

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА

Методичні рекомендації з лабораторних робіт для студентів факультету біомедичної інженерії напрямів підготовки 6.050101 — “Комп’ютерні науки” та 6.051003 — “Приладобудування”

Київ —2016

Електротехніка та електроніка: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів факультету біомедичної інженерії напрямів “Комп’ютерні науки” та “Приладобудування”/ Укладачі Н.І. Поворознюк, Чуняк Ю. М. — К.: 2016. — 80 с.

*Гриф надано Методичною радою факультету
електроенерготехніки та автоматики*

НТУУ “КПІ”

(протокол №11 від 29.06.2016)

Затверджено на з’їданні кафедри

(протокол №10 від 25.05.20156)

Навчально-методичне видання

Електротехніка та електроніка

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електротехніка та електроніка” для студентів факультету біомедичної інженерії напрямів підготовки 6.050101 — “Комп’ютерні науки” та 6.051003 — “Приладобудування”

Укладачі: Назар Іванович Поворознюк, канд.. техн. наук, доцент Чуняк Юлія Михайлівна, асистент

Зміст

- Лабораторна робота №1 "Дослідження розгалужених електричних кіл постійного струму з одним джерелом енергії"
- Лабораторна робота №2. "Дослідження розгалужених електричних кіл постійного струму з джерелами струму і напруги"
- Лабораторна робота №3. "Дослідження властивостей розгалужених електричних кіл постійного струму"
- Лабораторна робота №4 "Дослідження послідовного і паралельного з'єднання елементів у режимі синусоїдного струму"
- Лабораторна робота №5 "Дослідження резонансу напруг"
- Лабораторна робота №6 "Дослідження резонансу струмів"
- Лабораторна робота №7 "Дослідження частотних характеристик двополюсників"
- Лабораторна робота №8 "Дослідження амплітудно-частотних та фазочастотних характеристик чотирьохполюсників"
- Лабораторна робота №9 "Дослідження трифазних споживачів, з'єднаних зіркою"
- Лабораторна робота №10 "Дослідження трифазних споживачів, з'єднаних трикутником"
- Лабораторна робота №11 "Дослідження перехідних процесів в RC- та RL-колах"
- Лабораторна робота №12 "Дослідження перехідних процесів в RLC-колах"
- Лабораторна робота №13 "Дослідження лінійних кіл класичним методом"
- Лабораторна робота №14 "Дослідження лінійних кіл операторним методом"

Лабораторна робота №1 "Дослідження розгалужених електричних кіл постійного струму з одним джерелом енергії"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження розгалужених електричних кіл постійного струму з одним джерелом енергії

Розрахункова частина

Обчислити параметри елементів заданого електричного кола (рис. 1.1) за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

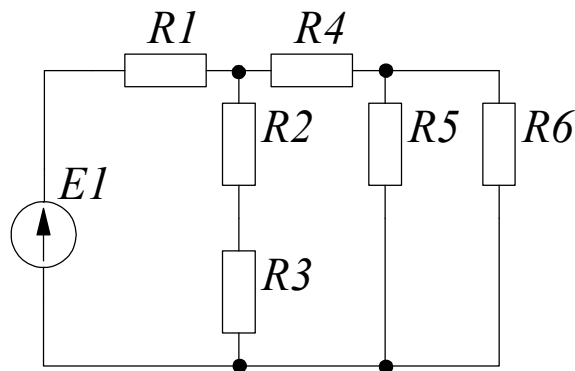


Рис. 1.1

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad R2 = [3 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad R3 = [4 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом};$$

$$R4 = [5 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad R5 = [6 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad R6 = [7 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$E = [N \cdot G] \text{ Вольт}$$

Розрахувати струми у вітках кола і їх напруги. Результати розрахунків занести у табл. 1.

Таблиця 1.1

	Вітки кола				
	$R1$	$R2, R3$	$R4$	$R5$	$R6$
Струм у вітці					
Результати обчислень					
Результати вимірювань					
Напруга на вітці					
Результати обчислень					
Результати вимірювань					

Експериментальна частина

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 1.

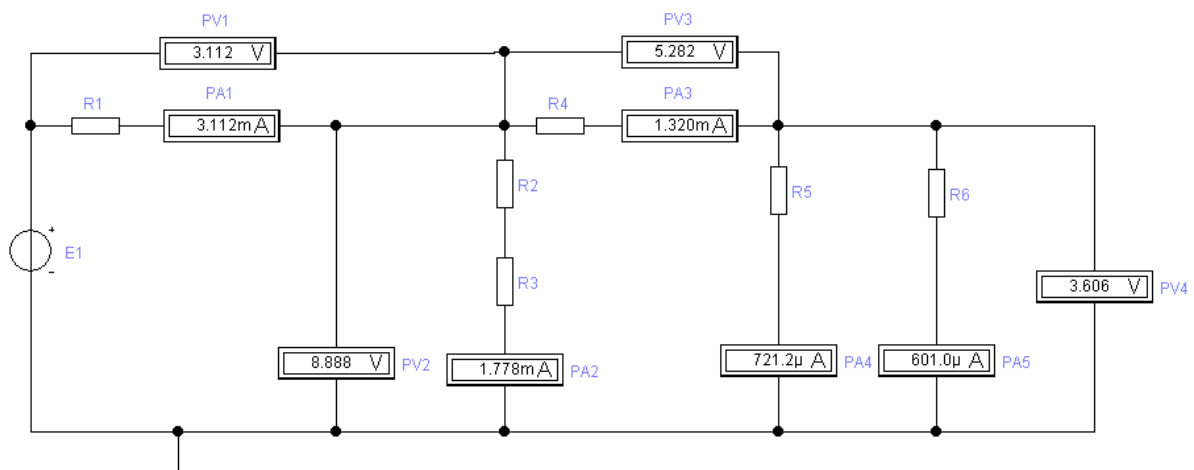


Рис. 1

На рис. 1 показані:

E_1 — джерело постійної напруги;

$R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ — резистори;

PV_1, PV_2, PV_3, PV_4 — вольтметри у режимі вимірювання постійної напруги (режим DC);

$PA_1, PA_2, PA_3, PA_4, PA_5$ — амперметри у режимі вимірювання постійного струму (режим DC).

Задати значення параметрів елементів кола, обчислені у пункті 1 розрахункової частини.

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Зняти покази амперметрів і вольтметрів і занести їх у відповідні клітинки табл. 1.1.

Порівняти результати обчислень і вимірювань і зробити висновки.

На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Лабораторна робота №2. "Дослідження розгалужених електричних кіл постійного струму"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження розгалужених електричних кіл постійного струму

Розрахункова частина

Вибрати відповідно до заданого викладачем варіанту N , який визначається номером студента у журналі групи, електричне коло на стор. .

Обчислити параметри елементів заданого електричного кола (рис. 1) за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R_1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; R_2 = [3 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; R_3 = [4 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом};$$

$$R_4 = [5 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; R_5 = [6 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; R_6 = [7 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$E_1 = [N \cdot G] \text{ Вольт}; E_2 = 2 \cdot [N \cdot G] \text{ Вольт}; J_1 = \frac{250}{[N \cdot G]} \text{ міліампер.}$$

Визначити струми у вітках заданого електричного кола методом контурних струмів у такій послідовності:

- розрахувати значення контурних електрорушійних сил;
- розрахувати значення власних і взаємних опорів контурів;
- обчислити значення визначника матриці власних і взаємних опорів контурів;
- визначити контурні струми;
- визначити струми у вітках кола за отриманими значеннями контурних струмів.

Результати розрахунків занести у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Метод контурних струмів											
Контурні електрорушійні сили											
E_{11}			E_{22}			E_{33}			E_{44}		
Власні і взаємні опори контурів											
R_{11}	R_{22}	R_{33}	R_{44}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{23}	R_{24}	R_{34}		
Визначник матриці власних і взаємних опорів контурів								$\Delta_R =$			
Контурні струми											
I_{11}			I_{22}			I_{33}			I_{44}		

Струми у вітках							
I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8

Визначити струми у вітках заданого електричного кола методом вузлових потенціалів у такій послідовності:

розрахувати значення вузлових струмів;

розрахувати значення власних і взаємних провідностей вузлів;

обчислити значення визначника матриці власних і взаємних провідностей вузлів;

визначити потенціали вузлів кола, прийнявши за нульовий потенціал одного з вузлів;

визначити струми у вітках кола за законом Ома, скориставшись отриманими значеннями потенціалів вузлів.

Результати розрахунків занести у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Метод вузлових потенціалів											
Вузлові струми											
J_{11}			J_{22}			J_{33}			J_{44}		
Власні і взаємні провідності вузлів											
G_{11}	G_{22}	G_{33}	G_{44}	G_{12}	G_{13}	G_{14}	G_{23}	G_{24}	G_{34}		
Визначник матриці власних і взаємних провідностей вузлів						$\Delta_G =$					
Потенціали вузлів											
V_{11}			V_{22}			V_{33}			V_{44}		

Струми у вітках							
I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8

Для розрахунків доцільно скористатися комп'ютерною програмою MathCAD

Експериментальна частина

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronics Workbench* електричне коло, наведене на рис. 1.

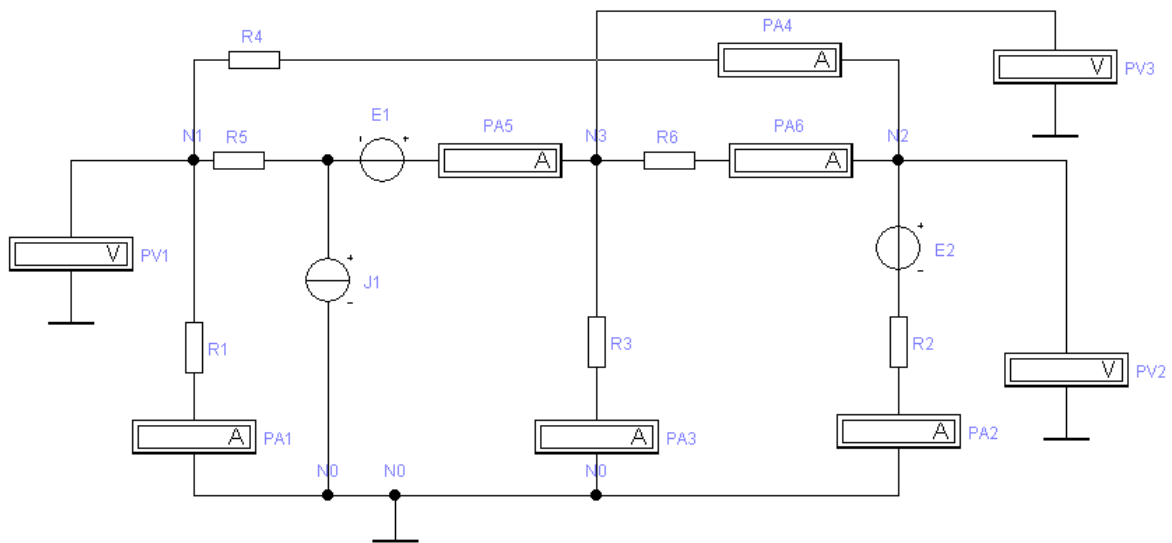


Рис. 2.1

На рис. 2.1 показані:

E1, E2, — джерела постійної напруги;

J1 — джерело постійного струму

R1, R2, R3, R4, R5, R6 — резистори;

PV1, PV2, PV3 — вольтметри у режимі вимірювання постійної напруги (режим DC);

PA1, PA2, PA3, PA4, PA5, PA6 — амперметри у режимі вимірювання постійного струму (режим DC).

Задати значення параметрів елементів кола, обчислені у пункті 2 розрахункової частини.

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Зняти покази амперметрів і вольтметрів і занести їх у відповідні клітинки табл. 2.3.

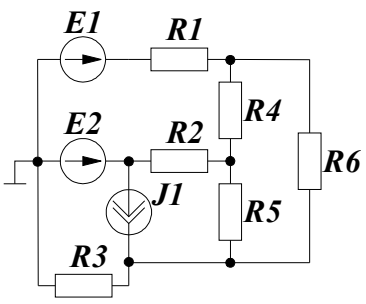
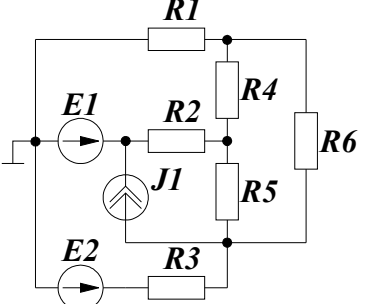
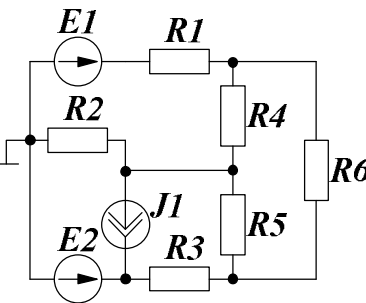
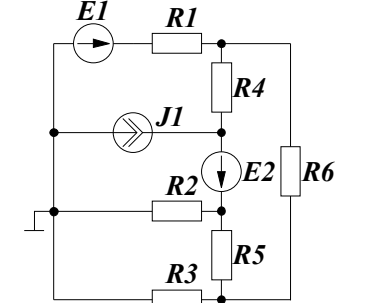
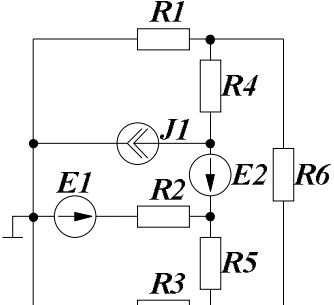
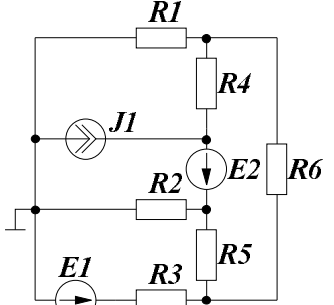
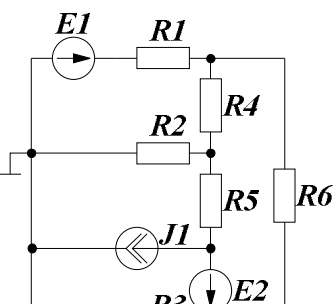
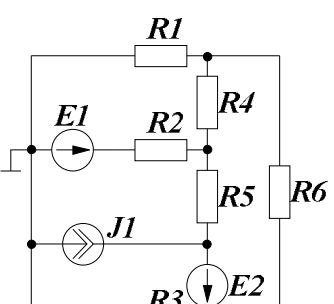
Порівняти результати обчислень і вимірювань і зробити висновки.

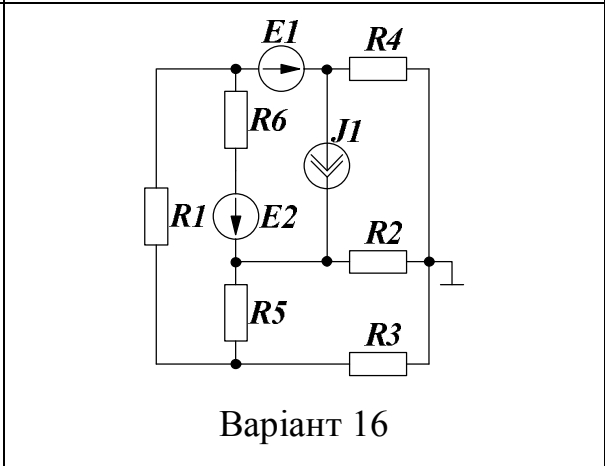
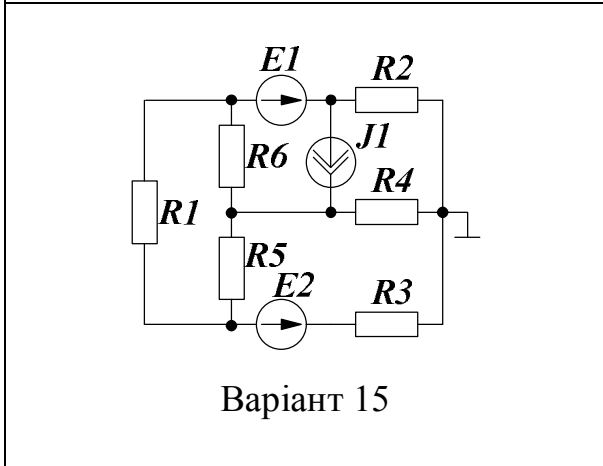
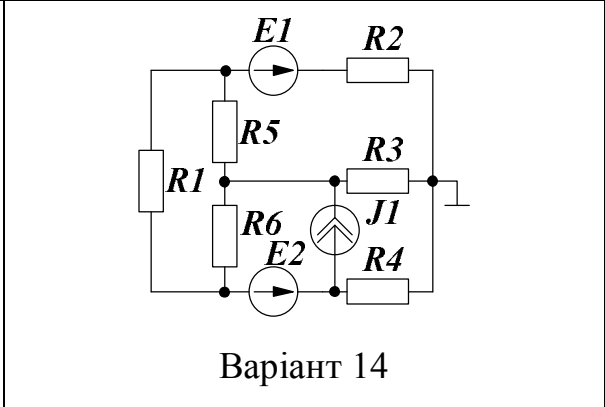
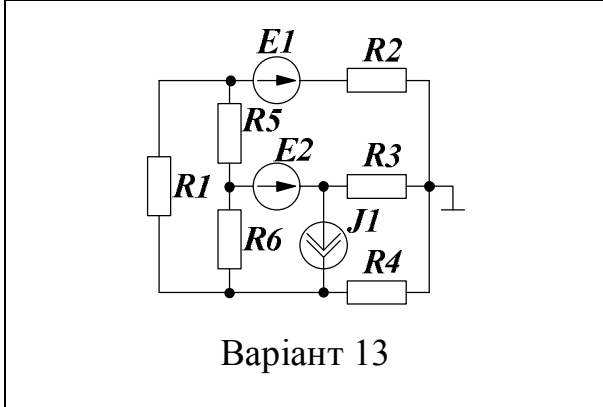
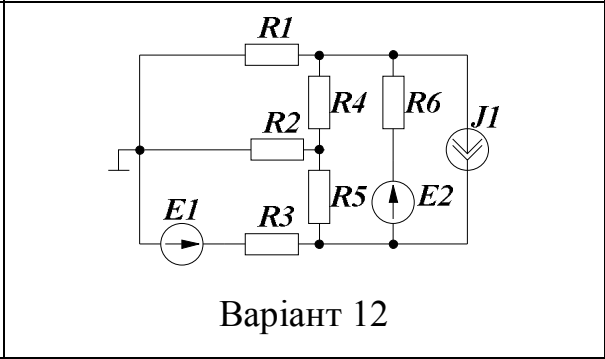
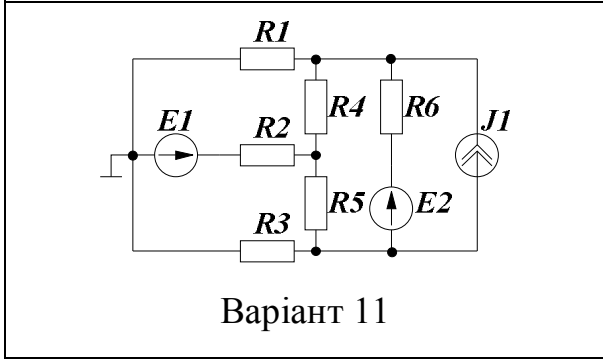
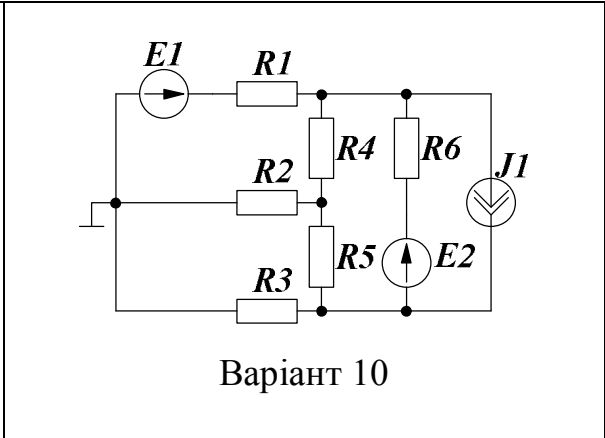
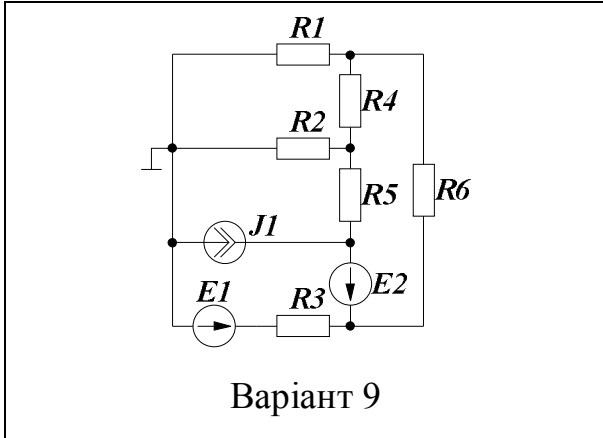
Таблиця 3

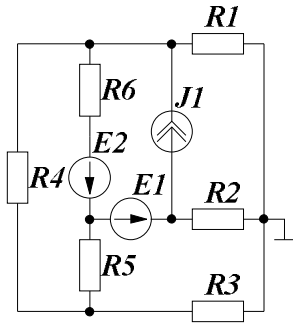
	Вітки кола					
	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>	<i>R6</i>
Струми віток						
Результати обчислень						
Результати вимірювань						
Потенціали вузлів						
	V1	V2	V3	V4	V5	
Результати обчислень						
Результати вимірювань						

На захист представити паперовий і електронний варіанти.

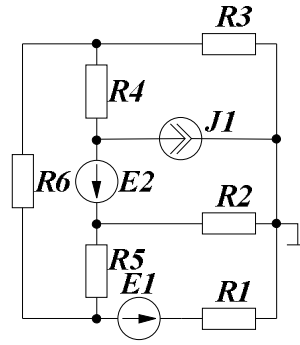
Варіанти індивідуального завдання

 <p>Варіант 1</p>	 <p>Варіант 2</p>
 <p>Варіант 3</p>	 <p>Варіант 4</p>
 <p>Варіант 5</p>	 <p>Варіант 6</p>
 <p>Варіант 7</p>	 <p>Варіант 8</p>

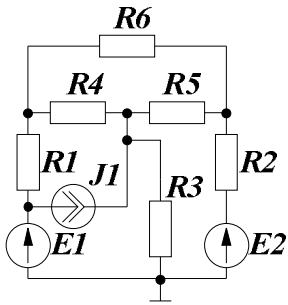




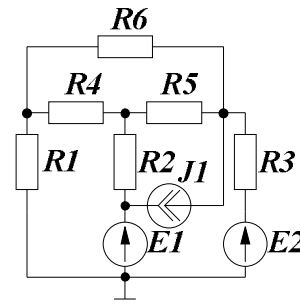
Вариант 17



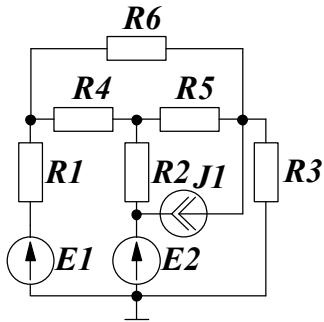
Вариант 18



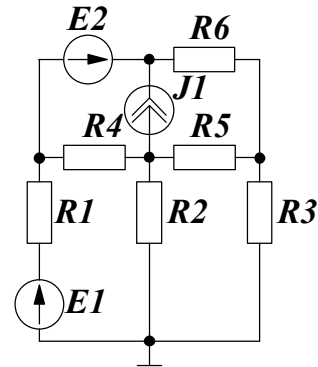
Вариант 19



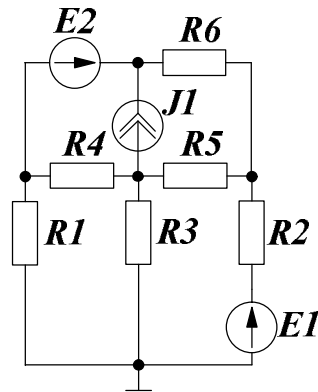
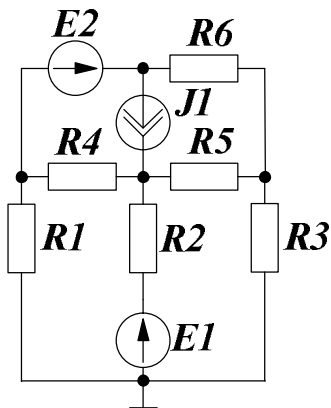
Вариант 20



Вариант 21



Вариант 22



Лабораторна робота №3. "Дослідження властивостей розгалужених електричних кіл постійного струму"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження розгалужених електричних кіл постійного струму

Розрахункова частина

Вибрати відповідно до заданого викладачем варіанту N , який визначається номером студента у журналі групи, електричне коло на стор. .

Обчислити параметри елементів заданого електричного кола (рис. 1) за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad R2 = [3 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad R3 = [4 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \\ R4 = [5 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad R5 = [6 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad R6 = [7 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$E1 = [N \cdot G] \text{ Вольт}; \quad E2 = 2 \cdot [N \cdot G] \text{ Вольт}; \quad J1 = \frac{250}{[N \cdot G]} \text{ міліампер.}$$

Визначити струм у вітці з елементом $R6$ методом накладання через часткові струми у такій послідовності:

- обчислити значення визначника матриці власних і взаємних опорів контурів;
- обчислити значення передаточних провідностей від джерел $E1$, $E2$, $J1$ до вітки з елементом $R6$;
- обчислити значення часткових струмів у вітці з елементом $R6$;
- обчислити струм у вітці з елементом $R6$ методом накладання.

Визначити струм у вітці з елементом R_6 методом накладання через часткові потенціали у такій послідовності:

- прийняти потенціал рівний нулю одного з двох вузлів, між якими розміщена вітка з елементом R_6 ;
- обчислити значення визначника матриці власних і взаємних провідностей вузлів;
- обчислити значення передаточних опорів від джерел E_1 , E_2 , J до вітки з елементом R_6 ;
- обчислити значення часткових потенціалів вузла з елементом R_6 ;
- обчислити потенціал вузла з елементом R_6 методом накладання;
- обчислити струм у вітці з елементом R_6 за законом Ома, використавши знайдений потенціал вузла.

Результати розрахунків занести у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

		Джерела енергії		
		E_1	E_2	J
Взаємні опори		$\frac{\Delta R_{16}}{\Delta_R}$	$\frac{\Delta R_{26}}{\Delta_R}$	$\frac{\Delta R_{36}}{\Delta_R}$
Часткові струми	Результати обчислень			
	Результати вимірювань			
Струм I_6	Результати обчислень			
	Результати вимірювань			
Взаємні провідності		$\frac{\Delta Y_{16}}{\Delta_Y}$	$\frac{\Delta Y_{26}}{\Delta_Y}$	$\frac{\Delta Y_{36}}{\Delta_Y}$

Часткові потенціали	Результати обчислень			
	Результати вимірювань			
Потенціал вузла	Результати обчислень			
	Результати вимірювань			
Визначник матриці власних і взаємних опорів контурів $\Delta_R =$				
Визначник матриці власних і взаємних провідностей вузлів $\Delta_G =$				

Експериментальна частина

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 1.

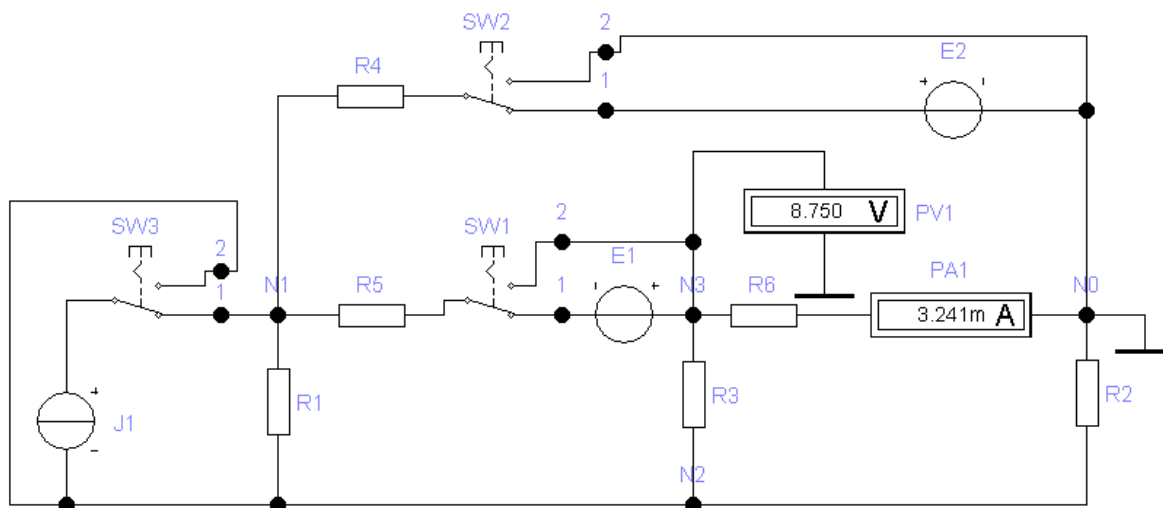


Рис.3.1

На рис. 3.1 показані:

E1, E2, — джерела постійної напруги;

J1 — джерело постійного струму

R1, R2, R3, R4, R5, R6 — резистори;

PV1 — вольтметр у режимі вимірювання постійної напруги (режим DC);

PA1 — амперметр у режимі вимірювання постійного струму (режим DC);

SW1, SW2, SW3 — комутатори (ключі)

Задати значення параметрів елементів кола, обчислені у пункті 2 розрахункової частини.

Увімкнути джерело напруги $E1$ у коло (ключ $SW1$ встановити у позицію 1). Джерела енергії $E2$, $J1$ — вимкнути (ключі $SW2$, $SW3$ встановити у позицію 2).

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Зняти покази амперметрів і вольтметрів і занести їх у відповідні клітинки табл. 3.1.

Увімкнути джерело напруги $E2$ у коло (ключ $SW2$ встановити у позицію 1). Джерела енергії $E1$, $J1$ — вимкнути (ключі $SW1$, $SW3$ встановити у позицію 2).

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Зняти покази амперметрів і вольтметрів і занести їх у відповідні клітинки табл. 3.1.

Увімкнути джерело напруги $J1$ у коло (ключ $SW3$ встановити у позицію 1). Джерела енергії $E1$, $E2$ — вимкнути (ключі $SW1$, $SW2$ встановити у позицію 2).

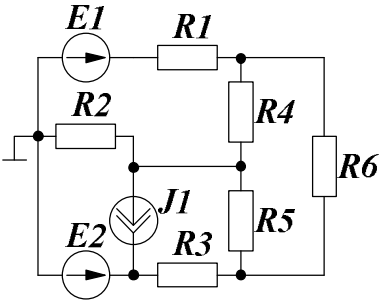
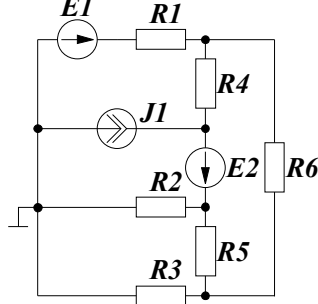
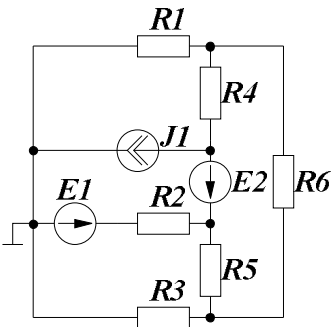
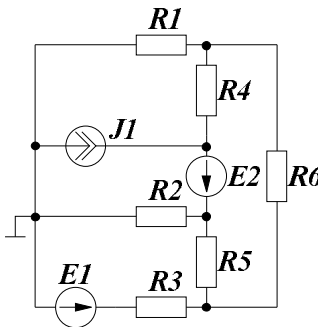
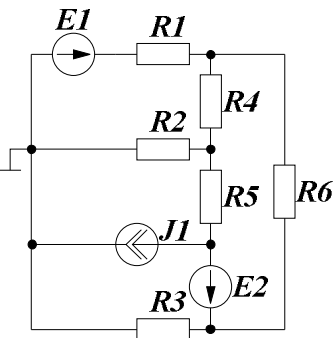
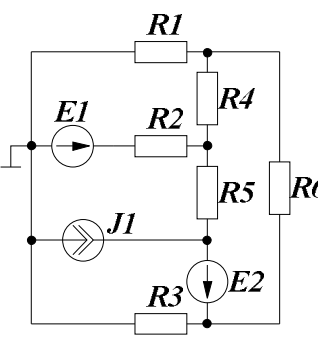
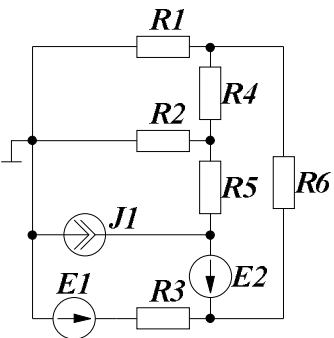
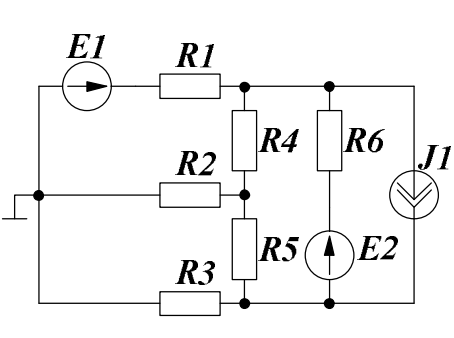
Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

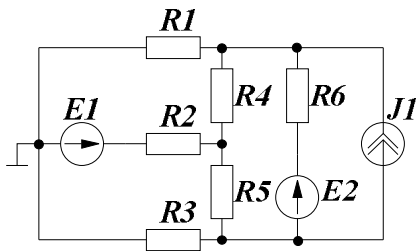
Зняти покази амперметрів і вольтметрів і занести їх у відповідні клітинки табл. 1.

Порівняти результати обчислень і вимірювань і зробити висновки.

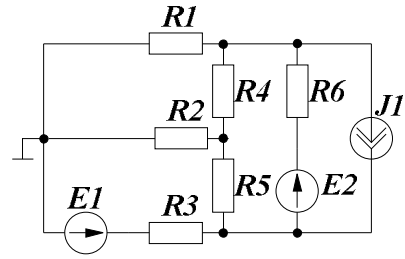
На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Варіанти індивідуального завдання

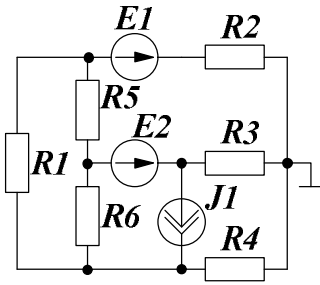
 <p>Варіант 1</p>	 <p>Варіант 2</p>
 <p>Варіант 3</p>	 <p>Варіант 4</p>
 <p>Варіант 5</p>	 <p>Варіант 6</p>
 <p>Варіант 7</p>	 <p>Варіант 8</p>



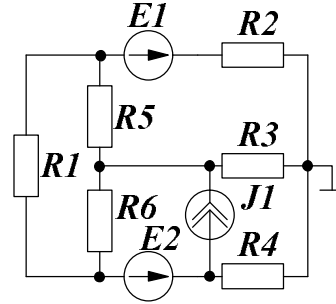
Варіант 9



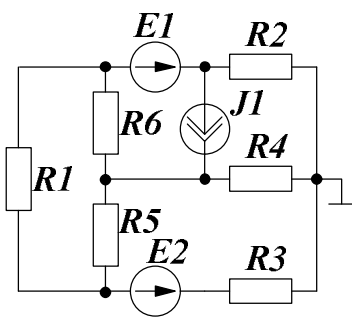
Варіант 10



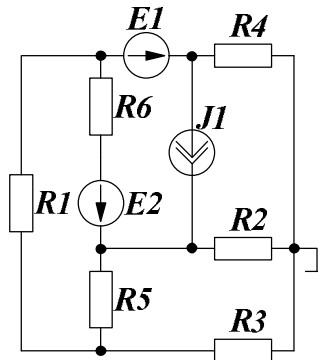
Варіант 11



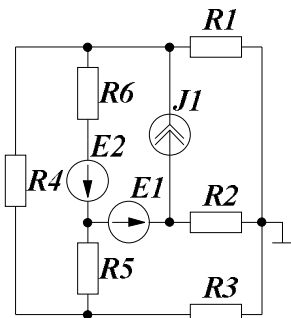
Варіант 12



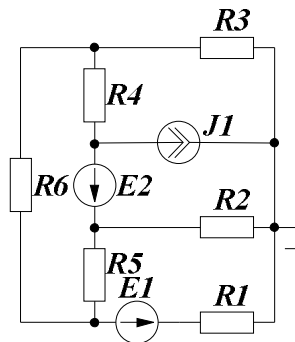
Варіант 13



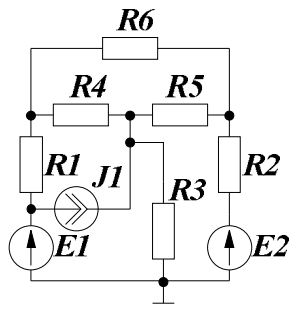
Варіант 14



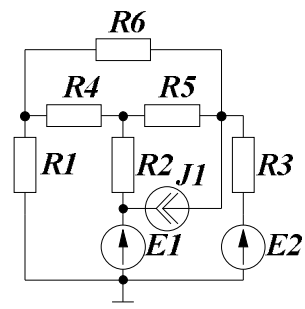
Варіант 15



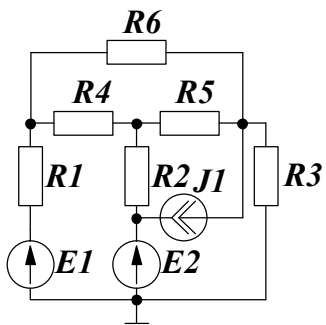
Варіант 16



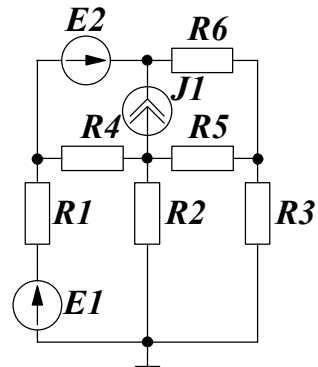
Вариант 17



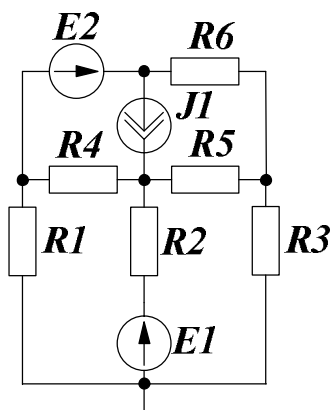
Вариант 18



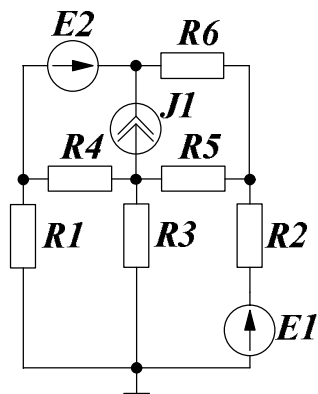
Вариант 19



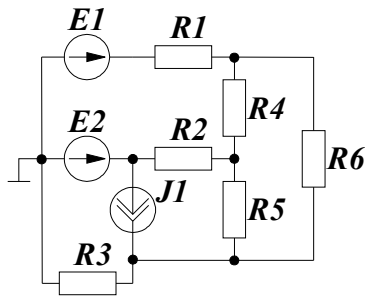
Вариант 20



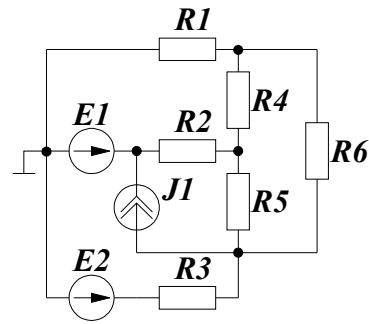
Вариант 21



Вариант 22



Вариант 23



Вариант 24

Лабораторна робота №4 "Дослідження послідовного і паралельного з'єднання елементів у режимі синусоїдного струму"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження електричних кіл у режимі синусоїдного струму

Розрахункова частина

Обчислити параметри елементів електричного кола за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad L1 = \frac{[2 \cdot N + 10 \cdot G]}{6000 \cdot N} \cdot \text{Генрі}$$

$$C1 = \frac{1}{6000 \cdot N \cdot [3 \cdot N + 10 \cdot G]} \text{ Фарад}$$

Обчислити сталі часу електричних кіл:

послідовне і паралельне сполучення L - та R - елементів за формулою

$$\tau_{LR} = \frac{L1}{R1};$$

послідовне і паралельне сполучення C - та R - елементів за формулою

$$\tau_{CR} = C1R1;$$

Задати такі параметри електрорушійної сили:

початкову фазу $E1$ задати рівною нулю;

діюче значення $E1$ дорівнює 10 В

Розрахувати за умови, що частота коливань джерела напруги $E1$ дорівнює $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц, такі параметри електричного кола при послідов-

ному сполученні L - та R - елементів:

□ діюче значення струму у колі;

діючі значення напруг на резистивному та індуктивному елементах;

кут зсуву фаз між напругою на вході кола і струмом у колі.

Розраховані дані занести у табл. 4.1.

Розрахувати за умови, що частота коливань джерела напруги E_1 до-

рівнює $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц, такі параметри електричного кола при паралель-

ному сполученні L - та R - елементів:

діюче значення струму у нерозгалуженій частині кола;

діючі значення струмів у резистивному та індуктивному елементах;

кут зсуву фаз між напругою на вході кола і струмом у нерозгалуженій частині кола.

Розраховані дані занести у табл. 4.1.

Розрахувати за умови, що частота коливань джерела напруги E_1 до-

рівнює $f = \frac{1}{2\pi\tau_{CR}}$ Герц такі параметри електричного кола при послідов-

ному сполученні C - та R - елементів:

діюче значення струму у колі;

діючі значення напруг на резистивному та ємнісному елементах;

кут зсуву фаз між напругою на вході кола і струмом у колі.

Розраховані дані занести у табл. 4.1.

Розрахувати за умови, що частота коливань джерела напруги E_1 до-

рівнює $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц такі параметри електричного кола при паралель-

ному сполученні C - та R - елементів:

діюче значення струму у нерозгалуженій частині кола;

діючі значення струмів у резистивному та ємнісному елементах;

кут зсуву фаз між напругою на вході кола і струмом у нерозгалуженій частині кола.

Розраховані дані занести у табл. 4.1.

Експериментальна частина

На рис. 4.1 показані:

E1 — джерело синусоїдної напруги;

R1 — резистор;

L1 — індуктивний елемент;

C1 — конденсатор;


V_V1, V_V2 — керовані напругою джерела напруги;


I_V1 — кероване струмом джерело напруги;

SW1, SW2 — комутатори (ключі).

При роботі з осцилографом дотримуватися таких рекомендацій:

Масштаб за часом (Time base) встановити такий, щоб на екрані осцилографа розміщувалося 1,5...2 періоди коливань.

Запуск осцилографа (Trigger) встановити від каналу А, наростанням імпульсу  з нулевим (0,0) рівнем запуску (Level).

Масштаб напруг  у каналі А (Chanel A) і у каналі В (Chanel B) встановити такий, щоб подвійна амплітуда коливань становила не менше 3/4 екрану.

Послідовність виконання роботи

I. Дослідження послідовного сполучення L- та R- елементів

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 1.

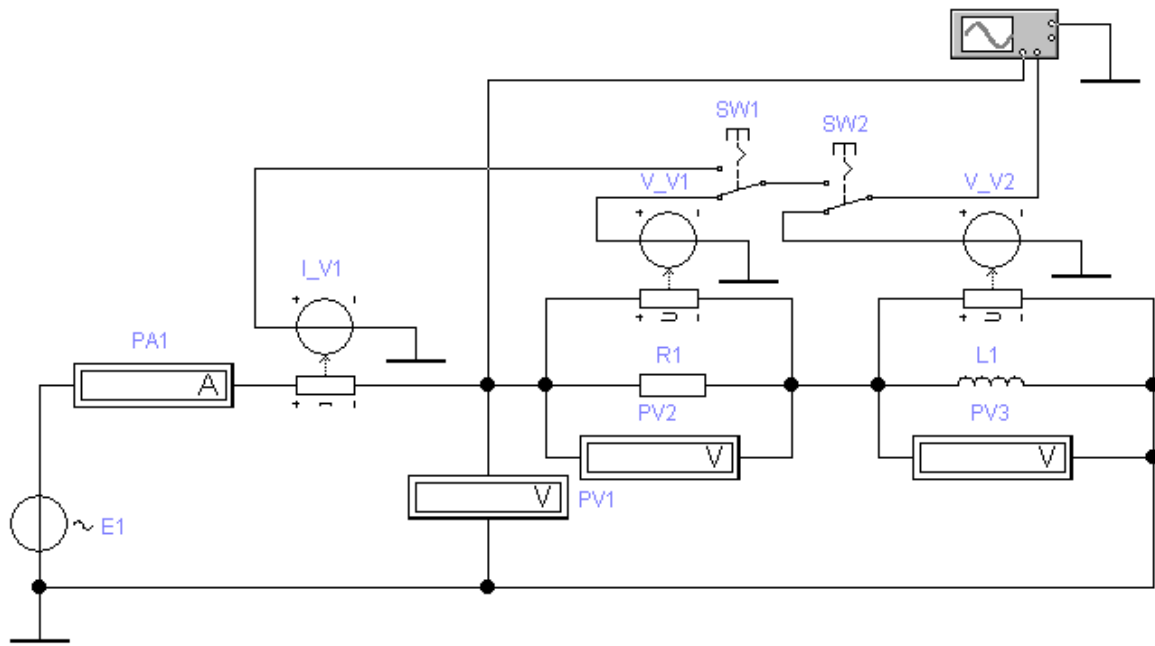


Рис.1

Задати значення параметрів кола, які залежать від G — індексу групи та N — номера студента у журналі групи:

початкову фазу $E1$ задати рівною нулю;

діюче значення $E1$ дорівнює 10 В;

частоту коливань $E1$ — $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц

Коефіцієнти передачі керованих напругою джерел напруги V_V1 , V_V2 , V_V3 , V_V4 встановити рівними 1V/V;

Коефіцієнт передачі джерела напруги керованого струмом джерел I_V1 встановити рівними 1 Ohm/

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Виміряти за допомогою амперметра $PA1$ діюче значення струму у колі, для чого встановити на амперметрі режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 1

Виміряти за допомогою вольтметрів $PV1$, $PV2$, $PV3$ діючі значення напруг на вході кола на резистивному та індуктивному елементах, для чого встановити на вольтметрах режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 1

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола і на резистивному та індуктивному елементах.

Отримані діаграми включити до протоколу лабораторної роботи.

За діаграмами, отриманих за допомогою осцилографа, визначити кут зсуву між напругою на вході кола і струмом і занести у табл. 1.

II. Дослідження послідовного сполучення C - та R - елементів

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 2.

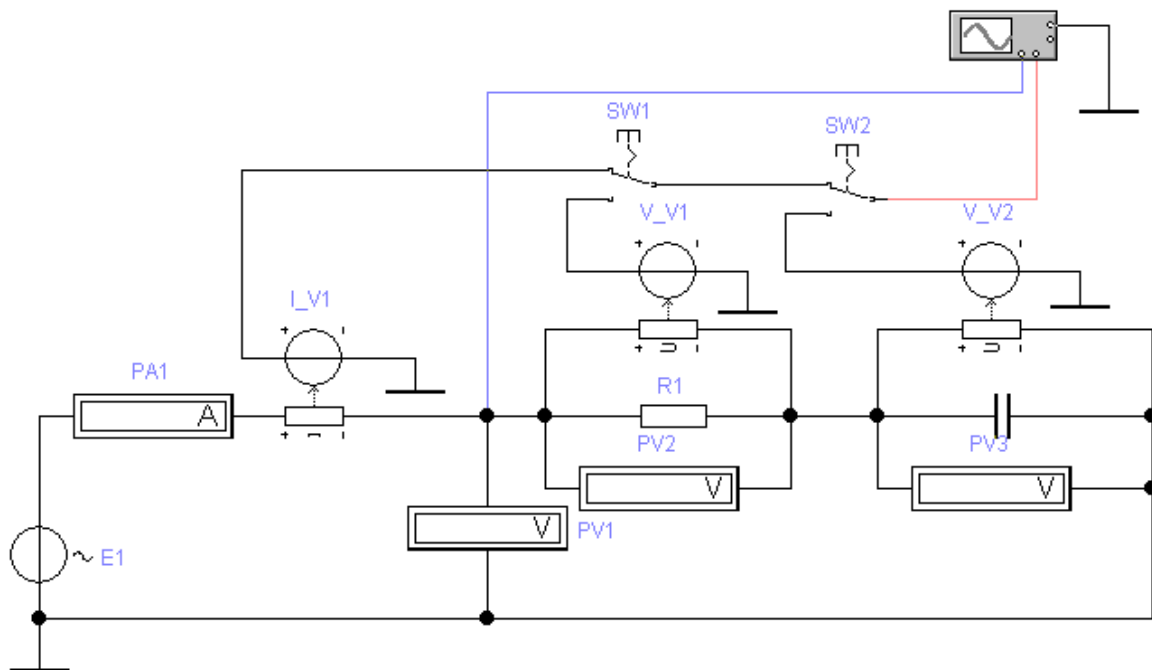


Рис. 2

Задати значення параметрів параметрів кола, які залежать від G — індекса групи та N — номера студента у журналі групи:

початкову фазу $E1$ задати рівною нулю;

діюче значення $E1$ дорівнює 10 В;

частоту коливань $E1$ — $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц

Коефіцієнти передачі керованих напругою джерел напруги V_V1 , V_V2 , V_V3 , V_V4 встановити рівними 1V/V;

Коефіцієнт передачі джерела напруги керованого струмом джерел I_V1 встановити рівними 1 Ohm/

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Виміряти за допомогою амперметра $PA1$ діюче значення струму у колі, для чого встановити на амперметрі режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 1.

Виміряти за допомогою вольтметрів $PV1$, $PV2$, $PV3$ діючі значення напруг на вході кола на резистивному та індуктивному елементах, для чого встановити на вольтметрах режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 2.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола і на резистивному та ємнісному елементах.

За діаграмами, отриманих за допомогою осцилографа, визначити кут зсуву між напругою на вході кола і струмом і занести у табл. 2.

III. Дослідження паралельного сполучення L- та R- елементів

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 3

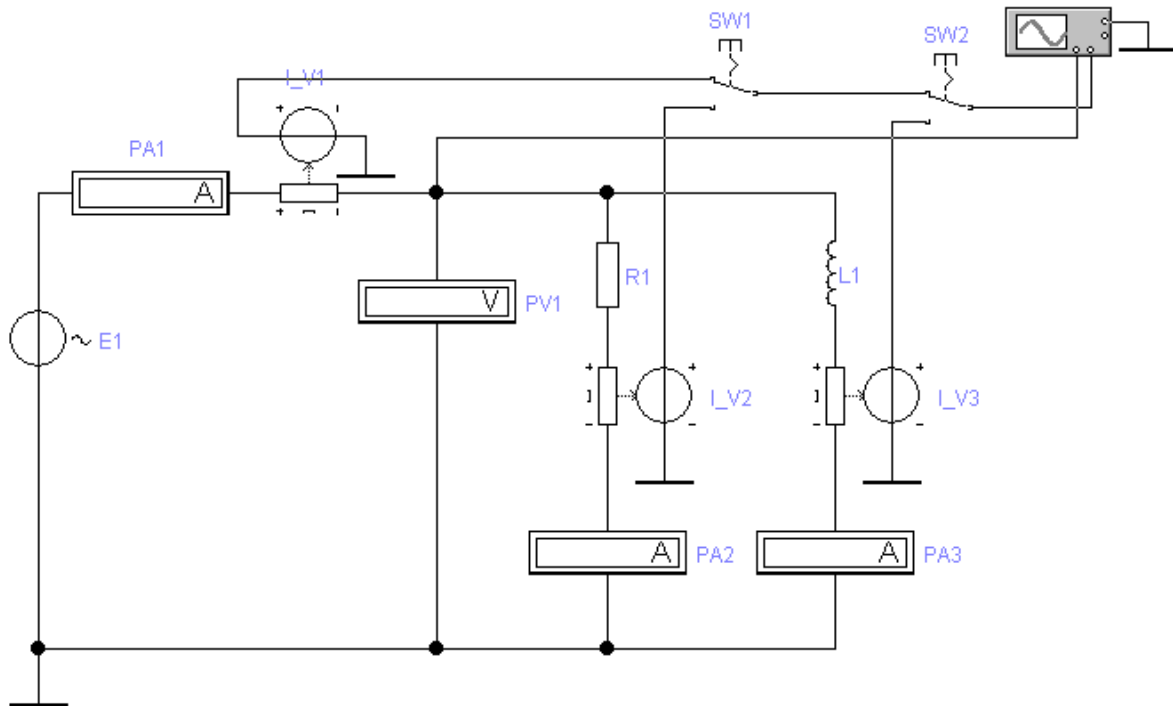


Рис. 4.3

Задати значення параметрів кола, які залежать від G — індексу групи та N — номера студента у журналі групи:

початкову фазу $E1$ задати рівною нулю;

діюче значення $E1$ дорівнює 10 В;

частоту коливань $E1$ — $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц

Коефіцієнт передачі джерела напруги керованого струмом джерел I_V1 , I_V2 , I_V3 встановити рівними 1 Ohm.

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Виміряти за допомогою амперметра $PA1$, $PA2$, $PA3$ діюче значення струму у колі, для чого встановити на амперметрі режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 1.

Виміряти за допомогою вольтметра *PV1* діюче значення напруги на вході кола, для чого встановити на вольтметрі режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 2.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола і на резистивному та ємнісному елементах.

За діаграмами, отриманих за допомогою осцилографа, визначити кут зсуву між напругою на вході кола і струмом і занести у табл. 2.

IV. Дослідження паралельного сполучення C- та R- елементів

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 4.

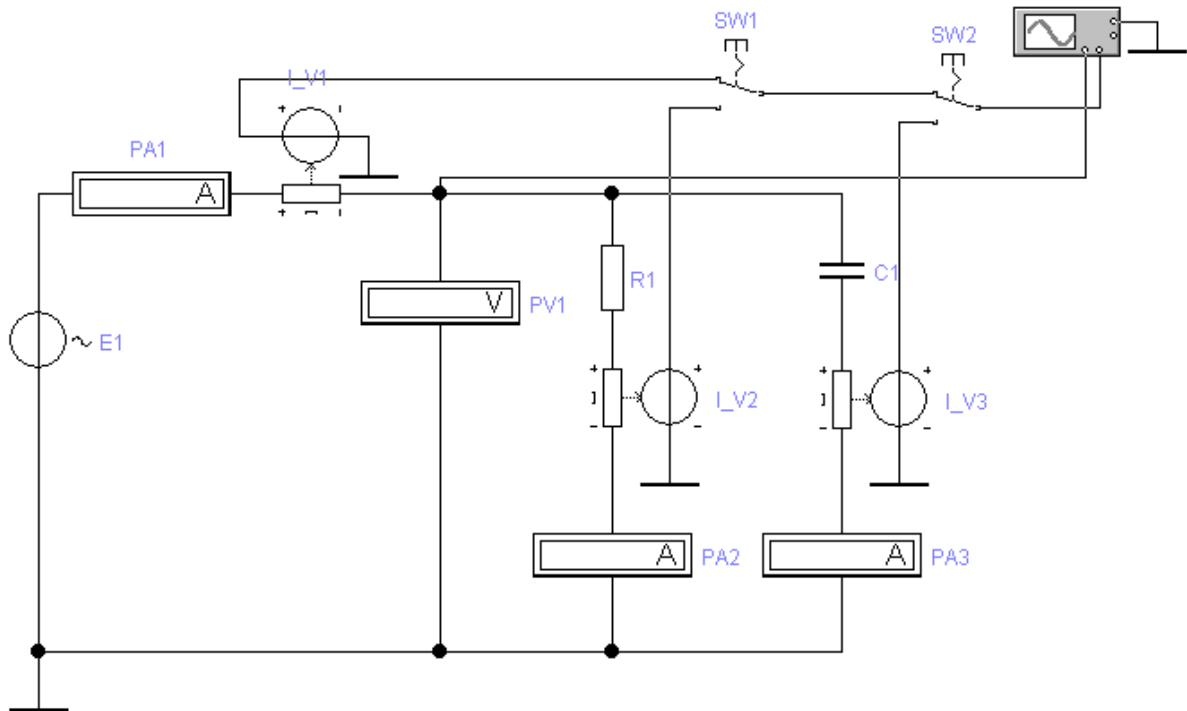


Рис. 4.4

Задати значення параметрів кола, які залежать від *G* — індексу групи та *N* — номера студента у журналі групи:

початкову фазу *E1* задати рівною нулю;

діюче значення *E1* дорівнює 10 В;

частоту коливань $E1$ — $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц;

коефіцієнти передачі керованих напругою джерел напруги V_V1 , V_V2 , V_V3 , V_V4 встановити рівними $1V/V$;

На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Лабораторна робота №5 "Дослідження резонансу напруг"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження електричних кіл у режимі резонансу напруг.

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 5.1.

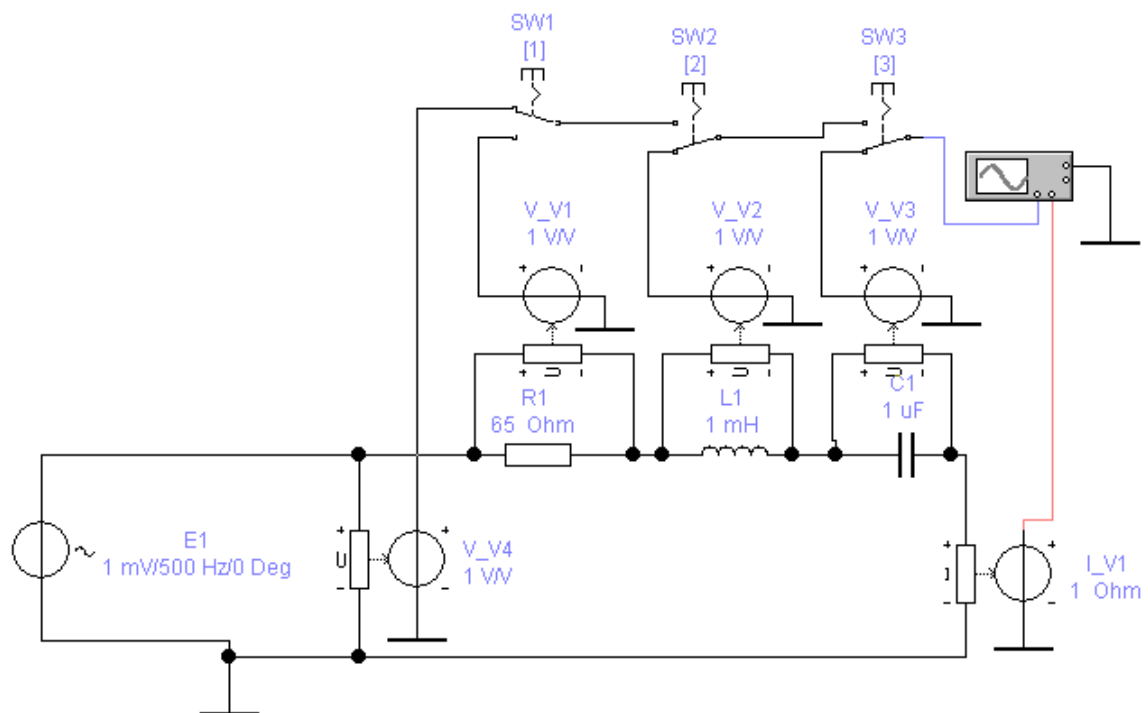


Рис. 5.1

На рис. 5.1 показані:

E1 — джерело синусоїдної напруги;

R1 — резистор;

L1 — індуктивний елемент;

C1 — конденсатор;

V_V1, V_V2, V_V3, V_V4 — керовані напругою джерела напруги;

I_V1 — кероване струмом джерело напруги;

SW1, SW2, SW3 — комутатори (ключі).

Задати значення параметрів елементів кола, які залежать від G — індексу групи та N — номера студента у журналі групи:

Початкову фазу джерела E1 задати рівною нулю;

$L_1 = G \cdot (N + 5)$ мілігенрі — індуктивність елемента;

$C_1 = G \cdot (N + 10)$ мікрофарад — ємність елемента;

$R_1 = G \cdot \sqrt{\frac{N + 5}{N + 10}} 100$ Ом — опір елемента;

Коефіцієнти передачі керованих напругою джерел напруги V_V1, V_V2, V_V3, V_V4 встановити рівними $1V/V$;

Коефіцієнт передачі джерела напруги керованого струмом джерел I_V1 встановити рівними 1 Ohm/

Визначити резонансну частоту кола за формулою

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(N + 5) \cdot 10^{-3} \cdot (N + 10) \cdot 10^{-6}}} \text{ Герц.}$$


Визначити інтервал дискретизації по частоті $\Delta f = \frac{f_0}{5}$ Герц.

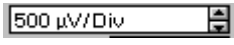
Встановити діюче значення джерела напруги E1 рівним 1 мілівольт.

Зняти експериментально частотні характеристики кола, тобто залежність від частоти струму $I(f)$, напруг $U_R(f)$, $U_L(f)$, $U_C(f)$, зсуву фаз $\varphi(f)$, для чого послідовно задаючи значення частоти f рівними Δf , $2\Delta f$, $3\Delta f, \dots, 10\Delta f$

джерела Е1 виміряти за допомогою осцилографа амплітудні значення напруг і струмів і різницю фаз між напругою і струмом.

Масштаб за часом (Time base) встановити такий, щоб на екрані осцилографа розміщувалося 1,5...2 періоди коливань.

Запуск осцилографа (Trigger) встановити від каналу В, наростанням імпульсу  з нулевим (0,0) рівнем запуску (Level).

Масштаб напруг  у каналі А (Chanel A) і у каналі В (Chanel B) встановити такий, щоб подвійна амплітуда коливань становила не менше 3/4 екрану.

Результати вимірювань занести у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Значення частоти	Δf	$2\Delta f$	$3\Delta f$	$4\Delta f$	$5\Delta f$	$6\Delta f$	$7\Delta f$	$8\Delta f$	$9\Delta f$	$10\Delta f$
Амплітудне значення струму										
Амплітудне значення напруги на резисторі										
Амплітудне значення напруги на індуктивності										
Амплітудне значення на-										

пруги на єм- ності										
Зсув фаз										

За даними табл. 5.1 побудувати частотні характеристики кола $I(f)$, $U_R(f)$, $U_L(f)$, $U_C(f)$, $\varphi(f)$ у логарифмічному масштабі.

Зарисувати графіки напруг $u(t)$, $u_R(t)$, $u_L(t)$, $u_C(t)$ і струму $i(t)$ у режимі резонансу і у режимах $f = \Delta f$; $f = 10\Delta f$. Графіки мають бути тривалістю 1,5...2 періоди.

Побудувати частотні характеристики $I(f)$, $U_R(f)$, $U_L(f)$, $U_C(f)$, $\varphi(f)$ в автоматичному режимі, для чого скористатися вкладкою аналізу (**Analysis**). На вкладці вибрати режим **AC Frequency...** У вікні, що з'явилося, вибрати:

початок частотного інтервалу аналізу (**Start Frequency**) (цей параметр рекомендується вибрати у 100 разів менший за резонансну частоту кола f_0);

кінець частотного інтервалу аналізу (**End Frequency**) (цей параметр рекомендується вибрати у 100 разів більший за резонансну частоту кола f_0);

вид розгортки (**Sweep type**) (рекомендується десяткова логарифмічна шкала (**Decade**)); вертикальна шкала — логарифмічна (**Log**).

Далі слід вибрати вузол електричного кола (**Node**) у списку вузлів (**Node in circuit**), напругу якого відносно нуля потрібно аналізувати. Вибраний вузол у списку натискуванням кнопки (**Add** —>) перенести у список для аналізу (**Node for analysis**).

Запустити аналіз, натиснувши на кнопку (**Simulate**).

Зберегти у пам'яті отримані результати аналізу.

На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Лабораторна робота №6 "Дослідження резонансу струмів"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження резонансу струмів

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 1.

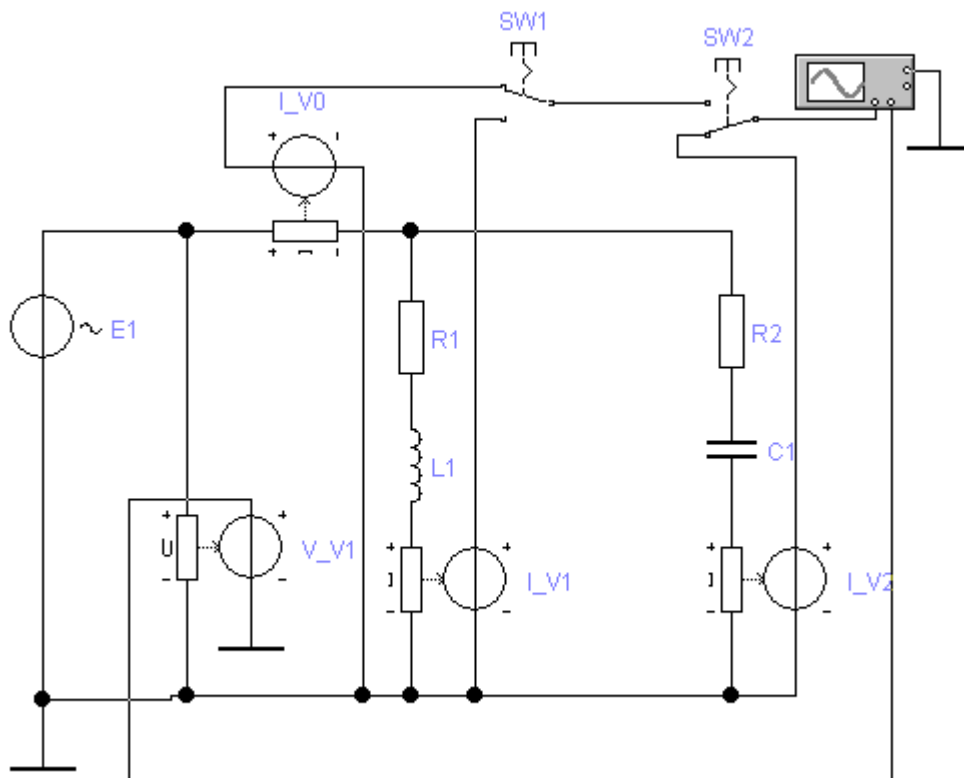


Рис.6.1

На рис. 6.1 показані:

$E1$ — джерело синусоїдної напруги;

$R1, R2$ — резистори;

$L1$ — індуктивний елемент;

$C1$ — конденсатор;

I_V0, I_V1, I_V2 — керовані струмом джерела напруги;

V_V1 — кероване напругою джерело напруги;

SW1, SW2 — комутатори (ключі).

Задати значення параметрів елементів кола, які залежать від G — індексу групи та N — номера студента у журналі групи:

Початкову фазу джерела $E1$ задати рівною нулю;

$L_1 = G \cdot (N + 5)$ мілігенрі — індуктивність елемента;

$C_1 = G \cdot (N + 10)$ мікрофарад — ємність елемента;

$$R_1 = G \cdot \sqrt{\frac{N + 5}{N + 10}} 100 \text{ Ом} \text{ — опір елемента } R1;$$

$$R_2 = G \cdot \sqrt{\frac{N + 5}{N + 10}} 200 \text{ Ом} \text{ — опір елемента } R2;$$

Коефіцієнт передачі керованого напругою джерела напруги V_V1 встановити рівними $1V/V$;

Коефіцієнти передачі джерел напруги керованих струмом I_V0 , I_V1 , I_V2 встановити рівними 1 Ohm/

Визначити резонансну частоту кола за формулою


$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{L/C - R_1^2}{L/C - R_2^2}} \text{ Герц.}$$

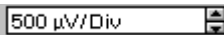
Визначити інтервал дискретизації по частоті $\Delta f = \frac{f_0}{5}$ Герц.

Встановити діюче значення джерела напруги $E1$ рівним 1 мілівольт.

Зняти експериментально частотні характеристики кола, тобто залежність від частоти струмів $I_0(f)$, $I_1(f)$, $I_2(f)$, зсуву фаз $\varphi(f)$, для чого послідовно задаючи значення частоти f рівними Δf , $2\Delta f$, $3\Delta f, \dots, 10\Delta f$ джерела $E1$ виміряти за допомогою осцилографа амплітудні значення напруг і струмів і різницю фаз між напругою і струмом.

Масштаб за часом (Time base) встановити такий, щоб на екрані осцилографа розміщувалося $1,5 \dots 2$ періоди коливань.

Запуск осцилографа (Trigger) встановити від каналу В, наростанням імпульсу  з нулевим (0,0) рівнем запуску (Level).

Масштаб напруг  у каналі А (Chanel A) і у каналі В (Chanel B) встановити такий, щоб подвійна амплітуда коливань становила не менше 3/4 екрану.

Результати вимірювань занести у табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Значення частоти	Δf	$2\Delta f$	$3\Delta f$	$4\Delta f$	$5\Delta f$	$6\Delta f$	$7\Delta f$	$8\Delta f$	$9\Delta f$	$10\Delta f$
Амплітудне значення напруги										
Амплітудне значення струму у першій вітці										
Амплітудне значення струму у другій вітці										
Амплітудне значення струму у нерозгалуженій частині кола										
Зсув фаз										

За даними табл. 6.1 побудувати частотні характеристики кола $U(f)$, $I_1(f)$, $I_2(f)$, $I_0(f)$, $\varphi(f)$ у логарифмічному масштабі.

Зарисувати графіки напруги $u(t)$ і струмів $i_0(t)$, $i_1(t)$, $i_2(t)$ у режимі резонансу і у режимах $f = \Delta f$; $f = 10\Delta f$. Графіки мають бути тривалістю 1,5...2 періоди.

Побудувати частотні характеристики $U(f)$, $I_1(f)$, $I_2(f)$, $I_0(f)$, $\varphi(f)$ в автоматичному режимі, для чого скористатися вкладкою аналізу (**Analysis**). На вкладці вибрати режим **AC Frequency....** У вікні, що з'явилося, вибрати:

початок частотного інтервалу аналізу (**Start Frequency**) (цей параметр рекомендується вибрати у 100 разів менший за резонансну частоту кола f_0);

кінець частотного інтервалу аналізу (**End Frequency**) (цей параметр рекомендується вибрати у 100 разів більший за резонансну частоту кола f_0);

вид розгортки (**Sweep type**) (рекомендується десяткова логарифмічна шкала (**Decade**)); вертикальна шкала — логарифмічна (**Log**).

Далі слід вибрати вузол електричного кола (**Node**) у списку вузлів (**Node in circuit**), напругу якого відносно нуля потрібно аналізувати. Вибраний вузол у списку натискуванням кнопки (**Add —>**) перенести у список для аналізу (**Node for analysis**).

Запустити аналіз, натиснувши на кнопку (**Simulate**).

Зберегти у пам'яті отримані результати аналізу.

На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Лабораторна робота №7 "Дослідження частотних характеристик двополюсників"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження частотних характеристик двополюсників

Розрахункова частина

Вибрати відповідно до заданого викладачем варіанту N , який визначається номером студента у журналі групи, електричне коло (двополюсник) на стор. .

Обчислити параметри елементів електричного кола за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R2 = [3 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R3 = [4 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \\ R4 = [5 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R5 = [6 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$L1 = [2 \cdot N + 10 \cdot G] \cdot 10^{-3} \text{ Генрі} \quad C1 = [3 \cdot N + 10 \cdot G] \cdot 10^{-10} \text{ Фарад}$$

Записати вираз для комплексного опору (імпедансу) двополюсника як дробово-раціональну функцію кутової частоти

$$Z(j\omega) = \frac{a_0 + a_1 \cdot (j\omega)^1 + a_2 \cdot (j\omega)^2 + \dots}{b_0 + b_1 \cdot (j\omega)^1 + b_2 \cdot (j\omega)^2 + \dots}$$

Записати значення коефіцієнтів чисельника і знаменника у табл. 7.1.

Знайти значення коренів чисельника (нулів) і записати у табл. 7.1.

Знайти значення коренів знаменника (полюсів) і записати у табл. 7.1.

Таблиця 7.1.

Значення коефіцієнтів чисельника	a_0	a_1	a_2	a_3
Значення коефіцієнтів знаменника	b_0	b_1	b_2	b_3
Значення коренів чисельника (нулів)	z_1	z_2	z_3	

лів)				
Значення коренів знаменника (полісів)	p_1	p_2	p_3	

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, відповідно до свого варіанту. Як приклад, на рис. 1. наведене електричне коло одного з варіантів.

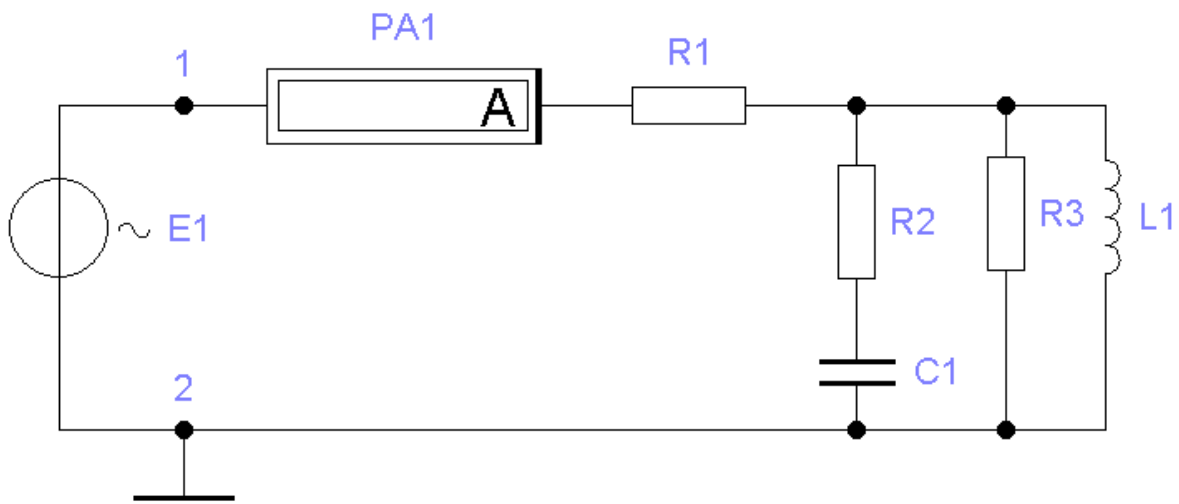


Рис.1

Задати значення параметрів елементів кола, обчислені у пункті 2 розрахункової частини.

Задати значення початкової фази електрорушійної сили E_1 рівним нулю, а діюче значення — рівним 1 мВ.

Визначити найбільше за модулем значення ω_{max} серед нулів і полюсів комплексного опору, визначених у розрахунковій частині.

Визначити інтервал дискретизації по частоті $\Delta f = \frac{\omega_{max}}{10 \cdot \pi}$ Герц.

Встановити діюче значення джерела напруги E_1 рівним 1 мілівольт.

Зняти експериментально залежність струму через двополюсник від частоти у десяти точках частотної осі, для чого послідовно задаючи значення частоти f рівними $\Delta f, 2\Delta f, 3\Delta f, \dots, 10\Delta f$ джерела Е1 виміряти за допомогою амперметром $PA1$ діюче значення струму через двополюсник.

Результати вимірювань занести у табл. 2.

Таблиця 2.

Значення частоти	Δf	$2\Delta f$	$3\Delta f$	$4\Delta f$	$5\Delta f$	$6\Delta f$	$7\Delta f$	$8\Delta f$	$9\Delta f$	$10\Delta f$
Діюче значення струму через двополюсник										

За даними табл. 1 побудувати залежність струму через двополюсник від частоти у логарифмічному масштабі.

Зарисувати графіки напруги $u(t)$ і струму $i(t)$ у режимах $f = \Delta f; f = 5\Delta f; f = 10\Delta f$. Графіки мають бути тривалістю 1,5...2 періоди.

Побудувати залежність від частоти струму $I(f)$ в автоматичному режимі, для чого скористатися вкладкою аналізу (**Analysis**). На вкладці вибрати режим **AC Frequency**.... У вікні, що з'явилося, вибрати:

початок частотного інтервалу аналізу (**Start Frequency**) (цей параметр рекомендується вибрати у 100 разів менший за резонансну частоту кола f_0);

кінець частотного інтервалу аналізу (**End Frequency**) (цей параметр рекомендується вибрати у 100 разів більший за резонансну частоту кола f_0);

вид розгортки (**Sweep type**) (рекомендується десяткова логарифмічна шкала (**Decade**)); вертикальна шкала — логарифмічна (**Log**).

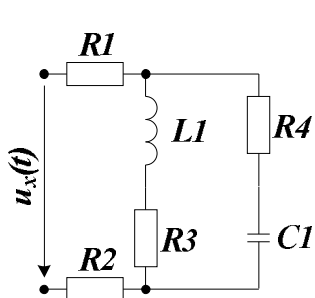
Далі слід вибрати вузол електричного кола (**Node**) у списку вузлів (**Node in circuit**), напругу якого відносно нуля потрібно аналізувати. Вибраний вузол у списку натискуванням кнопки (**Add** →) перенести у список для аналізу (**Node for analysis**).

Запустити аналіз, натиснувши на кнопку (**Simulate**). Оскільки аналізу підлягає струм, то вибираємо у списку не вузол (**Node**), а вітку (**#branch**).

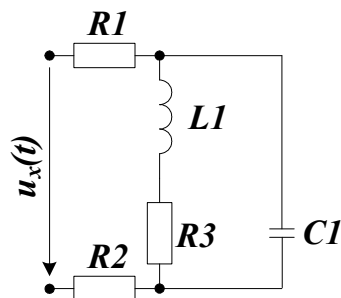
Зберегти у пам'яті отримані результати аналізу.

На захист представити паперовий і електронний варіанти.

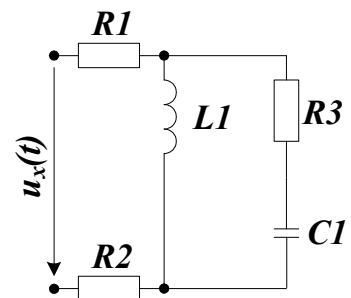
Варіанти індивідуального завдання



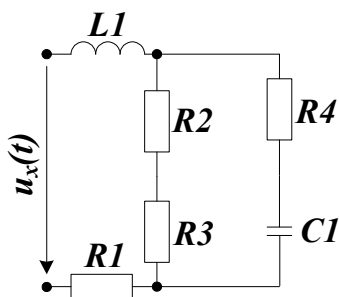
Варіант 1



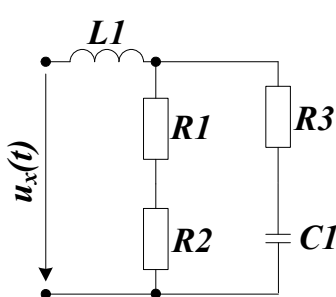
Варіант 2



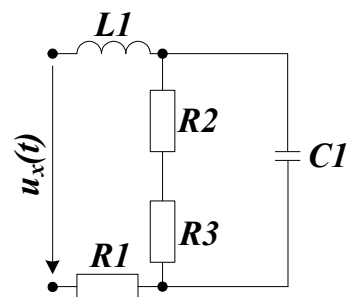
Варіант 3



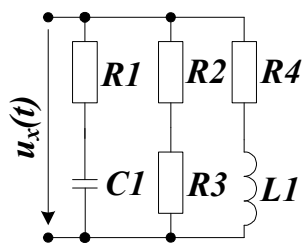
Варіант 4



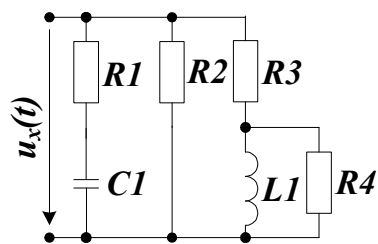
Варіант 5



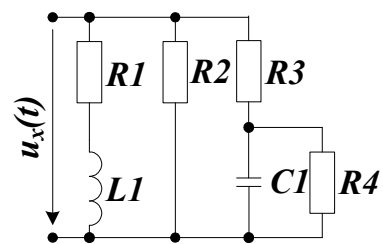
Варіант 6



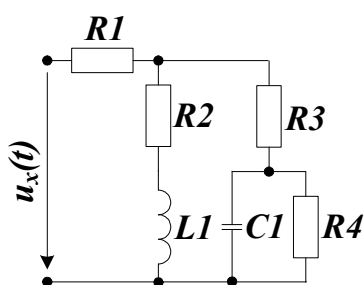
Вариант 7



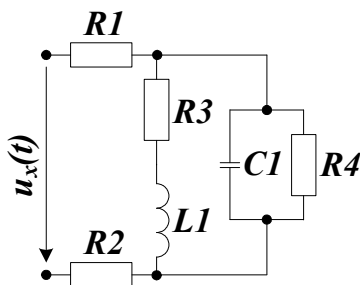
Вариант 8



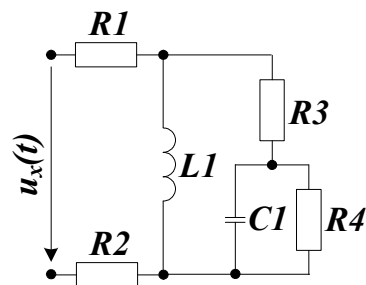
Вариант 9



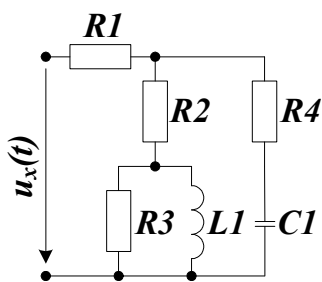
Вариант 13



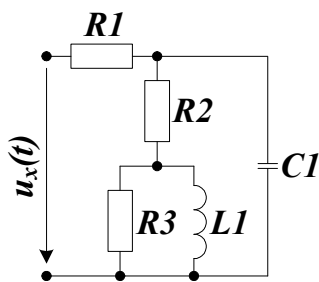
Вариант 14



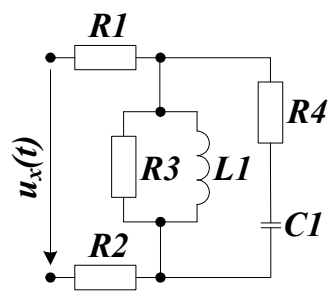
Вариант 15



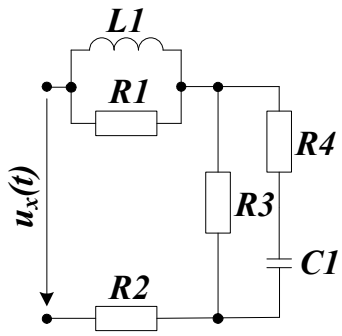
Вариант 10



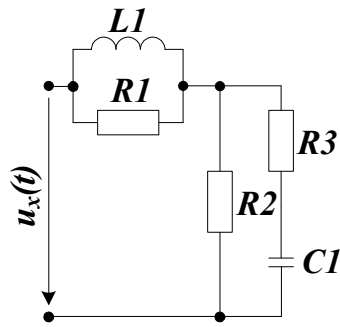
Вариант 11



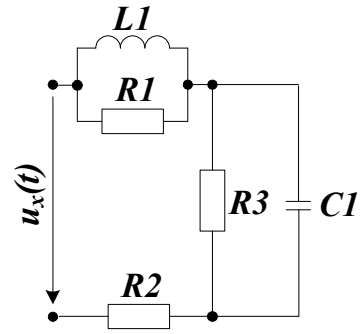
Вариант 12



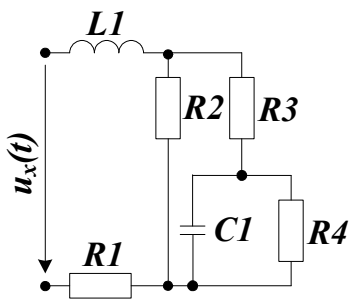
Вариант 16



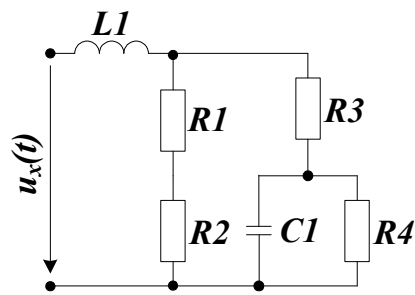
Вариант 17



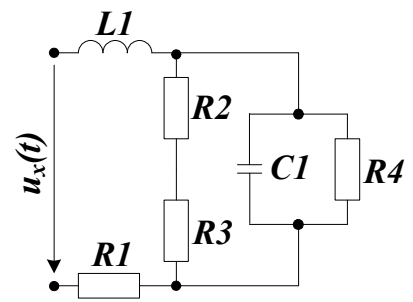
Вариант 18



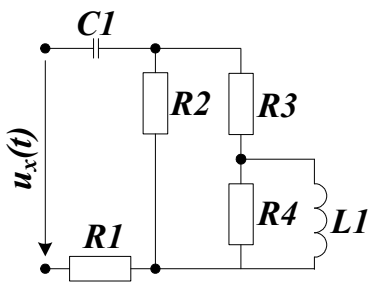
Вариант 19



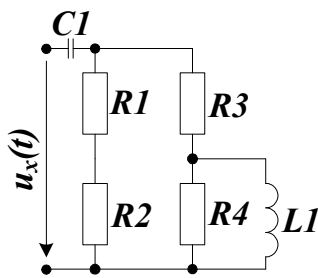
Вариант 20



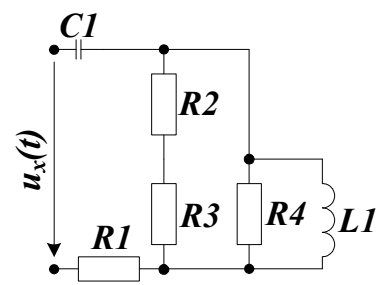
Вариант 21



Вариант 22



Вариант 23



Вариант 24

Лабораторна робота №8 "Дослідження амплітудно-частотних та фазочастотних характеристик чотириполюсників"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження амплітудно-частотних та фазочастотних характеристик чотириполюсників

Розрахункова частина

Вибрати відповідно до заданого викладачем варіанту N , який визначається номером студента у журналі групи, електричне коло (чотириполюсник) на стор. .

Обчислити параметри елементів електричного кола за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R2 = [3 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R3 = [4 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \\ R4 = [5 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R5 = [6 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$L1 = [2 \cdot N + 10 \cdot G] \cdot 10^{-3} \text{ Генрі} \quad C1 = [3 \cdot N + 10 \cdot G] \cdot 10^{-10} \text{ Фарад}$$

Записати вираз для комплексної передаточної функції чотириполюсника як дробово-раціональну функцію кутової частоти

$$K(j\omega) = \frac{a_0 + a_1 \cdot (j\omega)^1 + a_2 \cdot (j\omega)^2 + \dots}{b_0 + b_1 \cdot (j\omega)^1 + b_2 \cdot (j\omega)^2 + \dots}$$

Записати значення коефіцієнтів чисельника і знаменника у табл. 1.

Знайти значення коренів чисельника (нулів) і записати у табл. 1.

Знайти значення коренів знаменника (полюсів) і записати у табл. 1.

Таблиця 1.

Значення коефіцієнтів чисельника	a_0	a_1	a_2	a_3
Значення коефіцієнтів знаменника	b_0	b_1	b_2	b_3

Значення коренів чисельника (ну- лів)	z_1	z_2	z_3	
Значення коренів знаменника (по- люсів)	p_1	p_2	p_3	

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, відпо-
відно до свого варіанту. Як приклад, на рис. 1. наведене електричне коло
одного з варіантів.

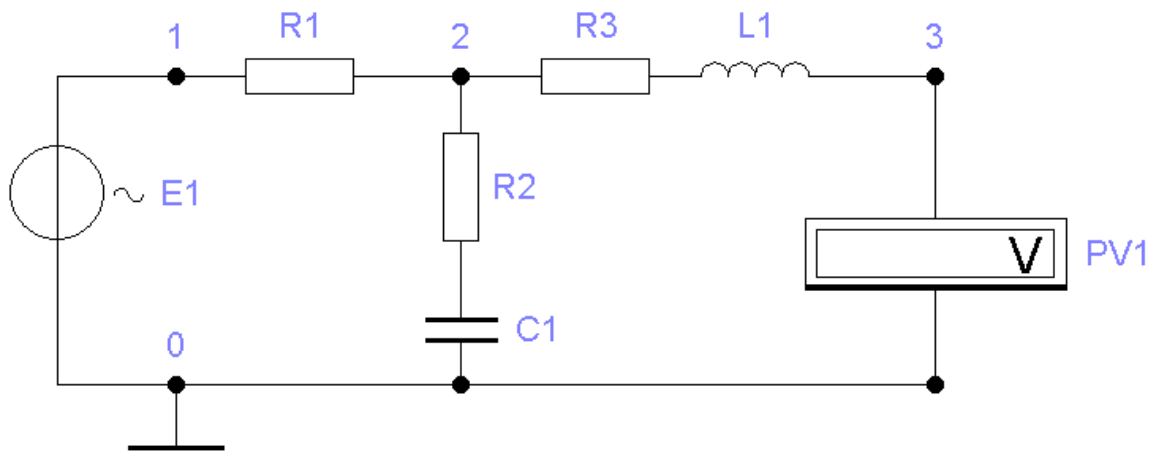


Рис.1

Задати значення параметрів елементів кола, обчислені у пункті 2 ро-
зрахункової частини.

Задати значення початкової фази електрорушійної сили E1 рівним
нулю, а діюче значення — рівним 1 мВ.

Визначити найбільше за модулем значення ω_{max} серед нулів і полюсів
комплексного опору, визначених у розрахунковій частині.

Визначити інтервал дискретизації по частоті $\Delta f = \frac{\omega_{max}}{10 \cdot \pi}$ Герц.

Зняти експериментально залежність струму через двополюсник від частоти у десяти точках частотної осі, для чого послідовно задаючи значення частоти f рівними $\Delta f, 2\Delta f, 3\Delta f, \dots, 10\Delta f$ джерела Е1 виміряти за допомогою амперметром $PA1$ діюче значення струму через двополюсник.

Результати вимірювань занести у табл. 1.

Таблиця 1

Значення частоти	Δf	$2\Delta f$	$3\Delta f$	$4\Delta f$	$5\Delta f$	$6\Delta f$	$7\Delta f$	$8\Delta f$	$9\Delta f$	$10\Delta f$
Діюче значення струму через двополюсник										

За даними табл. 1 побудувати залежність струму через двополюсник від частоти у логарифмічному масштабі.

Зарисувати графіки напруги $u(t)$ і струму $i(t)$ у режимах $f = \Delta f; f = 5\Delta f; f = 10\Delta f$. Графіки мають бути тривалістю 1,5...2 періоди.

Побудувати залежність від частоти струму $I(f)$ в автоматичному режимі, для чого скористатися вкладкою аналізу (**Analysis**). На вкладці вибрати режим **AC Frequency**.... У вікні, що з'явилося, вибрати:

початок частотного інтервалу аналізу (**Start Frequency**) (цей параметр рекомендується вибрати у 100 разів менший за резонансну частоту кола f_0);

кінець частотного інтервалу аналізу (**End Frequency**) (цей параметр рекомендується вибрати у 100 разів більший за резонансну частоту кола f_0);

вид розгортки (**Sweep type**) (рекомендується десяткова логарифмічна шкала (**Decade**)); вертикальна шкала — логарифмічна (**Log**).

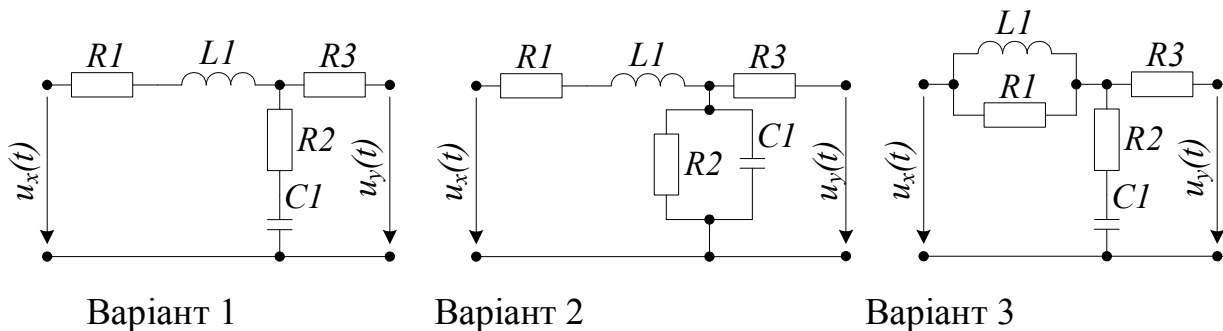
Далі слід вибрати вузол електричного кола (**Node**) у списку вузлів (**Node in circuit**), напругу якого відносно нуля потрібно аналізувати. Вибраний вузол у списку натискуванням кнопки (**Add** →) перенести у список для аналізу (**Node for analysis**).

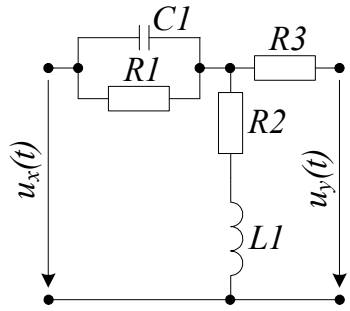
Запустити аналіз, натиснувши на кнопку (**Simulate**). Оскільки аналізу підлягає струм, то вибираємо у списку не вузол (**Node**), а вітку (**#branch**).

Зберегти у пам'яті отримані результати аналізу.

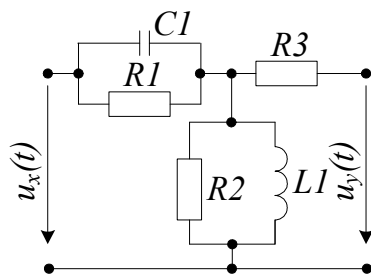
На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Варіанти індивідуального завдання

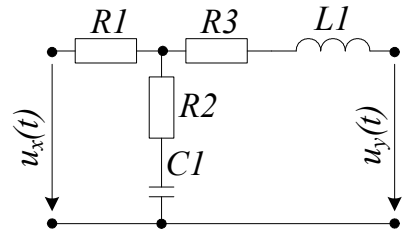




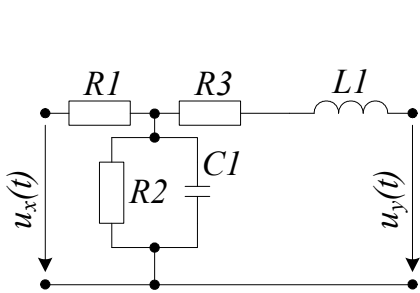
Вариант 7



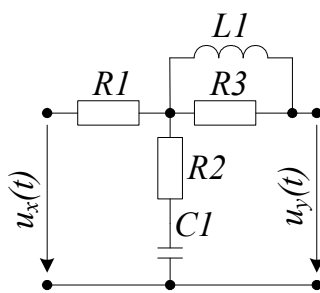
Вариант 8



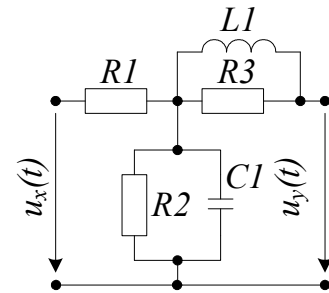
Вариант 9



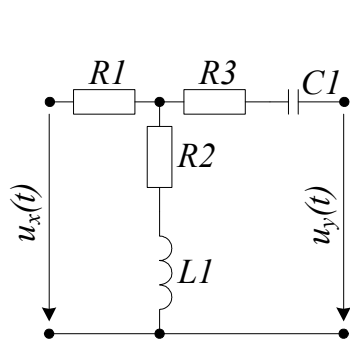
Вариант 10



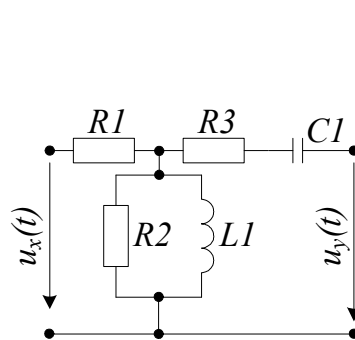
Вариант 11



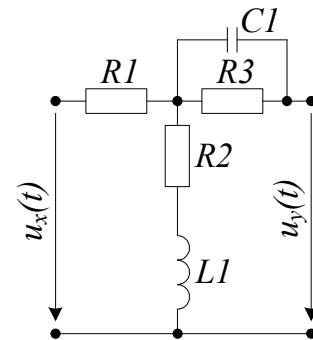
Вариант 12



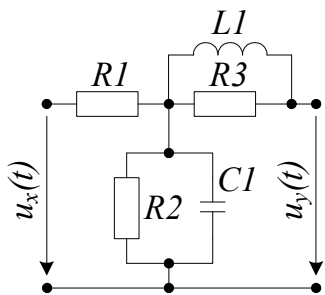
Вариант 13



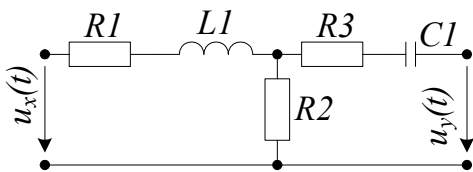
Вариант 14



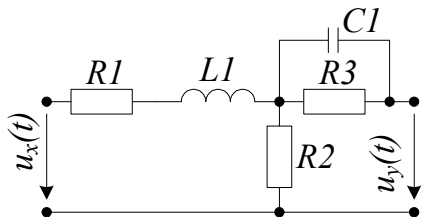
Вариант 15



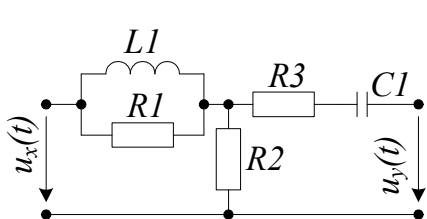
Варіант 16



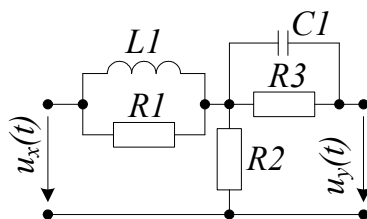
Варіант 17



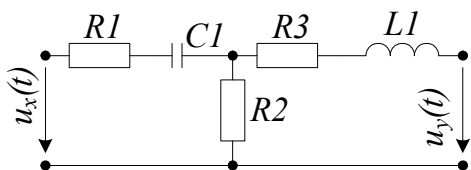
Варіант 18



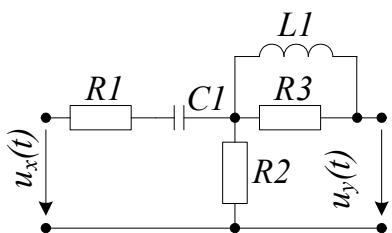
Варіант 19



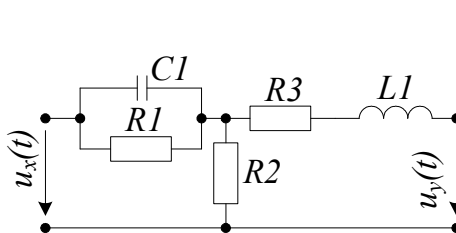
Варіант 20



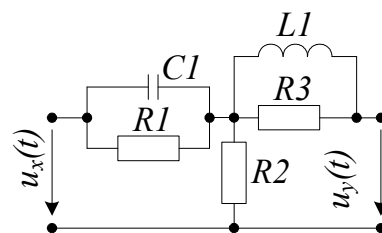
Варіант 21



Варіант 22



Варіант 23



Варіант 24

Лабораторна робота №9 "Дослідження трифазних споживачів, з'єднаних зіркою"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження трифазних електричних мереж

Розрахункова частина

Вибрати відповідно до заданого викладачем варіанту N , який визначається номером студента у журналі групи, електричне коло (чотириполюсник) на стор. .

Обчислити параметри елементів електричного кола за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R2 = [3 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R3 = [4 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \\ R4 = [5 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R5 = [6 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$L1 = \frac{2 \cdot N + 10 \cdot G}{300} \text{ Генрі} \quad C1 = \frac{1}{300 \cdot [3 \cdot N + 10 \cdot G]} \text{ Фарад}$$

Установити такі діючі значення електрорушійних сил джерел напруги E_a, E_b, E_c :

для варіантів 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29 — 127 В;

для варіантів 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30 — 220 В;

для варіантів 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27 — 380 В;

для варіантів 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 — 660 В;

Установити такі значення початкових фаз джерел напруги:

$$E_a = 0^\circ; \quad E_b = -120^\circ; \quad E_c = +120^\circ.$$

Частоту коливань джерел напруги E_a, E_b, E_c встановити рівною 50 Герц.

Розрахувати активні потужності, фазні і лінійні струми трифазної системи, споживачі якої з'єднані зіркою з нейтральним проводом. Результати розрахунків записати у табл. 1.

Таблиця 1.

		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Електрорушійні сили		Ea	Eb	Ec
Комплексні опори		Za	Zb	Zc
Фазні струми	Результати обчислень	Ia	Ib	Ic
	Результати вимірювань			
Активні потужності	Результати обчислень	Pa	Pb	Pc
	Результати вимірювань			

Розрахувати активні потужності, фазні і лінійні струми трифазної системи, споживачі якої з'єднані зіркою без нейтрального проводу. Результати розрахунків записати у табл. 2.

Таблиця 2.

		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Електрорушійні сили		Ea	Eb	Ec
Комплексні опори		Za	Zb	Zc
Фазні струми	Результати обчислень	Ia	Ib	Ic
	Результати вимірювань			

Активні потужності	Результати обчислень	Pa	Pb	Pc
	Результати вимірювань			

Експериментальна частина

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* трифазну систему, споживачі якої з'єднані зіркою.

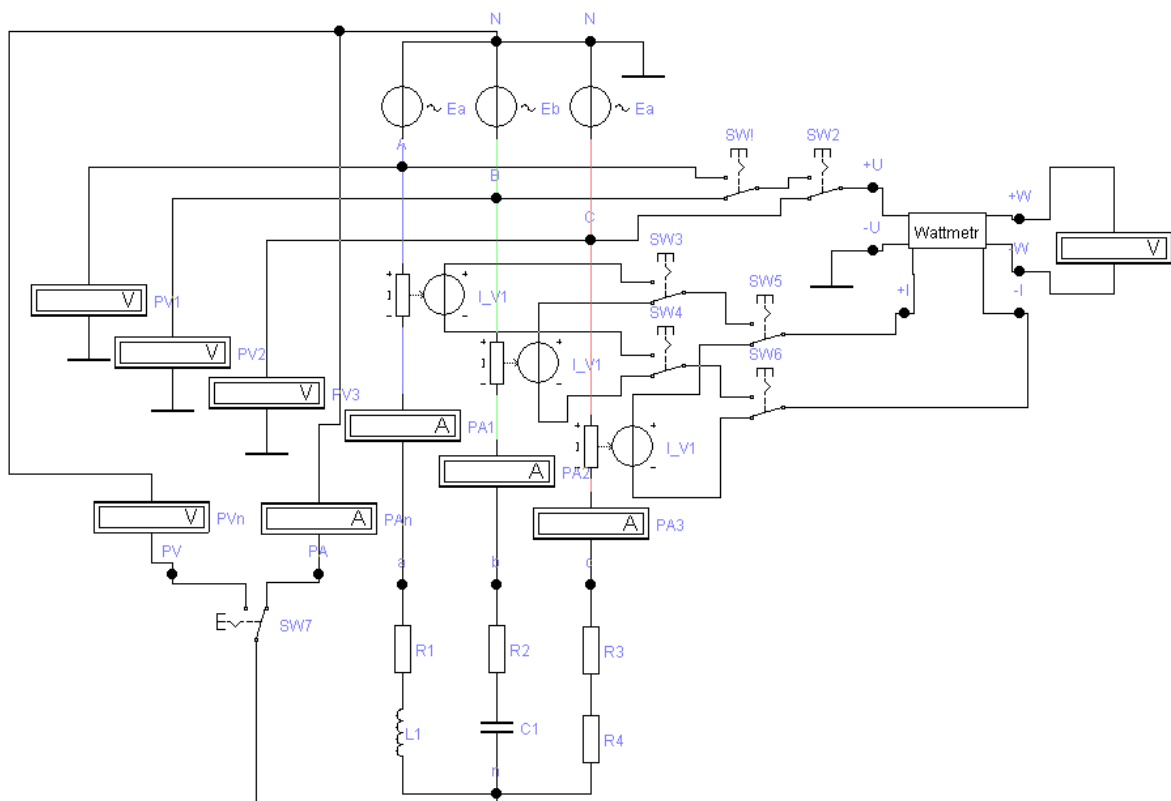


Рис.1

Задати значення параметрів елементів кола, обчислені у пунктах 2, 3, 4, 5 розрахункової частини.

Задати значення початкової фази електрорушійної сили E1 рівним нулю, а діюче значення — рівним 1 мВ.

З'єднати нейтральну точку споживача (вузол n) з нейтральним проводом, для чого переключити перемикач $SW7$ на амперметр PA.

Виміряти за допомогою амперметрів фазні струми і результати вимірювань занести у відповідні клітинки табл. 1.

Виміряти за допомогою ватметра фазні активні потужності і результати вимірювань занести у відповідні клітинки табл. 1.

Порівняти результати вимірювань і розрахунків і зробити висновки.

Побудувати векторну діаграму струмів і напруг споживача, з'єданого зіркою з нейтральним проводом.

З'єднати нейтральну точку споживача (вузол n) з вольтметром, для чого переключити перемикач $SW7$ на вольтметр PVn.

Виміряти за допомогою амперметрів фазні струми і результати вимірювань занести у відповідні клітинки табл. 2.

Виміряти за допомогою ватметра фазні активні потужності і результати вимірювань занести у відповідні клітинки табл. 2.

Порівняти результати вимірювань і розрахунків і зробити висновки.

Побудувати векторну діаграму струмів і напруг споживача, з'єданого зіркою з нейтральним проводом.

На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Лабораторна робота №10 "Дослідження трифазних споживачів, з'єднаних трикутником"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження трифазних електричних мереж

Розрахункова частина

Обчислити параметри елементів електричного кола за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R2 = [3 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R3 = [4 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \\ R4 = [5 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R5 = [6 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$L1 = \frac{[2 \cdot N + 10 \cdot G]}{300} \text{ Генрі} \quad C1 = \frac{1}{300 \cdot [3 \cdot N + 10 \cdot G]} \text{ Фарад}$$

Установити такі діючі значення електрорушійних сил джерел напруги Ea, Eb, Ec :

для варіантів 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29 — 127 В;

для варіантів 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30 — 220 В;

для варіантів 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27 — 380 В;

для варіантів 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 — 660 В;

Установити такі значення початкових фаз джерел напруги:

$$Ea = 0^\circ; \quad Eb = -120^\circ; \quad Ec = +120^\circ.$$

Частоту коливань джерел напруги Ea, Eb, Ec встановити рівною 50 Герц.

Розрахувати активні потужності, фазні і лінійні струми трифазної системи, споживачі якої з'єднані трикутником. Результати розрахунків записати у табл. 1.

Таблиця 1.

		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Електрорушійні сили		Ea	Eb	Ec
Комплексні опори		Za	Zb	Zc
Фазні струми	Результати обчислень	Iab	Ibc	Ica

	Результати вимірювань			
Лінійні струми	Результати обчислень	I_A	I_B	I_C
	Результати вимірювань			
Активні потужності	Результати обчислень	P_a	P_b	P_c
	Результати вимірювань			

Експериментальна частина

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* трифазну систему, споживачі якої з'єднані трикутником.

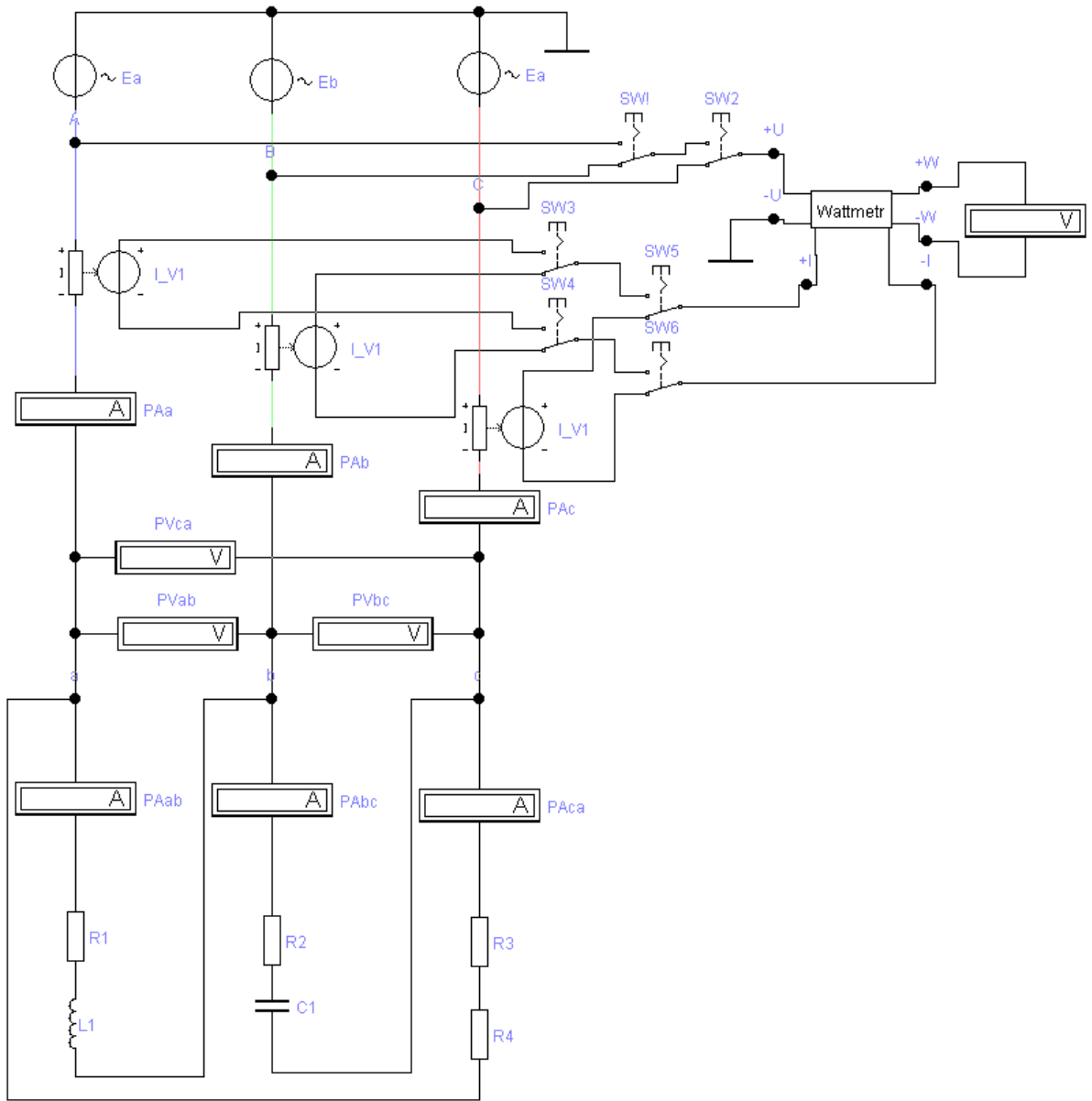


Рис.1

2. Задати значення параметрів елементів кола, обчислені у пунктах 1, 2, 3, 4 розрахункової частини.
3. Виміряти за допомогою амперметрів фазні і лінійні струми і результати вимірювань занести у відповідні клітинки табл. 1.
4. Виміряти за допомогою ватметра фазні активні потужності і результати вимірювань занести у відповідні клітинки табл. 1.

5. Порівняти результати вимірювань і розрахунків і зробити висновки.
6. Побудувати векторну діаграму струмів і напруг споживача, з'єднаного трикутником.
7. На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Лабораторна робота №11 "Дослідження перехідних процесів в RC - та RL -колах"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження перехідних процесів в RC - та RL -колах

Розрахункова частина

Обчислити параметри елементів електричного кола за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}; \quad L1 = \frac{[2 \cdot N + 10 \cdot G]}{6000 \cdot N} \text{ Генрі}$$

$$C1 = \frac{1}{6000 \cdot N \cdot [3 \cdot N + 10 \cdot G]} \text{ Фарад}$$

Обчислити сталі часу електричних кіл:

$$L\text{- та } R\text{- елементів за формулою } \tau_{LR} = \frac{L1}{R1};$$

$$C\text{- та } R\text{- елементів за формулою } \tau_{CR} = C1R1.$$

Обчислити значення напруги на резистивному і ємнісному елементах для моментів часу $0, \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$:

RC - інтегратора (рис. 1)

RC - диференціатора (рис. 2)

Результати обчислень занести у табл. 1.

Обчислити значення напруги на резистивному і індуктивному елементах для моментів часу $0, \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$:

RL - інтегратора(рис. 3)

RL - диференціатора (рис. 4)

Результати обчислень занести у табл. 1.

Експериментальна частина

На рис. 1, 2,3,4 показані:

Функціональний генератор, призначений для генерування послідовності імпульсів синусоїдної, трикутної і прямокутної форми;

Осцилограф, призначений для відображення графіків величин;


$R1$ — резистор;


$L1$ — індуктивний елемент;

$C1$ — конденсатор;

При роботі з осцилографом дотримуватися таких рекомендацій:

Масштаб за часом (Time base) встановити такий, щоб на екрані осцилографа розміщувалося 1,5...2 періоди коливань.

Запуск осцилографа (Trigger) встановити від каналу А, наростанням імпульсу  з нулевим (0,0) рівнем запуску (Level).

Масштаб напруг  у каналі А (Chanel A) і у каналі В (Chanel B) встановити такий, щоб подвійна амплітуда коливань становила не менше 3/4 екрану.

Послідовність виконання роботи

I. Дослідження перехідних процесів в RC - колі (RC - інтеграторі)

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 1.

Задати значення параметрів параметрів кола, які залежать від G — індекса групи та N — номера студента у журналі групи:

$R1$, $L1$, $C1$ — значення, обчислені у розрахунковій частині;

амплітуду прямокутних імпульсів функціонального генератора 10 В;

частоту коливань функціонального генератора — $f = \frac{1}{5\tau_{LR}}$ Герц

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола і на резистивному та індуктивному елементах. Отримані діаграми включити до протоколу лабораторної роботи.

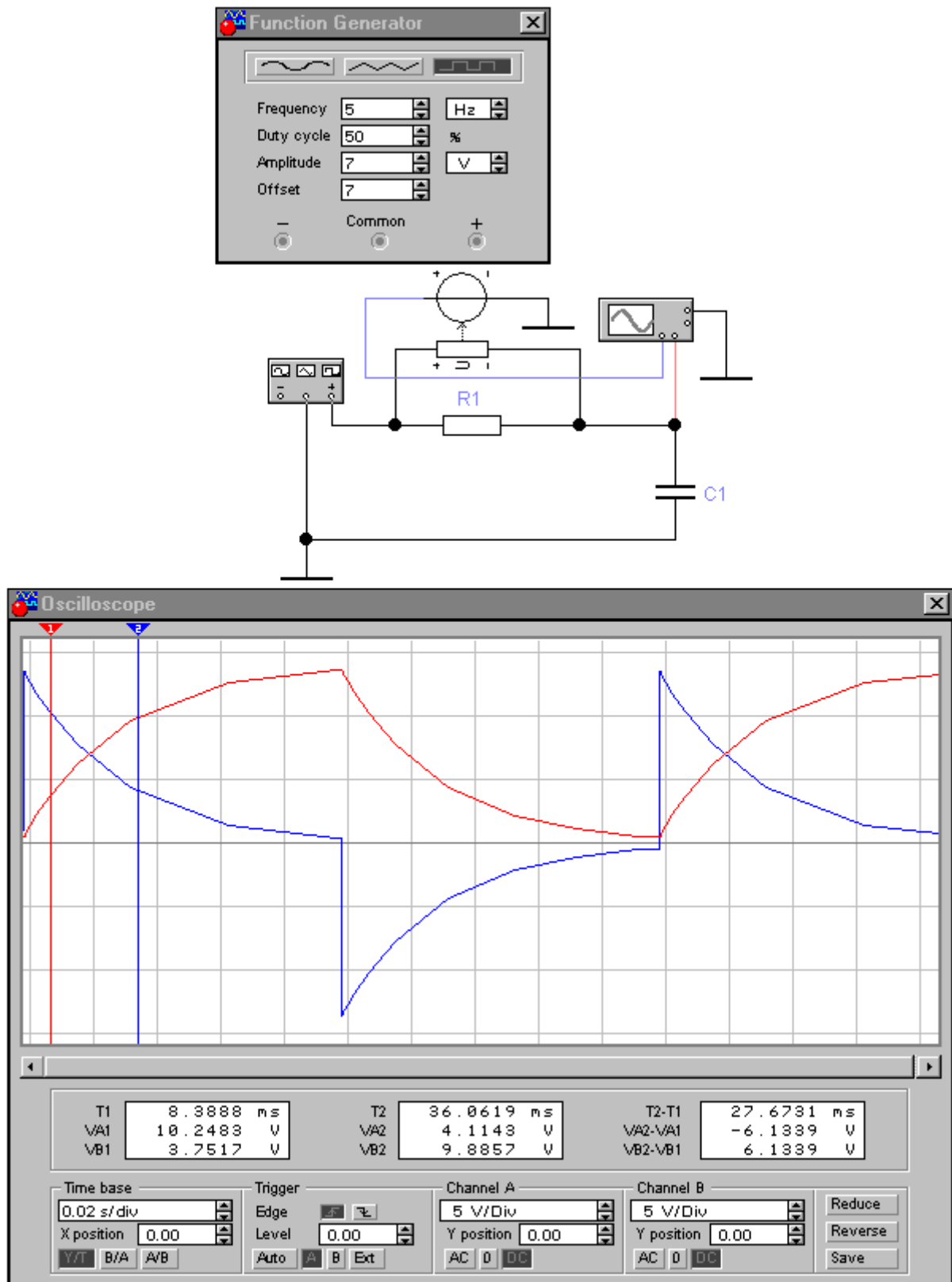


Рис.1

За діаграмами, отриманих за допомогою осцилографа, визначити кут зсуву між напругою на вході кола і струмом і занести у табл. 1.

II. Дослідження перехідних процесів в RC- колі (RC- диференціаторі)

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 2.

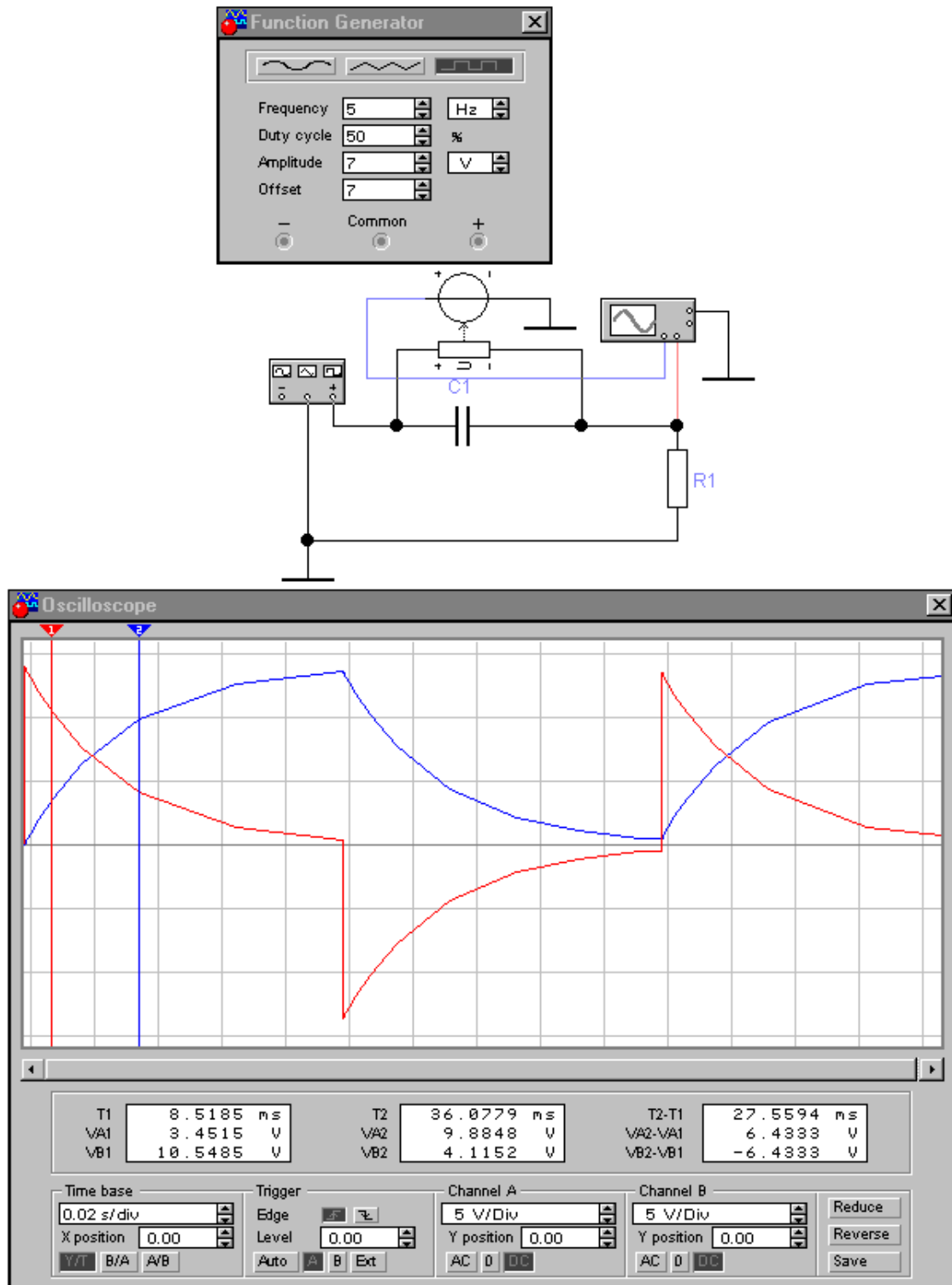


Рис. 2

Задати значення параметрів параметрів кола, які залежать від G — індекса групи та N — номера студента у журналі групи:

початкову фазу $E1$ задати рівною нулю;

діюче значення $E1$ дорівнює 10 В;

частоту коливань $E1$ — $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц

Коефіцієнти передачі керованих напругою джерел напруги V_V1 , V_V2 , V_V3 , V_V4 встановити рівними 1V/V;

Коефіцієнт передачі джерела напруги керованого струмом джерел I_V1 встановити рівними 1 Ohm/

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Виміряти за допомогою амперметра $PA1$ діюче значення струму у колі, для чого встановити на амперметрі режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 1.

Виміряти за допомогою вольтметрів $PV1$, $PV2$, $PV3$ діючі значення напруг на вході кола на резистивному та індуктивному елементах, для чого встановити на вольтметрах режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 2.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола і на резистивному та ємнісному елементах.

За діаграмами, отриманих за допомогою осцилографа, визначити кут зсуву між напругою на вході кола і струмом і занести у табл. 2.

III. Дослідження перехідних процесів в RL- колі (RL- інтеграторі)

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 3

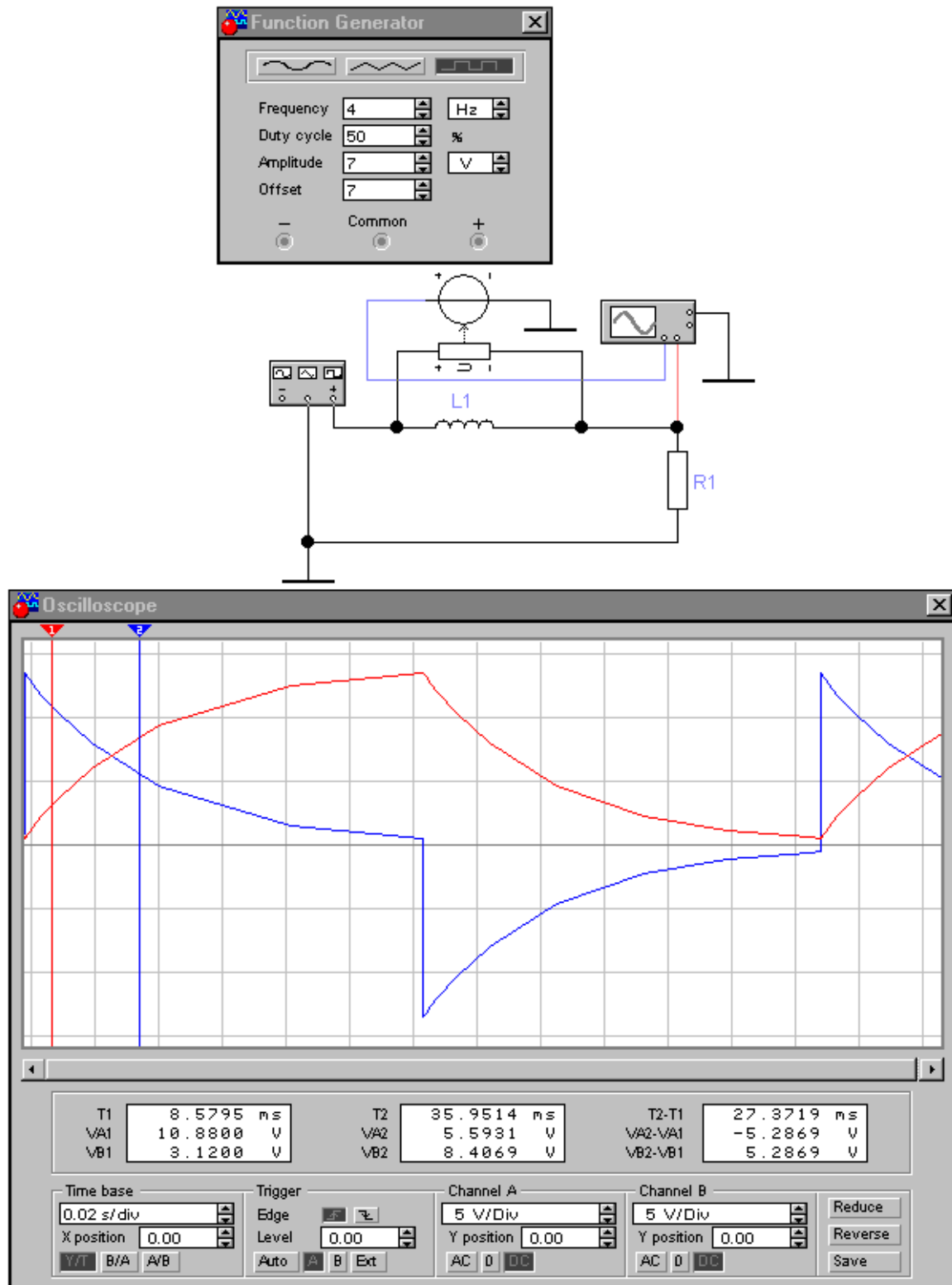


Рис. 3

Задати значення параметрів параметрів кола, які залежать від G — індекса групи та N — номера студента у журналі групи:

початкову фазу $E1$ задати рівною нулю;

діюче значення $E1$ дорівнює 10 В;

частоту коливань $E1$ — $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц

Коефіцієнт передачі джерела напруги керованого струмом джерел I_V1 , I_V2 , I_V3 встановити рівними 1 Ohm.

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Виміряти за допомогою амперметра $PA1$, $PA2$, $PA3$ діюче значення струму у колі, для чого встановити на амперметрі режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 2.

Виміряти за допомогою вольтметра $PV1$ діюче значення напруги на вході кола, для чого встановити на вольтметрі режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 2.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола і на резистивному та ємнісному елементах.

За діаграмами, отриманих за допомогою осцилографа, визначити кут зсуву між напругою на вході кола і струмом і занести у табл. 2.

IV. Дослідження перехідних процесів в RL-колі (RL-диференціаторі)

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 4.

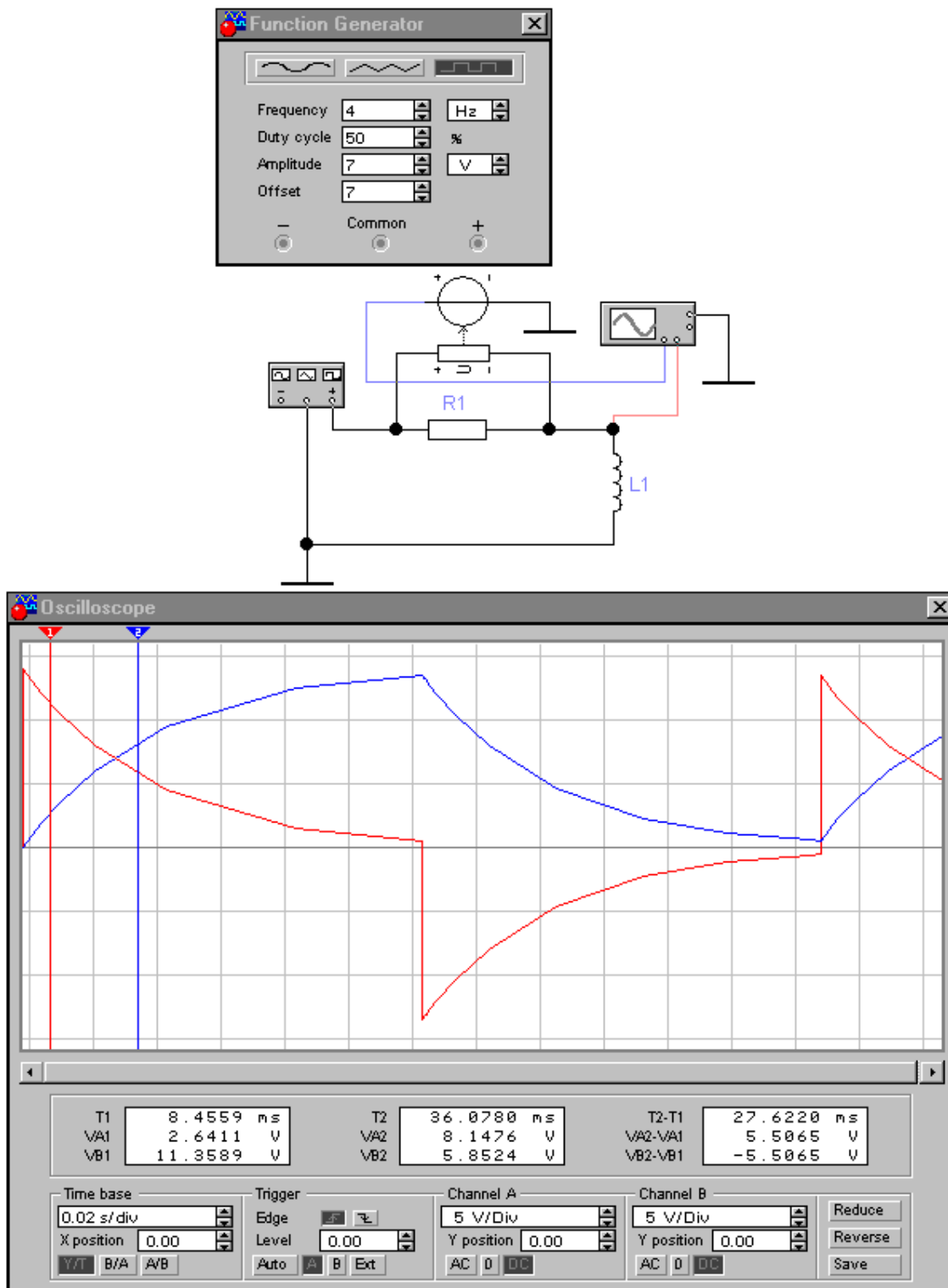


Рис.4

Задати значення параметрів кола, які залежать від G — індексу групи та N — номера студента у журналі групи:

початкову фазу E_1 задати рівною нулю;

діюче значення E_1 дорівнює 10 В;

частоту коливань E_1 — $f = \frac{1}{2\pi\tau_{LR}}$ Герц;

коефіцієнти передачі керованих напругою джерел напруги V_{V1} , V_{V2} , V_{V3} , V_{V4} встановити рівними 1V/V;

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

Виміряти за допомогою амперметра $PA1$, $PA2$, $PA3$ діюче значення струму у колі, для чого встановити на амперметрі режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 2.

Виміряти за допомогою вольтметра $PV1$ діюче значення напруги на вході кола, для чого встановити на вольтметрі режим вимірювання змінного струму (AC). Результат вимірювання записати у табл. 2.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола і на резистивному та ємнісному елементах.

За діаграмами, отриманих за допомогою осцилографа, визначити кут зсуву між напругою на вході кола і струмом і занести у табл. 2.

На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Лабораторна робота №12 "Дослідження перехідних процесів в RLC-колах"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження перехідних процесів в RC- та RL-колах

Розрахункова частина

Обчислити параметри елементів електричного кола за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$C1 = [3 \cdot N + 10 \cdot G] \cdot 10^{-9} \text{ Фарад}; \quad L1 = \frac{1}{4 \cdot 10^6 \cdot \pi^2 N^2 \cdot C1} \cdot \text{Генрі.}$$

Обчислити частоту вільних коливань за формулою

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L1 \cdot C1}}.$$

Обчислити характеристичний опір кола за формулою:

$$\rho = \sqrt{\frac{L1}{C1}}.$$

Обчислити значення напруги на резистивному, індуктивному і ємнісному елементах для моментів часу $0, \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$ для таких режимів:

аперіодичного $R1 = 3\sqrt{\frac{L1}{C1}};$

критичного $R1 = 2\rho = 2\sqrt{\frac{L1}{C1}};$

коливального $R1 = \sqrt{\frac{L1}{C1}}.$

Результати обчислень занести у табл. 1.

Таблиця 1

			Моменти часу					
			0	\square	2τ	3τ	4τ	5τ
Аперіодичний перехідний процес	Напруга на резистивному елементі	Результати обчислень						
	Напруга на ємнісному елементі	Результати вимірювань						
	Напруга на індуктивному елементі	Результати обчислень						

	елементі	Результати вимірювань								
	Напруга на індуктивному елементі	Результати обчислень								
		Результати вимірювань								
Критичний перехідний процес	Напруга на резистивному елементі	Результати обчислень								
		Результати вимірювань								
	Напруга на ємнісному елементі	Результати обчислень								
		Результати вимірювань								
	Напруга на індуктивному елементі	Результати обчислень								
		Результати вимірювань								
	Колівальний перехідний процес	Напруга на резистивному елементі	Результати обчислень							
			Результати вимірювань							
Напруга на ємнісному елементі		Результати обчислень								
		Результати вимірювань								

	Напруга на індуктивному елементі	Результати обчислень						
		Результати вимірювань						

Експериментальна частина

На рис. 1 показані:

Функціональний генератор, призначений для генерування послідовності імпульсів синусоїдної, трикутної і прямокутної форми;

Осцилограф, призначений для відображення графіків величин;

R1 — резистор;

L1 — індуктивний елемент;

C1 — конденсатор;


V_V1, V_V2, V_V3, V_V4 — керовані напругою джерела напруги;


I_V1 — кероване струмом джерело напруги;

SW1, SW2, SW3 — комутатори (ключі).

При роботі з осцилографом дотримуватися таких рекомендацій:

Масштаб за часом (Time base) встановити такий, щоб на екрані осцилографа розміщувалося 1,5...2 періоди коливань.

Запуск осцилографа (Trigger) встановити від зовнішнього сигналу (Ext), наростанням імпульсу  з нулевим (0,0) рівнем запуску (Level).

Масштаб напруг  у каналі А (Chanel A) і у каналі В (Chanel B) встановити такий, щоб подвійна амплітуда коливань становила не менше 3/4 екрану.

Послідовність виконання роботи

I. Дослідження аперіодичного перехідного процесу в RCL- колі

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, наведене на рис. 1.

Задати значення опору резистора $R1$

$$R1 > 2\rho = 2\sqrt{\frac{L1}{C1}}, \text{ а саме } R1 = 3\sqrt{\frac{L1}{C1}}.$$

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола, а також на резистивному, індуктивному, ємнісному елементах. Отримані діаграми включити до протоколу лабораторної роботи.

Користуючись візирними лініями зняти з отриманих осцилограм миттєві значення напруги на ємнісному і резистивному елементах у моменти часу $0, \tau_m, 2\tau_m, 3\tau_m, 4\tau_m, 5\tau_m$ і записати їх у відповідні клітинки табл. 1.

Порівняти розрахункові і експериментальні дані і зробити висновок.

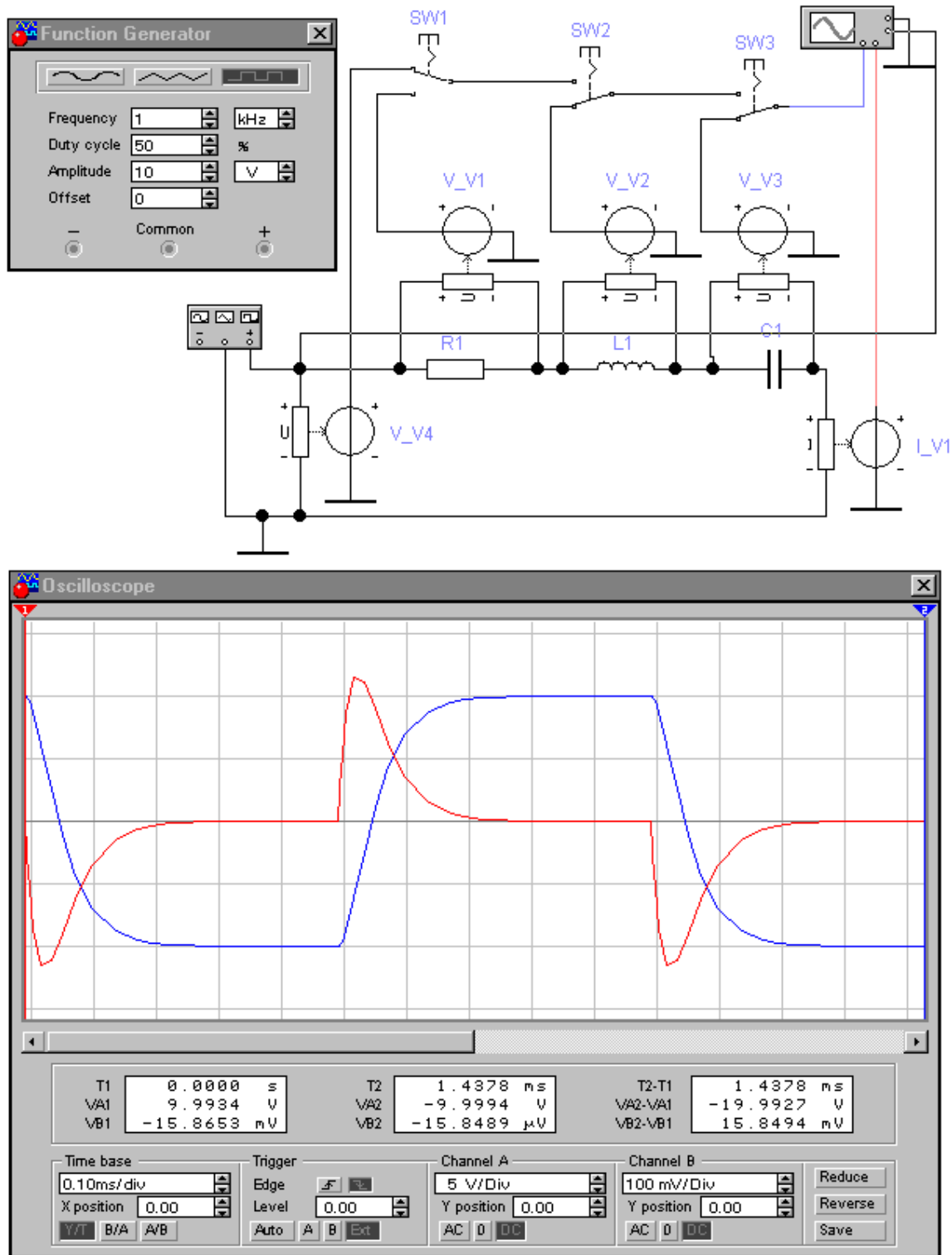


Рис.1

II. Дослідження критичного перехідного процесу в RCL- колі

Задати значення опору резистора $R1$

$$R1 = 2\rho = 2\sqrt{\frac{L1}{C1}}.$$

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола, а також на резистивному, індуктивному, ємнісному елементах. Отримані діаграми включити до протоколу лабораторної роботи.

Користуючись візирними лініями зняти з отриманих осцилограм миттєві значення напруги на ємнісному і резистивному елементах у моменти часу $0, \tau_m, 2\tau_m, 3\tau_m, 4\tau_m, 5\tau_m$ і записати їх у відповідні клітинки табл. 1.

Порівняти розрахункові і експериментальні дані і зробити висновок.

III. Дослідження коливального перехідного процесу в RCL- колі

Задати значення опору резистора $R1$

$$R1 < 2\rho = 2\sqrt{\frac{L1}{C1}}, \text{ а саме } R1 = \sqrt{\frac{L1}{C1}}.$$

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола, а також на резистивному, індуктивному, ємнісному елементах. Отримані діаграми включити до протоколу лабораторної роботи.

Користуючись візирними лініями зняти з отриманих осцилограм миттєві значення напруги на ємнісному і резистивному елементах у моменти часу $0, \tau_m, 2\tau_m, 3\tau_m, 4\tau_m, 5\tau_m$ і записати їх у відповідні клітинки табл. 1.

Порівняти розрахункові і експериментальні дані і зробити висновок.

На захист представити паперовий і електронний варіанти.

Лабораторна робота №13 "Дослідження лінійних кіл класичним методом"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального дослідження перехідних процесів в RC - та RL -колах

Розрахункова частина

Вибрати відповідно до заданого викладачем варіанту N , який визначається номером студента у журналі групи, електричне коло (двополюсник) на стор. .

Обчислити параметри елементів електричного кола за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R2 = [3 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R3 = [4 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \\ R4 = [5 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R5 = [6 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$L1 = [2 \cdot N + 10 \cdot G] \cdot 10^{-3} \text{ Генрі} \quad C1 = [3 \cdot N + 10 \cdot G] \cdot 10^{-10} \text{ Фарад}$$

Скласти характеристичне рівняння для заданого електричного кола і знайти корені цього рівняння

Обчислити кутову частоту вільних коливань ω_0 та сталі часу τ_1, τ_2 .

Обчислити сталі інтегрування для вільних складових струму в індуктивності і напруги на ємності, якщо на вході кола діє імпульсна різнополярна напруга прямокутної форми з амплітудою 10 Вольт.

Записати вираз для струму в індуктивності і напруги на ємності з обчисленими числовими коефіцієнтами.

Обчислити миттєві значення струму в індуктивності і напруги на ємності у моменти часу $0, \tau_m, 2\tau_m, 3\tau_m, 4\tau_m, 5\tau_m$,

де τ_m — більша з поміж двох τ_1, τ_2 сталих часу.

Результати обчислень записати у табл. 1.

Таблиця 1

	Моменти часу					
	0	τ_m	$2\tau_m$	$3\tau_m$	$4\tau_m$	$5\tau_m$
Струм в індуктивності						
Результати обчислень						
Результати вимірювань						
Напруга на ємності						
Результати обчислень						
Результати вимірювань						

Експериментальна частина

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, відповідно до свого варіанту. Як приклад, на рис. 1 наведене електричне коло одного з варіантів.

Задати значення параметрів елементів кола, обчислені у пункті 2 розрахункової частини.

Запустити процес моделювання, натиснувши на кнопку I/O у верхньому правому куті екрану.

За допомогою осцилографа зняти графіки струму у колі та напруг на вході кола, а також на резистивному, індуктивному, ємнісному елементах. Отримані осцилограми включити до протоколу лабораторної роботи.

Користуючись візирними лініями зняти з отриманих осцилограм миттєві значення струму в індуктивності і напруги на ємності у моменти часу 0 , τ_m , $2\tau_m$, $3\tau_m$, $4\tau_m$, $5\tau_m$ і записати їх у відповідні клітинки табл. 1.

Порівняти розрахункові і експериментальні результати і зробити висновки.

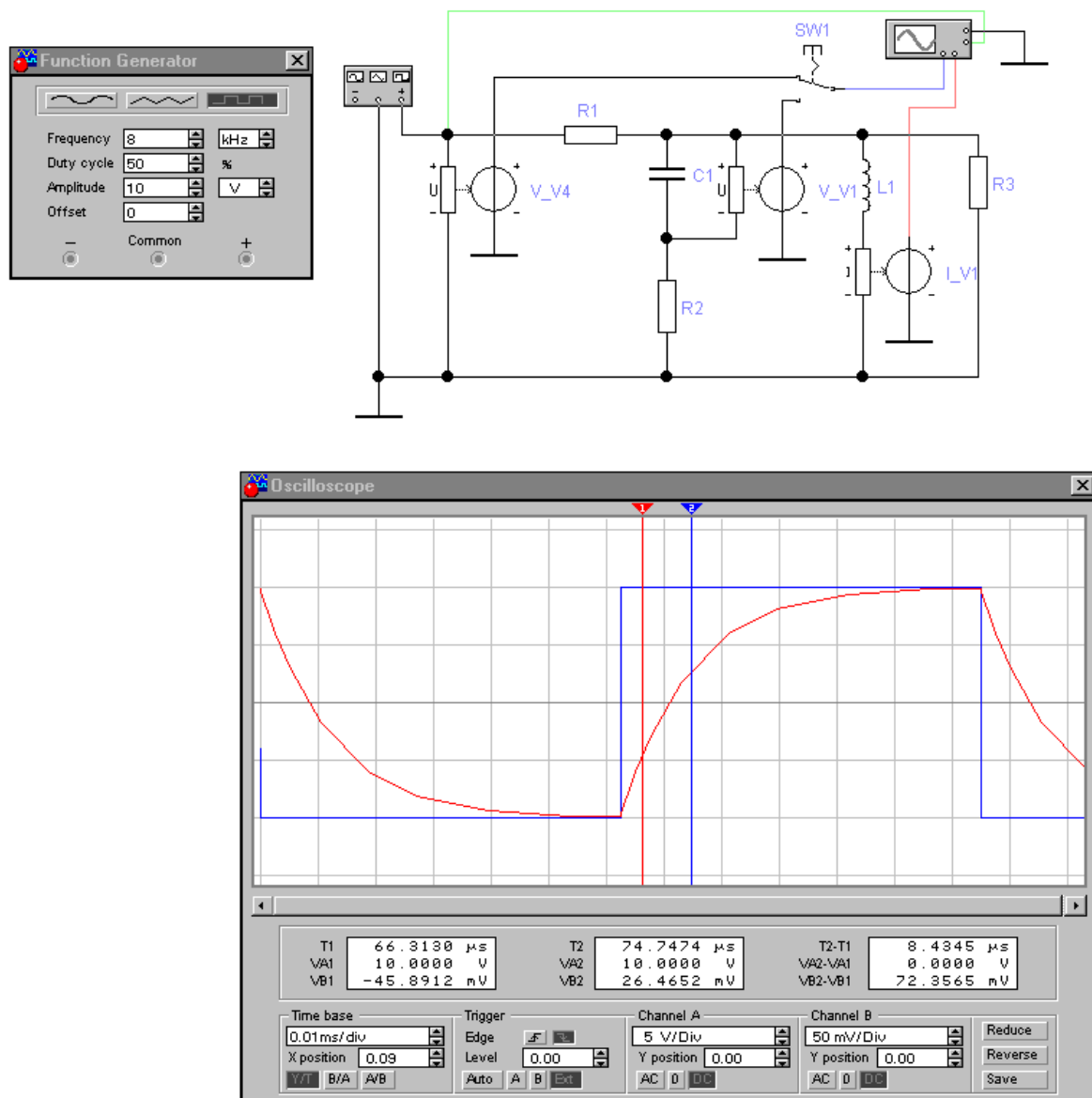


Рис.1

На рис. 1 показані:

Функціональний генератор, призначений для генерування послідовності імпульсів синусоїдної, трикутної і прямокутної форми;

Осцилограф, призначений для відображення графіків величин;

R1 — резистор;

L1 — індуктивний елемент;

C1 — конденсатор;


V_V1, V_V2, V_V3, V_V4 — керовані напругою джерела напруги;

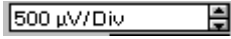
I_V1 — кероване струмом джерело напруги;

SW1, SW2, SW3 — комутатори (ключі).

При роботі з осцилографом дотримуватися таких рекомендацій:

Масштаб за часом (Time base) встановити такий, щоб на екрані осцилографа розміщувалося 1,5...2 періоди коливань.

Запуск осцилографа (Trigger) встановити від зовнішнього сигналу (Ext), наростанням імпульсу  з нулевим (0,0) рівнем запуску (Level).

Масштаб напруг  у каналі А (Chanel A) і у каналі В (Chanel B) встановити такий, щоб подвійна амплітуда коливань становила не менше 3/4 екрану.

Лабораторна робота №14 "Дослідження лінійних кіл операторним методом"

Мета роботи: Оволодіти методами аналізу і отримати навички експериментального лінійних кіл операторним методом

Розрахункова частина

Вибрати відповідно до заданого викладачем варіанту N , який визначається номером студента у журналі групи, електричне коло (двополюсник) на стор. .

Обчислити параметри елементів електричного кола за N — номером студента у журналі групи і за індексом групи G за такими формулами:

$$R1 = [2 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R2 = [3 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R3 = [4 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$R4 = [5 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом} \quad R5 = [6 \cdot (N + 5) + 10 \cdot G] \text{ Ом}$$

$$L1 = [2 \cdot N + 10 \cdot G] \cdot 10^{-3} \text{ Генрі} \quad C1 = [3 \cdot N + 10 \cdot G] \cdot 10^{-10} \text{ Фарад}$$

Скласти операторну схему заміщення заданого електричного кола

Знайти операторну передаточну функцію для струму в індуктивності

Обчислити нулі і полюси цієї функції

Знайти операторну передаточну функцію для струму в індуктивності

Обчислити нулі і полюси цієї функції

Результати обчислень записати у табл. 1.

Таблиця 1

	Моменти часу					
	0	τ_m	$2\tau_m$	$3\tau_m$	$4\tau_m$	$5\tau_m$
Струм в індуктивності						

Результати обчислень						
Результати вимірювань						
Напруга на ємності						
Результати обчислень						
Результати вимірювань						

Експериментальна частина

Послідовність виконання роботи

Побудувати засобами *Electronic Workbench* електричне коло, відповідно до свого варіанту. Як приклад, на рис. 1 наведене електричне коло одного з варіантів.

Задати значення параметрів елементів кола, обчислені у пункті 2 розрахункової частини.

На рис. 1 показані:

Функціональний генератор, призначений для генерування послідовності імпульсів синусоїдної, трикутної і прямокутної форми;

Осцилограф, призначений для відображення графіків величин;

R1 — резистор;

L1 — індуктивний елемент;

C1 — конденсатор;

V_V1, V_V2, V_V3, V_V4 — керовані напругою джерела напруги;

I_V1 — кероване струмом джерело напруги;

SW1, SW2, SW3 — комутатори (ключі).

При роботі з осцилографом дотримуватися таких рекомендацій:

Масштаб за часом (Time base) встановити такий, щоб на екрані осцилографа розміщувалося 1,5...2 періоди коливань.

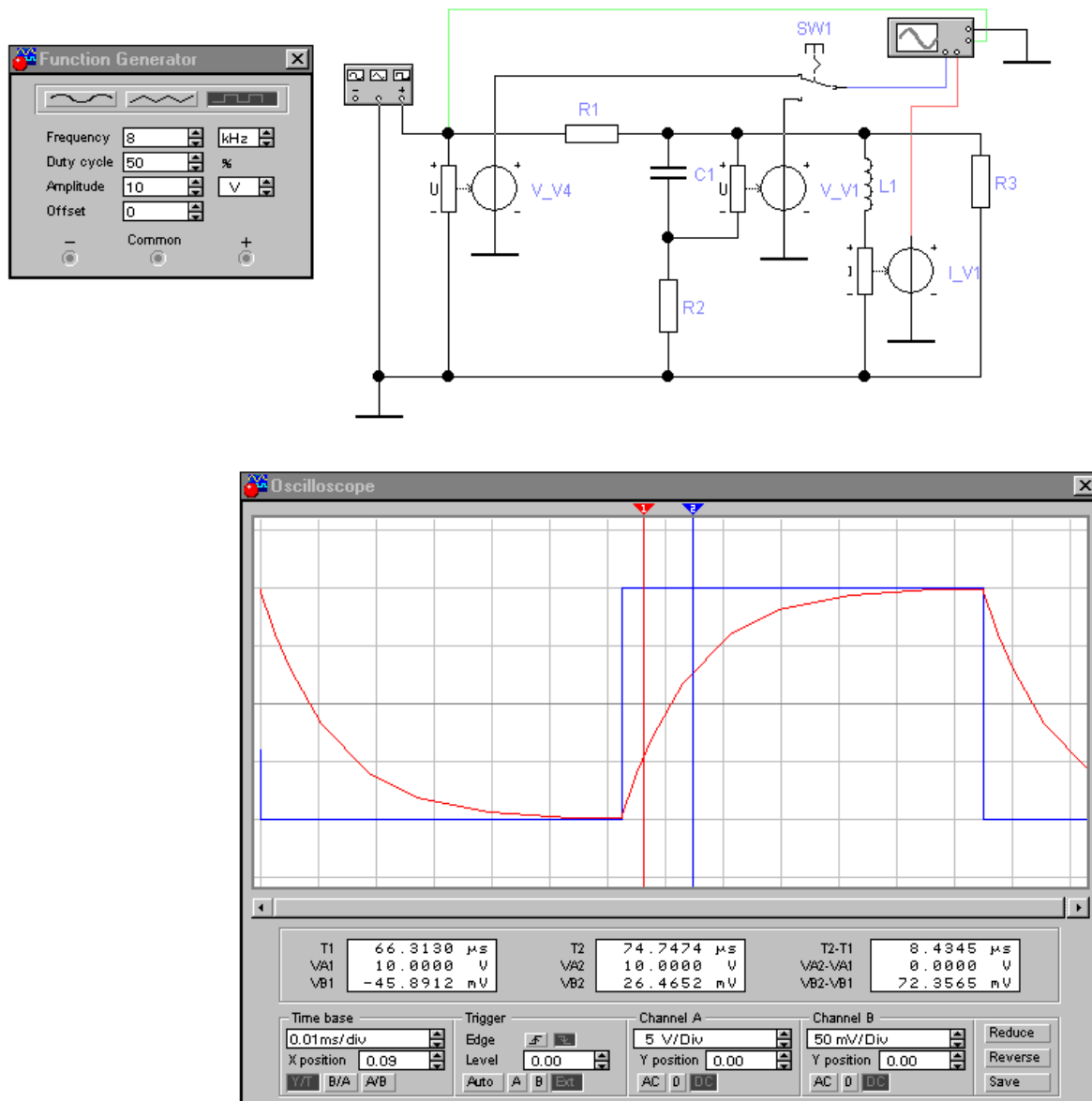

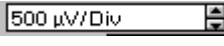


Рис.1

Запуск осцилографа (Triger) встановити від зовнішнього сигналу (Ext), наростанням імпульсу  з нулевим (0,0) рівнем запуску (Level).

Масштаб напруг  у каналі А (Chanel A) і у каналі В (Chanel B) встановити такий, щоб подвійна амплітуда коливань становила не менше 3/4 екрану.