

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра електроенергетики, електротехніки  
та електромеханіки**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до проведення практичних занять  
з дисципліни**

***«ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»***

**Харків – 2020**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 13 січня 2020 р., протокол № 6.

Методичні вказівки призначено для студентів факультету управління процесами перевезень усіх форм навчання спеціальностей 275 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)» і 263 «Цивільна безпека», що вивчають дисципліну «Електротехніка». Завдання охоплюють найважливіші теми дисципліни.

Наведено вихідні дані та схеми для розрахунків. Запропоновано контрольні запитання для підготовки до практичних занять з відповідних розділів та задачі для самоконтролю.

Укладачі:

доценти О. М. Прогонний,  
М. Г. Давиденко

Рецензент

доц. І. В. Ковтун

## ЗМІСТ

Загальні вказівки до проведення практичних занять .....	4
1 Електричні кола постійного струму.....	4
1.1 Запитання для підготовки.....	4
1.2 Вихідні дані для розрахунку.....	5
2 Однофазні електричні кола змінного струму.....	12
2.1 Запитання для підготовки.....	12
2.2 Вихідні дані для розрахунку.....	13
2.3 Застосування комплексних чисел для розрахунку електричних кіл змінного струму.....	16
3 Розрахунок трифазних кіл синусоїдного струму.....	18
3.1 Запитання для підготовки.....	18
3.2 Вихідні дані для розрахунку.....	18
4 Задачі для самостійної підготовки.....	24
4.1 Кола постійного струму.....	24
4.2 Кола синусоїдного струму.....	25
Список літератури.....	29

## **ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

Одним з основних видів занять з курсу «Електротехніка» є розв'язання задач на практичних заняттях. Пропоновані у вказівках завдання охоплюють основні теми курсу і відповідають навчальній програмі.

При вивченні курсу студенти отримують необхідні знання з основних методів розрахунку електричних кіл постійного та змінного струму. Метою практичних занять є закріплення студентами теоретичних знань відповідних розділів курсу.

При підготовці до практичних занять з кожної теми необхідно підготувати відповіді на контрольні запитання, які наведені у методичних вказівках. На початку занять викладач вибірково ставить питання.

В кожному модулі передбачається розрахунок двох задач. За кожен задачу студент одержує оцінку за 100-бальною накопичувальною системою.

З кожної теми практичних занять на дошці розв'язується типова задача, а потім студенти самостійно розв'язують задачі за варіантами, а у кінці занять або на наступному занятті здають опрацьований матеріал на перевірку викладачеві. За консультацією студент може звернутися до викладача, який проводить практичні, лабораторні або лекційні заняття.

## **1 ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

### **1.1 Запитання для підготовки**

Для проведення занять з даної теми студенти повинні підготувати відповіді на запитання:

- 1 Що називається електричним колом?
- 2 Який струм називають постійним?
- 3 З яких основних елементів складається електричне коло?
- 4 Які бувають електричні кола постійного струму?
- 5 Чим відрізняється реальне джерело електрорушійної сили (ЕРС) від ідеального?

- 6 В яких режимах може працювати джерело ЕРС?
- 7 Які елементи електричного кола відносять до лінійних?
- 8 Від яких параметрів залежить величина опору резистора?
- 9 Якими одиницями вимірюються ЕРС, напруга, струм, опір, потужність?
- 10 Яке вмикання елементів електричного кола називають послідовним? Навести його схему та співвідношення між електричними величинами.
- 11 Як виглядає паралельне вмикання опорів? Записати формулу перетворення опорів.
- 12 Що являє собою баланс потужностей для електричного кола?
- 13 З якою метою складається баланс потужностей?
- 14 Які топологічні (складові) елементи виділяють в електричних колах? Дати визначення.
- 15 Які електричні величини і яким чином пов'язує закон Ома для повного кола та його ділянки?
- 16 Які величини і як пов'язує перший закон Кірхгофа?
- 17 Для якого топологічного елемента справедливий другий закон Кірхгофа? Сформулювати цей закон.
- 18 Чому метод розрахунку простих електричних кіл називають методом перетворень?
- 19 В чому суть методу законів Кірхгофа для розрахунку складних електричних кіл?
- 20 Чому режим холостого ходу являє небезпеку для обслуговуючого персоналу?
- 21 Чим характерний номінальний режим передачі електроенергії від джерела до навантаження?
- 22 В яких випадках доцільне застосування узгодженого режиму передачі енергії?
- 23 Чому режим короткого замикання є аварійним?
- 24 Як захищають електричне коло від короткого замикання?
- 25 Що являє собою запобіжник?

## **1.2 Вихідні дані для розрахунку**

Варіанти зі вказівкою номера схеми і величин, які треба визначити на практичному занятті з теми «Розрахунок

нерозгалужених кіл постійного струму», наведено у таблиці 1.1. Розрахункові схеми подано на рисунку 1.1 (схеми 1.1 – 1.5)

Таблиця 1.1 – Варіанти зі вказівкою величин, які треба визначити

Номер схеми	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.1	I	I	I	Uda	I	Uda	I	I	I	Ude
	Ubc	Rce	Ubd	Ubd	Ucd	Uce	Ube	Ude	Ucd	Ubc
	Ubd	Uce	Eекв	Ubc	Реқв	Ubc	Uce	Ubd	Uce	I
	Ude	Реқв	Реқв	Реқв	Uce	I	Ubd	Eекв	Ubd	Ucd
	Ucd	Ubd	Uce	I	Ubd	Ucd	Ucd	Ubc	Реқв	Uab
1.2	E2	Ude	Ucd	E2	Ude	Ucd	E2	Ude	Ucd	E2
	Ubd	Eекв	Ubc	Uce	Ubd	E2	Uce	Rbd	Ubd	Rce
	Ubc	Ube	Uce	Ubc	Uce	Uce	Реқв	Uce	Uce	Eекв
	Uce	E2	E2	Реқв	Ubc	Eекв	Ube	Ubd	Rbd	Ubd
	Реқв	Ubd	Eекв	Ubd	Ube	Uba	Eекв	Ucd	Ubc	Uce
1.3	Uba	Rbd	Ubd	Rbd	Ubd	Rba	Ubd	Rbd	Ubd	Rbd
	Ubc	Rbc	E	Ubc	E	Реқв	E	Реқв	Uca	I3
	Ucd	Rcd	Ubc	Uca	Ubc	Ubc	Ubc	Ucb	E	Ucd
	E	Ubc	I3	Ucd	Uca	Ubd	Ucd	E	I1	Uca
	Uda	E	I1	I1	I3	E	Rda	Rcd	Uda	Ubd
1.4	Ucd	Rab	Ucd	Rcd	Uca	Rca	Uda	Rca	Ucd	Rca
	Реқв	Ubc	Rbc	Ubc	Ubc	Ubc	Ubc	Ubc	E	Реқв
	Uca	Ucd	Uab	E	Ucd	Uab	E	Ucd	I1	Ubc
	Rbc	Uda	Ubc	I1	Реқв	Ucd	Ucd	Uca	Rcd	Ucd
	Ubc	E	Ucd	Udc	Uab	I1	I1	E	Ubc	E
1.5	Реқв	Ubc	Eекв	Rbc	Реқв	Ube	Eекв	Rbe	Реқв	Ube
	Rbd	Ubd	Uce	Ucd	Ubd	Ubd	Uce	Ube	I	Ubd
	Eекв	Rbd	Ucd	Uce	Uce	Eекв	Ubd	Ucd	Ubc	Uce
	Uce	Ude	Ubd	Rbd	Ucd	Ude	I	Udc	Uca	Ude
	Rce	Uce	Ude	Ubd	Ude	I	Ude	I	Ubd	Eекв

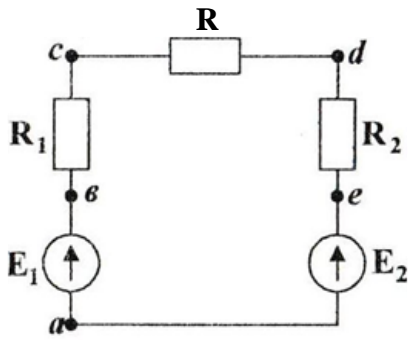


Схема 1.1

$$E_1 = 15\text{В}, \quad R_1 = 2 \text{ Ом},$$

$$E_2 = 10\text{В}, \quad R = 2 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 1 \text{ Ом}$$

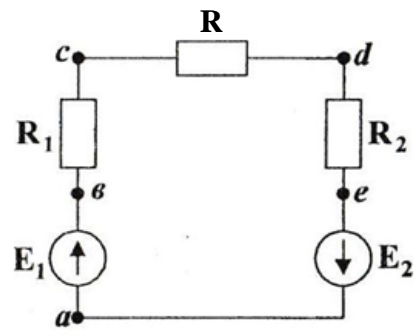


Схема 1.2

$$E_1 = 3\text{В}, \quad R_2 = 1 \text{ Ом},$$

$$I = 1\text{А}, \quad R = 2 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 2 \text{ Ом}$$

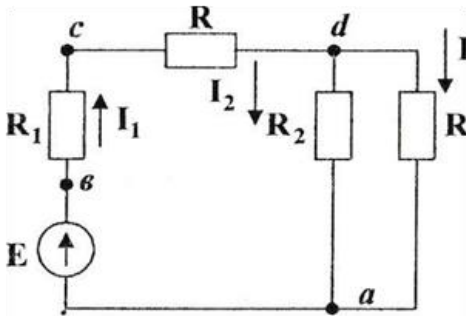


Схема 1.3

$$R_1 = 1 \text{ Ом}, \quad R_3 = 5 \text{ Ом},$$

$$R = 2 \text{ Ом}, \quad I_2 = 2,5\text{А},$$

$$R_2 = 2 \text{ Ом}$$

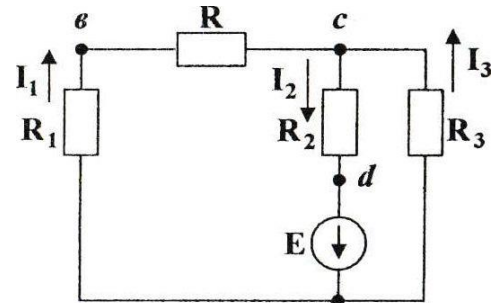


Схема 1.4

$$R_1 = 1 \text{ Ом}, \quad R_3 = 5 \text{ Ом},$$

$$R = 2 \text{ Ом}, \quad I_2 = 2,5\text{А},$$

$$R_2 = 2 \text{ Ом}$$

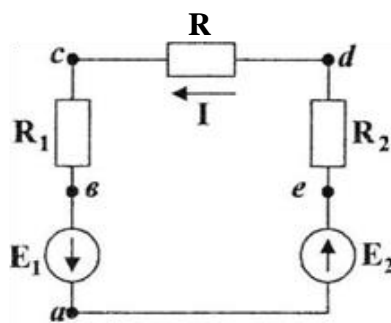


Схема 1.5

$$E_1 = 2\text{В}, \quad R_1 = 2 \text{ Ом},$$

$$E_2 = 3\text{В}, \quad R_2 = 1 \text{ Ом},$$

$$R = 2 \text{ Ом}$$

Рисунок 1.1

На практичних заняттях з теми «Розрахунок простих розгалужених електричних кіл постійного струму» у схемах 1.6-1.10 (рисунок 1.2) методом перетворень визначити величини, які вказані у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Варіанти зі вказівкою величин, які треба визначити

Номер схеми	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.6	I2	Ugk	Ufg	I2	Ugk	Ufg	I2	Ugk	Ufk	I2
	Uab	Ubk	Udk	Uac	I1	I	Uac	Udk	Ufk	I1
	Udk	Ucd	Uef	I1	Uac	Uab	Ucd	Uef	Uek	Ufg
	Ufg	Uef	Uac	Ubk	I	Udk	Udk	Ufk	Udk	Uab
	I1	Udk	I	Ugk	Udk	Ufk	I1	I	Uac	Ugk
1.7	I2	Rac	Ude	Uab	I2	Rac	Ude	Uab	I2	Ude
	Ubc	Uac	Ubc	Ubc	I	Uab	Uad	I	Ubc	I
	Uce	I1	Uad	Ued	Ucd	Ube	Udf	Uad	Ube	Uad
	Uad	Ubc	Uef	Rac	I1	Uac	Uac	Ude	Uac	Uef
	Uac	Uab	Uac	I	Uac	I	Rac	Rac	I1	Uad
1.8	Rac	Ref	Uab	Rae	Uef	Rbc	Ucb	Uef	Rbe	Uab
	I1	I2	Udc	I1	Uac	Uac	I2	Ude	Uce	I1
	Ubc	Uac	I1	Uce	I1	I1	I1	Ubc	Ude	I2
	Ude	РЕКВ	I2	Ubc	РЕКВ	Uef	Ubc	Uac	I1	РЕКВ
	Uec	I1	РЕКВ	Uca	I2	Ude	Rbe	Uce	I2	I
1.9	I	Ubc	Uab	Ude	РЕКВ	Uab	РЕКВ	Uac	Ude	Ude
	Ude	РЕКВ	Ucf	I2	Ubc	Ubc	I2	РЕКВ	I	Ubc
	Ubc	I2	I2	Ucf	I2	Ude	Raf	I	Ubc	Uef
	Uab	I1	Ubc	Ubc	I1	I1	Ubd	Uab	I1	I1
	Uef	Uef	Ubd	Raf	I	Ubd	I1	Rab	Ubd	Uab
1.10	I1	Udc	Ubc	I1	Udc	Uad	I1	Uad	Uac	Udc
	I3	Uad	РЕКВ	Uad	I2	РЕКВ	Ubc	РЕКВ	I3	I1
	Ubc	I2	Ubd	I3	Uad	Uac	I2	Uac	РЕКВ	Uad
	Ubd	Rbc	I2	Udc	Rbc	I3	Uad	Ubc	Udc	I3
	РЕКВ	I	Uad	Rac	Ubc	I1	Udc	I2	I2	Rbc



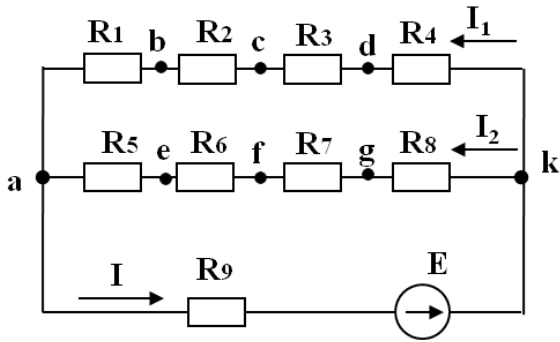


Схема 1.6

$E = 15\text{В},$   
 $R_1 = R_4 = R_7 = R_9 = 1\ \text{Ом},$   
 $R_2 = R_3 = 1,5\ \text{Ом},$   
 $R_8 = 2\ \text{Ом},$   
 $R_5 = R_6 = 5\ \text{Ом}$

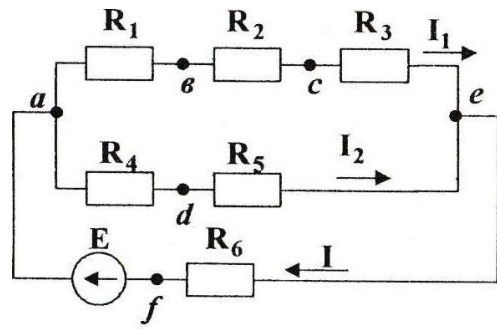


Схема 1.7

$E = 9\text{В},$   
 $R_1 = R_4 = 2\ \text{Ом},$   
 $R_2 = 3\ \text{Ом},$   
 $R_3 = R_5 = R_6 = 1\ \text{Ом}$

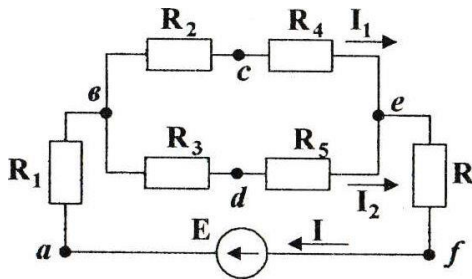


Схема 1.8

$E = 12\text{В},$   $R_4 = 4\ \text{Ом},$   
 $R_2 = 2\ \text{Ом},$   $R_3 = 4\ \text{Ом},$   
 $R_1 = R_5 = R_6 = 1\ \text{Ом}$

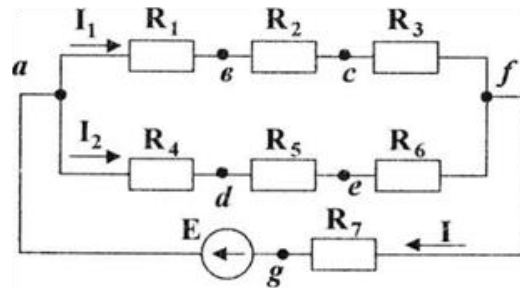


Схема 1.9

$E = 7\text{В},$   
 $R_1 = 5\ \text{Ом},$   $R_2 = 4\ \text{Ом},$   
 $R_3 = R_4 = 3\ \text{Ом},$   
 $R_5 = 2,5\ \text{Ом},$   $R_6 = 0,5\ \text{Ом}$

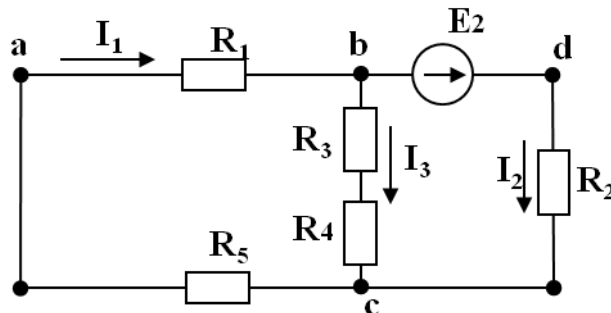


Схема 1.10

$E = 8\text{В},$   $R_4 = 4\ \text{Ом},$   
 $R_2 = 2\ \text{Ом},$   $R_3 = 5\ \text{Ом},$   
 $R_1 = R_5 = 1\ \text{Ом}$

Рисунок 1.2

За наведеними даними (таблиця 1.3) розрахувати складне електричне коло постійного струму методом законів Кірхгофа

визначити величину струмів у гілках схем 1.11-1.15 (рисунок 1.3).  
Перевірити правильність розрахунку складанням балансу потужностей.

Таблиця 1.3 – Варіанти зі вказівкою величин, які задані

Номер схеми		Варіанти									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.11	E1	200	300	450	80	10	15	100	300	10	20
	E2	300	200	80	50	15	10	300	100	20	10
	R01	1	2	5	3	0,1	0,2	0,3	0,4	2	4
	R02	2	1	3	5	0,2	0,1	0,5	0,3	4	2
	R1	8	12	6	9	12	16	20	15	18	12
	R2	12	16	8	10	14	20	6	3	4	24
	R3	10	10	12	8	3	4	9	12	12	12
1.12	E1	120	120	110	125	100	220	127	215	225	75
	E2	114	106	126	119	115	215	200	105	135	140
	R1	2	4	6	8	1	3	5	7	9	10
	R2	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
	R3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	R4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
1.13	E1	120	200	125	225	250	300	175	180	150	170
	E2	100	110	130	140	150	120	160	180	190	200
	R1	10	12	14	16	18	20	18	16	14	12
	R2	11	12	13	14	15	14	13	12	11	10
	R3	2	4	1	3	6	5	7	8	9	2
	R4	5	10	15	20	7	9	10	12	14	16
1.14	E1	100	120	125	130	110	115	160	165	170	175
	E2	80	90	85	95	75	70	65	60	50	55
	R1	5	4	3	2	5	4	3	2	2	8
	R2	15	17	20	25	24	30	32	34	40	20
	R3	20	22	24	26	28	30	21	23	25	27
	R4	8	10	12	14	16	15	13	11	9	7
1.15	E1	90	95	100	105	110	105	100	90	80	85
	E2	150	125	175	190	180	185	70	50	40	30
	R01	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	0,1	0,2	0,1	0,1
	R02	2	1	2,5	2	1,5	0,9	1	0,5	0,5	0,3
	R1	10	14	18	22	24	28	32	36	38	40
	R2	12	16	20	24	28	26	22	18	14	10
	R3	15	18	21	14	16	18	14	12	15	10

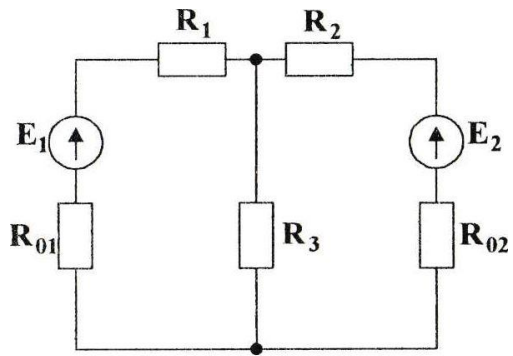


Схема 1.11

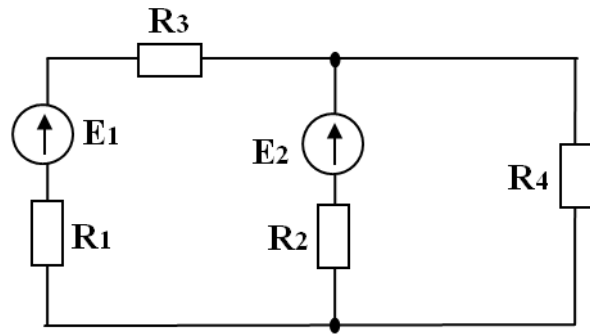


Схема 1.12

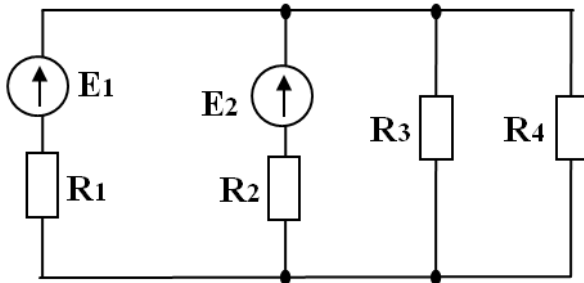


Схема 1.13

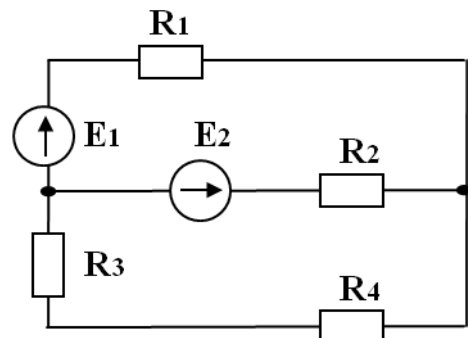


Схема 1.14

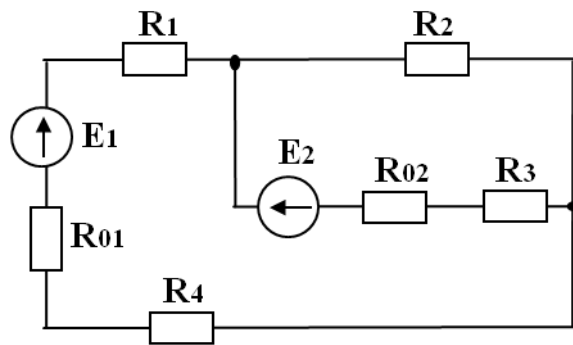


Схема 1.15

Рисунок 1.3

## 2 ОДНОФАЗНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ

### 2.1 Запитання для підготовки

При підготовці до вказаних занять студенти повинні відповісти на нижченаведені запитання.

- 1 Який струм називають змінним?
  - 2 Якими параметрами описується синусоїдний струм?
  - 3 Що таке період змінного струму, його частота?
  - 4 Яким виразом можна подати миттєве значення струму?
  - 5 Який існує зв'язок між амплітудним та діючим значеннями?
  - 6 Які способи подання синусоїдних величин відомі?
  - 7 Що означають поняття «фаза», «початкова фаза»?
  - 8 Що називаються зсувом фаз у колах змінного струму?
  - 9 Як визначити кутову частоту, якщо відома частота змінного струму?
  - 10 Що таке індуктивний опір і як його величина залежить від кутової частоти?
  - 11 Що таке ємнісний опір і як його величина залежить від кутової частоти?
  - 12 Як визначається повний опір кола з послідовним вмиканням котушки, конденсатора та резистора?
  - 13 Що таке коефіцієнт потужності і що впливає на його величину?
  - 14 Що являє собою векторна діаграма для кола змінного струму?
  - 15 Яким чином зображаються трикутники опорів та потужностей?
  - 16 Що являє собою повна потужність?
  - 17 Якими одиницями вимірюються повна, активна та реактивна потужності?
  - 18 Що таке комплексні струм, опір, потужність?
  - 19 Яке явище у колі змінного струму називають резонансом напруг?
  - 20 В чому полягає економічна значимість резонансу струмів?
- Запитання, на які треба відповісти на початку кожного практичного заняття, вказуються викладачем.

## 2.2 Вихідні дані для розрахунку

На практичному занятті з теми «Розрахунок нерозгалужених кіл синусоїдного струму» студенти розраховують лінійне електричне коло синусоїдного струму (рисунок 2.1, схеми 2.1-2.5) і визначають величини, які вказані у таблиці 2.1.

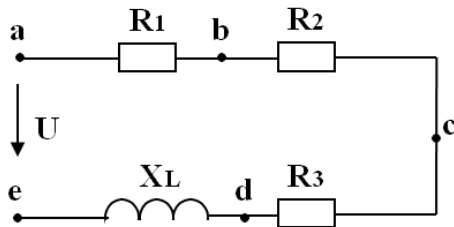


Схема 2.1

$$U = 5 \text{ В}, \quad X_L = 4 \text{ Ом}, \\ R_1 = R_2 = R_3 = 1 \text{ Ом}$$

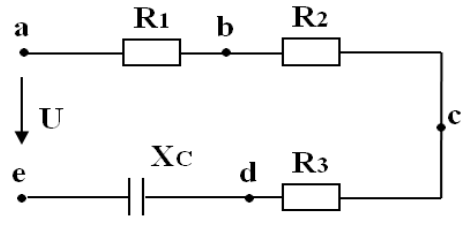


Схема 2.2

$$U = 5 \text{ В}, \quad X_C = 2 \text{ Ом}, \\ R_1 = R_2 = 1 \text{ Ом}, \quad R_3 = 1 \text{ Ом}$$

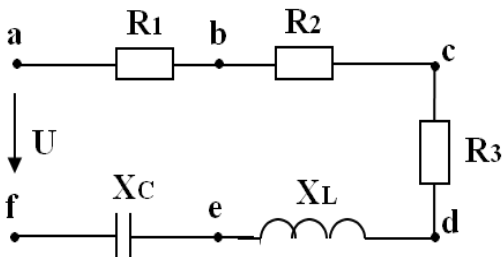


Схема 2.3

$$U = 5 \text{ В}, \quad R_3 = 1 \text{ Ом}, \\ R_1 = 1 \text{ Ом}, \quad X_L = 3 \text{ Ом}, \\ R_2 = 2 \text{ Ом}, \quad X_C = 2 \text{ Ом}$$

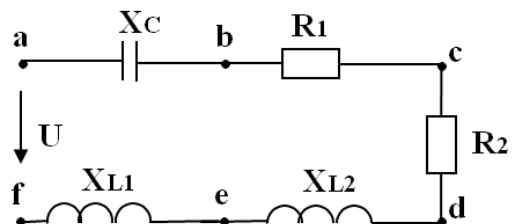


Схема 2.4

$$U = 5 \text{ В}, \quad X_{L1} = 4 \text{ Ом}, \\ R_1 = 2 \text{ Ом}, \quad X_{L2} = 3 \text{ Ом}, \\ R_2 = 1 \text{ Ом}, \quad X_C = 4 \text{ Ом}$$

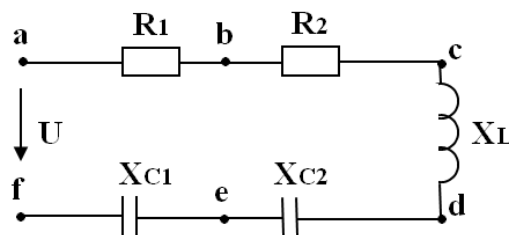


Схема 2.5

$$U = 5 \text{ В}, \quad X_L = 4 \text{ Ом}, \\ R_1 = 2 \text{ Ом}, \quad X_{C1} = 3 \text{ Ом}, \\ R_2 = 4 \text{ Ом}, \quad X_{C2} = 4 \text{ Ом}$$

Рисунок 2.1

Таблиця 2.1 – Варіанти зі вказівкою величин, які треба визначити

Номер схеми	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.1	I	Ucb	Uab	Udc	I	Ucb	Uab	Ucd	I	Ucb
	Udc	S	Ubd	Pad	S	Q	Udc	Pbd	Pac	Ucd
	Zac	Uac	ZBX	Pac	Uad	Zac	P	Uab	Ubc	Pbd
	S	Pad	Uad	Q	X	Pbd	Q	Ubd	X	Pad
	Uad	I	Q	Ubd	Pac	Uad	S	Pcd	S	Q
2.2	Ucd	Pcd	Uac	Pac	Ucd	Pcd	Uac	Pac	Ucd	Pcd
	P	X	Ucd	Uad	Q	Ubd	Q	Uad	Ubc	Uac
	I	Uad	P	S	P	Uad	P	Q	Ubd	Uad
	Z	Ubc	S	ZBX	Ude	Z	S	X	P	X
	X	S	Q	Zac	Paе	Uab	Ucd	Uab	S	S
2.3	Uac	Pbd	Pac	Ubd	Pbd	Uac	Pac	Pbd	Ubd	Uac
	Z	S	Uef	ZBX	Uad	Uab	Ucd	Uad	Ubc	I
	Uab	Ucd	I	Uab	Z	Ubc	P	Uab	I	P
	Ubd	Ubc	S	I	P	Ube	Pbc	S	Ube	S
	Ubc	Uaf	Q	P	Ubc	Q	Udf	Q	P	Udf
2.4	Qab	Ufe	Qed	Uab	Qfe	Ued	Qab	Ufe	Qcd	Uab
	I	Ucd	I	Uaf	ZBX	ZBX	Ube	Uaf	Ube	P
	Ubd	Ubc	Ubd	I	S	Uaf	S	P	I	Ucd
	Qef	Q	S	P	Ubc	Pbc	Ucd	Pad	Qab	S
	Ubc	P	Uab	Pbc	P	S	Z	Pbc	Q	Ubc
2.5	S	ZBX	Uaf	Sad	Uad	S	ZBX	Uaf	Saf	Sad
	Qcd	Qde	P	Ubc	Q	Qcd	P	Obc	I	X
	Sad	Q	Ubc	Uac	P	Z	Q	Ubc	Pbc	P
	P	I	Qcf	Q	Pbc	I	Uab	Pab	P	Uab
	Uac	P	Uab	Qcd	I	Uab	I	Uab	X	S

На практичному занятті з теми «Розрахунок розгалужених кіл синусоїдного струму» студенти розраховують лінійне електричне коло синусоїдного струму (рисунок 2.2, схеми 2.6-2.10) і визначають величини, які вказані у таблиці 2.2.

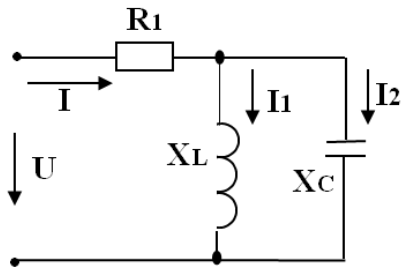


Схема 2.6

$U = 8 \text{ В}, \quad X_C = 1 \text{ Ом},$   
 $R_1 = 2 \text{ Ом}, \quad X_L = 3 \text{ Ом},$   
 $f = 50 \text{ Гц}$

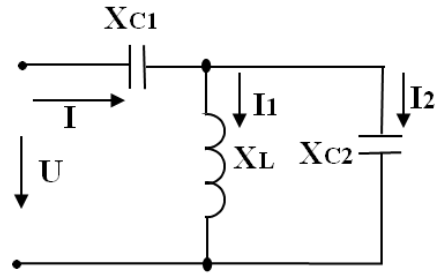


Схема 2.7

$U = 10 \text{ В}, \quad X_{C1} = 2 \text{ Ом},$   
 $X_L = 4 \text{ Ом}, \quad X_{C2} = 4 \text{ Ом},$   
 $f = 25 \text{ Гц}$

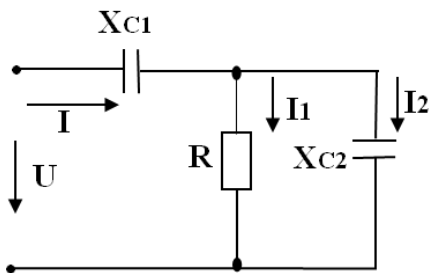


Схема 2.8

$U = 12 \text{ В}, \quad R = 10 \text{ Ом},$   
 $X_{C1} = 6 \text{ Ом}, \quad X_{C2} = 4 \text{ Ом},$   
 $f = 75 \text{ Гц}$

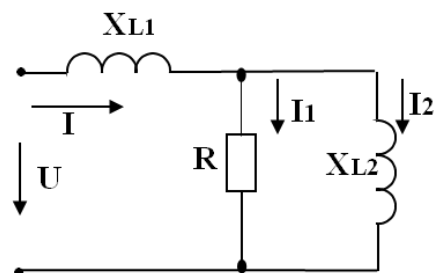


Схема 2.9

$U = 6 \text{ В}, \quad R = 8 \text{ Ом},$   
 $X_{L1} = 10 \text{ Ом}, \quad X_{L2} = 5 \text{ Ом},$   
 $f = 150 \text{ Гц}$

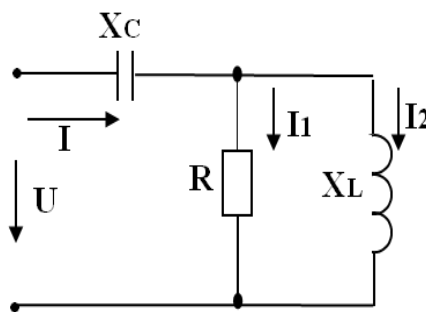


Схема 2.10

$U = 8 \text{ В}, \quad X_C = 2 \text{ Ом},$   
 $R = 4 \text{ Ом}, \quad X_L = 6 \text{ Ом},$   
 $f = 125 \text{ Гц}$

Рисунок 2.2

Таблиця 2.2 – Варіанти зі вказівкою величин, які треба визначити

Номер схеми	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.6	I2	I	UL	I2	IC	I	I2	UL	I	I2
	Z	I1	UR	S	QL	UL	I1	I1	C	UC
	I1	Z	I1	P	Z	P	QL	I	I1	Z
	P	UR	C	L	I1	Qc	UL	Q	UR	L
	C	Q	S	UL	P	S	I	Z	Q	I1
2.7	I	C1	Uc1	Z	C2	QL	QC1	I2	Uc1	L
	C2	I2	QL	C1	Uc1	I	L	Z	QC1	I1
	QL	Uc2	I	I2	L	C1	Uc1	QL	C2	I2
	Uc1	L	Z	Uc2	I	Z	I2	C1	I	Uc2
	I2	I1	C2	L	QL	Uc2	C2	Uc2	L	C1
2.8	I2		UR	I1	Uc2	P	I2	C2	S	I2
	Uc1	P	S	C2	UR	I1	UR	Z	C1	Uc1
	S	Uc1	I1	UR	C1	C2	S	UR	Z	I
	I	C1	Z	P	S	UR	C2	I1	Uc1	C1
	UR	I2	C2	Z	I	Z	I1	P	I2	S
2.9	L2	I2	UL2	I2	UL2	I2	L2	UR	S	I2
	UL1	P	Z	UR	I	L1	QL1	I2	UL2	S
	UR	QL2	I	L2	S	P	UL2	L1	QL2	L2
	I2	L2	S	UL1	Z	UR	S	UL1	I	QL1
	S	UR	QL1	P	L2	QL2	I	P	L1	UL1
2.10	Z	QC	UR	P	I	Uc	QC	UL	I	Uc
	UR	I1	P	Uc	Z	I	I1	QL	Z	QC
	P	QL	I2	QL	S	Z	Uc	QC	I2	UL
	UL	UL	S	Z	UR	P	S	I1	P	QL
	I	Z	Uc	I2	P	I2	UL	Z	UR	I1

### 2.3 Застосування комплексних чисел для розрахунку електричних кіл змінного струму

Для проведення практичного заняття студенти повинні володіти знаннями в такому обсязі:

1 Що таке комплексне число?



- 2 Якими формами може бути подано комплексне число?
- 3 З якою метою рекомендується перехід з однієї форми в іншу?
- 4 Яким чином здійснюються дії з комплексними числами?
- 5 Як виглядають основні закони електричних кіл в символічній формі?
- 6 Записати вираз комплексу струму, якщо задане його миттєве значення:  $i=141 \sin(314t+20^\circ)$  А.
- 7 Знайти комплексний індуктивний опір, якщо  $L = 10$  мГн,  $f = 50$  Гц.
- 8 За заданими комплексами напруги та струму електричного кола записати їх у показовій формі та побудувати для них векторні діаграми.

а)  $\underline{U} = (-20 + j40)$  В,       $\underline{I} = (-5 + j3)$  А,  
 б)  $\underline{U} = (-20 - j40)$  В,       $\underline{I} = (-5 - j3)$  А,  
 в)  $\underline{U} = (20 - j40)$  В,       $\underline{I} = (5 - j3)$  А.

- 9 За даними п. 6 визначити комплексні опори.
- 10 Комплекси струмів у гілках задані у показовій формі:

$$\underline{I}_1 = 4 e^{j60^\circ} \text{ А}, \quad \underline{I}_2 = 8 e^{j30^\circ} \text{ А}, \quad \underline{I}_3 = 6 e^{j45^\circ} \text{ А}.$$

Записати ці значення в алгебраїчній формі.

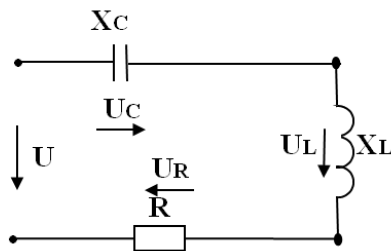
- 11 Визначити сумарний струм з п.8 за I законом Кірхгофа.
- 12 Комплекс напруги на вході кола  $\underline{U} = 220e^{j30^\circ}$ , комплексний опір складає  $\underline{Z} = 5 + j4$  Ом. Визначити струм у колі.
- 13 Обчислити активну потужність у колі, якщо

$$\underline{U} = (-20 + j40) \text{ В}, \quad \underline{I} = (-5 + j3) \text{ А}.$$

- 14 Якою буде реактивна потужність, якщо

$$\underline{U} = (-20 - j40) \text{ В}, \quad \underline{I} = (-5 - j3) \text{ А}.$$

15 Обчислити величину напруги на вході кола, якщо відомі напруги на окремих елементах кола:  $\underline{U}_R = 110 e^{j60^\circ} \text{ В}$ ,  $\underline{U}_L = 120 e^{j150^\circ} \text{ В}$ ,  $\underline{U}_C = 140 e^{-j30^\circ} \text{ В}$



### 3 РОЗРАХУНОК ТРИФАЗНИХ КІЛ СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ

#### 3.1 Запитання для підготовки

При підготовці до практичних занять за вказаною темою студенти повинні відповісти на нижченаведені запитання:

- 1 В чому полягає перевага трифазних кіл над однофазними?
- 2 Що називають трифазною системою живлення?
- 3 Як утворюється трифазна система ЕРС?
- 4 Як записати трифазну ЕРС у символічному вигляді?
- 5 Як показати трифазну ЕРС на векторній діаграмі?
- 6 Зобразити схеми вмикання обмоток трифазного генератора зіркою та трикутником.
- 7 З якою метою виконується вмикання обмоток трифазного генератора зіркою або трикутником?
- 8 Що в трифазних колах називається фазою?
- 9 Яке навантаження називають симетричним?
- 10 За якими схемами можуть вмикатися опори навантаження?
- 11 На яких ділянках трифазної системи діють фазна та лінійна напруги, фазний та лінійний струми?
- 12 Які співвідношення мають місце між лінійними струмами і напругами при з'єднанні фаз генератора зіркою та трикутником?
- 13 В яких трифазних системах має місце нульова або нейтральна точка?

- 14 При якому вмиканні опорів потрібен нульовий провід?
- 15 Що являє собою явище перекосу фаз у трифазних колах?
- 16 Чому нульовий провід не потрібен при симетричному навантаженні?
- 17 До чого призводить обрив нульового проводу?
- 18 Як визначити фазні струми та струм у нейтральному проводі в трифазній системі живлення?
- 19 Яким чином розраховується потужність трифазного кола з симетричним та несиметричним навантаженням?
- 20 В яких межах може знаходитись коефіцієнт потужності трифазної схеми живлення?

### **3.2 Вихідні дані для розрахунку**

На практичному занятті за темою «Розрахунок трифазних кіл з вмиканням опорів зіркою» для схем 3.1-3.5 (рисунок 3.1) та заданих у таблиці 3.1 величин опорів і лінійної напруги треба визначити фазні та лінійні струми і струм у нейтральному проводі, а також повну потужність усього кола. Розрахунки проводити комплексним методом.

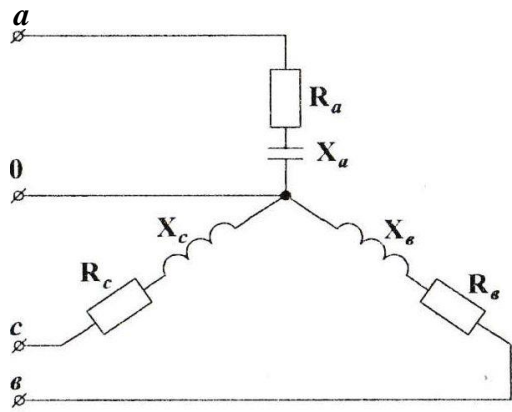


Схема 3.1

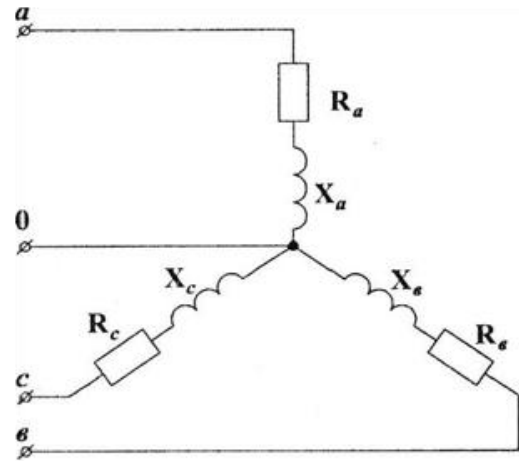


Схема 3.2

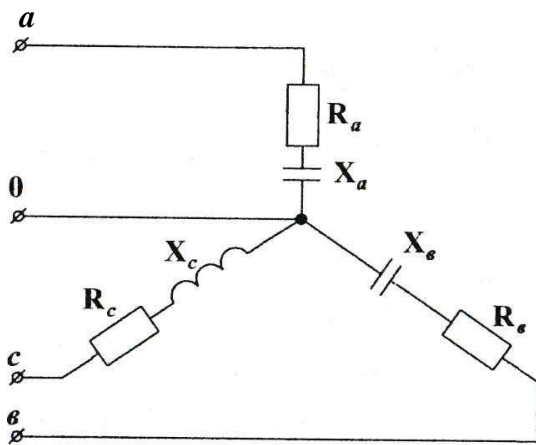


Схема 3.3

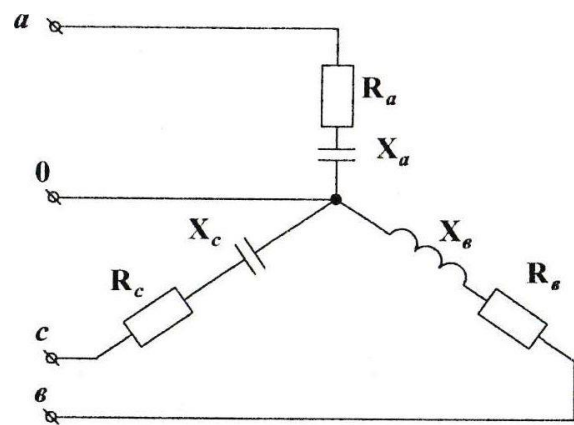


Схема 3.4

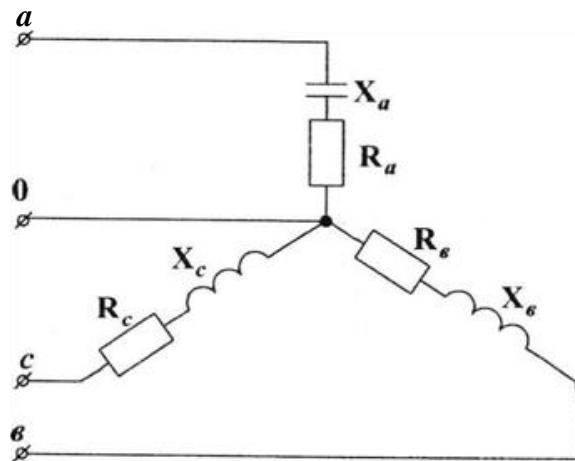


Схема 3.5

Рисунок 3.1

Таблиця 3.1 – Варіанти з заданими величинами

Номер схеми		Варіанти									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.1	УЛ	127	220	380	127	220	50	100	150	200	380
	Ra	3	8	8	4	4	2	10	20	5	2
	Rb	4	4	4	8	8	5	6	10	4	12
	Rc	6	8	7	9	10	12	15	16	18	20
	Xa	4	4	4	6	6	6	8	8	8	10
	Xb	2	2	2	5	5	7	7	10	12	12
	Xc	8	8	8	8	8	8	6	6	6	4
3.2	УЛ	380	127	110	125	220	127	110	220	380	127
	Ra	5	10	15	20	22	25	8	4	3	6
	Rb	4	6	10	12	20	15	4	8	4	25
	Rc	18	15	12	30	40	10	7	9	6	20
	Xa	8	8	5	9	10	12	4	6	4	8
	Xb	12	7	4	6	15	14	2	5	2	26
	Xc	6	6	2	4	6	7	8	8	8	18
3.3	УЛ	220	127	110	380	220	200	150	110	125	380
	Ra	3	2	4	25	20	22	6	8	10	2
	Rb	5	12	8	30	10	24	5	4	12	5
	Rc	7	20	10	35	16	26	4	8	15	12
	Xa	1	10	6	10	8	10	2	4	3	6
	Xb	2	12	5	12	10	12	1	2	5	7
	Xc	1	4	8	14	6	14	3	8	1	8
3.4	УЛ	110	125	110	220	380	127	220	127	380	220
	Ra	2	7	5	10	30	8	26	4	10	28
	Rb	5	9	4	12	25	4	22	8	6	24
	Rc	12	11	18	16	20	8	18	10	15	20
	Xa	6	4	8	1	18	4	12	6	8	6
	Xb	7	6	12	2	16	2	10	5	7	5
	Xc	8	5	6	3	14	8	15	8	6	9
3.5	УЛ	100	125	127	220	380	220	127	125	100	90
	Ra	18	25	30	40	50	35	32	24	16	10
	Rb	16	15	20	30	40	25	28	22	13	9
	Rc	14	20	10	20	30	25	24	20	12	8
	Xa	12	4	2	4	5	6	16	1	3	2
	Xb	6	5	3	6	7	8	14	2	5	1
	Xc	2	6	4	8	9	10	12	3	7	4

На практичному занятті з теми «Розрахунок трифазних кіл зі вмиканням навантаження трикутником» для заданих схем 3.6-3.10 (рисунок 3.2) та заданих у таблиці 3.2 величин опорів і лінійної напруги визначити фазні і лінійні струми, а також коефіцієнт потужності.

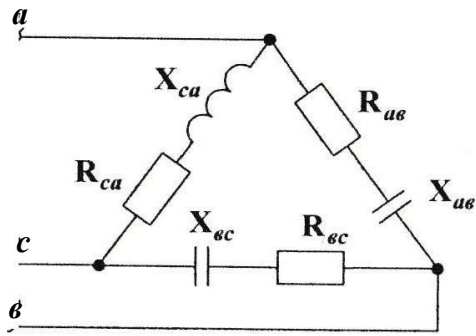


Схема 3.6

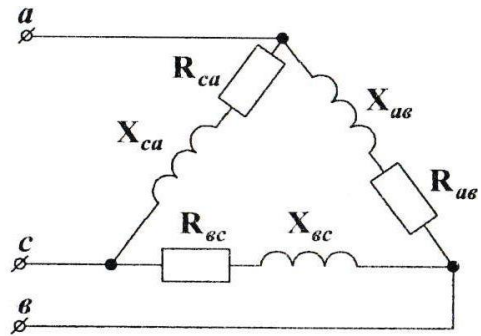


Схема 3.7

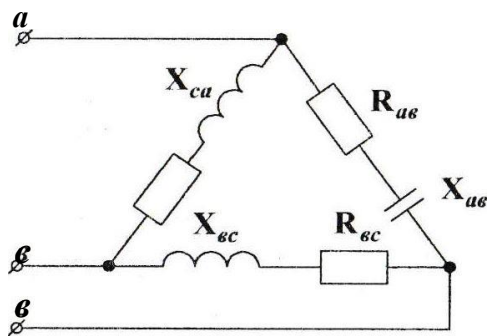


Схема 3.8

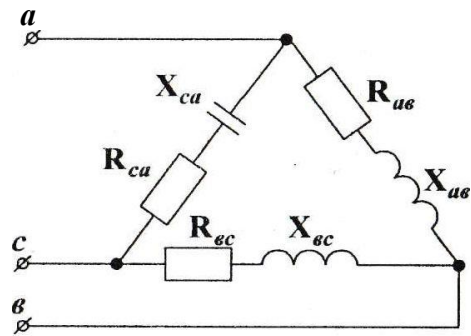


Схема 3.9

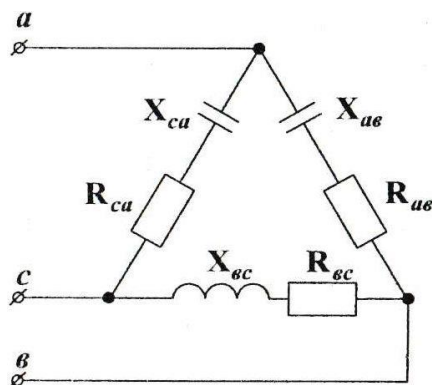


Схема 3.10

Рисунок 3.2

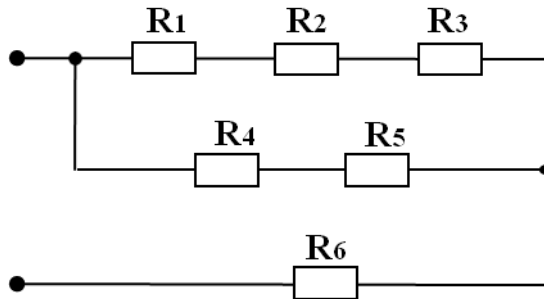
Таблиця 3.2 – Варіанти з заданими величинами

Номер схеми	Варіанти										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3.6	УЛ	127	220	380	127	220	220	127	380	220	127
	Rab	8	10	20	8	12	14	6	40	20	10
	Rbc	6	8	18	6	10	16	12	35	25	20
	Rca	12	5	24	4	13	4	8	9	30	12
	Xab	10	20	40	6	14	8	10	20	8	12
	Xbc	20	25	35	12	16	6	8	18	6	10
	Xca	12	30	9	8	4	12	5	24	4	13
3.7	УЛ	100	125	127	220	380	220	127	125	100	90
	Rab	18	25	30	40	50	35	32	24	16	10
	Rbc	16	15	20	30	40	25	28	22	13	9
	Rca	14	20	10	20	30	25	24	20	12	8
	Xab	12	4	2	4	5	6	16	1	3	2
	Xbc	6	5	3	6	7	8	14	2	5	1
	Xca	2	6	4	8	9	10	12	3	7	4
3.8	УЛ	110	127	220	380	600	125	127	110	220	380
	Rab	35	45	55	60	80	8	10	22	15	29
	Rbc	33	42	50	45	60	3	14	18	19	25
	Rca	30	38	45	35	50	5	12	20	17	27
	Xab	8	10	22	15	29	2	3	4	7	9
	Xbc	5	12	20	17	27	4	5	6	9	12
	Xca	3	14	18	19	25	6	7	8	11	13
3.9	УЛ	220	127	110	380	220	200	150	110	125	380
	Rab	3	2	4	25	20	22	6	20	10	2
	Rbc	5	12	8	30	10	24	5	24	12	5
	Rca	7	20	10	35	16	26	4	28	15	12
	Xab	1	10	6	10	8	10	2	4	3	6
	Xbc	2	12	5	12	10	12	1	2	5	7
	Xca	1	4	8	14	6	14	3	8	1	10
3.10	УЛ	127	220	380	127	220	50	100	150	200	380
	Rab	3	8	8	4	4	2	10	20	5	2
	Rbc	4	4	4	8	8	5	6	10	4	12
	Rca	6	8	7	9	10	12	15	16	18	20
	Xab	4	4	4	6	6	6	8	8	8	10
	Xbc	2	2	2	5	5	7	7	10	12	12
	Xca	8	10	9	12	14	20	6	18	16	14

## 4 ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

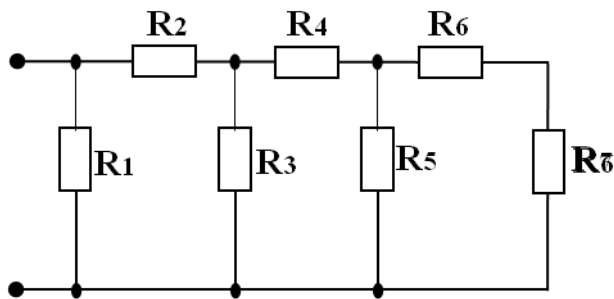
### 4.1 Кола постійного струму

4.1.1 Визначити вхідний опір кола:



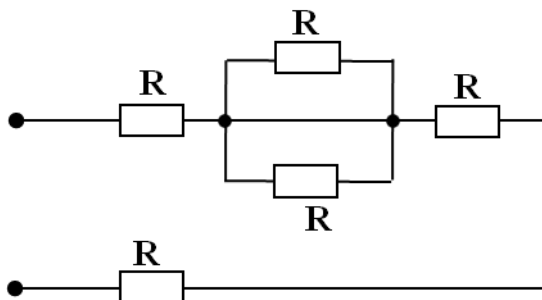
$$\begin{aligned} R_1 &= 15 \text{ Ом}, \\ R_2 &= 2 \text{ Ом}, \\ R_3 &= 3 \text{ Ом}, \\ R_4 &= R_5 = R_6 = 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

4.1.2 Визначити вхідний опір кола:



$$\begin{aligned} R_1 &= R_3 = R_5 = 10 \text{ Ом}, \\ R_2 &= R_4 = R_6 = R_7 = 5 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

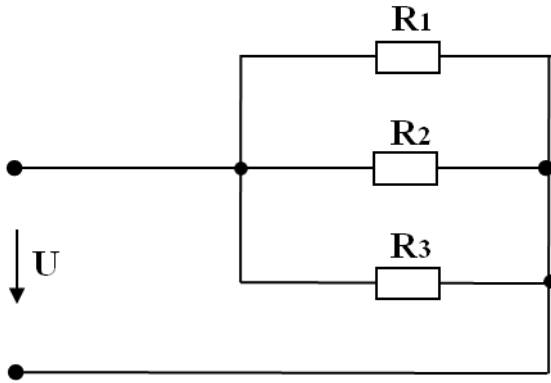
4.1.3 Визначити вхідний опір кола:



$$R_1 = 10 \text{ Ом}.$$



4.1.4 Визначити усі струми кола:



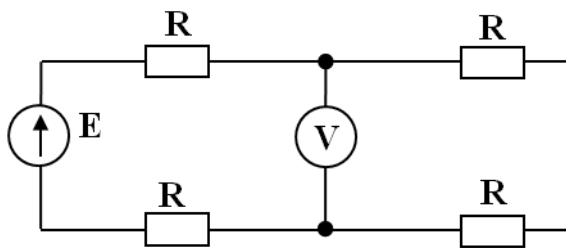
$$U = 60 \text{ В},$$

$$R_1 = 10 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 20 \text{ Ом},$$

$$R_3 = 30 \text{ Ом}.$$

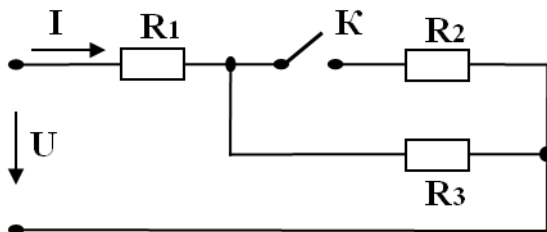
4.1.5 Визначити показання вольтметра у колі:



$$E = 100 \text{ В},$$

$$R = 10 \text{ Ом}.$$

4.1.6 Як зміниться величина струму  $I$  при замиканні ключа  $K$ ?

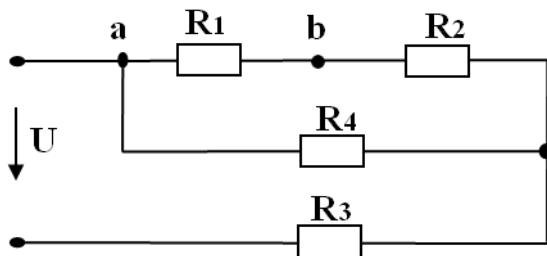


$$U = 100 \text{ В},$$

$$R_1 = 5 \text{ Ом},$$

$$R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом}.$$

4.1.7 Визначити напругу  $U_{ab}$ :

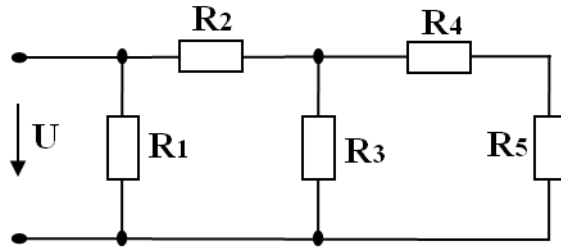


$$U = 100 \text{ В},$$

$$R_4 = 10 \text{ Ом},$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 5 \text{ Ом}.$$

4.1.8 Визначити усі струми кола:

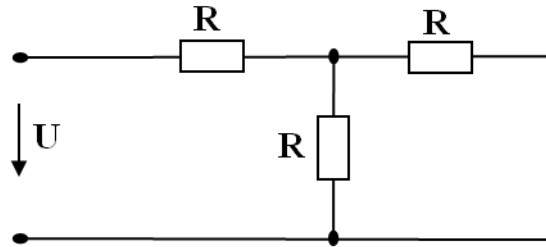


$$U = 100 \text{ В},$$

$$R_1 = R_3 = 10 \text{ Ом},$$

$$R_2 = R_4 = R_5 = 5 \text{ Ом}.$$

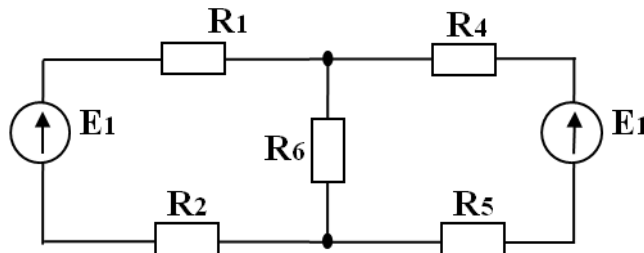
4.1.9 Визначити потужність, яку споживає електричне коло:



$$U = 100 \text{ В},$$

$$R = 10 \text{ Ом}.$$

4.1.10 Скласти баланс потужностей для електричного кола:



$$E_2 = 100 \text{ В},$$

$$E_2 = 50 \text{ В},$$

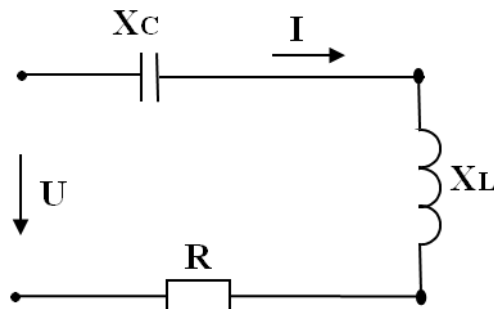
$$R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом},$$

$$R_4 = R_5 = 5 \text{ Ом},$$

$$R_7 = 15 \text{ Ом}.$$

## 4.2 Кола синусоїдного струму

4.2.1 Визначити струм у колі:



$$U = 100 \text{ В},$$

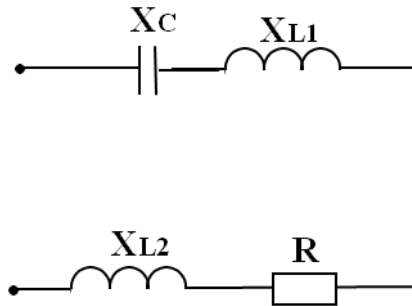
$$R = 4 \text{ Ом},$$

$$X_C = 5 \text{ Ом},$$

$$X_L = 2 \text{ Ом}.$$

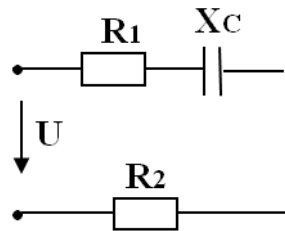
4.2.2 Визначити коефіцієнт потужності електричного кола п. 4.2.1 за умови  $R = X_L = X_C$ .

4.2.3 Визначити повний опір кола:



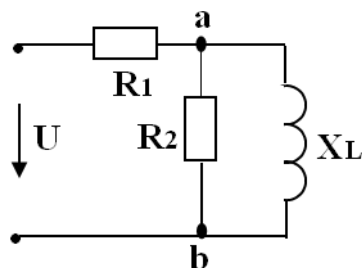
$$\begin{aligned} R &= 40 \text{ Ом}, \\ X_C &= 40 \text{ Ом}, \\ X_{L1} &= 10 \text{ Ом}, \\ X_{L2} &= 60 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

4.2.4 Визначити струм у колі:



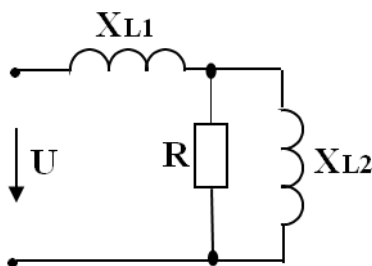
$$\begin{aligned} \underline{U} &= (100 - j50) \text{ В}, \\ R_1 &= R_2 = X_C = 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

4.2.5 Визначити напругу  $U_{ab}$  у колі:



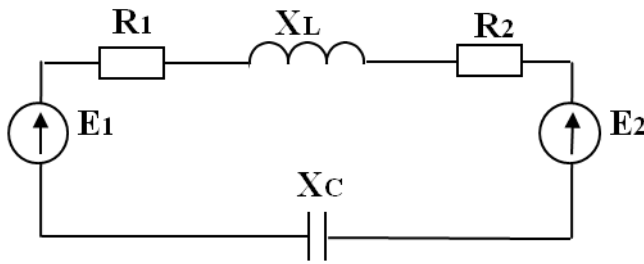
$$\begin{aligned} U &= 100 \text{ В}, \\ R_1 &= R_2 = X_L = 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

4.2.6 Визначити активну та реактивну потужності кола:



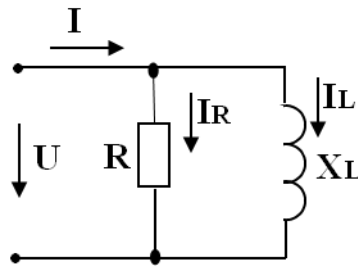
$$\begin{aligned} U &= 100 \text{ В}, \\ R_1 &= 10 \text{ Ом}, \\ X_{L1} &= X_{L2} = 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

4.2.7 Визначити струм у колі:



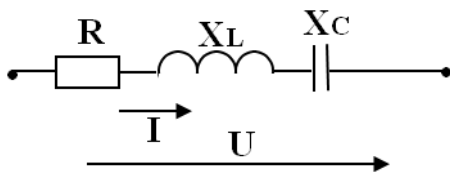
$$\begin{aligned} E_1 &= 20 \text{ В}, \\ \underline{E}_1 &= (20 - j5) \text{ В}, \\ R_1 = R_2 = X_L = X_C &= 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

4.2.8 Зобразити векторну діаграму для кола:



$$\begin{aligned} U &= 100 \text{ В}, \\ R = X_L &= 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

4.2.9 Визначити струм та індуктивний опір у колі при резонансі:



$$\begin{aligned} \underline{U} &= 220 \text{ В}, \\ R_1 &= 50 \text{ Ом}, \\ X_C &= 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

4.2.10 Обчислити коефіцієнт потужності у колі при резонансі струмів, якщо  $U = 220 \text{ В}$ ,  $R = 10 \text{ Ом}$ ,  $X_L = 20 \text{ Ом}$ .

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Паначевний Б. І., Свергун Ю. Ф. Загальна електротехніка : теорія і практика : посібник. Київ : Каравела, 2004. 440 с.

2 Матвієнко М. П. Основи електротехніки : підручник. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Київ : Видавництво Ліра-К, 2018. 228 с.

3 Коруд В. І., Гамола О. Є., Малинівський С. М. Електротехніка : підручник / за ред. В. І. Коруда. Вид. 4-те, переробл. і допов. Львів : «Магнолія 2006», 2010. 417 с.



## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять  
з дисципліни

*«ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»*

Відповідальний за випуск Прогонний О. М.

Редактор Решетилова В. В.

---

Підписано до друку 19.06.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,0. Тираж 5.   Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.