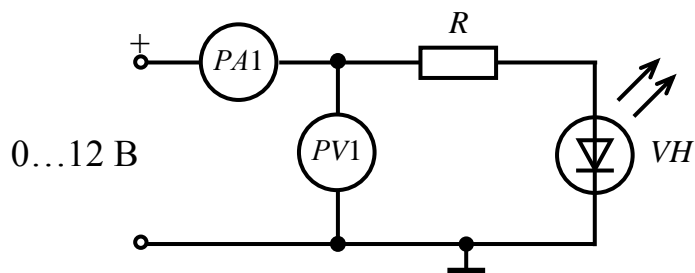


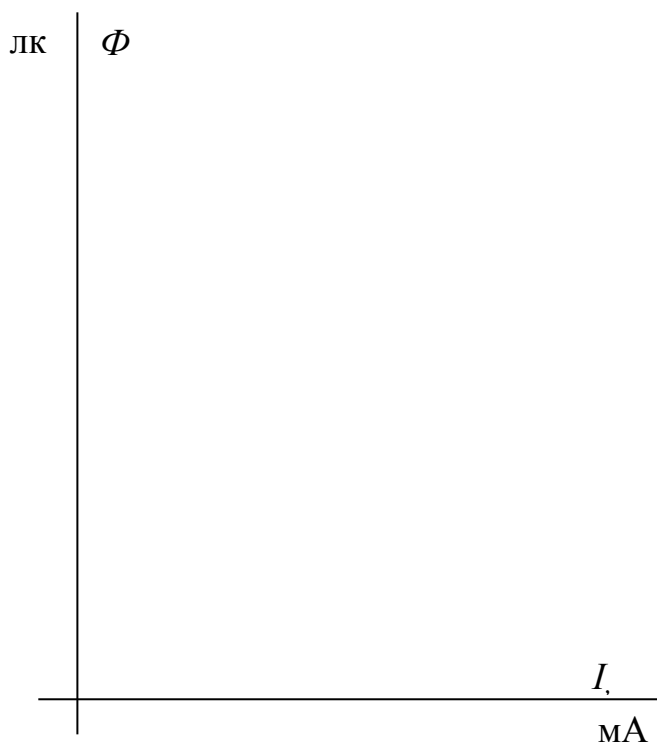
Рисунок 1 – Принципова електрична схема для дослідження ВАХ і люкс-амперної характеристики світлодіода

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень світлодіода

$U, \text{В}$	0	2	4	6	8	10	12
$I_{np}, \text{мА}$							
$\Phi, \text{лк}$							



ВАХ світлодіода $I = f(U)$.



Характеристику яскравості $\Phi = f(I)$ світлодіода.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5-6

ПЕРЕМИКАЮЧІ ПРИЛАДИ

МЕТА РОБОТИ: вивчення будови, принципу дії, ВАХ тиристорів. Дослідження електричних кіл з тиристорами.

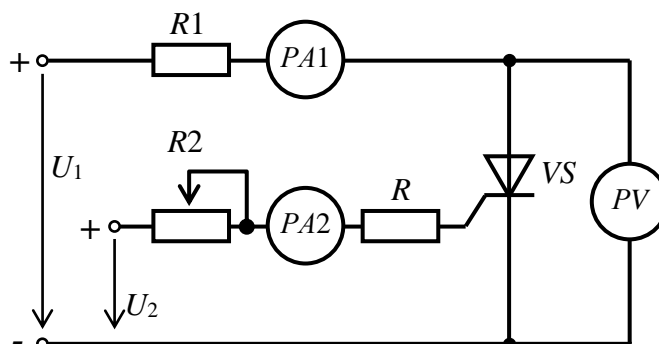


Рисунок 1 – Принципова електрична схема для дослідження ВАХ триністора

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень тріодного тиристора

$I_{кер.1} = 0,93 \text{ мА}, U_{вмик.1} = \text{ В}$						
$E1, \text{ В}$						
$U_{нр}, \text{ В}$						
$I_{нр}, \text{ мА}$						
$I_{кер.2} = 0,95 \text{ мА}, U_{вмик.2} = \text{ В}$						
$E1, \text{ В}$						
$U_{нр}, \text{ В}$						
$I_{нр}, \text{ мА}$						
$I_{кер.3} = 1,0 \text{ мА}, U_{вмик.3} = \text{ В}$						
$E1, \text{ В}$						
$U_{нр}, \text{ В}$						
$I_{нр}, \text{ мА}$						

За даними табл. 1 побудовано ВАХ триністора $I_{нр} = f(U_{нр})$ при значеннях струму у керуючому електроді: $I_{кер.1}$; $I_{кер.2}$; $I_{кер.3}$.

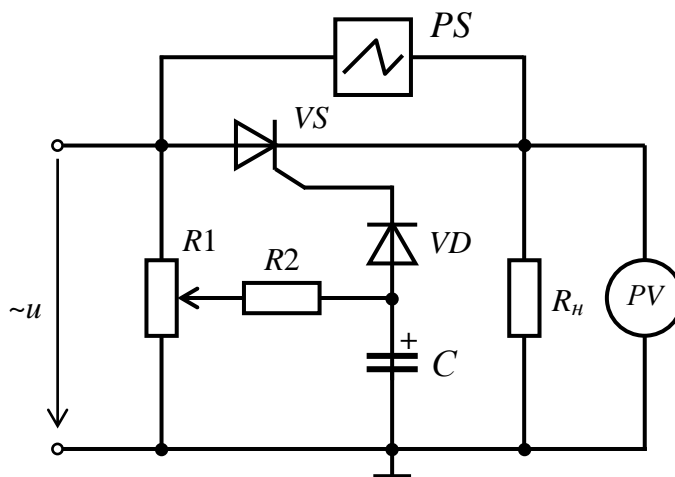
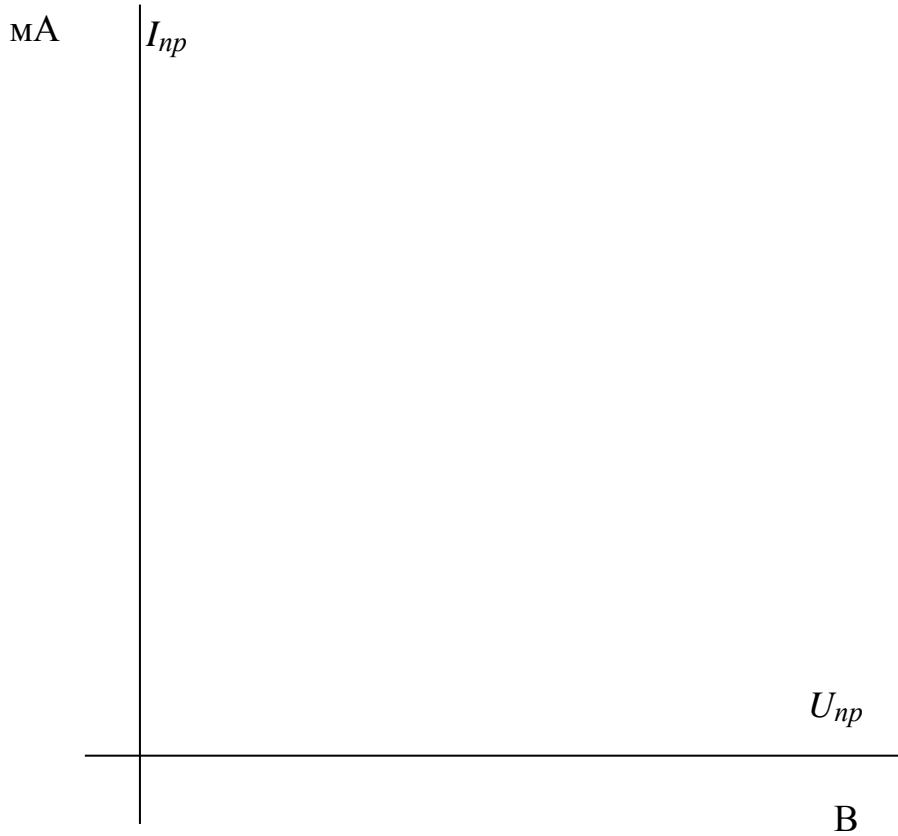


Рисунок 2 – Принципова електрична схема для дослідження однофазного однопівперіодного керованого випрямляча



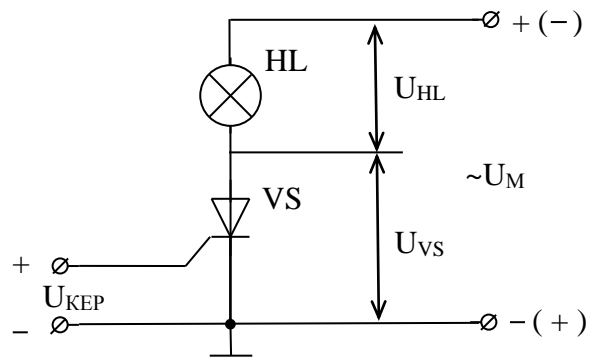
ВАХ триністора $I = f(U)$.

Таблиця 1

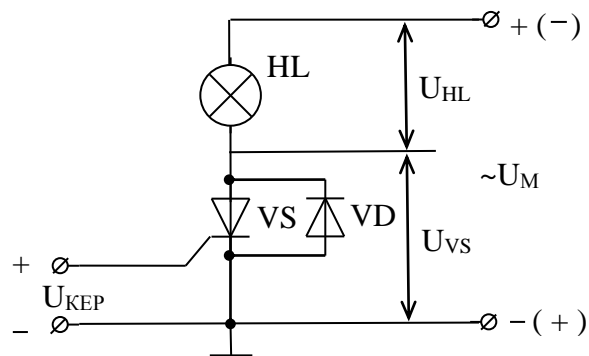
№ вар.	$U_{мер},$ В	$\alpha,$ град.	$R2,$ Ом	$C,$ мкФ	$R_n,$ Ом	№ вар.	$U_{мер},$ В	$\alpha,$ град.	$R2,$ Ом	$C,$ мкФ	$R_n,$ Ом
1	20	10	50	6,0	20	16	110	140	350	5,0	55
2	40	30	70	5,5	30	17	130	160	370	6,0	65
3	60	50	90	5,0	40	18	150	15	390	4,5	75
4	80	70	110	4,5	50	19	170	35	410	3,0	85
5	100	90	130	4,0	60	20	190	55	430	1,5	95
6	120	110	150	3,5	70	21	210	75	450	1,0	105
7	140	130	170	3,0	80	22	230	95	470	2,2	115
8	160	150	190	2,5	90	23	25	115	490	3,2	125
9	180	170	210	2,0	100	24	45	135	510	4,2	110
10	200	20	230	1,5	110	25	65	155	60	5,2	95
11	220	40	250	1,0	120	26	85	25	80	6,2	80
12	30	60	270	0,5	130	27	105	45	100	5,8	65
13	50	80	290	2,0	25	28	125	65	120	5,4	50
14	70	100	310	3,0	35	29	145	85	140	5,0	35
15	90	120	330	4,0	45	30	165	105	160	4,6	20

Графіки зміни в часі (часові діаграми) струму керування $I_{кер}$, напруги на тиристорі U_{VS} і навантаженні U_R при заданих значеннях напруги мережі $U_{мер}$ і кута керування тиристором α .





21. В яких межах можна регулювати напругу на навантаженні U_{HL} , змінюючи кут керування тиристором α від 0° до 180° , якщо $U_M = 220$ В?



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7-8

БІПОЛЯРНІ ТРАНЗИСТОРИ

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії, ВАХ біполярних транзисторів. Дослідження електричних кіл постійного струму з біполярними транзисторами.

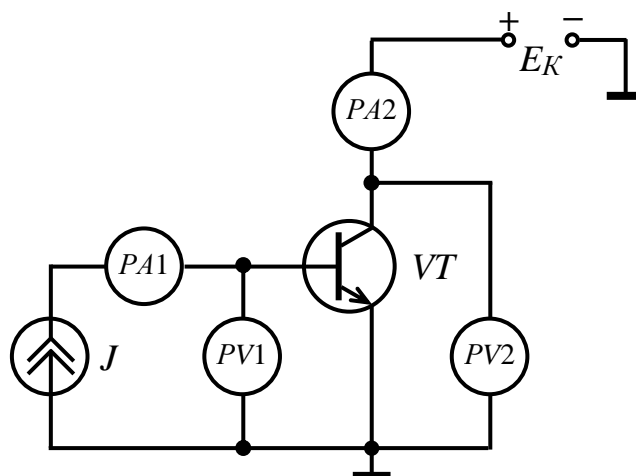
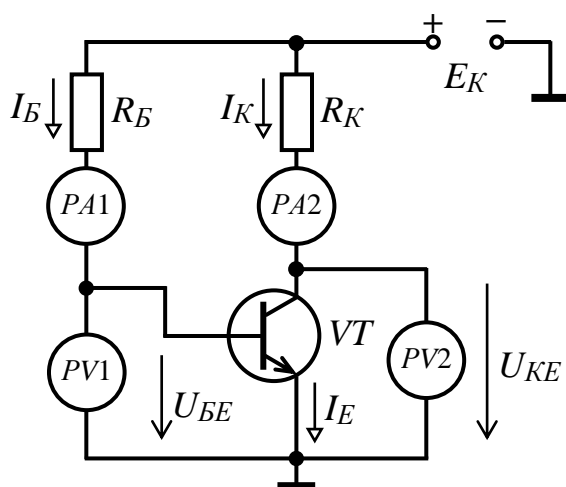


Рисунок 1 – Принципова електрична схема для дослідження ВАХ біполярного транзистора



Призначення елементів:

E_K –

VT –

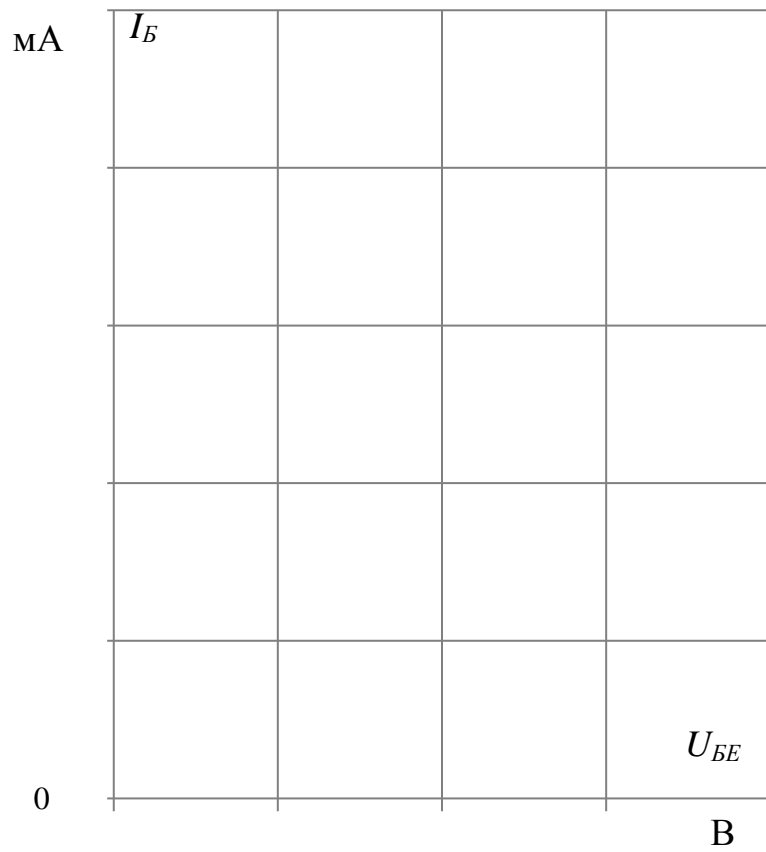
R_B –

R_K –

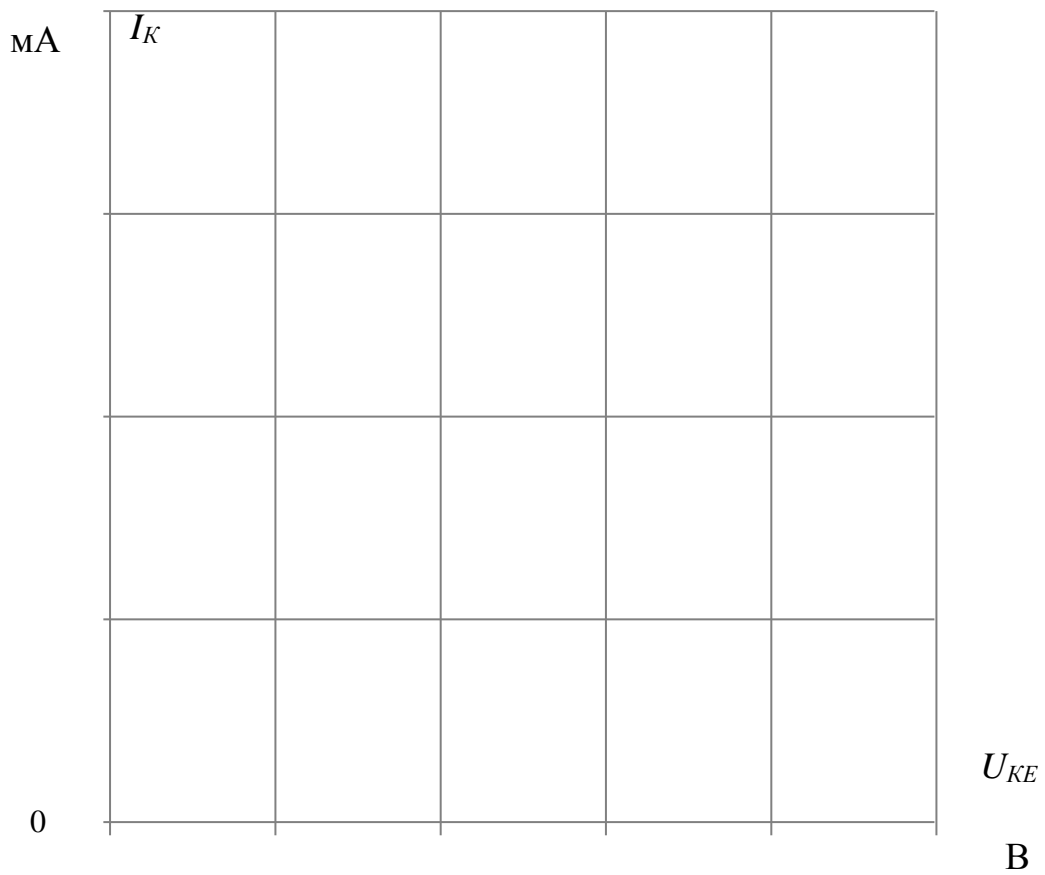
Рисунок 2 – Принципова електрична схема для дослідження підсилювального каскаду на біполярному транзисторі

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень біполярного транзистора

Вхідні ВАХ			Вихідні ВАХ			
I_B , мкА	U_{BE} , В		E_K , В	I_K , мА		
	$U_{KE}=0$	$U_{KE}=10$ В		$I_B=10$ мкА	$I_B=50$ мкА	$I_B=100$ мкА
10			0,1			
30			0,2			
50			1,0			
70			10			
90			–	–	–	–
100			–	–	–	–



Вхідна ВАХ біполярного транзистора: $I_B = f(U_{BE})$.



Вихідні ВАХ біполярного транзистора: $I_K = f(U_{KE})$.

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Що називають біполярним транзистором (БТ)?
2. Яке призначення має біполярний транзистор?
3. Приведіть умовне графічне позначення БТ $p-n-p$ типу.
4. Приведіть умовне графічне позначення БТ $n-p-n$ типу.
5. Яку область БТ називають емітером?
6. Яку область БТ називають колектором?
7. Яку область БТ називають базою?
8. Приведіть зв'язок між струмами колектора, емітера і бази БТ.
9. Приведіть схему вмикання БТ з спільною базою (СБ).
10. Приведіть схему вмикання БТ з спільним емітером (СЕ).
11. Приведіть схему вмикання БТ з спільним колектором (СК).
12. Як визначається коефіцієнт передачі струму α для схеми з СБ?
13. Чому дорівнює величини α ?
14. Як визначається коефіцієнт підсилення струму β для схеми з СЕ?
15. Чому дорівнює величина β ?
16. Наведіть ВАХ БТ, увімкненого за схемою з СБ.
17. Наведіть ВАХ БТ, увімкненого за схемою з СЕ.
18. Визначить величину струму в колі бази I_B , якщо відомо, що струм колектора транзистора $I_K = 0,1$ мА, а коефіцієнт підсилення транзистора за струмом $\beta = 100$.
19. Визначить величину струму в колі колектора I_K , якщо відомо, що струм бази транзистора $I_B = 0,01$ мА, а коефіцієнт підсилення транзистора за струмом $\beta = 100$.
20. Визначить потужність колекторного переходу P_K , якщо відомо, що струм колектора транзистора $I_K = 0,1$ А, а напруга між колектором і емітером дорівнює $U_{KE} = 12$ В.
21. Як забезпечити активний режим роботи біполярного БТ?
22. Як забезпечити режим роботи відсічки БТ?
23. Як забезпечити режим роботи насичення БТ?
24. Яке призначення підсилювального каскаду?
25. Для чого призначений конденсатор C_P (рис. 1)?

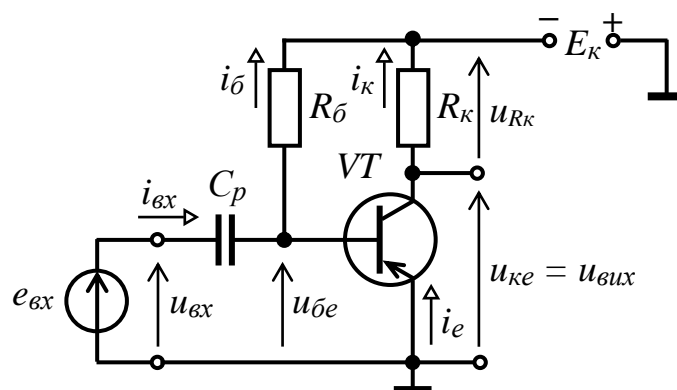


Рисунок 1

26. Для чого призначений резистор R_K (рис. 1)?

27. Для чого призначений резистор R_B (рис. 1)?
28. Для підсилювального каскаду на біполярному транзисторі (рис. 1) визначить напругу колектор-емітер U_{KE} , якщо відомо, що струм колектора транзистора $I_K = 15$ мА, величина опору резистора $R_K = 1$ кОм, величина напруги джерела живлення $E_K = 25$ В.
29. Для підсилювального каскаду на біполярному транзисторі (рис. 1) визначить опір резистора R_B , якщо відомо, що струм $I_B = 10$ мА, величина напруги база-емітер $U_{BE} = 1$ В, величина напруги джерела живлення $E_K = 20$ В.
30. Для підсилювального каскаду на біполярному транзисторі (рис. 1) визначить опір резистора R_K , якщо відомо, що струм $I_K = 12$ мА, величина напруги колектор-емітер $U_{KE} = 11$ В, величина напруги джерела живлення $E_K = 35$ В.
31. Для підсилювального каскаду на біполярному транзисторі (рис. 1) визначить напругу база-емітер U_{BE} , якщо відомо, що струм $I_B = 0,1$ мА, величина опору резистора $R_B = 100$ кОм, величина напруги джерела живлення $E_K = 15$ В.
32. Відомо, що $K_U = 25$, $K_I = 100$. Визначить коефіцієнт підсилення каскаду за потужністю K_P .

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9-10 ПОЛЬОВІ ТРАНЗИСТОРИ

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії, ВАХ польових транзисторів. Дослідження електричних кіл постійного струму з польовими транзисторами.

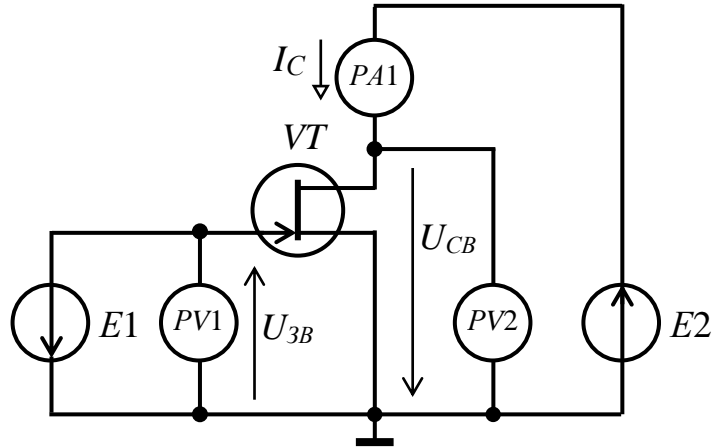


Рисунок 1 – Принципова електрична схема для дослідження ВАХ польового транзистора з керованим $p-n$ переходом

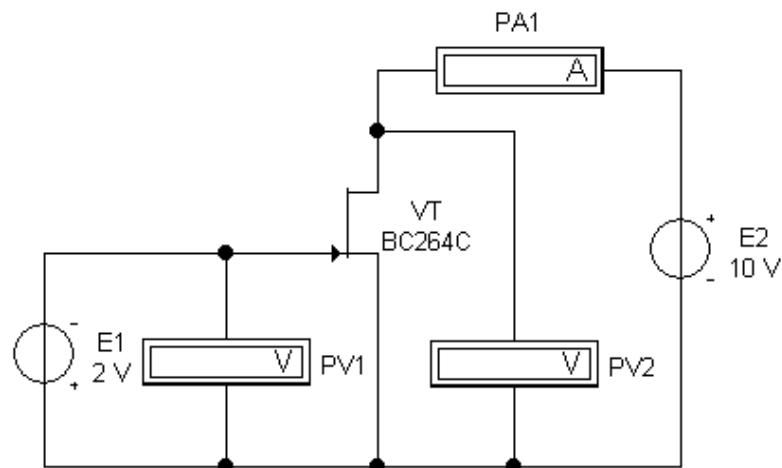


Рисунок 2 – Схема для зняття ВАХ польового транзистора з керованим $p-n$ переходом

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень польового транзистора з керованим $p-n$ - переходом

Стоко-затворні ВАХ			Стокові ВАХ			
$U_{ЗВ}, \text{В}$	$I_C, \text{мА}$		$U_{CB}, \text{В}$	$I_C, \text{мА}$		
	$U_{CB} = 1\text{В}$	$U_{CB} = 10\text{В}$		$U_{ЗВ} = 0$	$U_{ЗВ} = 1\text{В}$	$U_{ЗВ} = 2\text{В}$
0			0,1			
0,5			0,2			
1,0			1,0			
1,5			10			
2,0			–			
2,5			–			

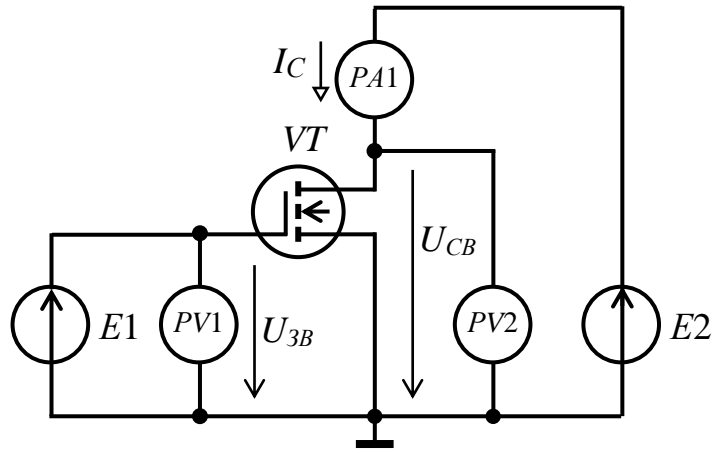


Рисунок 3 – Принципова електрична схема для дослідження ВАХ польового транзистора з ізолюваним затвором індуктованим каналом

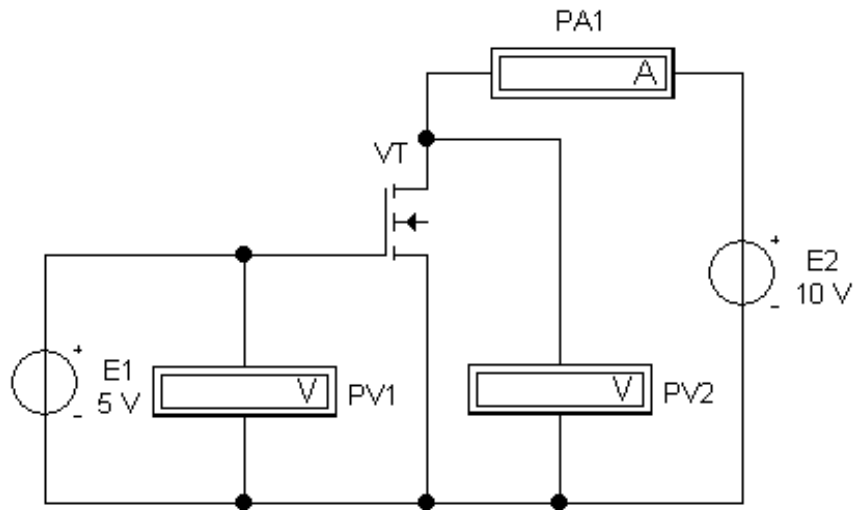
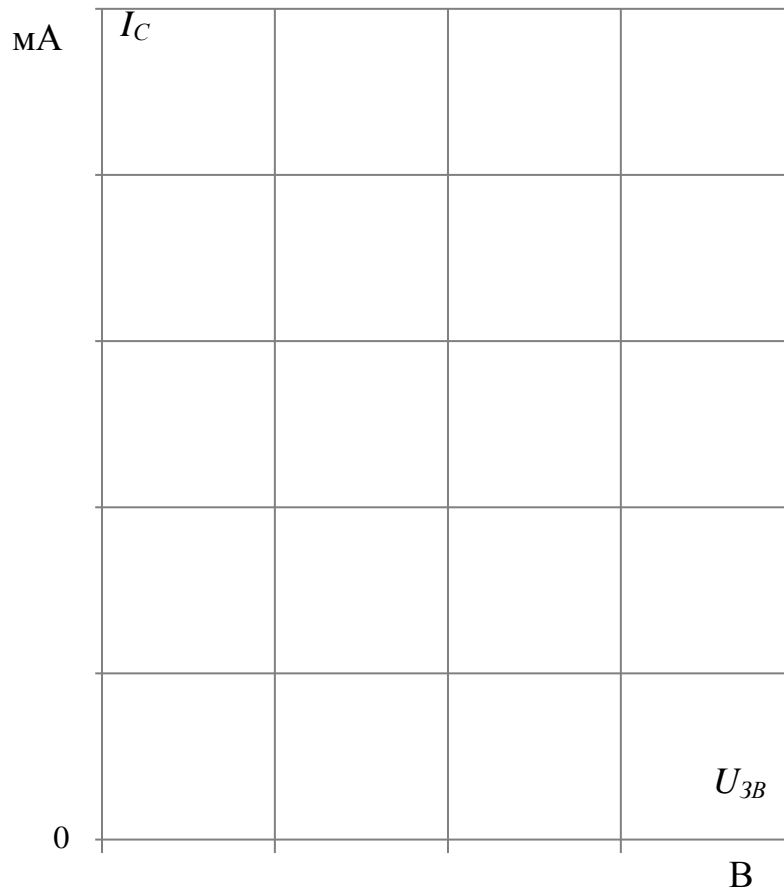


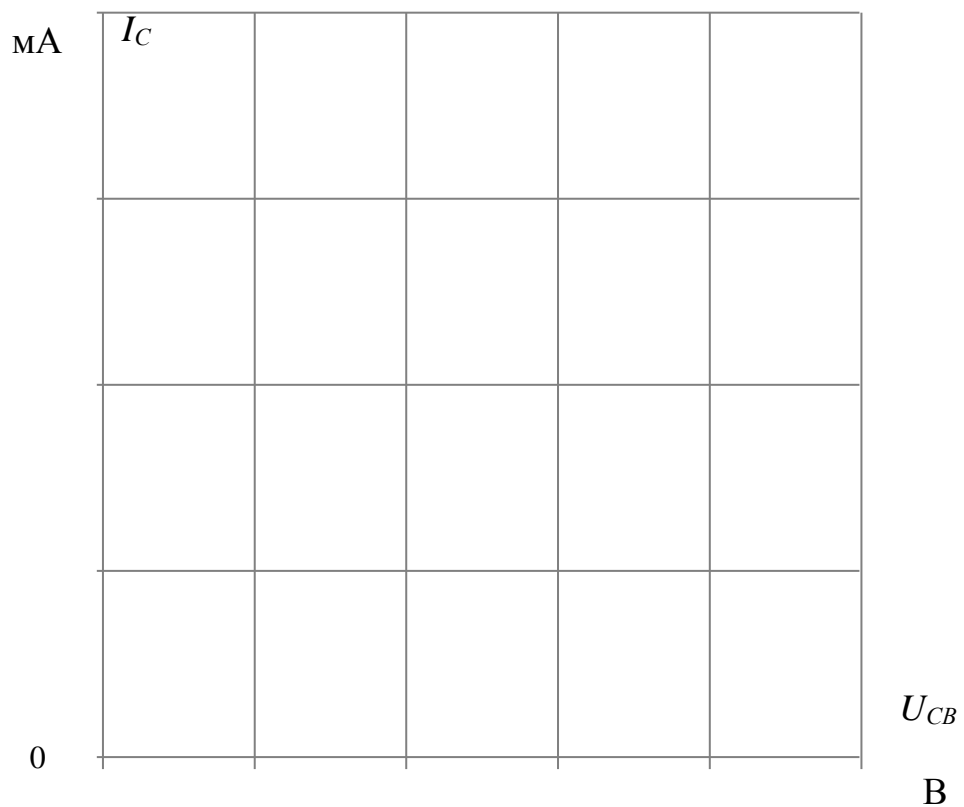
Рисунок 4 – Схема для зняття ВАХ польового транзистора з ізолюваним затвором індуктованим каналом

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень польового транзистора з ізолюваним затвором індуктованим каналом

Стоко-затворні ВАХ			Стокові ВАХ			
$U_{3B}, \text{В}$	$I_C, \text{мА}$		$U_{CB}, \text{В}$	$I_C, \text{мА}$		
	$U_{CB} = 1 \text{ В}$	$U_{CB} = 10 \text{ В}$		$U_{3B} = 0$	$U_{3B} = 1 \text{ В}$	$U_{3B} = 2 \text{ В}$
1,0			0,1			
2,0			0,2			
5,0			1,0			
10			10			
15			–			



Стоко-затворні ВАХ польового транзистора з ізольованим затвором індукованим каналом: $I_C = f(U_{зв})$.



Стокові ВАХ польового транзистора з ізольованим затвором індукованим каналом: $I_C = f(U_{св})$.

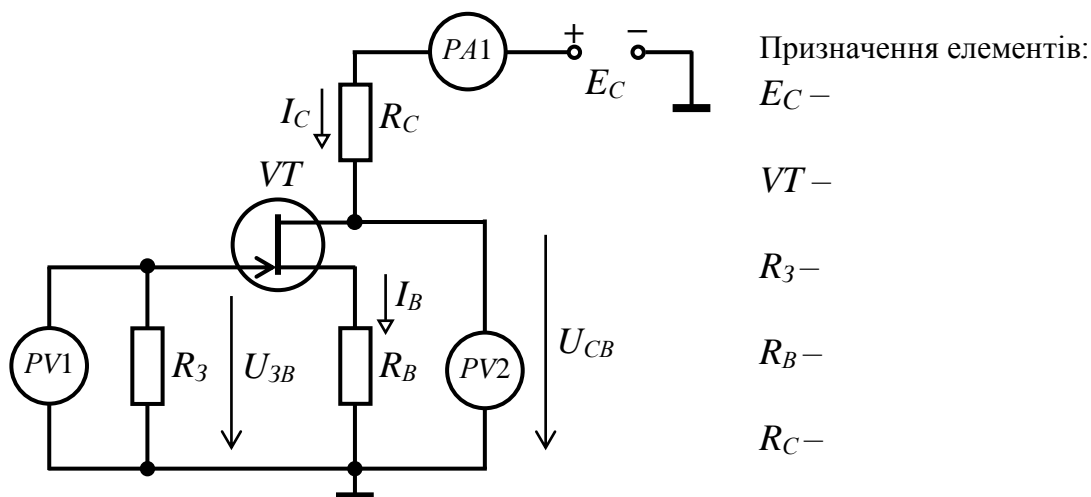


Рисунок 5 – Принципова електрична схема для дослідження підсилювального каскаду каскаду на польовому транзисторі з керованим $p-n$ переходом

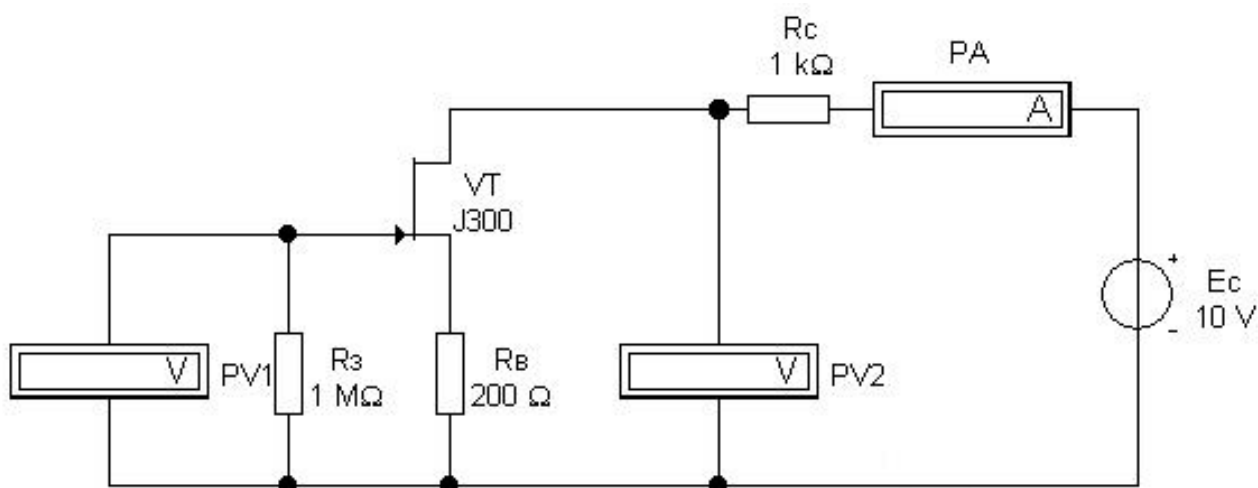


Рисунок 6 – Схема для дослідження підсилювального каскаду на польовому транзисторі з керованим $p-n$ переходом

Дослідження режиму спокою підсилювального каскаду каскаду на польовому транзисторі з керованим $p-n$ переходом.

За допомогою резистора $R_B =$ Ом встановлено напругу $U_{CB} = E_C/2 =$ В.
 Показання вимірювальних приладів при цьому

$PV2 (U_{CB}) -$ В;

$PA1 (I_C) -$ мА;

$PV1 (U_{3B}) -$ В.

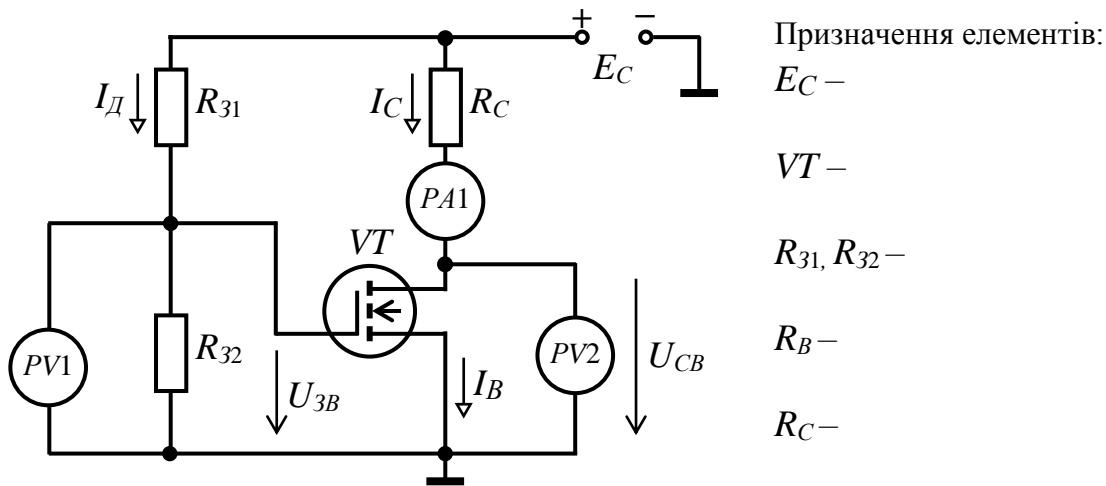


Рисунок 7 – Принципова електрична схема для дослідження підсилювального каскаду каскаду на польовому транзисторі з ізолюваним затвором індукованим каналом

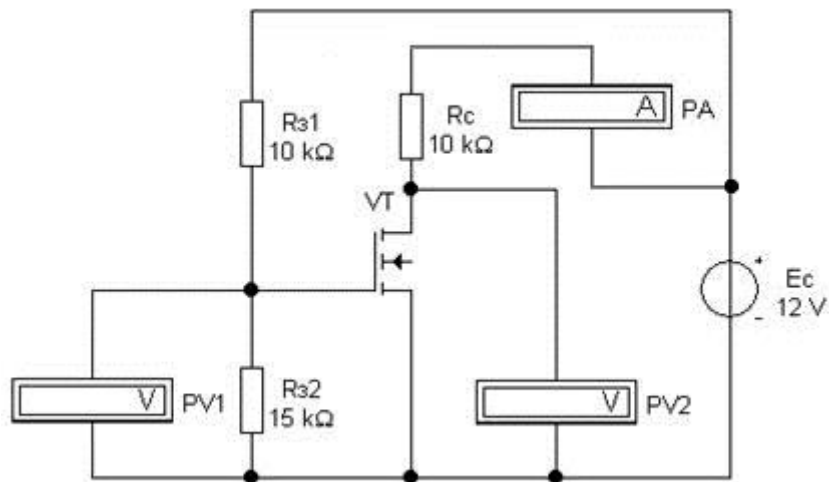


Рисунок 8 – Схема для дослідження підсилювального каскаду на польовому транзисторі з ізолюваним затвором індукованим каналом

Дослідження режиму спокою підсилювального каскаду каскаду на польовому транзисторі з ізолюваним затвором індукованим каналом.

За допомогою резисторів $R_{31} =$ Ом; $R_{32} =$ Ом, встановлено напругу $U_{CB} = E_C/2 =$ В. Показання вимірювальних приладів при цьому

$PV2 (U_{CB}) -$ В;

$PA1 (I_C) -$ мА;

$PV1 (U_{3B}) -$ В.

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Що називають польовим транзистором (ПТ)?
2. Яке призначення має польовий транзистор?
3. Наведіть визначення ПТ з керуючим $p-n$ переходом.
4. Приведіть умовне графічне позначення ПТ з керуючим $p-n$ переходом.
5. Яку область ПТ називають каналом?
6. Який електрод ПТ називають витоком?
7. Який електрод ПТ називають стоком?
8. Який електрод ПТ називають затвором?
9. При якій напрузі через канал ПТ з керуючим $p-n$ переходом тече максимальний струм стоку?
10. При якій напрузі через канал ПТ з керуючим $p-n$ переходом протікає мінімальний струм стоку?
11. Приведіть ВАХ ПТ з керуючим $p-n$ переходом.
12. Як визначається крутизна стік-затворної характеристики ПТ?
13. Наведіть визначення ПТ з ізолюваним затвором.
14. Приведіть ВАХ ПТ з ізолюваним затвором вбудованим каналом.
15. Приведіть ВАХ ПТ з ізолюваним затвором індукованим каналом.
16. Приведіть умовне графічне позначення МДН-транзистора з ізолюваним затвором вбудованим каналом.
17. Приведіть умовне графічне позначення МДН-транзистора з ізолюваним затвором індукованим каналом.
18. Приведіть схему увімкнення ПТ з спільним витоком.
19. Приведіть схему увімкнення ПТ з спільним затвором.
20. Приведіть схему увімкнення ПТ з спільним стоком.
21. Яке призначення підсилювального каскаду?
22. Який режим роботи польового транзистора називають режимом спокою?
23. Для чого призначений конденсатор C_B (рис. 1)?

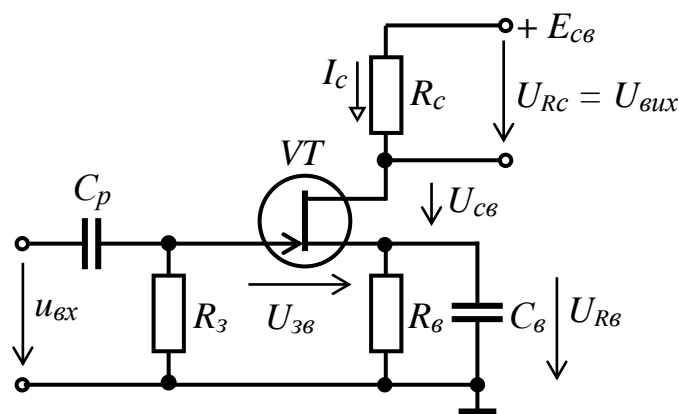


Рисунок 1

24. Для чого призначений резистор R_3 (рис. 1)?
25. Для чого призначений конденсатор C_P (рис. 1)?
26. Для чого призначений резистор R_B (рис. 1)?
27. Для чого призначений резистор R_C (рис. 1)?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11 ПІДСИЛЮВАЧІ НА БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРАХ

Мета роботи: вивчення принципу роботи і методів розрахунку підсилювальних каскадів на біполярних транзисторах. Дослідження підсилювачів на біполярних транзисторах, увімкнених за схемою із спільним емітером.

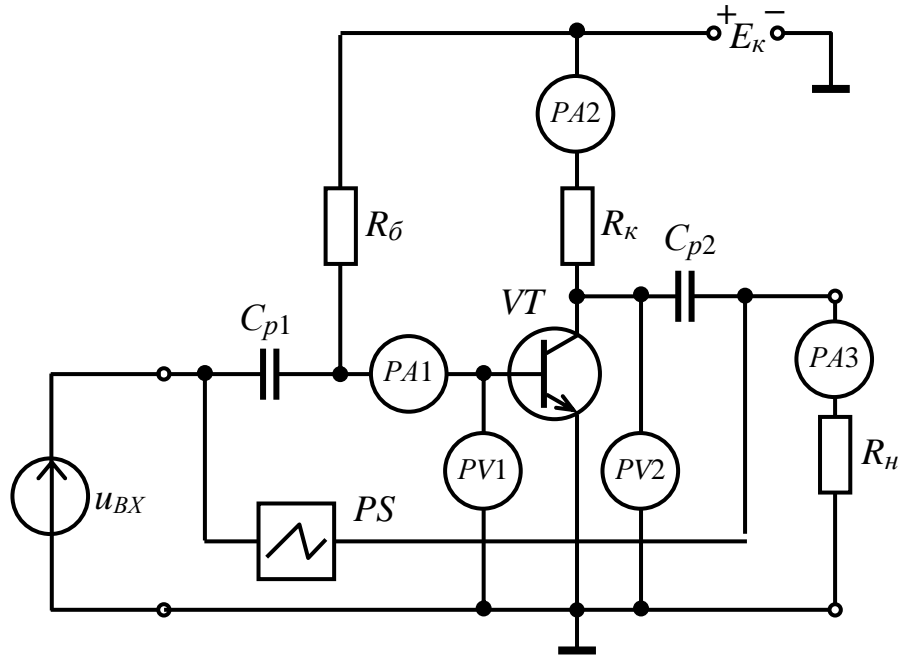


Рисунок 1 – Схема підсилювального каскаду на біполярному транзисторі, увімкненого за схемою із спільним емітером

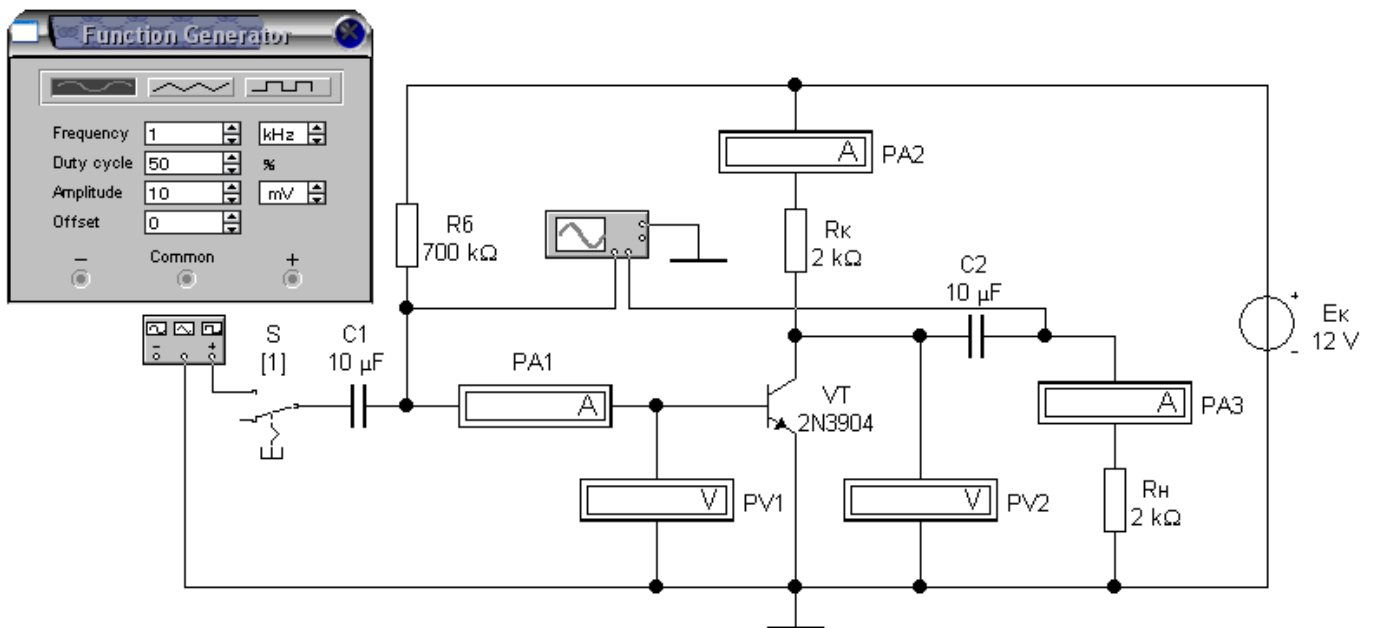
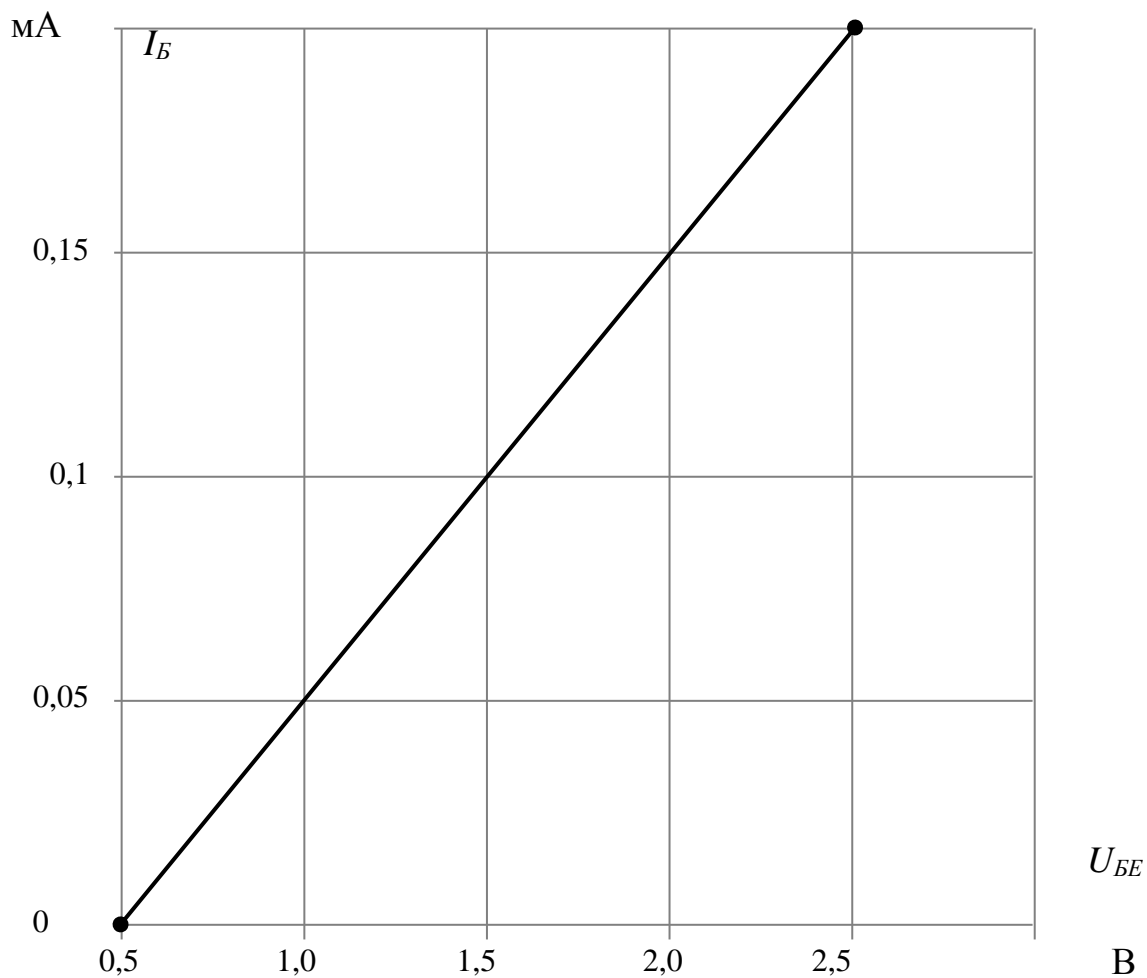


Рисунок 2 – Схема для дослідження підсилювального каскаду на біполярному транзисторі, увімкненого за схемою із спільним емітером

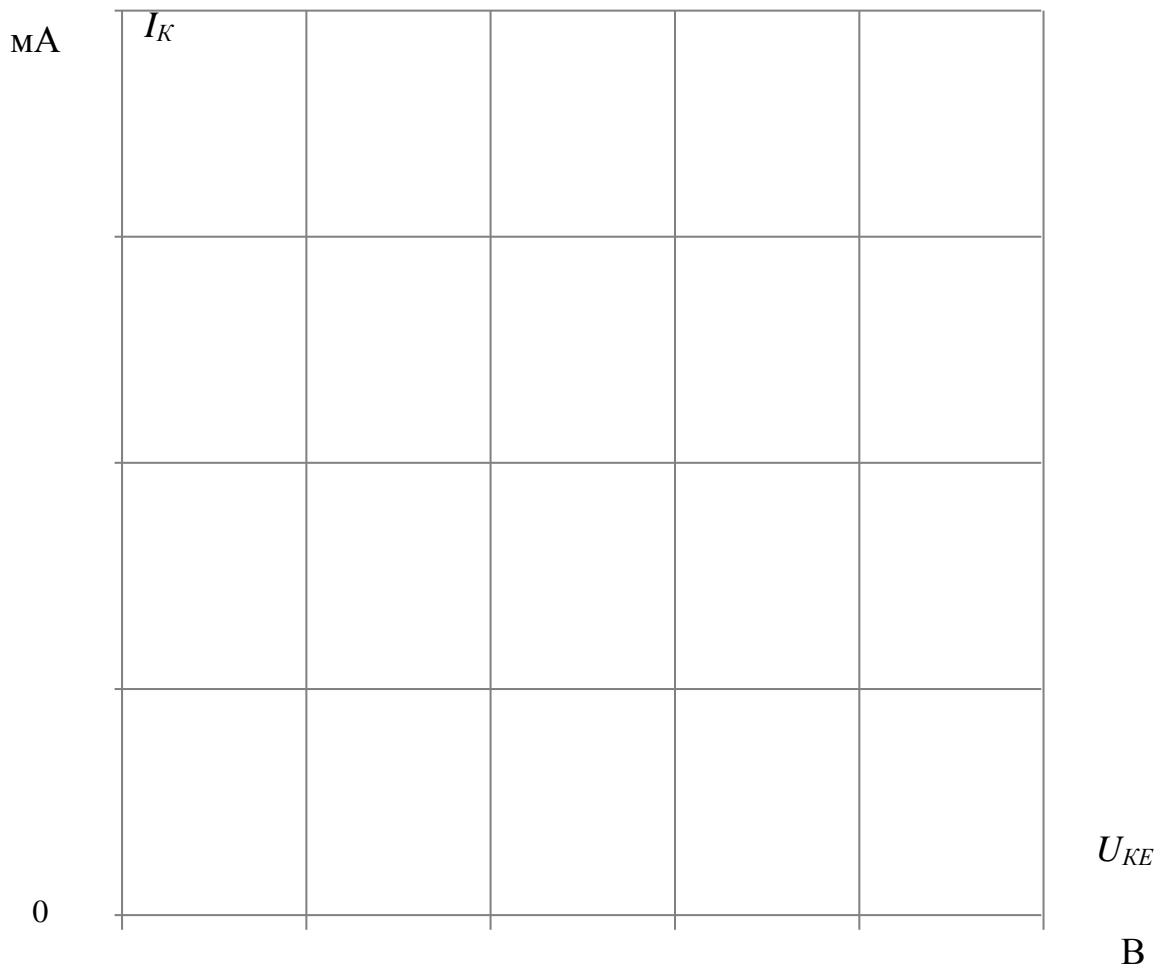
Таблиця 1 – Варіанти вихідних даних

№ вар.	E_K , В	R_K , кОм	β	№ вар.	E_K , В	R_K , кОм	β
1	12	1,2	75	13	16	1,2	75
2	12	2,4	40	14	16	2,4	40
3	14	2,8	50	15	28	2,8	50
4	14	0,7	150	16	28	1,4	100
5	15	0,75	150	17	10	1,0	50
6	15	1,5	80	18	9	4,5	25
7	16	1,6	90	19	9	1,5	60
8	16	3,2	100	20	12	3,0	40
9	18	1,8	120	21	18	3,6	40
10	18	0,82	120	22	18	0,9	70
11	20	1,5	130	23	15	1,5	50
12	20	2,0	100	24	10	2,0	100

Вхідна ВАХ біполярного транзистора: $I_B = f(U_{BE})$:



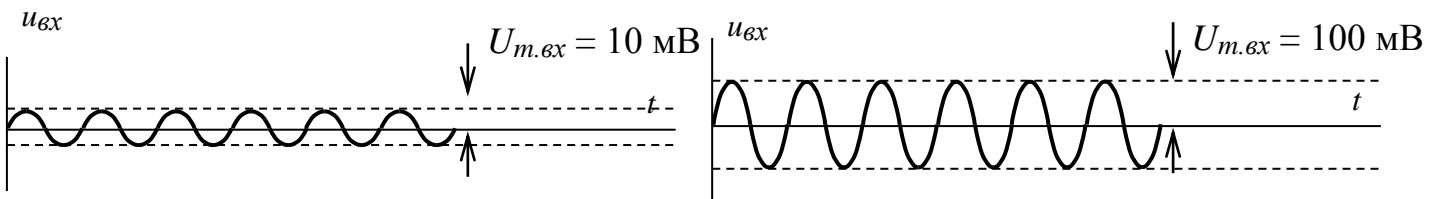
Лінія навантаження біполярного транзистора за постійним струмом:



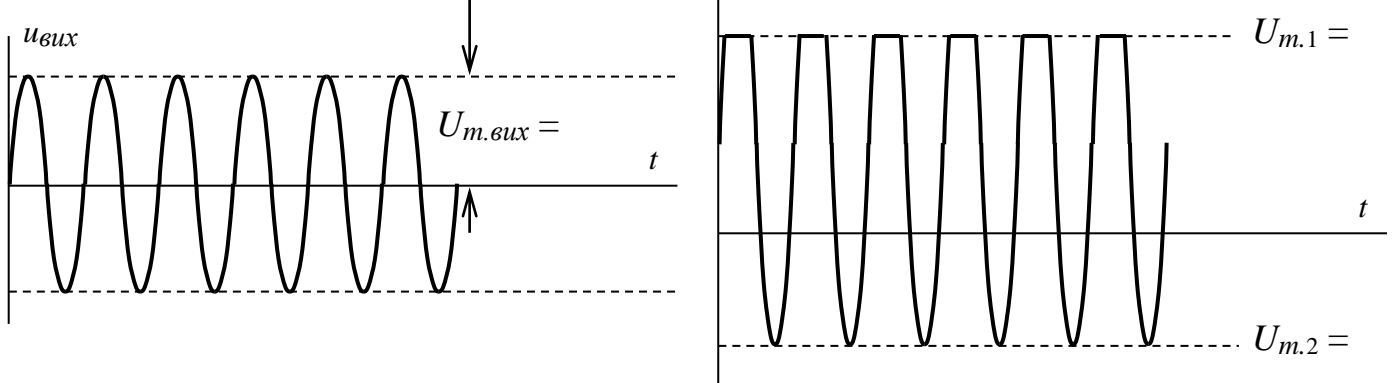
Режим спокою (згідно варіанту № _____):

$U_{КЕП} =$ $I_{КП} =$ $I_{БП} =$ $U_{БЕП} =$

Графіки вхідної напруги:



Графіки вихідної напруги:



Коефіцієнт підсилення за напругою: $k_U =$

Коефіцієнт підсилення за струмом: $k_I =$

Коефіцієнт підсилення за потужністю: $k_P =$

Висновки по роботі.

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Поясніть призначення підсилювачів.
2. Наведіть класифікацію підсилювачів.
3. Назвіть основні параметри підсилювачів.
4. Назвіть режими роботи підсилювальних каскадів та поясніть чим вони забезпечуються.
5. Наведіть визначення режиму спокою підсилювального каскаду.
6. Наведіть схеми задання режиму спокою підсилювального каскаду і поясніть принцип їх дії.
7. Поясніть, чому виникає потреба в температурній стабілізації підсилювального каскаду і як вона забезпечується?
8. Поясніть при якому способі увімкнення біполярного транзистора можна забезпечити найбільше підсилення потужності в підсилювальному каскаді?
9. Наведіть схему підсилювального каскаду на біполярному транзисторі, увімкненого за схемою із спільним емітером. Поясніть призначення елементів схеми та принцип роботи підсилювального каскаду.
10. Поясніть методику побудови лінії навантаження каскаду за постійним струмом та визначення параметрів режиму спокою.
11. Поясніть методику побудови лінії навантаження каскаду за змінним струмом та визначення коефіцієнтів підсилення каскаду за напругою K_U , струмом K_I і потужністю K_P .
12. Поясніть, як зміниться положення робочої точки і параметри режиму спокою підсилювального каскаду при зміні: величини опору резистора R_K ; напруги живлення E_K ; коефіцієнта підсилення β ; струму бази I_B ?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12 ПІДСИЛЮВАЧІ НА ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРАХ

Мета роботи: вивчення принципу роботи і методів розрахунку підсилювальних каскадів на польових транзисторах. Дослідження підсилювачів на польових транзисторах, увімкнених за схемою із спільним витоком.

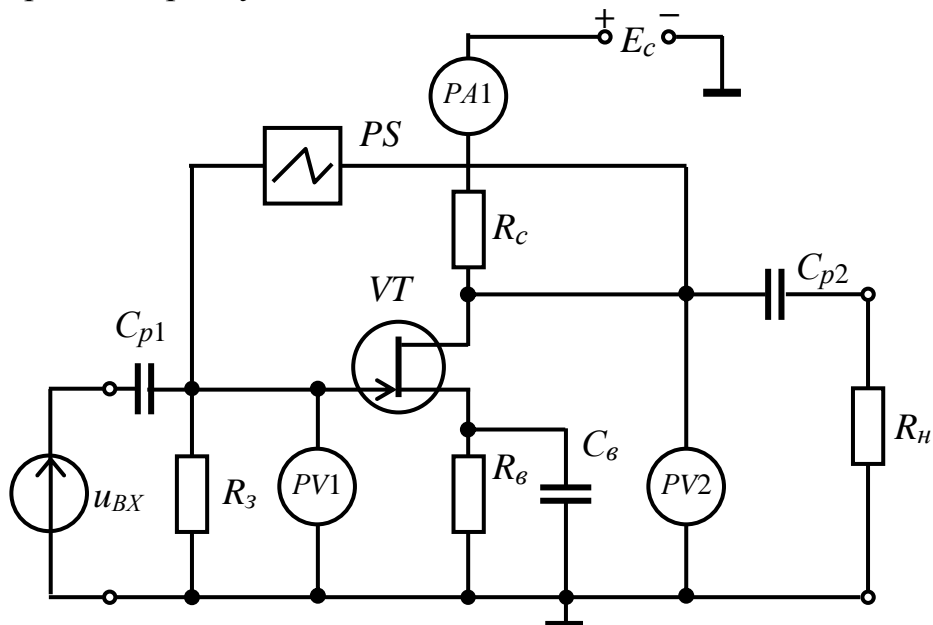


Рисунок 1 – Схема підсилювального каскаду на польовому транзисторі, увімкненого за схемою із спільним витоком

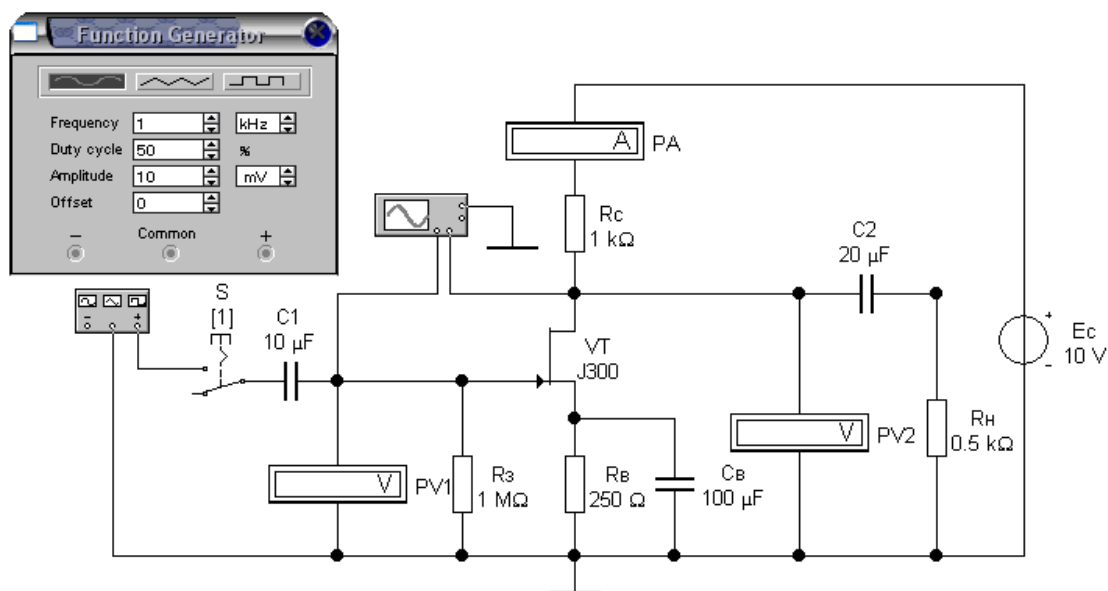


Рисунок 2 – Схема для дослідження підсилювального каскаду на польовому транзисторі, увімкненого за схемою із спільним витоком

Таблиця 1 – Варіанти вихідних даних

№ вар.	S, мА/В	Іс поч., мА	Uзв відс., В	Ec, В	Rc, кОм	№ вар.	S, мА/В	Іс поч., мА	Uзв відс., В	Ec, В	Rc, кОм
1	0,5	1,0	0,2	8	7	16	2,0	4,2	0,3	23	10
2	0,6	1,4	0,3	9	8	17	2,1	4,4	0,4	24	7

Продовження таблиці 1

№ вар.	S, мА/В	I _С поч, мА	U _{ЗВ} відс, В	E _С , В	R _С , кОм	№ вар.	S, мА/В	I _С поч, мА	U _{ЗВ} відс, В	E _С , В	R _С , кОм
3	0,7	1,6	0,4	10	9	18	2,2	4,6	0,5	25	8
4	0,8	1,8	0,5	11	10	19	2,3	4,8	0,6	8	9
5	0,9	2,0	0,6	12	7	20	2,4	5,0	0,7	9	10
6	1,0	2,2	0,7	13	8	21	2,5	5,4	0,8	10	7
7	1,1	2,4	0,8	14	9	22	2,6	5,6	0,9	11	8
8	1,2	2,6	0,9	15	10	23	2,7	5,8	1,0	12	9
9	1,3	2,8	1,0	16	7	24	2,8	6,0	1,1	13	10
10	1,4	3,0	1,1	17	8	25	2,9	6,4	1,2	14	7
11	1,5	3,2	1,2	18	9	26	3,0	6,8	1,3	15	8
12	1,6	3,4	1,3	19	10	27	3,1	7,0	1,4	16	9
13	1,7	3,6	1,4	20	7	28	3,2	7,2	1,5	17	10
14	1,8	3,8	1,5	21	8	29	3,3	7,4	1,2	18	7
15	1,9	4,0	0,2	22	9	30	3,4	7,6	1,0	19	8

Стоко-затворна ВАХ транзистора: $I_C = f(U_{ЗВ})$:

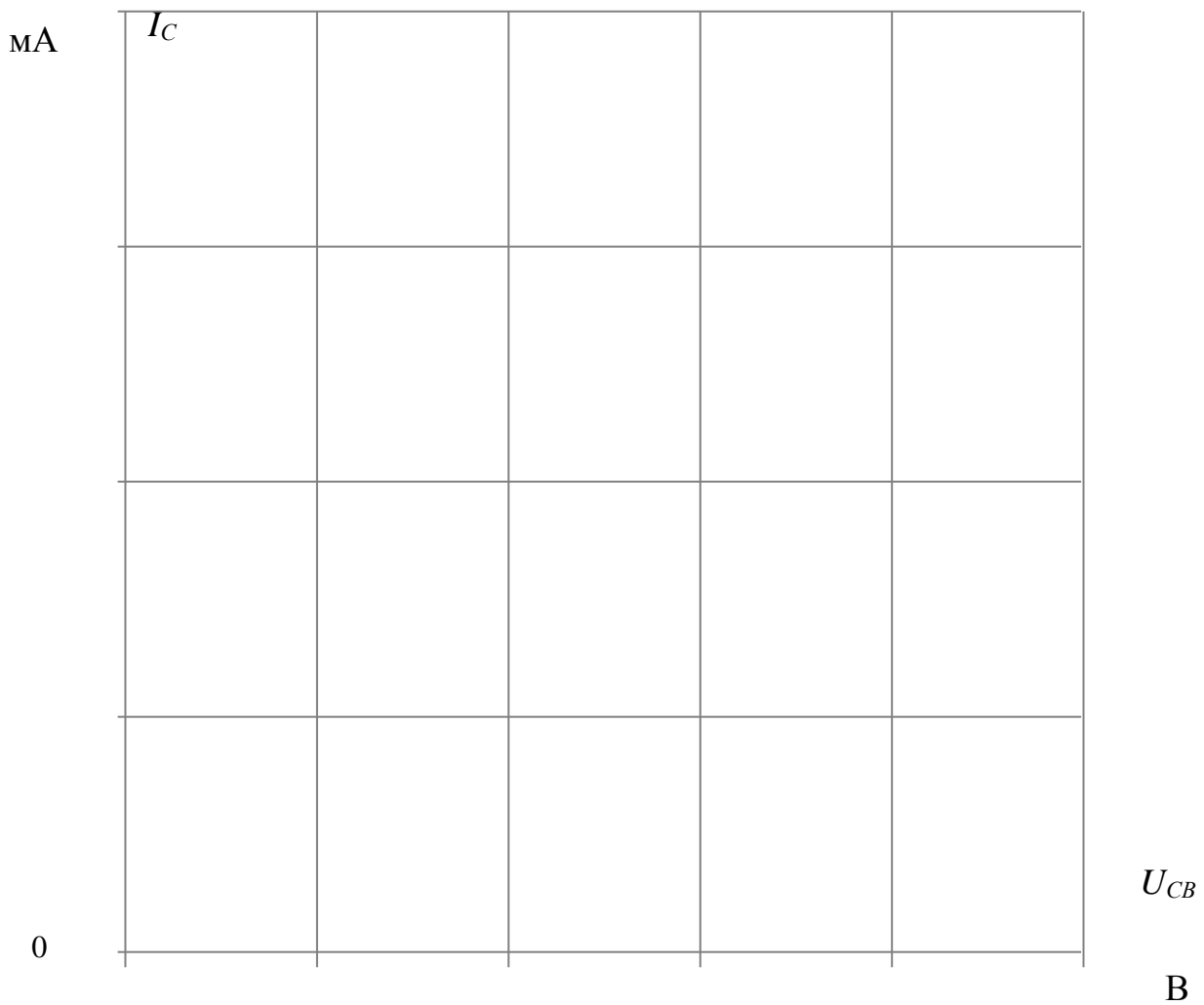
мА

I_C				

$U_{ЗВ}$

В

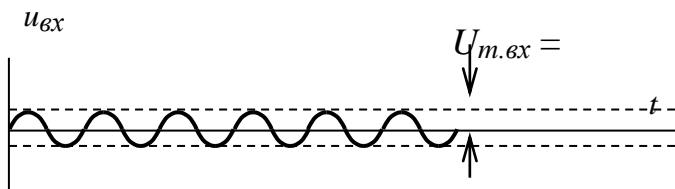
Лінія навантаження польового транзистора за постійним струмом:



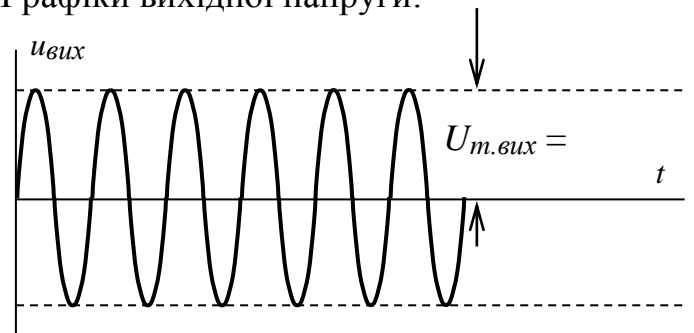
Режим спокою (згідно варіанту № _____):

$$U_{звп} = \quad I_{СП} = \quad U_{свп} =$$

Графіки вхідної напруги:



Графіки вихідної напруги:



Коефіцієнт підсилення за напругою: $k_U =$

Коефіцієнт підсилення за потужністю: $k_P =$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13 ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ

Мета роботи: вивчення принципу дії та дослідження пристроїв на операційних підсилювачах (ОП).

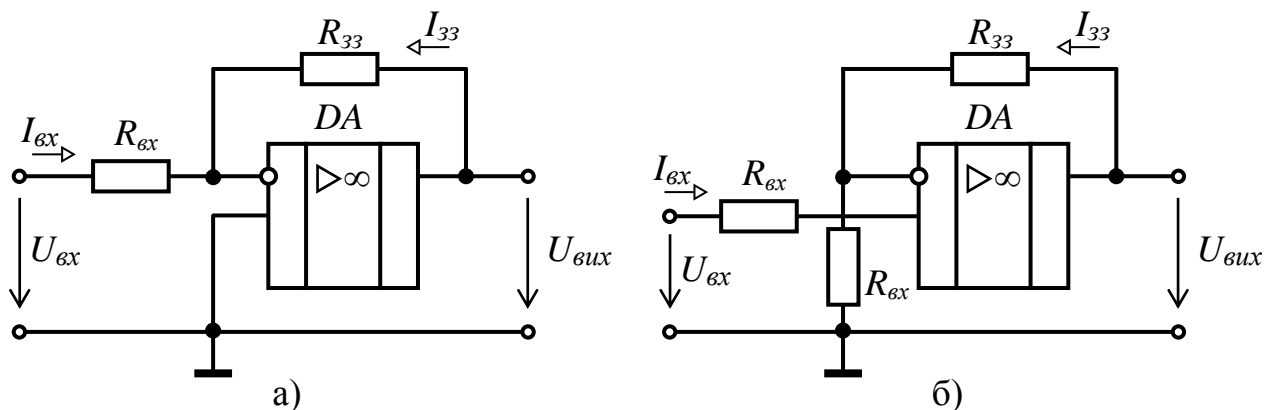


Рисунок 1 – Схема підсилювача на основі ОП:
а) інвертуючого; б) неінвертуючого

Таблиця 1 – Варіанти вихідних даних

№ вар.	K_U	$R_{зз}$, кОм	№ вар.	K_U	$R_{зз}$, кОм
1	8	50	16	10	125
2	9	55	17	11	130
3	10	60	18	12	135
4	11	65	19	13	140
5	12	70	20	14	145
6	13	75	21	15	150
7	14	80	22	16	155
8	15	85	23	17	160
9	16	90	24	18	165
10	17	95	25	19	170
11	18	100	26	20	175
12	19	105	27	21	180
13	20	110	28	8	185
14	8	115	29	9	190
15	9	120	30	10	195

Визначаємо величину опору резистора $R_{вх}$ інвертуючого підсилювача (рис. 1, а):

оскільки для інвертуючого підсилювача $k_U = \frac{R_{зз}}{R_{вх}}$,

то $R_{вх} =$

Визначаємо коефіцієнт підсилення неінвертуючого підсилювача (рис. 1, б) прийнявши величини опорів резисторів R_{BX} і R_{33} із попереднього розрахунку:

$$k_U = 1 + \frac{R_{33}}{R_{BX}} =$$

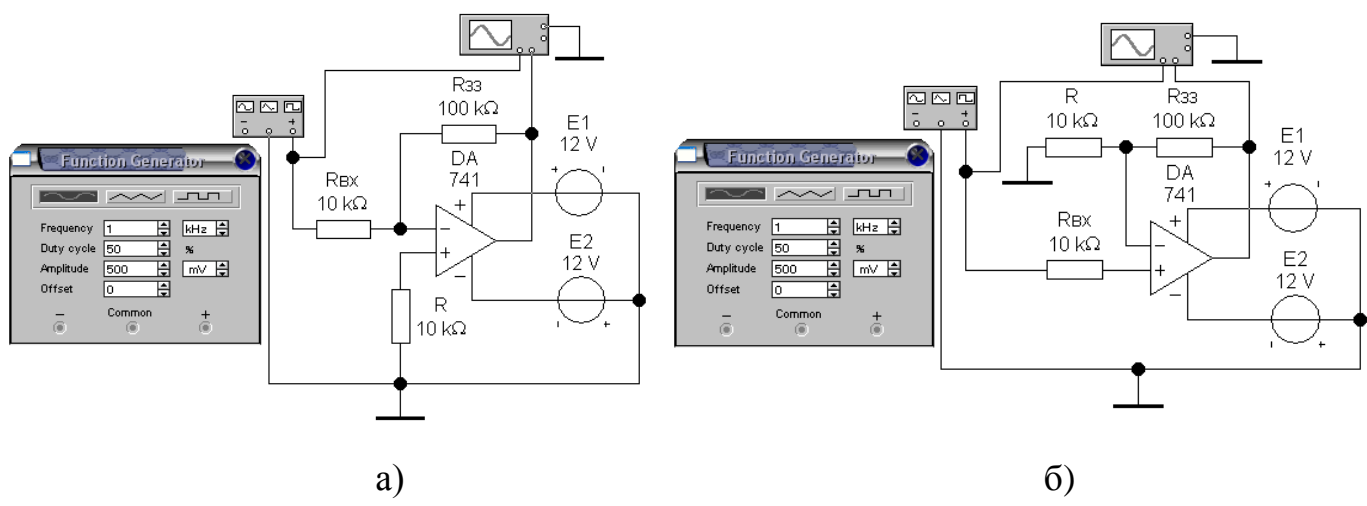


Рисунок 2 – Схеми для дослідження операційних підсилювачів:
а) інвертуючого; б) неінвертуючого

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень операційного підсилювача

$U_{BX}, \text{В}$	Інвертуючий підсилювач	Неінвертуючий підсилювач
	$U_{ВИХ}, \text{В}$	$U_{ВИХ}, \text{В}$
0,5		
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1,0		
1,1		
1,2		
1,3		
1,4		
1,5		

Графіки залежності $U_{вих} = f(U_{вх})$ для інвертуючого і неінвертуючого підсилювачів:

		B	$+U_{вих}$		
$-U_{вх}$					$+U_{вх}$
B					B
					$U_{ЗБ}$
		B	$-U_{вих}$		

Висновки по роботі.

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Поясніть призначення підсилювачів постійного струму.
2. Поясніть, що таке операційний підсилювач і як він побудований?
3. Поясніть призначення операційних підсилювачів.
4. Наведіть умовне графічне позначення та поясніть призначення виводів операційного підсилювача.
5. Наведіть основні параметри і характеристики операційного підсилювача.
6. Наведіть схему та поясніть принцип дії інвертуючого підсилювача на ОП.
7. Наведіть схему та поясніть принцип дії неінвертуючого підсилювача на ОП.
8. Наведіть схеми та поясніть принцип дії інвертуючого і неінвертуючого суматорів на ОП.
9. Наведіть схему та поясніть принцип дії інтегруючого підсилювача на ОП.
10. Наведіть схему та поясніть принцип дії диференціюючого підсилювача на ОП.
11. Поясніть, яку роль виконує зворотний зв'язок в операційному підсилювачі?
12. Поясніть, як впливає зворотний зв'язок в операційному підсилювачі на його передатну характеристику?
13. Поясніть, у чому полягає відмінність операційних підсилювачів від звичайних?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14-15 ГЕНЕРАТОРИ СИНУСОЇДАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

Мета роботи: Вивчення принципу роботи і дослідження генераторів синусоїдальних (гармонійних) коливань.

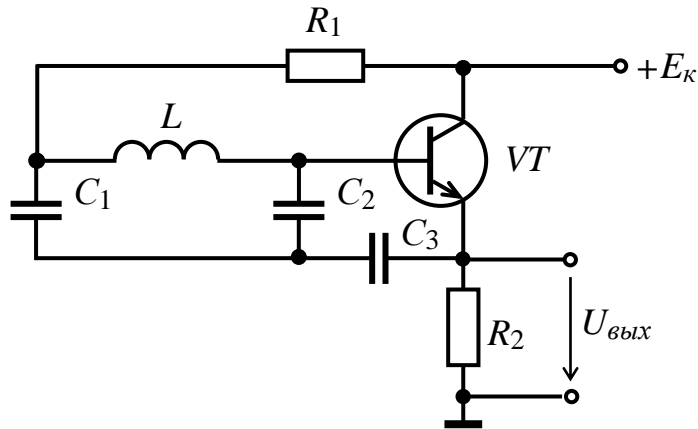


Рисунок 1 – Схема LC-генератора на біполярному транзисторі, виконаного за схемою “ємнісна триточка”

Таблиця 1 – Варіанти вихідних даних

№ вар.	LC-генератор					№ вар.	LC-генератор				
	L, Гн	C ₁ = C ₂ , мкФ	C, мкФ	C, мкФ	R, Ом		L, Гн	C ₁ = C ₂ , мкФ	C, мкФ	C, мкФ	R, Ом
1	2,0	1,0	0,2	0,5	20	16	1,6	2,5	0,3	2,0	5
2	1,9	1,1	0,2	0,6	19	17	1,5	2,6	0,3	2,1	20
3	1,8	1,2	0,2	0,7	18	18	1,4	2,7	0,3	2,2	19
4	1,7	1,3	0,2	0,8	17	19	1,3	2,8	0,3	2,3	18
5	1,6	1,4	0,2	0,9	16	20	1,2	2,9	0,3	2,4	17
6	1,5	1,5	0,2	1,0	15	21	1,1	3,0	0,3	2,5	16
7	1,4	1,6	0,25	1,1	14	22	1,0	3,1	0,3	2,6	15
8	1,3	1,7	0,25	1,2	13	23	0,9	3,2	0,3	2,7	14
9	1,2	1,8	0,25	1,3	12	24	0,8	3,3	0,3	2,8	13
10	1,1	1,9	0,25	1,4	11	25	0,7	3,4	0,3	2,9	12
11	1,0	2,0	0,25	1,5	10	26	0,6	3,5	0,3	3,0	11
12	2,0	2,1	0,3	1,6	9	27	0,5	3,6	0,35	3,1	10
13	1,9	2,2	0,3	1,7	8	28	0,6	3,7	0,35	3,2	9
14	1,8	2,3	0,3	1,8	7	29	0,7	3,8	0,35	3,3	8
15	1,7	2,4	0,3	1,9	6	30	0,8	3,9	0,35	3,4	7

Частота коливань LC-генератора (за даними табл. 1):

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} =$$

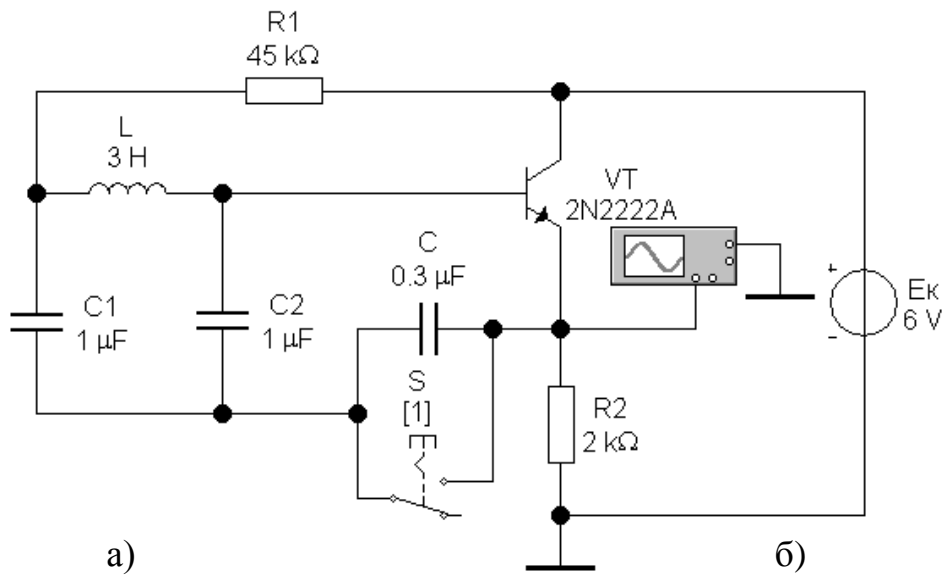
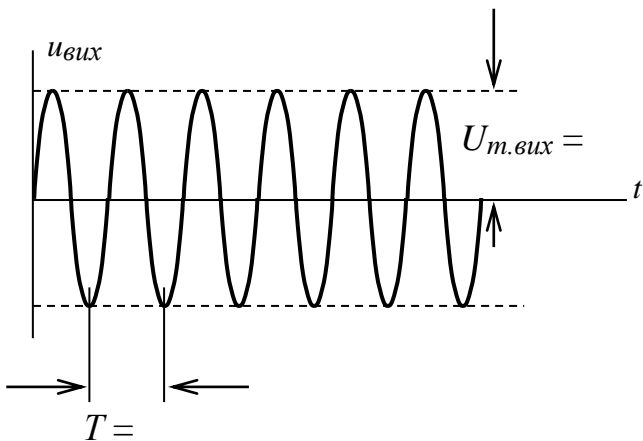


Рисунок 2 – Схема для дослідження LC -генератора на біполярному транзисторі, виконаного за схемою “ємнісна триточка”

Осцилограма вихідної напруги:



Частота коливань за експериментальними даними:

$$f = \frac{1}{T} =$$

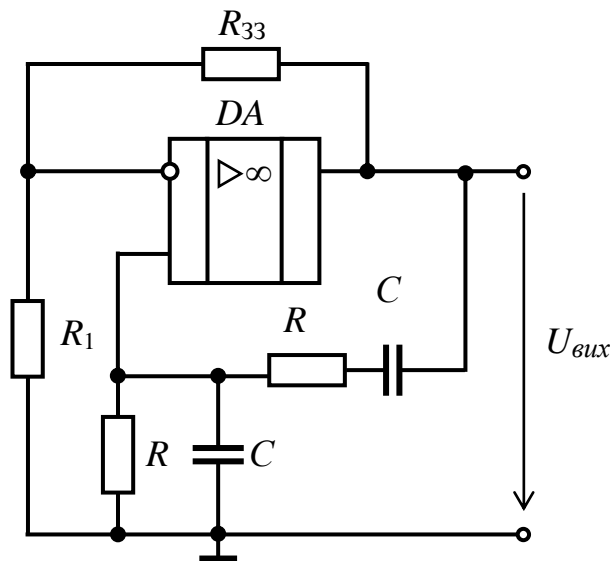


Рисунок 3 – Схема для RC -генератора на ОП з мостом Віна

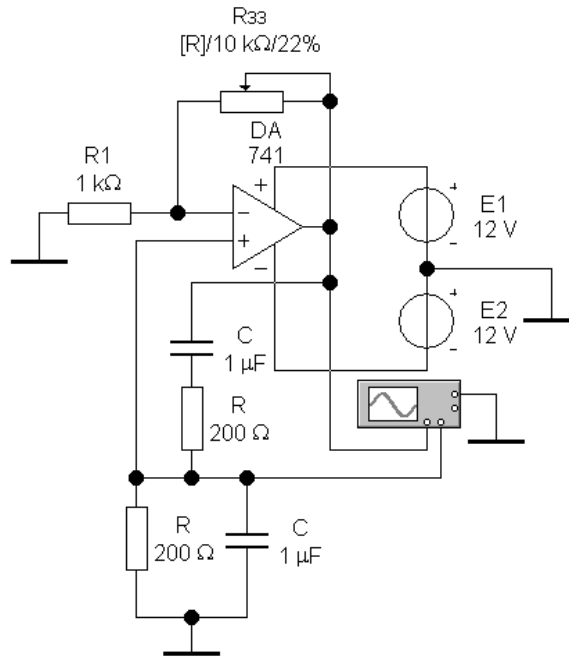
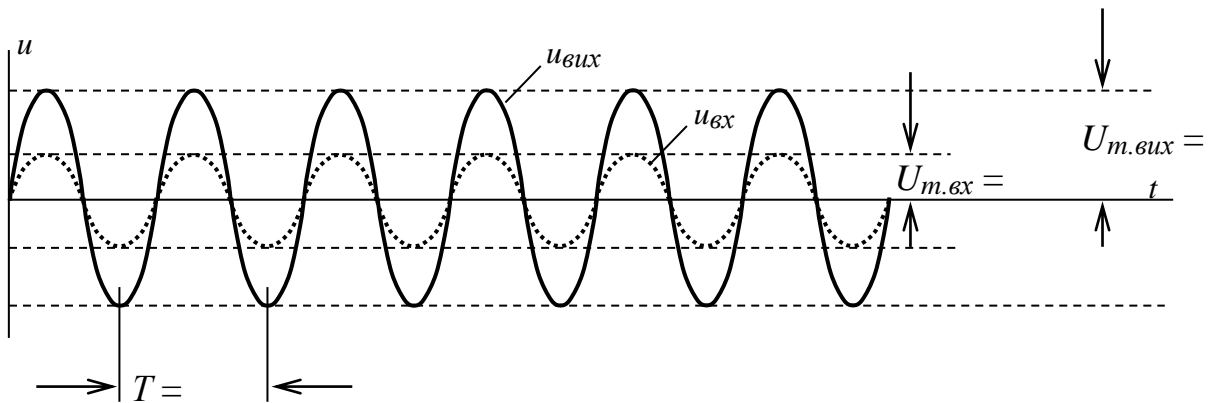


Рисунок 4 – Схема для дослідження RC -генератора на ОП з мостом Віна

Осцилограма напруги на виході генератора ($u_{вих}$) і виході моста Віна ($u_{бм}$):



Частота коливань RC -генератора (за даними табл. 1): $f_0 = \frac{1}{2\pi RC} =$

Частота коливань за експериментальними даними: $f = \frac{1}{T} =$

Коефіцієнт передачі моста Віна $\beta = \frac{U_{м.бм}}{U_{м.вых}} =$

Висновки по роботі.

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Поясніть призначення генераторів синусоїдальних коливань.
2. Наведіть класифікацію генераторів синусоїдальних коливань.
3. Наведіть структурну схему генератора синусоїдальних коливань.
4. Наведіть умови режиму генерації генераторів синусоїдальних коливань.
5. Наведіть основні параметри і характеристики генераторів синусоїдальних коливань.
6. Поясніть призначення LC- та RC-генераторів.
7. Наведіть схему моста Віна, його амплітудно- і фазо-частотну характеристики.
8. Наведіть схему подвійного T - подібного моста, його амплітудно-частотну характеристику.
9. Наведіть схему RC-генератора з подвійним T-подібним мостом на операційному підсилювачі. Поясніть призначення елементів і принцип роботи схеми.
10. Наведіть схему RC-генератора з мостом Віна на операційному підсилювачі. Поясніть призначення елементів і принцип роботи схеми.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 16

ЛОГІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ, ТРИГЕРИ

Мета роботи: вивчення принципу роботи і дослідження логічних елементів і тригерів в інтегральному виконанні.

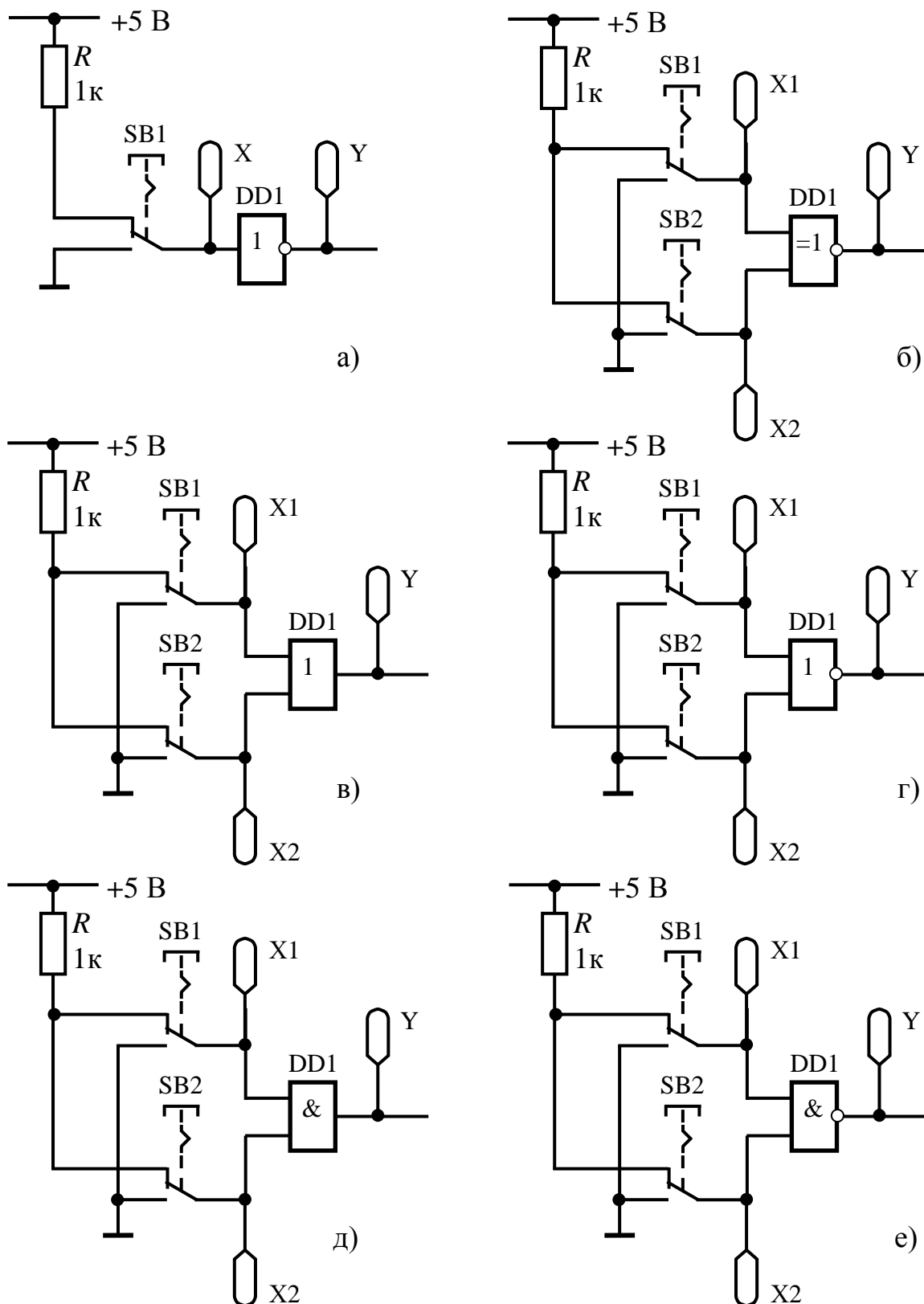


Рисунок 1 – Принципові електричні схеми для дослідження логічних елементів а) «НІ»; б) «Виключаюче АБО»; в) «АБО»; г) «АБО - НІ»; д) «І»; е) «І - НІ»

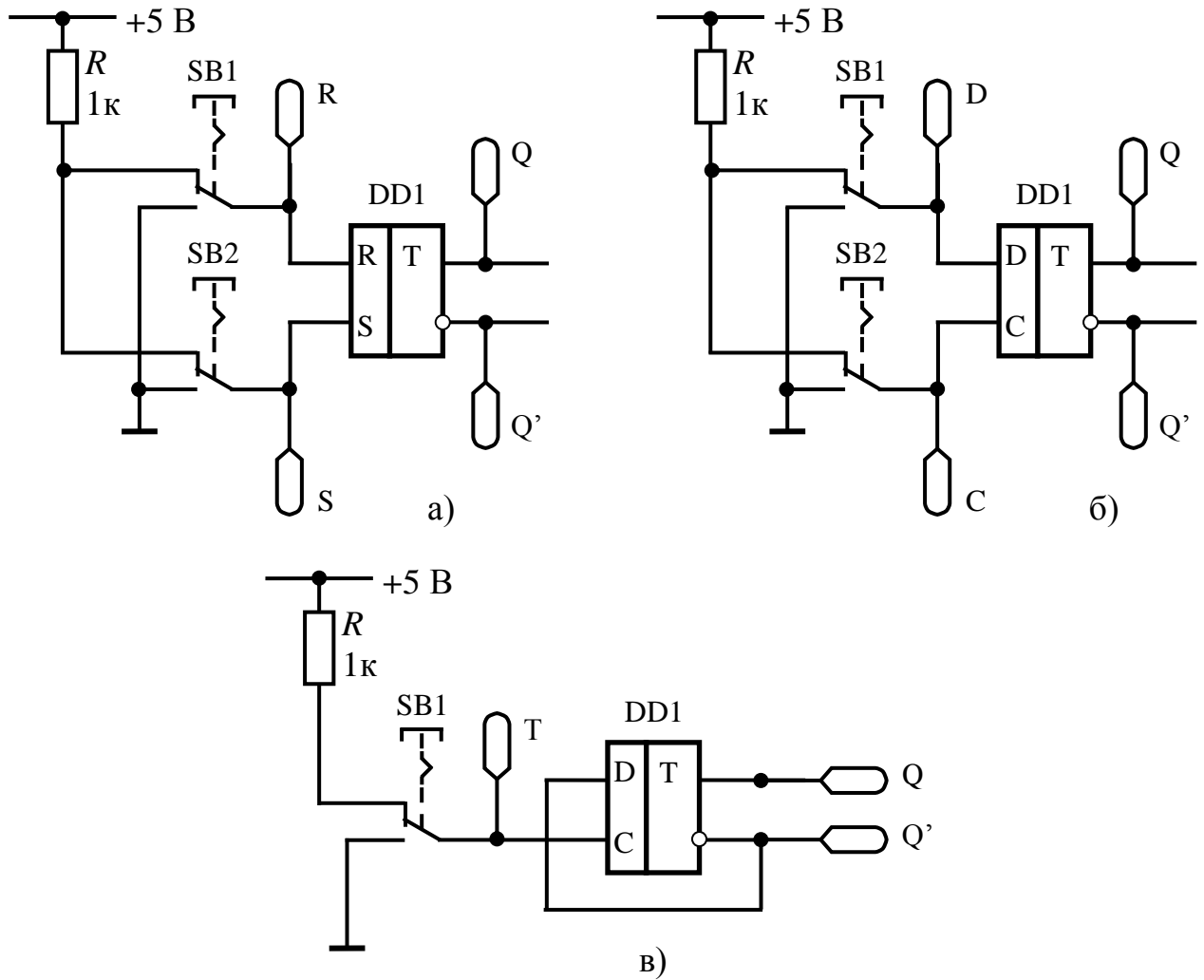


Рисунок 2 – Принципові електричні схеми для дослідження тригерів в інтегральному виконанні: а) RS - тригера; б) D - тригера; в) T - тригера

Згідно варіанта №__ (таблиця 1) записати стан логічних елементів і тригерів у схемі, яка наведена на рис. 3. Результати записати до таблиці 2.

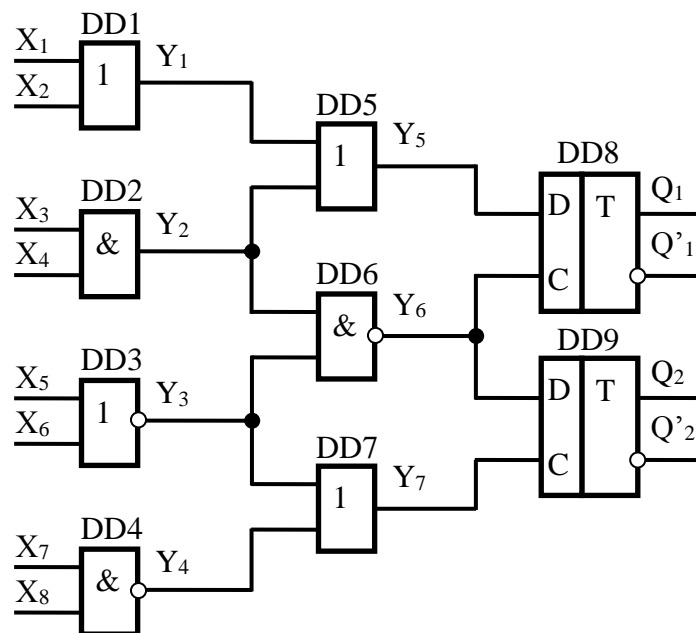


Рисунок 3 – Схема на логічних елементах і тригерах

Таблиця 1 – Дані варіантів

№ вар	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	№ вар	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
1	0	1	1	1	0	1	1	0	16	1	0	0	0	0	1	0	1
2	1	1	1	1	0	1	0	1	17	0	1	1	1	1	1	1	0
3	0	0	1	1	0	1	1	1	18	1	1	1	1	1	1	0	0
4	1	0	1	1	0	1	0	1	19	0	0	1	1	1	1	1	1
5	0	1	0	1	0	1	1	0	20	1	0	1	1	1	1	0	1
6	1	1	0	1	0	1	0	0	21	0	1	0	1	1	1	1	0
7	0	0	0	1	0	1	1	1	22	1	1	0	1	1	1	0	0
8	1	0	0	1	0	1	0	1	23	0	0	0	1	1	1	1	1
9	0	1	1	0	0	1	1	0	24	1	0	0	1	1	1	0	1
10	1	1	1	0	0	1	0	0	25	0	1	1	0	1	1	1	0
11	0	0	1	0	0	1	1	1	26	1	1	1	0	1	1	0	0
12	1	0	1	0	0	1	0	1	27	0	0	1	0	1	1	1	1
13	0	1	0	0	0	1	1	0	28	1	0	1	0	1	1	0	1
14	1	1	0	0	0	1	0	0	29	0	1	0	0	1	1	1	0
15	0	0	0	0	0	1	1	1	30	1	1	0	0	1	1	0	0

Таблиця 2 – Вихідні сигнали логічних елементів і тригерів

Виходи	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Q1	Q'1	Q2	Q'2
Стан											

Таблиця 3 – Результати експериментальних досліджень логічних елементів

«НІ»		«ВИКЛЮЧ. АБО»			«АБО»			«АБО - НІ»			«І»			«І - НІ»		
X	Y	X1	X2	Y	X1	X2	Y	X1	X2	Y	X1	X2	Y	X1	X2	Y
0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0	
1		0	1		0	1		0	1		0	1		0	1	
×	×	1	0		1	0		1	0		1	0		1	0	
×	×	1	1		1	1		1	1		1	1		1	1	

Таблиця 4 – Результати експериментальних досліджень тригерів

RS-тригер				D-тригер				T-тригер		
t ⁿ⁺¹		Q ⁿ	Q ⁿ⁺¹	t ⁿ⁺¹		Q ⁿ	Q ⁿ⁺¹	t ⁿ⁺¹	Q ⁿ	Q ⁿ⁺¹
R	S			D	C					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1			0	1			1		
0	0			1	0			0		
1	0			1	1			1		
0	0			0	0			0		
0	1			0	1			1		
0	0			0	0			0		

Висновки по роботі.

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Поясніть поняття логічних величин (логічний нуль та логічна одиниця).
2. Назвіть основні логічні функції та елементи, які їх реалізують.
3. Поясніть призначення логічних елементів.
4. Наведіть основні параметри логічних елементів.
5. Наведіть умовне позначення, таблицю істинності та поясніть роботу логічних елементів: «НІ», «АБО», «АБО - НІ», «І», «І - НІ», «Виключаюче АБО».
6. Поясніть призначення тригерів.
7. Назвіть основні типи тригерів.
8. Поясніть функціональне призначення входів тригерів.
9. Поясніть різницю між асинхронним і синхронним тригерами.
10. Наведіть умовне позначення, таблицю переходів та поясніть роботу: RS - тригера, D - тригера, Т - тригера, JK - тригера.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 17-18 ІМПУЛЬСНІ ПРИСТРОЇ НА ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧАХ

Мета роботи: вивчення принципу роботи і дослідження імпульсних пристроїв на операційних підсилювачах: компаратора; тригера Шмітта; мультивібратора; одновібратора.

Дослідження компаратора.

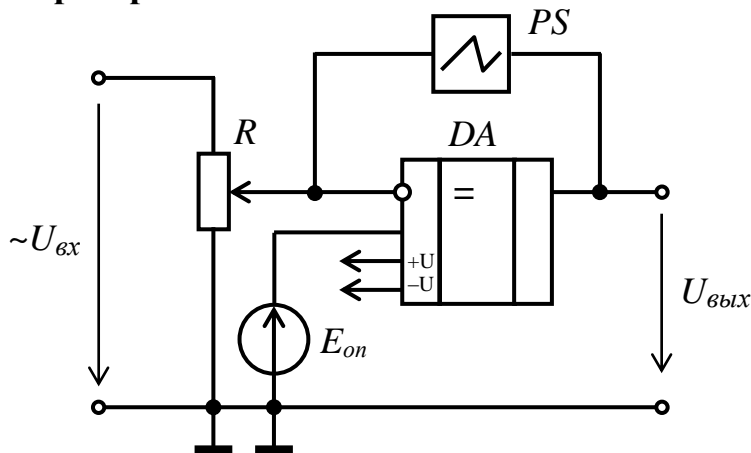


Рисунок 1 – Принципова електрична схема для дослідження компаратора.

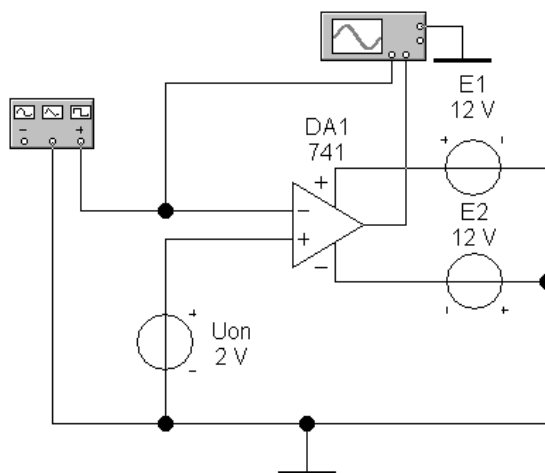
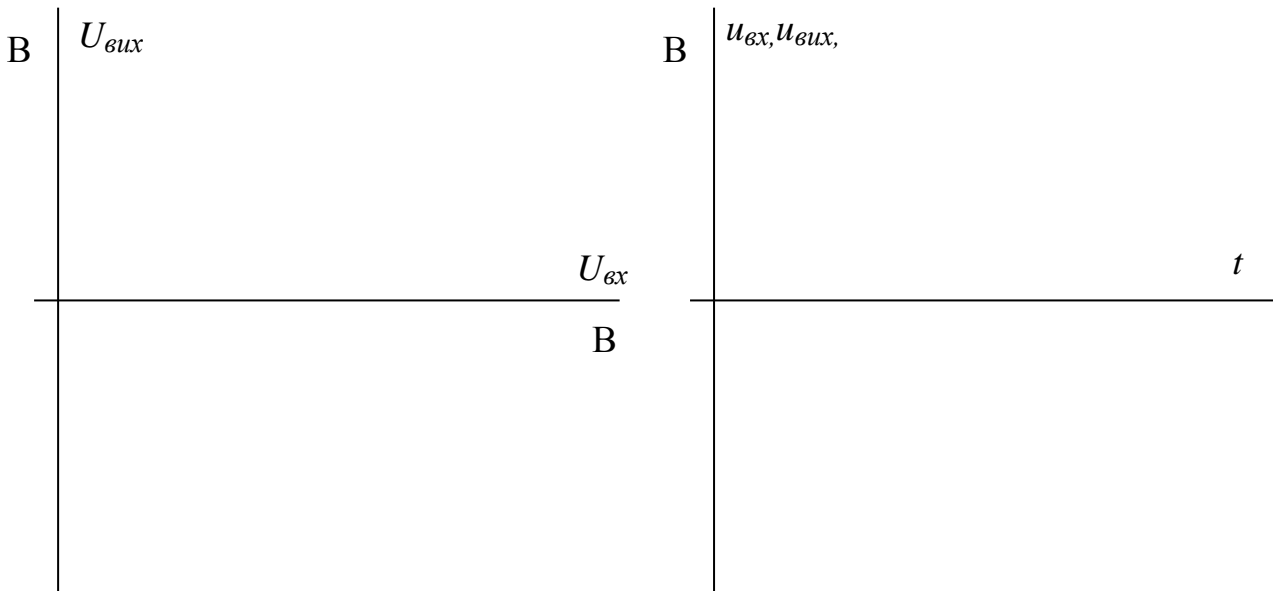


Рисунок 2 – Схема для дослідження компаратора

Таблиця 1

$U_{ВЫХ\ MAX} = 11\ В$

№ вар.	$U_{оп}, В$	$U_{m\ ВХ}, В$	№ вар.	$U_{оп}, В$	$U_{m\ ВХ}, В$	№ вар.	$U_{оп}, В$	$U_{m\ ВХ}, В$
1	2,0	9,0	11	4,0	7,0	21	3,5	7,6
2	2,2	8,8	12	4,1	6,8	22	3,7	7,4
3	2,4	8,6	13	4,2	6,6	23	3,9	7,2
4	2,6	8,4	14	2,1	9,0	24	4,1	7,0
5	2,8	8,2	15	2,3	8,8	25	4,3	6,8
6	3,0	8,0	16	2,5	8,6	26	4,5	6,6
7	3,2	7,8	17	2,7	8,4	27	2,0	9,0
8	3,4	7,6	18	2,9	8,2	28	2,2	8,8
9	3,6	7,4	19	3,1	8,0	29	2,4	8,6
10	3,8	7,2	20	3,3	7,8	30	2,6	8,4



Графік залежності $U_{ВИХ} = f(U_{ВХ})$.

Графіки залежностей $u_{ВИХ} = f(t)$, $u_{ВХ} = f(t)$.

Дослідження тригера Шмітта.

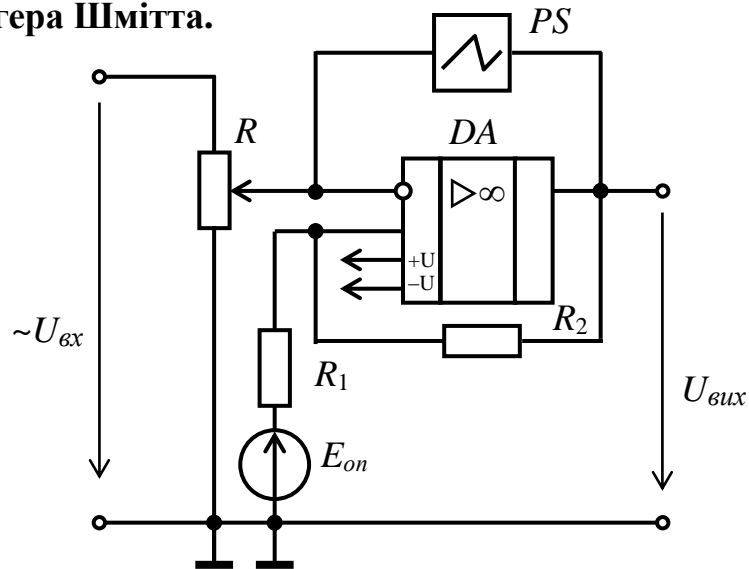


Рисунок 3 – Принципова електрична схема для дослідження тригера Шмітта.

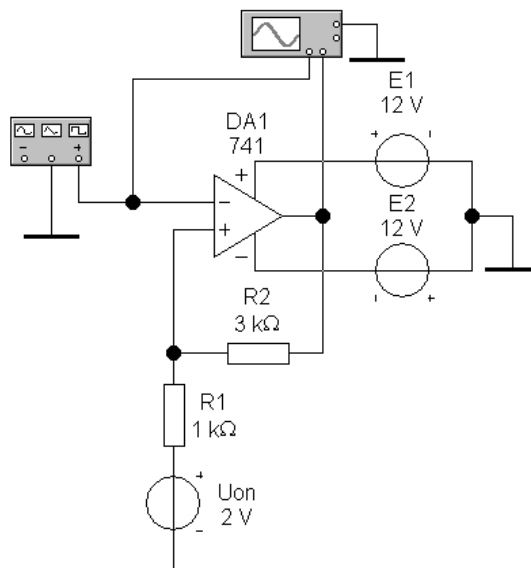
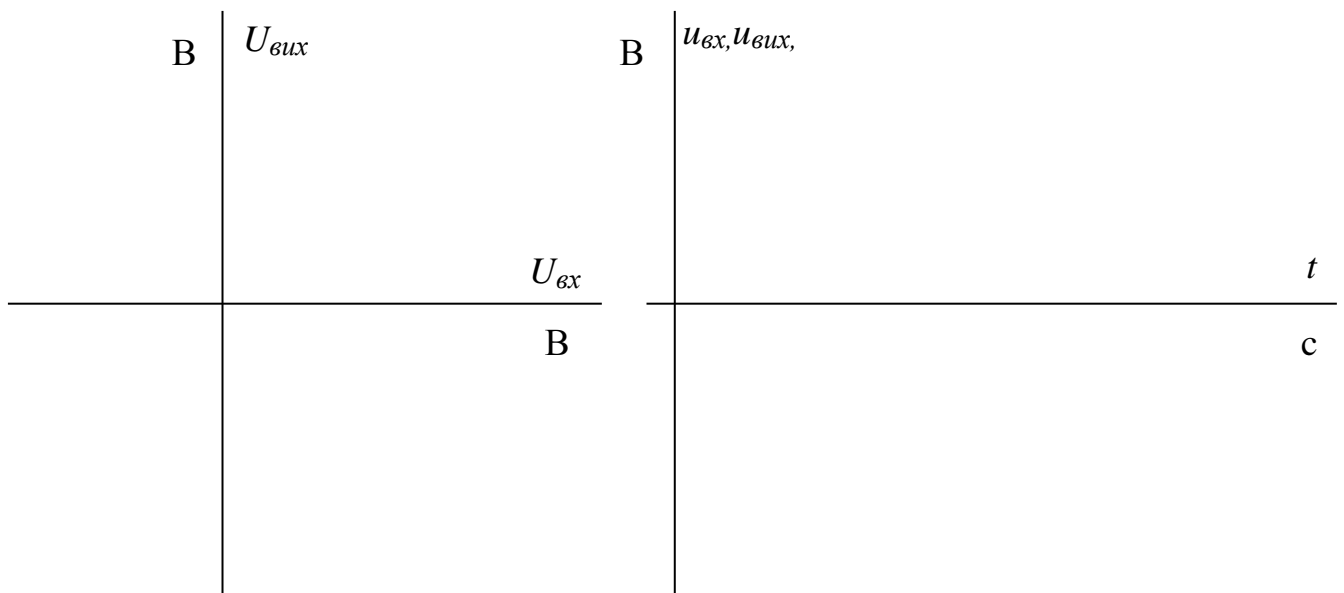


Рисунок 4 – Схема для дослідження тригера Шмітта

Таблиця 2

$$U_{ВІХ\ MAX} = 11\ В$$

№ вар.	$U_{оп}, В$	$U_{m\ ВХ}, В$	№ вар.	$U_{оп}, В$	$U_{m\ ВХ}, В$	№ вар.	$U_{оп}, В$	$U_{m\ ВХ}, В$
1	1,8	4,8	11	3,8	6,8	21	3,4	6,6
2	2,0	5,0	12	4,0	7,0	22	3,6	6,8
3	2,2	5,2	13	4,2	7,2	23	3,8	7,0
4	2,4	5,4	14	2,0	5,2	24	4,0	7,2
5	2,6	5,6	15	2,2	5,4	25	4,2	7,4
6	2,8	5,8	16	2,4	5,6	26	3,4	6,8
7	3,0	6,0	17	2,6	5,8	27	3,6	7,2
8	3,2	6,2	18	2,8	6,0	28	3,8	7,4
9	3,4	6,4	19	3,0	6,2	28	4,0	7,6
10	3,6	6,6	20	3,2	6,4	30	4,2	7,8



Графік залежності $U_{ВІХ} = f(U_{ВХ})$.

Графіки залежностей $u_{ВІХ} = f(t)$, $u_{ВХ} = f(t)$.

Дослідження мультивібратора.

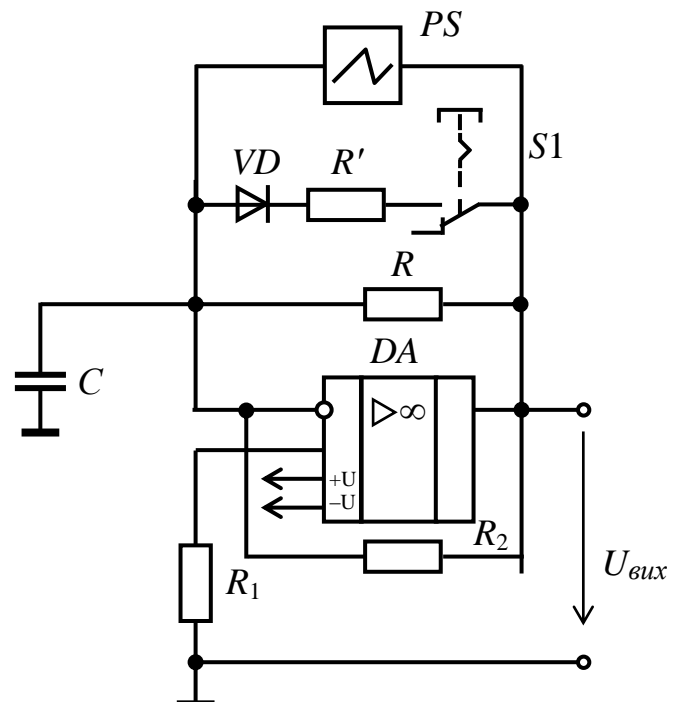
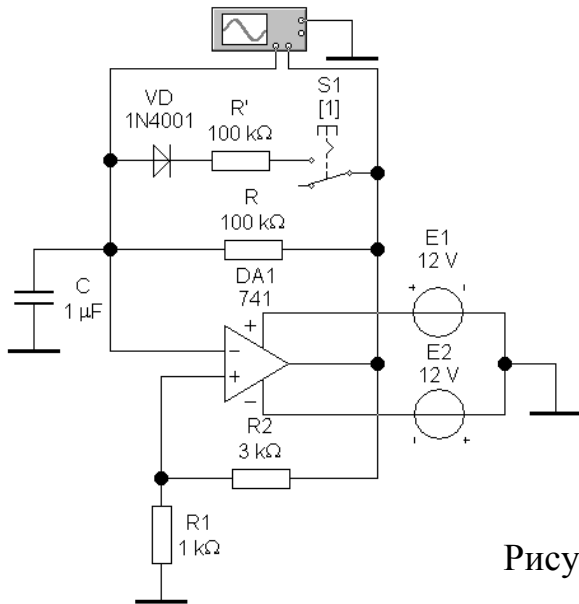


Рисунок 5 – Принципова електрична схема для дослідження мультивібратора.



Розрахунок тривалості імпульсів:

$$t = RC \cdot \ln(1 + 2 \cdot R1/R2) =$$

Розрахунок частоти проходження імпульсів:

$$f = 1 / (2t) =$$

Рисунок 6 – Схема для дослідження мультивібратора

Таблиця 3

№ вар.	R_1 , кОм	R_2 , кОм	R , кОм	C , мкФ	R' , кОм	№ вар.	R_1 , кОм	R_2 , кОм	R , кОм	C , мкФ	R' , кОм
1	1	3	10	20	8	16	1,2	3,4	30	18	28
2	1,1	3,2	20	19	18	17	1,3	3,6	40	17	35
3	1,2	3,4	30	18	28	18	1,4	3,8	50	16	45
4	1,3	3,6	40	17	35	19	4,5	4,0	60	15	55
5	1,4	3,8	50	16	45	20	4,6	4,1	70	14	65
6	4,5	4,0	60	15	55	21	1,7	4,2	80	13	75
7	4,6	4,1	70	14	65	22	1,8	4,3	90	12	85
8	1,7	4,2	80	13	75	23	1,9	4,5	100	11	95
9	1,8	4,3	90	12	85	24	2,0	4,8	100	10	90
10	1,9	4,5	100	11	95	25	2,1	5,0	120	21	100
11	2,0	4,8	100	10	90	26	2,2	5,2	130	22	110
12	2,1	5,0	120	21	100	27	1,4	4,5	50	15	8
13	2,2	5,2	130	22	110	28	4,5	4,8	60	14	18
14	1	3	10	20	8	29	4,6	5,0	70	13	28
15	1,1	3,2	20	19	18	30	1,7	5,2	80	12	35



Графіки зміни напруг на інвертуючому вході $u_C = f(t)$
і виході операційного підсилювача $u_{ВИХ} = f(t)$.

Можливі способи зміни тривалості імпульсів, що генеруються мультівібратором:

Висновки по роботі

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Наведіть визначення електричного імпульсу. Наведіть форми імпульсних сигналів.
2. Наведіть параметри імпульсів та їх послідовностей.
3. Поясніть призначення компараторів.
4. Наведіть умовне графічне позначення та передатну характеристику компаратора.
5. Схема компаратора на операційному підсилювачі та принцип її роботи.
6. Поясніть призначення тригера Шмітта.
7. Наведіть умовне графічне позначення та передатну характеристику тригера Шмітта.
8. Схема тригера Шмітта на операційному підсилювачі та принцип її роботи.
9. Поясніть призначення мультівібраторів.
10. Назвіть режими роботи мультівібраторів.
11. Наведіть схему симетричного мультівібратора на операційному підсилювачі. Поясніть призначення елементів і принцип роботи схеми.
12. Наведіть схему несиметричного мультівібратора на операційному підсилювачі. Поясніть призначення елементів і принцип роботи схеми.
13. Поясніть, яка відмінність між симетричним і несиметричним мультівібраторами?
14. Поясніть, чим визначається тривалість імпульсів мультівібратора? Як визначити частоту імпульсів мультівібратора?
15. Назвіть основні параметри мультівібраторів.
16. Поясніть, як зміняться параметри імпульсної напруги симетричного мультівібратора на базі операційного підсилювача при збільшенні опору резистора в колі від'ємного зворотного зв'язку; зменшенні ємності конденсатора?

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Номер тижня	Вид занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість				балів
			годин				
			лк	лаб.	пр.	СРС	
Змістовий модуль 1. Напівпровідникові прилади.							
1	Лекція 1	Тема 1. Фізичні основи напівпровідникових приладів.	2	-	-	-	-
	ЛР 1	Напівпровідникові діоди (випрямні діоди).	-	2	-	-	2,0
	ПЗ 1	Вивчення пасивних елементів (лінійні резистори).	-	-	2	-	1,0
2	Лекція 2	Тема 2. Напівпровідникові діоди.	2	-	-	-	-
	ЛР 2	Однофазні випрямлячі.	-	2	-	-	2,0
3	Лекція 3	Тема 2. Напівпровідникові діоди.	2	-	-	-	-
	ЛР 3	Напівпровідникові діоди (стабілітрони).	-	2	-	-	2,0
	ПЗ 2	Вивчення пасивних елементів (нелінійні резистори).	-	-	2	-	1,0
4	Лекція 4	Тема 3. Перемикаючі прилади.	2	-	-	-	-
	ЛР 4	Перемикаючі прилади (тиристори).	-	2	-	-	2,0
5	Лекція 5	Тема 4. Біполярні транзистори.	2	-	-	-	-
	ЛР 5	Перемикаючі прилади (тиристори).	-	2	-	-	2,0
	ПЗ 3	Вивчення пасивних елементів (конденсатори).	-	-	2	-	1,0
6	Лекція 6	Тема 4. Біполярні транзистори.	2	-	-	-	-
	ЛР 6	Біполярні транзистори.	-	2	-	-	2,0
7	Лекція 7	Тема 4. Біполярні транзистори.	2	-	-	-	-
	ЛР 7	Біполярні транзистори.	-	2	-	-	2,0
	ПЗ 4	Напівпровідникові оптоелектронні пристрої.	-	-	2	-	2,0
8	Лекція 8	Тема 4. Біполярні транзистори.	2	-	-	-	-
	ЛР 8	Напівпровідникові оптоелектронні пристрої (світлодіоди).	-	2	-	-	2,0
9	Лекція 9	Тема 5. Польові транзистори.	2	-	-	-	-
	ЛР 9	Польові транзистори.	-	2	-	-	2,0
	ПЗ 5	Розрахунок підсилювального каскаду на біполярному транзисторі за постійним струмом.	-	-	2	-	2,0
	ПК 1	Підсумковий контроль за змістовий модуль 1					10
Всього за змістовий модуль 1 - 46 год.			18	18	10	-	35

Номер тижня	Вид занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість				
			годин				балів
			лк	лаб.	пр.	СРС	
Змістовий модуль 2. Електронні пристрої.							
10	Лекція 10	Тема 5. Польові транзистори.	2	-	-	-	-
	ЛР 10	Польові транзистори.	-	2	-	-	2,0
11	Лекція 11	Тема 6. Підсилювачі електричних сигналів.	2	-	-	-	-
	ЛР 11	Підсилювачі на біполярних транзисторах.	-	2	-	-	2,0
	ПЗ 6	Розрахунок підсилювального каскаду на біполярному транзисторі за змінним струмом.	-	-	2	-	2,0
12	Лекція 12	Тема 6. Підсилювачі електричних сигналів.	2	-	-	-	-
	ЛР 12	Підсилювачі на польових транзисторах.	-	2	-	-	2,0
13	Лекція 13	Тема 6. Підсилювачі електричних сигналів.	2	-	-	-	-
	ЛР 13	Операційні підсилювачі.	-	2	-	-	2,0
	ПЗ 7	Розрахунок підсилювального каскаду на польовому транзисторі.	-	-	2	-	2,0
14	Лекція 14	Тема 7. Генератори синусоїдальних коливань.	2	-	-	-	-
	ЛР 14	RC-генератори синусоїдальних коливань.	-	2	-	-	2,0
15	Лекція 15	Тема 8. Імпульсні пристрої.	2	-	-	-	-
	ЛР 15	LC-генератори синусоїдальних коливань.	-	2	-	-	2,0
	ПЗ 8	Розрахунок мультивібратора на універсальному таймері NE555.	-	-	2	-	1,0
16	Лекція 16	Тема 8. Імпульсні пристрої.	2	-	-	-	-
	ЛР 16	Логічні елементи, тригери.	-	2	-	-	2,0
17	Лекція 17	Тема 8. Імпульсні пристрої.	2	-	-	-	-
	ЛР 17	Імпульсні пристрої (компаратор, тригер Шмітта).	-	2	-	-	2,0
	ПЗ 9	Макетне моделювання електронних схем.	-	-	2	-	2,0
18	Лекція 18	Тема 8. Імпульсні пристрої.	2	-	-	-	-
	ЛР 18	Імпульсні пристрої (мультивібратор).	-	2	-	-	2,0
	ПК 2	Підсумковий контроль за змістовий модуль 2					10
Всього за змістовий модуль 2 - 44 год.			18	18	8	-	35
Екзамен							30
Всього з навчальної дисципліни - 90 год.			36	36	18	-	100

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Курашкін С.Ф. Електроніка та мікросхемотехніка: курс лекцій / С.Ф. Курашкін. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 146 с.
2. Квітка С.О. Електроніка та мікропроцесорна техніка: посібник для виконання лабораторних робіт / С.О. Квітка, С.Ф. Курашкін, О.В. Соломаха. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2018 – 177 с.
3. Квітка С.О. Електроніка та мікросхемотехніка: Навчальний посібник / С.О. Квітка, В.Ф. Яковлев, О.В. Нікітіна; за ред. В.Ф. Яковлева. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 329 с.
4. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 6-е изд. – М.: КРОНУС, 2013. – 800 с.
5. Колонтаєвський Ю.П. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум/ Ю.П. Колонтаєвський, А.Г. Сосков; за ред. А.Г. Соскова. – К.: Каравела, 2003. – 368 с.
6. Гуржій А.М. Імпульсна та цифрова техніка. Підручник / А.М Гуржій; В.В. Самсонов, Н.І Поворотнюк. – Х.: компанія «Сміт», 2005. – 424 с.
7. Стахів П.Г. Основи електроніки: функціональні елементи та їх застосування. Підручник для студентів неелектротехнічних спеціальностей вищих навчальних закладів / П.Г. Стахів, В.І. Коруд, О.Є. Гамола. – Львів: «Новий Світ – 2000»; «Магнолія плюс». – 2003. – 208 с.