

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Кафедра «Електротехніка та електричні машини»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять з дисципліни

“ЕЛЕКТРОТЕХНІКА”

для студентів факультету

**“ Організація перевезень і управління на залізничному
транспорті” всіх форм навчання**

Харків 2010

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри “Електротехніка та електричні машини” 10 жовтня 2008 р., протокол № 4.

Рекомендуються для студентів факультету “ Організація перевезень і управління на залізничному транспорті” всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти А.А. Прилипко,
О.М. Прогонний,
асист. О.Є. Зінченко

Рецензент

доц. С.В. Кошевий

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до проведення практичних занять з дисципліни

“ЕЛЕКТРОТЕХНІКА”

для студентів факультету
“ Організація перевезень і управління на залізничному транспорті”
всіх форм навчання

Відповідальний за випуск Прилипко А.А.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 19.12.08 р.
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 1,5. Обл.-вид.арк. 1,75.
Замовлення № Тираж 500. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, майд. Фейербаха, 7

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Кафедра електротехніки та електричних машин

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до проведення практичних занять
з дисципліни “Електротехніка”
для студентів факультету
“ Організація перевезень і управління на залізничному
транспорті ”
всіх форм навчання

Харків 2010

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри “Електротехніка та електричні машини” 10 жовтня 2008 р., протокол № 4.

Укладачі:

доценти А.А. Прилипко,
О.М. Прогонний,
асист. О.Є. Зінченко

Рецензент

доц. С.В. Кошевий

ЗМІСТ

Загальні вказівки до проведення практичних занять..	4
1 Електричні кола постійного струму.....	5
2 Однофазні електричні кола змінного струму.....	12
3 Застосування комплексних чисел для розрахунку електричних кіл змінного струму.....	17
4 Розрахунок трифазних кіл синусоїдного струму.....	19
5 Задачі для самостійної підготовки до практичних занять.....	24
5.1 Кола постійного струму.....	24
5.2 Кола однофазного змінного струму.....	27
Список літератури.....	33

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Одним з основних видів занять з курсу “Електротехніка” є розв’язання задач на практичних заняттях. Пропоновані у посібнику завдання охоплюють увесь матеріал курсу і відповідають програмі, затвердженій Міністерством освіти і науки України.

При вивченні курсу студенти отримують необхідні знання з основних методів розрахунку і фізичних процесів, з якими доводиться зустрічатись в теорії електричних кіл, електричних машин та електроніки. Метою практичних занять є перевірка засвоєння студентами відповідних розділів курсу.

На практичних заняттях усім студентам необхідно мати калькулятор. У даному посібнику плануються практичні заняття з основних розділів курсу.

При необхідності їх кількість і тематика можуть бути відкориговані згідно з навчальним планом.

При підготовці до практичних занять з кожної теми необхідно відповісти на контрольні запитання, які наведені у кінці методичних вказівок.

З кожної теми практичних занять на дошці розв’язується типова задача, а потім студенти самостійно розв’язують задачі за варіантами, а у кінці занять здають пророблений матеріал на перевірку викладачеві. За кожне заняття студент одержує оцінку. За консультацією він може звернутися до викладача, який проводить практичні заняття.

1 ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

При підготовці до вказаних занять студенти зобов'язані відповісти на нижченаведені запитання.

- 1 Сформулювати закон Ома, закони Кірхгофа.
- 2 Що таке елементи та параметри електричних кіл?
- 3 З яких елементів складається електричне коло?
- 4 Що таке лінійний елемент?
- 5 Ідеальні джерела електрорушійної сили (ЕРС) та ідеальні джерела струму.
- 6 Реальні джерела електрорушійної сили (ЕРС) та реальні джерела струму.
- 7 Схема заміщення реальних джерел ЕРС та струму.
- 8 Які режими роботи джерел вам відомі?
- 9 Чим характеризуються режими холостого ходу, короткого замикання?
- 10 Що таке узгоджений режим?
- 11 Що таке номінальний режим?
- 12 Що таке послідовне з'єднання елементів в електричному колі та його схема, закони?
- 13 Що таке паралельне з'єднання елементів в електричному колі та його схема, закони?
- 14 Які методи розрахунку простих та складних кіл постійного струму вам відомі?
- 15 Розповісти про метод еквівалентних перетворень.
- 16 Застосування законів Кірхгофа для розрахунку складних електричних кіл постійного струму.
- 17 Метод контурних струмів.
- 19 Метод накладання.
- 20 Метод еквівалентного генератора.

Викладач вказує ті питання, на котрі треба відповісти студентам при підготовці до даного практичного заняття.

З метою засвоєння матеріалу усі студенти на практичних заняттях розв'язують різні задачі. Нижче наведені розрахункові схеми та умови задач згідно з варіантами до практичного заняття з теми: "Розрахунок нерозгалужених кіл постійного струму". За даними, що наведені у схемах 1.1 – 1.5, визначити величини, які вказані у таблиці 1.1.

На практичному занятті з теми “Розрахунок складних електричних кіл постійного струму” студенти розв’язують такі задачі (заняття 1). За даними, наведеними у схемах 1.6 – 1.10, розрахувати лінійне електричне коло постійного струму, визначивши величини, які вказані у таблиці 1.2.

За наведеними даними (таблиця 1.3) розрахувати лінійне електричне коло постійного струму, визначивши величину струму у вітках (заняття 2) схем 1.11 – 1.15.

Провести перевірку усіх розв’язаних задач складанням балансу потужності.

Таблиця 1.1

Номер схеми	Варіанти з вказівкою величин, які треба визначити									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.1	I	I	I	U _{da}	I	U _{da}	I	I	I	U _{de}
	U _{bc}	R _{ce}	U _{bd}	U _{bd}	U _{cd}	U _{ce}	U _{be}	U _{de}	U _{cd}	U _{bc}
	U _{bd}	U _{ce}	E _{екв}	U _{bc}	R _{екв}	U _{bc}	U _{ce}	U _{bd}	U _{ce}	I
	U _{de}	R _{екв}	R _{екв}	R _{екв}	U _{ce}	I	U _{bd}	E _{кв}	U _{bd}	U _{cd}
	U _{cd}	U _{bd}	U _{ce}	I	U _{bd}	U _{cd}	U _{cd}	U _{bc}	R _{екв}	U _{ab}
1.2	E ₂	U _{de}	U _{cd}	E ₂	U _{de}	U _{cd}	E ₂	U _{de}	U _{cd}	E ₂
	U _{bd}	E _{екв}	U _{bc}	U _{ce}	U _{bd}	E ₂	U _{ce}	R _{bd}	U _{bd}	R _{ce}
	U _{bc}	U _{be}	U _{ce}	U _{bc}	U _{ce}	U _{ce}	R _{екв}	U _{ce}	U _{ce}	E _{екв}
	U _{ce}	E ₂	E ₂	R _{екв}	U _{bc}	E _{екв}	U _{be}	U _{bd}	R _{bd}	U _{bd}
	R _{екв}	U _{bd}	E _{екв}	U _{bd}	U _{be}	U _{ba}	E _{екв}	U _{cd}	U _{bc}	U _{ce}
1.3	U _{ba}	R _{bd}	U _{bd}	R _{bd}	U _{bd}	R _{ba}	U _{bd}	R _{bd}	U _{bd}	R _{bd}
	U _{bc}	R _{bc}	E	U _{bc}	E	R _{екв}	E	R _{екв}	U _{ca}	I ₃
	U _{cd}	R _{cd}	U _{bc}	U _{ca}	U _{bc}	U _{bc}	U _{bc}	U _{cb}	E	U _{cd}
	E	U _{bc}	I ₃	U _{cd}	U _{ca}	U _{bd}	U _{cd}	E	I ₁	U _{ca}
	U _{da}	E	I ₁	I ₁	I ₃	E	R _{da}	R _{cd}	U _{da}	U _{bd}
1.4	U _{cd}	R _{ab}	U _{cd}	R _{cd}	U _{ca}	R _{ca}	U _{da}	R _{ca}	U _{cd}	R _{ca}
	R _{екв}	U _{bc}	R _{bc}	U _{bc}	U _{bc}	U _{bc}	U _{bc}	U _{bc}	E	R _{екв}
	U _{ca}	U _{cd}	U _{ab}	E	U _{cd}	U _{ab}	E	U _{cd}	I ₁	U _{bc}
	R _{bc}	U _{da}	U _{bc}	I ₁	R _{екв}	U _{cd}	U _{cd}	U _{ca}	R _{cd}	U _{cd}
	U _{bc}	E	U _{cd}	U _{dc}	U _{ab}	I ₁	I ₁	E	U _{bc}	E
1.5	R _{екв}	U _{bc}	E _{екв}	R _{bc}	R _{екв}	U _{be}	E _{екв}	R _{be}	R _{екв}	U _{be}
	R _{bd}	U _{bd}	U _{ce}	U _{cd}	U _{bd}	U _{bd}	U _{ce}	U _{be}	I	U _{bd}
	E _{екв}	R _{bd}	U _{cd}	U _{ce}	U _{ce}	E _{екв}	U _{bd}	U _{cd}	U _{bc}	U _{ce}
	U _{ce}	U _{de}	U _{bd}	R _{bd}	U _{cd}	U _{de}	I	U _{dc}	U _{ca}	U _{de}
	R _{ce}	U _{ce}	U _{de}	U _{bd}	U _{de}	I	U _{de}	I	U _{bd}	E _{екв}

Таблиця 1.2

Номер р схеми	Варіанти з вказівкою величин, які треба визначити									
	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	Uab	Uac	I1	Uac	Uab	I1	Uac	Uab	I1
	I'	I4	Рекв	I''	I3	Рекв	I3	Рекв	I'	I'
	I''	I''	I4	I'	I4	I''	I4	I''	Рекв	Rab
	I4	I3	Uab	I3	I'	I4	I''	Uab	I4	I''
	Рекв	I'	I'	I4	I''	I1	Uac	Rab	I''	I4

Таблиця 1.3

Номер схеми		Варіанти з вказівкою величин, котрі задані									
		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	0,5	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	20	18	12
	R2	12	16	8	10	10	12	6	3	4	24
	R3	10	10	12	8	3	4	9	12	12	12
1.12	E1	120	120	120	125	120	220	210	215	220	225
	E2	114	106	126	119	115	215	201	207	208	218
	R1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
	R2	0,1	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2	0,25
	R3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2
	R4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1,5
	R5	2	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
1.13	E1	120	220	120	120	220	120	300	400	200	200
	E2	220	150	220	220	150	220	200	200	300	400
	E3	100	120	150	100	120	150	120	150	150	120
	R1	1	5	4	5	2	1	5	4	5	2
	R2	2	4	2	1	4	2	4	2	1	4
	R3	4	2	1	2	3	4	2	1	2	5
	R4	5	1	5	4	1	5	1	6	4	1
1.14	U	100	120	110	100	110	120	140	150	130	100
	R1	2	3	4	5	3	4	5	4	5	5
	R2	3	4	5	4	4	5	4	5	3	4
	R3	4	5	3	3	5	6	6	8	6	3
	R4	5	8	6	8	5	5	8	6	10	6
1.15	R5	8	10	8	10	4	6	10	8	8	10
	E1	90	95	100	105	110	115	120	125	130	140
	E2	95	100	105	110	115	120	125	130	135	145
	R01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	R02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	R1	2	2	2,5	2,5	3	3	2,5	2,5	2	2
	R2	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
	R3	3	3	3	3	2,5	2,5	2	3	3	3
R4	2	2	2,5	2,5	3	3	2,5	2,5	2	2	

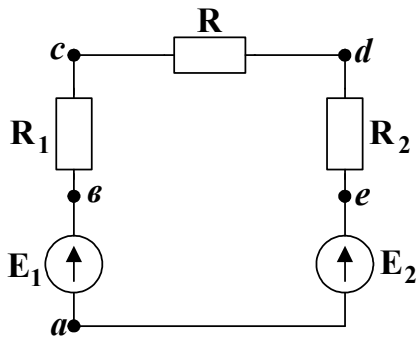


Схема 1.1

$$E_1 = 15\text{В}, \quad R_1 = 2\ \text{Ом}, \\ E_2 = 10\text{В}, \quad R = 2\ \text{Ом}, \\ R_2 = 1\ \text{Ом}.$$

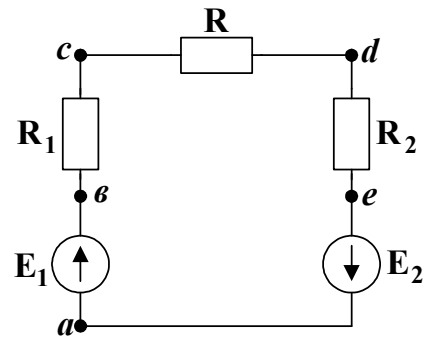


Схема 1.2

$$E_1 = 3\text{В}, \quad R_1 = 1\ \text{Ом}, \\ I = 1\text{А}, \quad R = 2\ \text{Ом}, \\ R_2 = 2\ \text{Ом}.$$

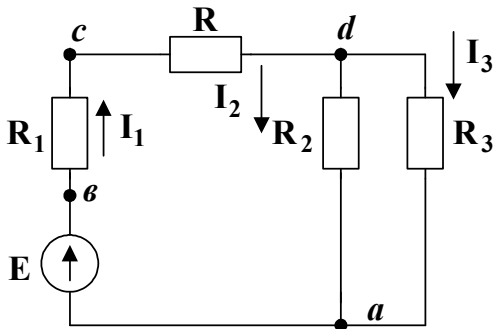


Схема 1.3

$$R_1 = 1\ \text{Ом}, \quad R_3 = 5\ \text{Ом}, \\ R = 2\ \text{Ом}, \quad I_2 = 2,5\ \text{А}, \\ R_2 = 2\ \text{Ом}.$$

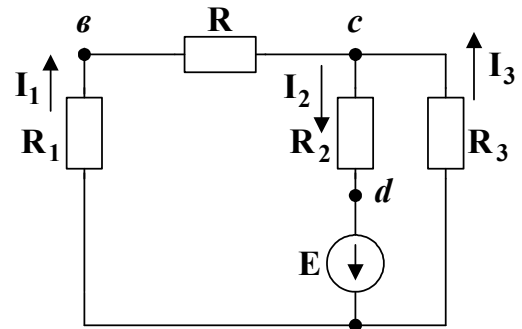


Схема 1.4

$$R_1 = 1\ \text{Ом}, \quad R_3 = 5\ \text{Ом}, \\ R = 2\ \text{Ом}, \quad I_3 = 2\ \text{А}, \\ R_2 = 2\ \text{Ом}.$$

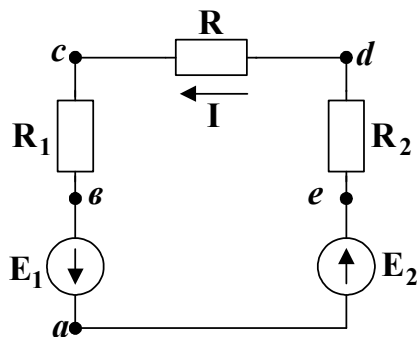


Схема 1.5

$$E_1 = 2\ \text{В}, \quad R_1 = 2\ \text{Ом}, \quad R_2 = 1\ \text{Ом}, \\ E_2 = 3\ \text{В}, \quad R = 2\ \text{Ом}.$$

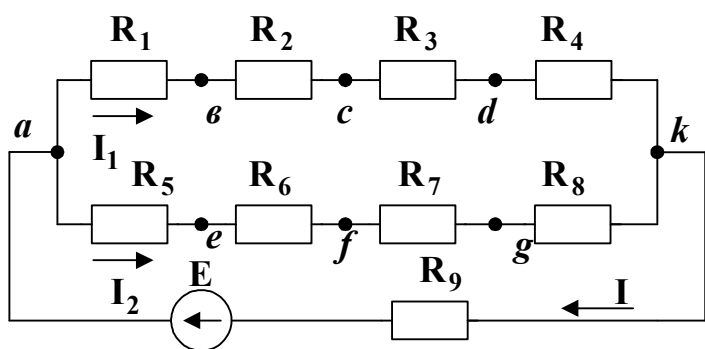


Схема 1.6

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

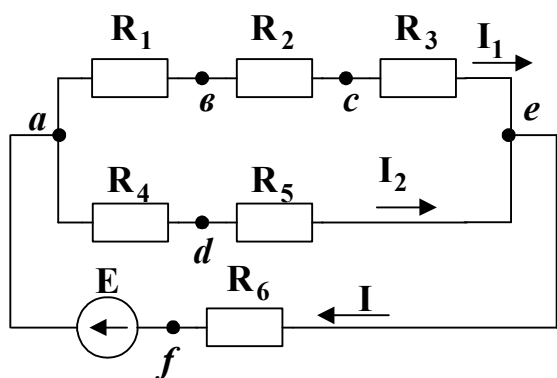


Схема 1.7

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

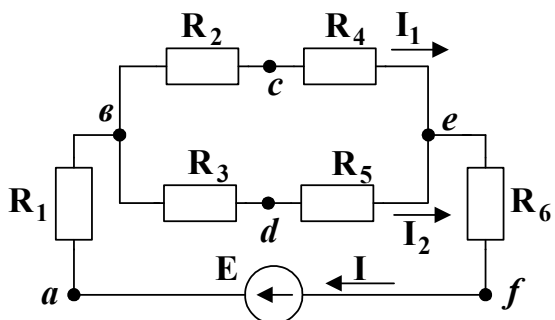


Схема 1.8

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

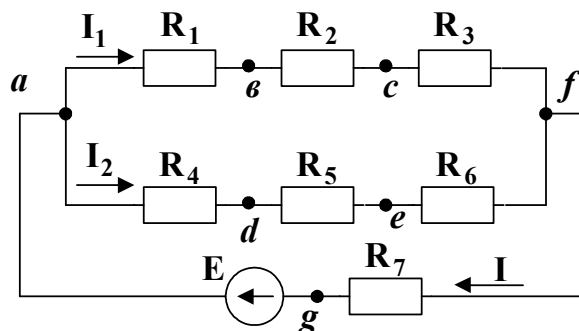
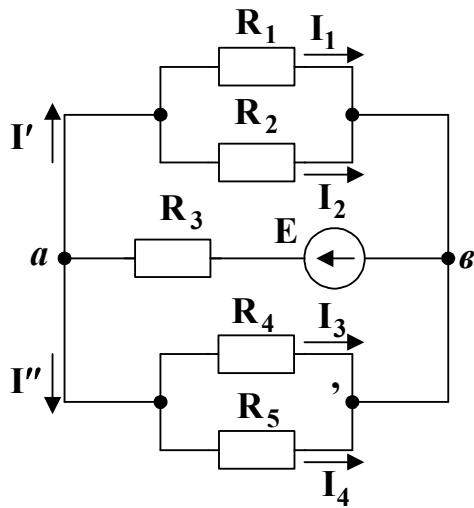


Схема 1.9

$E = 7\text{В},$ $R_5 = 2,5\ \text{Ом},$
 $R_2 = 4\ \text{Ом},$ $R_6 = 0,5\ \text{Ом},$
 $R_3 = R_4 = 3\ \text{Ом},$
 $R_7 = 1\ \text{Ом},$ $R_1 = 5\ \text{Ом}.$



$E = 8 \text{ В},$
 $R_1 = 1 \text{ Ом},$
 $R_2 = R_4 = 4 \text{ Ом},$
 $R_3 = 0,5 \text{ Ом},$
 $R_5 = 2 \text{ Ом}.$

Схема 1.10

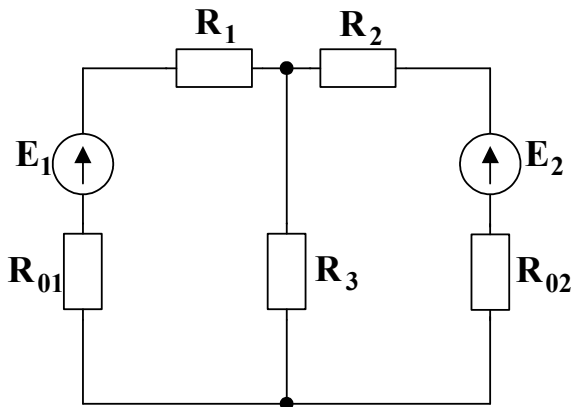


Схема 1.11

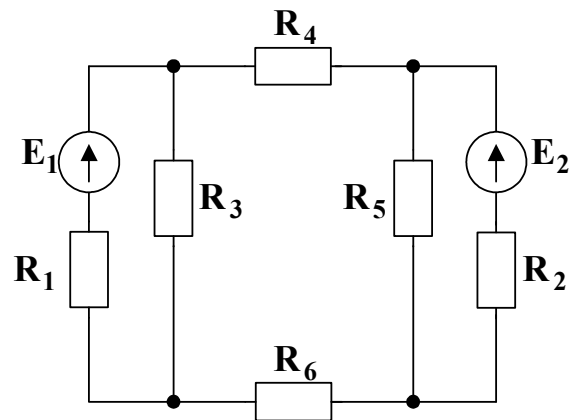


Схема 1.12

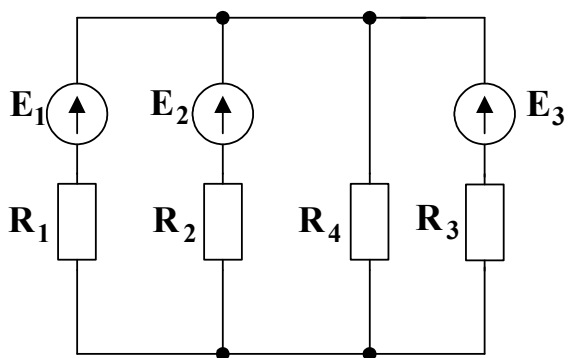


Схема 1.13

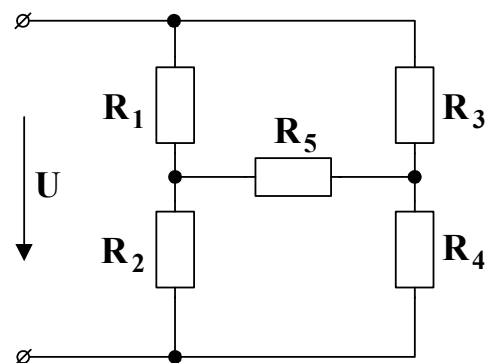


Схема 1.14

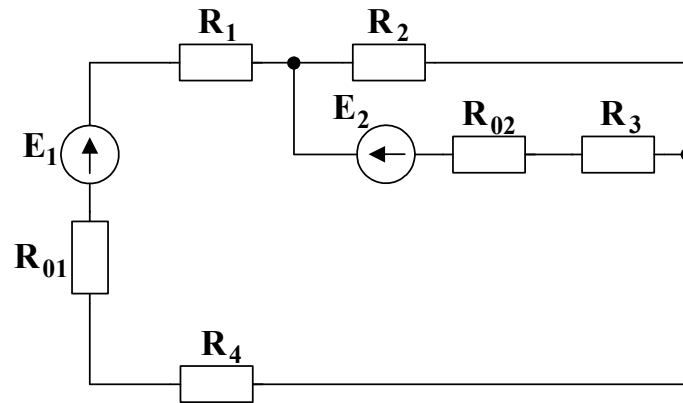


Схема 1.15

2 ОДНОФАЗНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ

При підготовці до вказаних занять студенти зобов'язані відповісти на нижченаведені запитання.

- 1 Що таке періодичний змінний струм?
- 2 Що таке період, частота?
- 3 Що таке миттєве значення струму, амплітудне та діюче?
- 4 Які засоби представлення гармонічних величин вам відомі?
- 5 Що таке фаза, початкова фаза, зсув фаз?
- 6 Як визначити кутову частоту, якщо відома частота змінного струму?
- 7 Хвильові та векторна діаграми для електричного кола змінного струму з активним опором.
- 8 Хвильові та векторна діаграми для електричного кола змінного струму з індуктивністю.
- 9 Хвильові та векторна діаграми для електричного кола змінного струму з ємністю.
- 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 Що таке комплексні струм, опір, потужність?
- 13 Засоби представлення комплексних величин.
- 14 Що таке коефіцієнт потужності і що впливає на його величину?

15 Що таке векторна та потенціальна діаграми?

16 Що таке активна потужність?

17 Зобразити трикутник потужностей.

Запитання, на які треба відповісти при підготовці до кожного практичного заняття, вказуються викладачем.

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

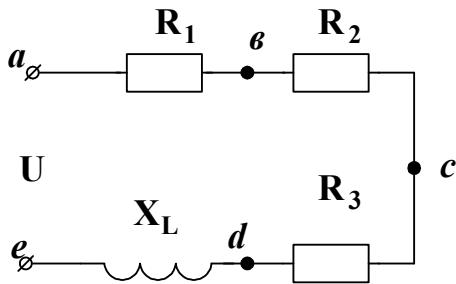
На практичному занятті з теми “Розрахунок складних електричних кіл синусоїдного струму” студенти розраховують лінійне електричне коло синусоїдного струму (схеми 2.6 – 2.10) і визначають величини, які вказані у таблиці 2.2.

За даними розрахунків для усіх схем побудувати у масштабі векторні діаграми.

Таблиця 2.1

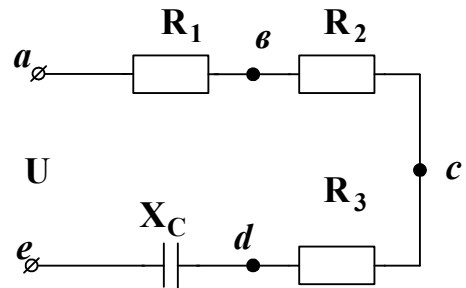
Номер схеми	Варіанти з вказівкою величин, котрі треба визначити									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.1	I	U _{cb}	U _{ab}	U _{dc}	I	U _{cb}	U _{ab}	U _{cd}	I	U _{cb}
	U _{dc}	S	U _{bd}	P _{ad}	S	Q	U _{dc}	P _{bd}	P _{ac}	U _{cd}
	Z _{ac}	U _{ac}	Z _{bx}	P _{ac}	U _{ad}	Z _{ac}	P	U _{ab}	U _{bc}	P _{bd}
	S	P _{ad}	U _{ad}	Q	X	P _{bd}	Q	U _{bd}	X	P _{ad}
	U _{ad}	I	Q	U _{bd}	P _{ac}	U _{ad}	S	P _{cd}	S	Q
2.2	U _{cd}	P _{cd}	U _{ac}	P _{ac}	U _{cd}	P _{cd}	U _{ac}	P _{ac}	U _{cd}	P _{cd}
	P	X	U _{cd}	U _{ad}	Q	U _{bd}	Q	U _{ad}	U _{bc}	U _{ac}
	I	U _{ad}	P	S	P	U _{ad}	P	Q	U _{bd}	U _{ad}
	Z	U _{bc}	S	Z _{bx}	U _{de}	Z	S	X	P	X
	X	S	Q	Z _{ac}	P _{ae}	U _{ab}	U _{cd}	U _{ab}	S	S
2.3	U _{ac}	P _{bd}	P _{ac}	U _{bd}	P _{bd}	U _{ac}	P _{ac}	P _{bd}	U _{bd}	U _{ac}
	Z	S	U _{ef}	Z _{bx}	U _{ad}	U _{ab}	U _{cd}	U _{ad}	U _{bc}	I
	U _{ab}	U _{cd}	I	U _{ab}	Z	U _{bc}	P	U _{ab}	I	P
	U _{bd}	U _{bc}	S	I	P	U _{be}	P _{bc}	S	U _{be}	S
	U _{bc}	U _{af}	Q	P	U _{bc}	Q	U _{df}	Q	P	U _{df}
2.4	Q _{ab}	U _{fe}	Q _{ed}	U _{ab}	Q _{fe}	U _{ed}	Q _{ab}	U _{fe}	Q _{cd}	U _{ab}
	I	U _{cd}	I	U _{af}	Z _{bx}	Z _{bx}	U _{be}	U _{af}	U _{be}	P
	U _{bd}	U _{bc}	U _{bd}	I	S	U _{af}	S	P	I	U _{cd}
	Q _{ef}	Q	S	P	U _{bc}	P _{bc}	U _{cd}	P _{ad}	Q _{ab}	S
	U _{bc}	P	U _{ab}	P _{bc}	P	S	Z	P _{bc}	Q	U _{bc}
2.5	S	Z _{bx}	U _{af}	S _{ad}	U _{ad}	S	Z _{bx}	U _{af}	S _{af}	S _{ad}
	Q _{cd}	Q _{de}	P	U _{bc}	Q	Q _{cd}	P	P _{bc}	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



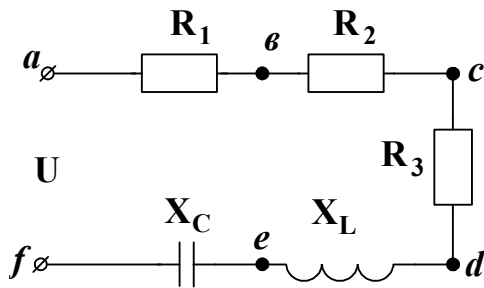
Cxema 2.1

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



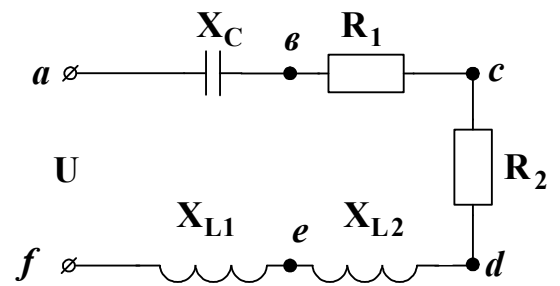
Cxema 2.2

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



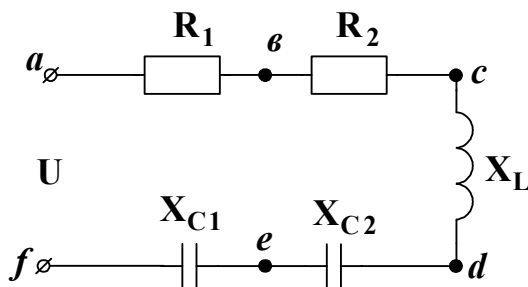
Cxema 2.3

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



Cxema 2.4

$U = 5 \text{ B}, \quad X_C = 4 \text{ Ом},$
 $R_1 = 2 \text{ Ом}, \quad R_2 = 10 \text{ Ом},$
 $X_{L1} = X_{L2} = 4 \text{ Ом}.$



Cxema 2.5

$U = 5 \text{ B},$
 $R_1 = 1 \text{ Ом},$
 $R_2 = 2 \text{ Ом},$
 $X_L = 4 \text{ Ом},$
 $X_{C1} = X_{C2} = 4 \text{ Ом}.$

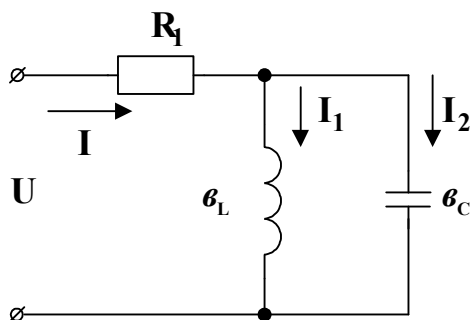


Схема 2.6

$$U = 5\text{В}, \quad Z_C = 0,25\text{См}, \\ R_1 = 30\text{Ом}, \quad Z_L = 0,5\text{См}, \\ \omega = 10^5\text{рад/с}.$$

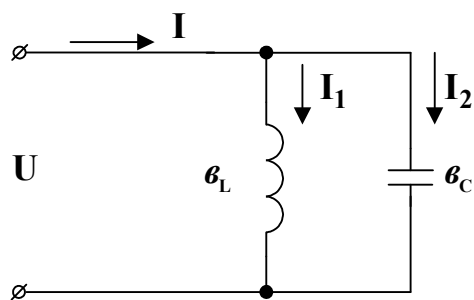


Схема 2.7

$$U = 5\text{В}, \quad Z_C = 0,4\text{См}, \\ Z_L = 0,6\text{См}, \quad \omega = 10^5\text{рад/с}.$$

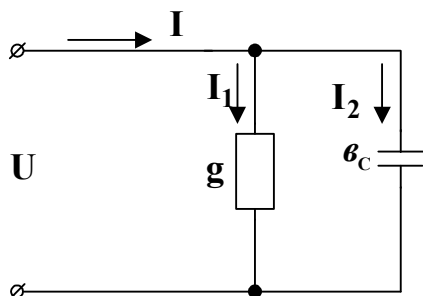


Схема 2.8

$$U = 10\text{В}, \quad Z_C = 0,3\text{См}, \\ g = 0,4\text{См}, \quad \omega = 10^4\text{рад/с}.$$

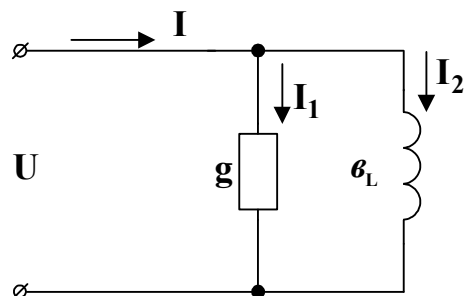


Схема 2.9

$$U = 10\text{В}, \quad Z_L = 0,4\text{См}, \\ g = 0,3\text{См}, \quad \omega = 2 \times 10^5\text{рад/с}.$$

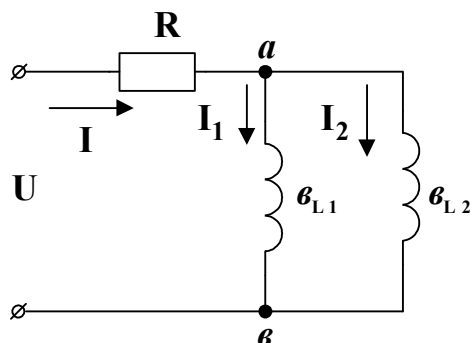


Схема 2.10

$$U = 5\text{В}, \\ R = 3\text{Ом}, \\ Z_{L1} = 0,083\text{См}, \\ Z_{L2} = 0,167\text{См}, \\ \omega = 6 \times 10^3\text{рад/с}.$$

Таблиця 2.2

схемиНомер	Варіанти з вказівкою величин, котрі треба визначити									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.6	I2	I	XL	I2	Ic	I	I2	XL	I	I2
	Z	I1	Ur	S	Q	XL	I1	I1	P	Uab
	I1	Z	I1	P	Z	P	X	I	I1	Z
	P	Ur	Uab	Q	I1	Qc	XL	Q	Ur	X
	I	Q	Xc	XL	P	S	I	Z	Q	I1
	I	C	Q	I2	I	Q	C	I2	I	Qc
2.7	I1	Q	C	I1	I1	I1	L	I	I2	Q
	C	Qc	Z	C	Qc	C	I1	I1	C	Z
	I	Z	Qc	Qc	Z	Z	Qc	C	I1	I
	Q	I1	L	I2	I	Qc	I	Q	Q	L
	I2	I1	Qc	I2	I1	Qc	I2	I1	Qc	I2
2.8	I	ZBx	I	I1	C	C	I1	ZBx	C	I1
	C	C	C	S	ZBx	I1	C	C	I1	X
	I1	Xc	R	C	P	X	ZBx	I	ZBx	R
	R	I2	I1	ZBx	I2	L	Qc	P	I2	C
	Q	I2	Q	I2	Q	I2	Q	I2	Q	I2
2.9	L	Z	I	I	S	Z	X	Z	I1	I
	Z	I1	L	S	I	S	I1	L	L	I1
	I1	Q	I2	I1	X	I	Z	Q	Z	Z
	I2	S	I1	Z	Z	L	L	I	I	L
	Z	S	XL	Z	S	XI	Z	S	Z	S
2.10	L1	I	Uab	P	Z	Q	P	Z	Q	Uab
	Q	L1	Ur	L1	Q	L1	L1	XL	S	Q
	I	P	L2	I	L2	L2	S	P	Uab	L2
	L2	Q	Z	Q	L1	P	L2	L1	P	Ur
	Z	S	XL	Z	S	XI	Z	S	Z	S

3 ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ЧИСЕЛ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ЗМІННОГО СТРУМУ

При підготовці до вказаної теми студенти повинні відповісти на нижченаведені запитання.

1 Зобразити трикутники опору і провідностей та записати формули переходу від опору до провідності та навпаки.

2 Зобразити векторні напруги \mathbf{U} і струму \mathbf{I} , які мають зсув фаз $\varphi > 0$, $\varphi < 0$, $\varphi = 0$.

Показати на діаграмі активну та реактивну складові.

3 Зобразити трикутник потужності і записати формули для сторін трикутника.

4 Форми запису комплексних чисел.

5 Дії з комплексними числами.

6 Спряжені комплекси.

7 Комплексні опір, провідність, потужність.

8 По заданих комплексах напруги та струму електричного кола записати їх у показовій формі та побудувати для них векторні діаграми.

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

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

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

9 Комплекси напруги і струму задані у показовій формі

$$\text{а) } \dot{U} = 44,8e^{j116^{\circ}30'}\text{В}, \quad \dot{I} = 5,83e^{j149^{\circ}}\text{А},$$

$$\text{б) } \dot{U} = 44,8e^{j243^{\circ}30'}\text{В}, \quad \dot{I} = 5,83e^{j211^{\circ}}\text{А},$$

$$\text{в) } \dot{U} = 44,8e^{-j63^{\circ}30'}\text{В}, \quad \dot{I} = 5,83e^{-j31^{\circ}}\text{А}.$$

Записати ці значення в алгебраїчній формі.

Нижче наведені розрахункова схема та умови задач за варіантами до практичного заняття 1 з теми “Символічний метод розрахунку кіл синусоїдного струму”.

Для зображеної електричної схеми 3.1 за заданими у таблиці 3.1 параметрами та ЕРС джерела визначити струми всіх віток кола. Скласти баланс активної та реактивної потужностей.

Розв'язування задачі з цих тем треба виконувати комплексним методом.

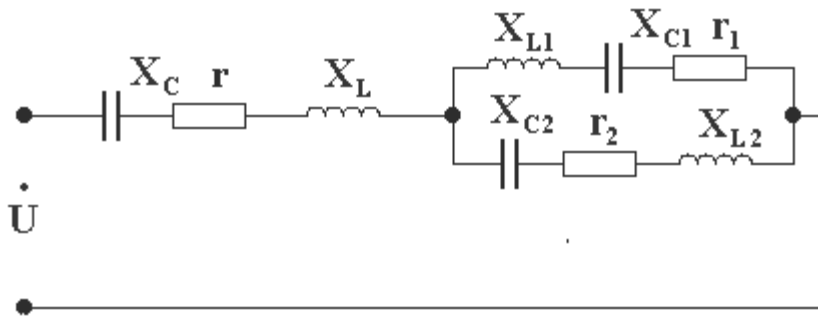


Схема 3.1

Таблиця 3.1

Варіант	\dot{U} , В	r , Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	r_1 , Ом	X_{L1} , Ом	X_{C1} , Ом	r_2 , Ом	X_{L2} , Ом	X_{C2} , Ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	$120e^{j35^\circ}$	5	4	8	3	-	4	8	5	-
2	$80e^{j^\circ}$	-	8	6	4	2	-	4	8	4
3	$135e^{j30^\circ}$	5	-	3	7	10	4	6	4	12
4	$150e^{j40^\circ}$	15	12	-	10	12	6	12	1	12
5	150	10	6	20	-	12	6	4	10	6
6	$110e^{j30^\circ}$	15	10	3	10	-	6	4	4	1
7	$100e^{j45^\circ}$	5	4	-	10	-	5	-	10	5
8	$220e^{j30^\circ}$	10	10	20	16	12	-	8	6	10
9	$60e^{j35^\circ}$	5	6	10	3	15	7	-	2	12
10	100	5	5	3	2	4	8	4	-	4
11	$120e^{-j35^\circ}$	5	7	3	10	16	10	9	7	-
12	$50e^{j^\circ}$	-	8	16	16	10	-	6	24	8

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

13	$45e^{-j90^\circ}$	-	4	5	5	3	9	-	10	5
14	$70e^{j60^\circ}$	-	50	2	8	6	4	-	10	7
15	$40e^{-j90^\circ}$	4	3	6	-	10	6	-	9	1
16	$60e^{j90^\circ}$	-	-	4	6	12	4	10	4	15
17	100	-	10	-	3	8	4	6	2	10
18	$100e^{j45^\circ}$	-	5	10	4	-	3	8	12	4
19	$60e^{j45^\circ}$	-	4	2	5	10	3	-	10	2
20	$100e^{j30^\circ}$	5	-	10	-	20	8	4	12	4
21	50	8	-	6	4	7	10	-	10	3
22	80	3	4	-	7	-	7	4	15	10
23	$40e^{-j90^\circ}$	6	8	-	3	10	6	4	-	3
24	$50e^{-j90^\circ}$	3	3	-	5	7	-	7	7	10
25	127	4	4	-	8	13	7	6	8	-
26	75	6	6	-	10	2	4	-	14	4
27	$100e^{j45^\circ}$	2	-	2	5	-	5	8	3	9
28	40	3	-	4	6	14	6	4	-	3
29	$30e^{j90^\circ}$	1	-	-	7	10	4	8	-	6
30	$50e^{-j90^\circ}$	8	8	2	-	-	5	3	3	7
31	100	5	10	5	6	10	6	10	-	-
32	70	2	4	-	8	-	-	5	11	5

4 РОЗРАХУНОК ТРИФАЗНИХ КІЛ СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ

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

- 1 Переваги трифазних кіл над однофазними.
- 2 Як утворюється трифазний струм?
- 3 Чому в енергетиці застосовується зв'язана трифазна система?
- 4 Зобразити схеми з'єднання фаз генератора зіркою та трикутником.
- 5 Що таке фазна та лінійна напруги, фазний та лінійний струми?
- 6 Які співвідношення між лінійними струмами і напругами при з'єднанні фаз генератора зіркою та трикутником?
- 7 Яка роль нейтрального проводу?
- 8 Як розраховується потужність трифазного струму?

На практичному занятті 1 за вказаною темою треба визначити для заданої схеми 4.1 – 4.5 та заданих параметрів і лінійної напруги фазні та лінійні струми і струм у нейтральному проводі (чотирипровідна схема), активну потужність усього кола та кожної фази окремо. Розрахунки проводити комплексним методом. Побудувати векторну діаграму струмів та напруг на комплексній площині. Варіанти для розрахунку наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Номер схеми		Варіанти з вказівкою величин, котрі задані									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.1	Ул	127	220	380	127	220	50	100	150	200	380
	Ra	3	8	8	4	4	2	10	20	5	2
	Rв	4	4	4	8	8	5	6	10	4	12
	Rc	6	6	6	6	6	10	12	4	8	5
	Ха	4	4	4	3	3	6	8	10	10	2
	Хв	3	3	3	4	4	4	10	8	6	2
	Хс	8	8	8	8	9	2	20	2	4	6
4.2	Ул	380	127	220	380	127	127	220	380	127	220
	Ra	4	16	16	8	4	8	6	8	10	8
	Rв	3	8	8	16	16	8	6	4	10	4
	Rc	6	8	8	8	8	6	6	6	10	4
	Ха	8	14	14	14	6	8	8	8	6	10
	Хв	4	6	6	6	8	6	8	2	3	2
	Хс	8	4	4	14	14	6	8	16	6	6
4.3	Ул	220	127	380	220	380	220	127	380	220	127
	Ra	10	4	5	10	5	10	10	14	8	10
	Rв	5	5	10	10	5	6	8	4	4	8
	Rc	4	10	4	5	10	10	2	14	4	2
	Ха	6	4	8	4	6	2	6	6	3	6
	Хв	4	8	6	4	6	6	6	8	4	6
	Хс	8	6	4	6	4	8	4	6	2	4

Продовження таблиці 4.1

Номер схеми		Варіанти з вказівкою величин, котрі задані									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4	Ул	220	380	127	380	127	220	380	127	380	127
	Ra	20	10	5	2	4	20	40	10	5	30
	Rв	-	-	-	-	-	20	10	30	10	5

	R_c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	X_a	-	-	-	-	-	20	20	10	30	6
	X_b	20	5	10	4	8	-	-	-	-	8
	X_c	20	10	20	2	4	10	5	8	6	20
4.5	U_л	220	127	380	127	220	127	380	127	220	127
	R_a	-	-	-	-	-	4	6	20	10	10
	R_b	10	20	4	2	4	-	-	-	20	-
	R_c	-	-	-	-	-	6	4	10	5	10
	X_a	10	30	2	8	6	10	20	5	5	5
	X_b	-	-	-	-	-	5	10	4	-	6
	X_c	10	40	5	10	2	-	-	-	-	-

На практичному занятті 2 з теми “Розрахунок трифазних кіл синусоїдного струму” треба визначити для заданої схеми 4.6 – 4.10 та її параметрів і лінійної напруги фазні і лінійні струми, активну потужність усього кола та кожної фази окремо. Побудувати векторну діаграму струмів та напруг на комплексній площині. Варіанти для розрахунку наведені у таблиці 4.2.

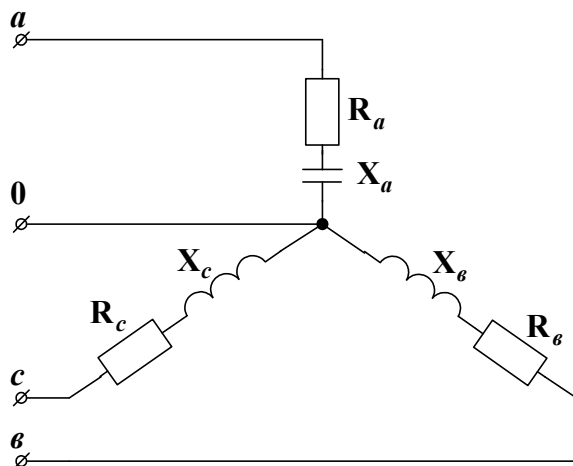


Схема 4.1

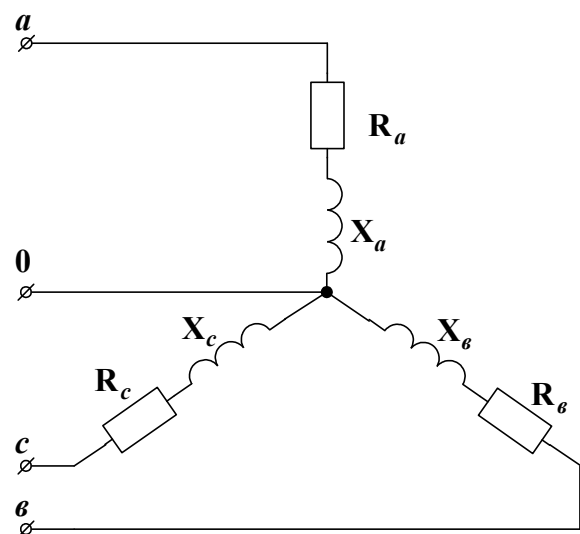


Схема 4.2

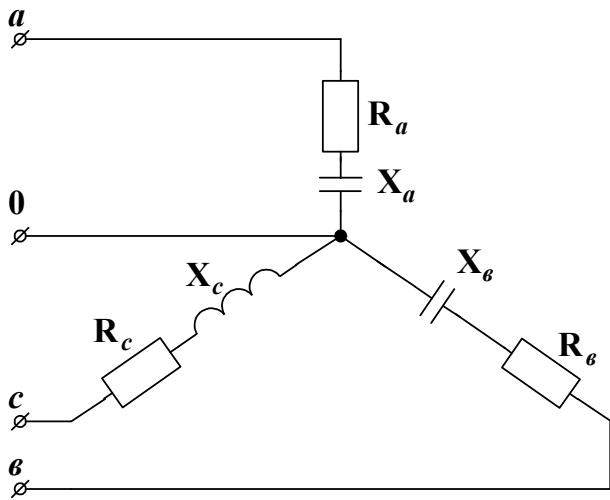


Схема 4.3

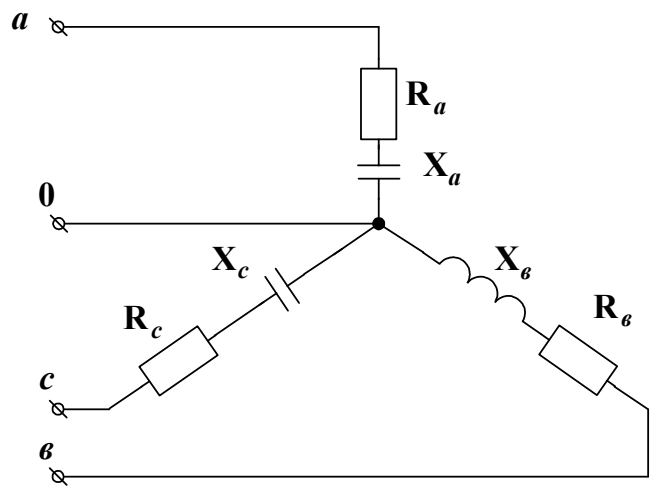


Схема 4.4

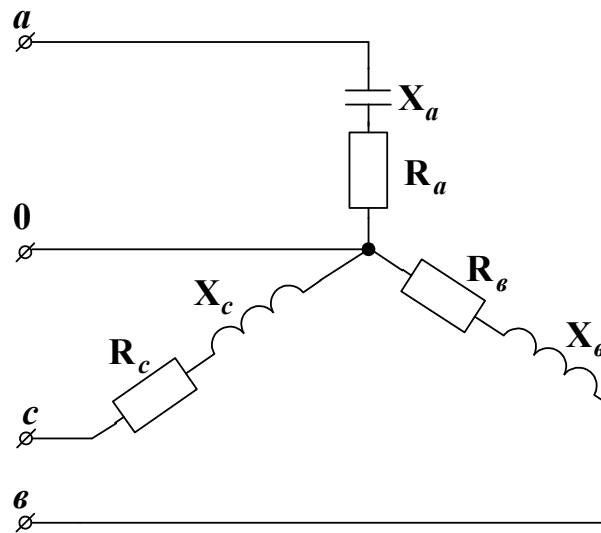


Схема 4.5

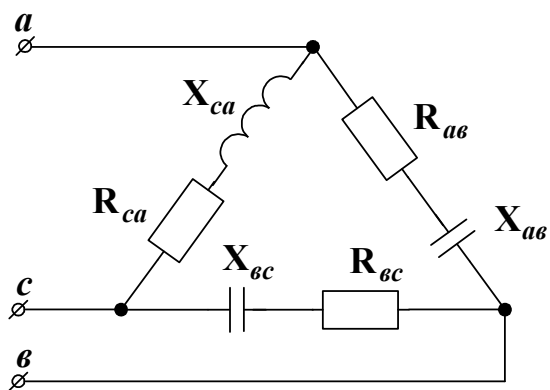


Схема 4.6

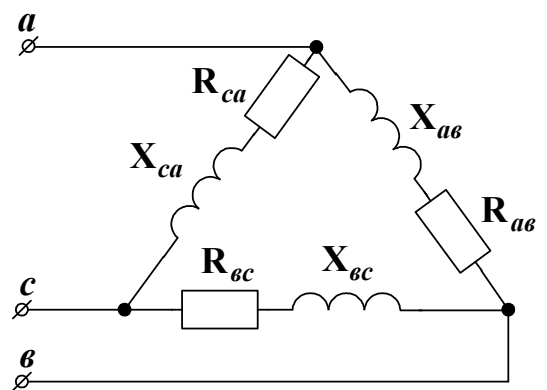


Схема 4.7

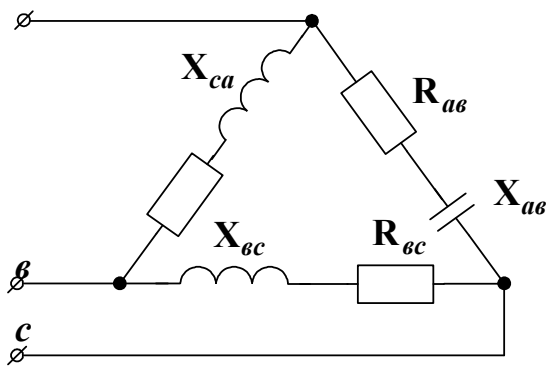


Схема 4.8

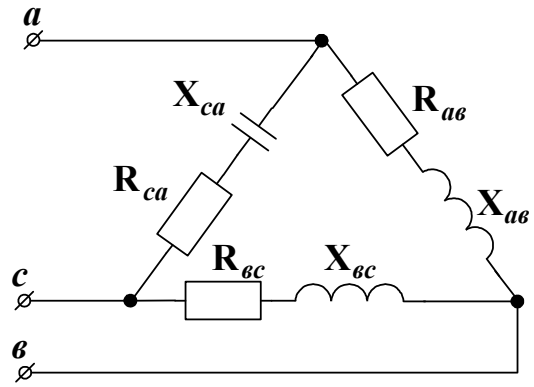


Схема 4.9

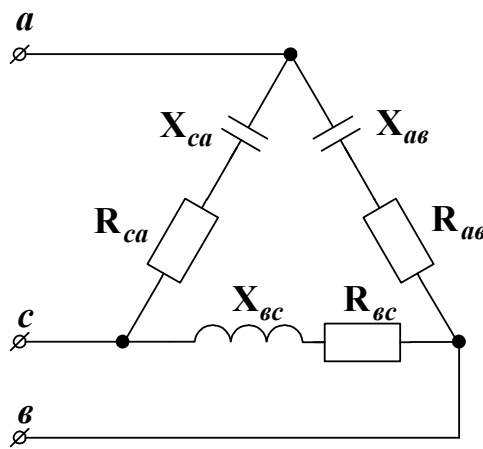


Схема 4.10

Таблиця 4.2

Номер схеми		Варіанти з вказівкою величин, котрі задані									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.6	Ул	127	220	380	127	220	220	127	380	220	127
	R _{ab}	8	6	6	6	8	10	10	4	4	8
	R _{bc}	8	6	8	6	6	6	2	14	8	10
	R _{ca}	8	6	6	8	8	10	8	6	3	6
	X _{ab}	6	8	8	8	6	2	6	14	4	2
	X _{bc}	6	8	6	8	8	6	6	6	2	4
	X _{ca}	6	8	8	6	6	8	4	8	4	6
4.7	Ул	380	127	220	380	127	127	220	380	127	220
	R _{ab}	8	4	6	8	16	8	6	4	10	4
	R _{bc}	4	6	4	6	8	8	6	8	10	8
	R _{ca}	6	8	8	4	3	8	8	8	6	10
	X _{ab}	4	3	8	4	14	6	6	6	10	4
	X _{bc}	3	8	3	8	6	6	8	16	6	6

	Хса	8	4	4	3	14	6	8	2	3	2
--	------------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------

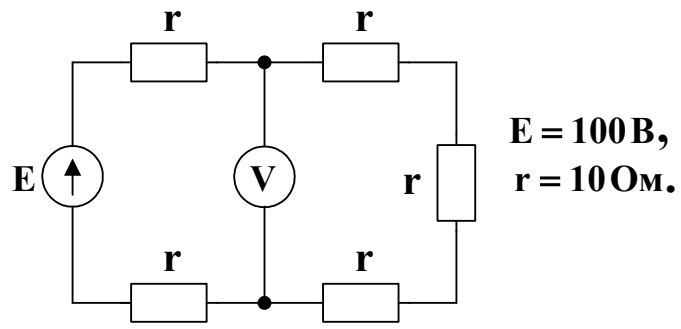
Продовження таблиці 4.2

Номер схеми		Варіанти з вказівкою величин, котрі задані									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.8	Ул	220	380	127	220	380	50	100	150	200	380
	Рав	3	16	8	10	8	5	6	10	4	12
	Рвс	8	8	8	10	10	2	10	20	5	2
	Рса	16	8	16	10	8	6	8	10	10	2
	Хав	4	8	6	6	6	10	12	4	8	5
	Хвс	6	6	6	6	3	2	20	2	4	6
	Хса	14	14	14	6	6	4	10	8	6	2
4.9	Ул	127	220	380	127	220	380	127	220	380	127
	Рав	10	3	6	2	12	3	8	8	16	16
	Рвс	3	10	2	6	10	4	16	16	8	4
	Рса	8	14	8	10	14	8	14	14	14	6
	Хав	14	8	10	8	8	6	8	8	8	8
	Хвс	10	6	4	14	2	8	4	4	14	14
	Хса	6	10	14	4	6	4	6	6	6	8
4.10	Ул	127	220	380	127	220	127	220	380	220	380
	Рав	8	4	8	8	4	5	5	10	10	5
	Рвс	4	8	8	4	4	4	10	5	10	5
	Рса	8	8	4	4	6	4	6	8	4	6
	Хав	2	4	6	12	8	10	4	4	5	10
	Хвс	6	10	2	10	2	6	8	4	6	4
	Хса	10	6	10	2	6	8	4	6	4	6

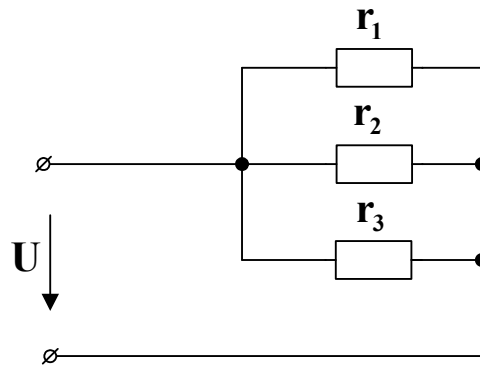
5 ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

5.1 Кола постійного струму

5.1.1 Визначити показання вольтметра.

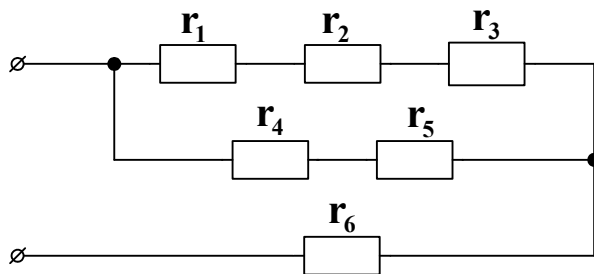


5.1.2 Визначити усі струми.



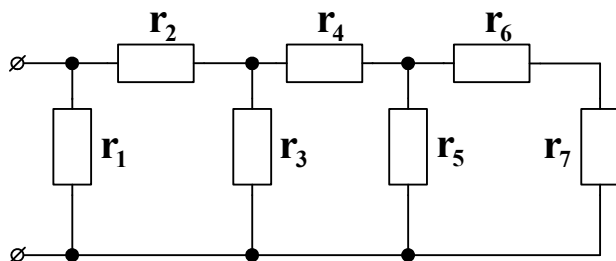
$U = 60\text{В},$
 $r_1 = 10\ \text{Ом},$
 $r_2 = 20\ \text{Ом},$
 $r_3 = 30\ \text{Ом}.$

5.1.3 Визначити вхідний опір.



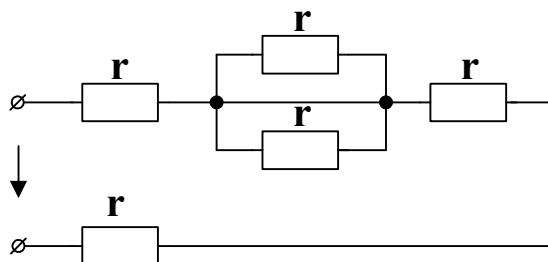
$r_1 = 50\ \text{Ом},$
 $r_2 = 10\ \text{Ом},$
 $r_3 = 5\ \text{Ом},$
 $r_5 = r_6 = r_4 = 10\ \text{Ом}.$

5.1.4 Визначити вхідний опір.



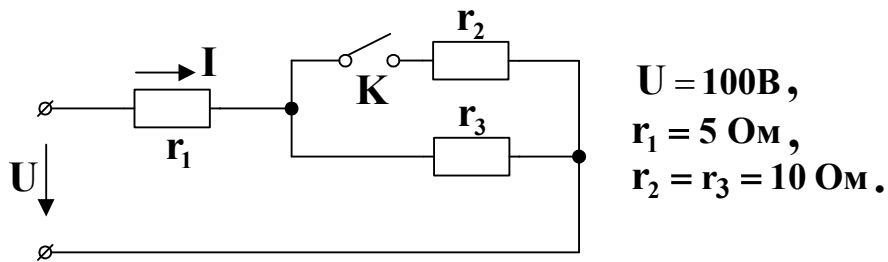
$r_1 = r_3 = r_5 = 10\ \text{Ом},$
 $r_2 = r_4 = r_6 = r_7 = 5\ \text{Ом}.$

5.1.5 Визначити вхідний опір.

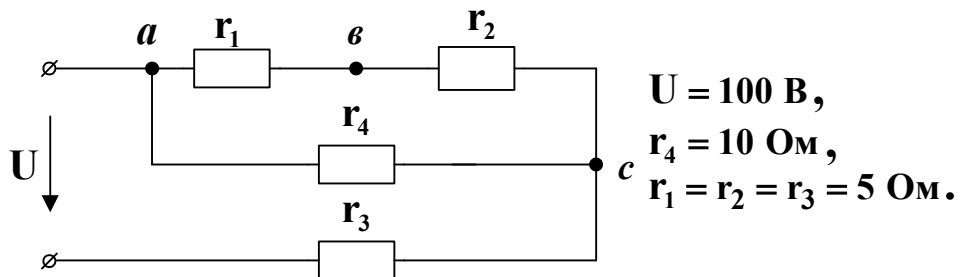


$r = 10\ \text{Ом}.$

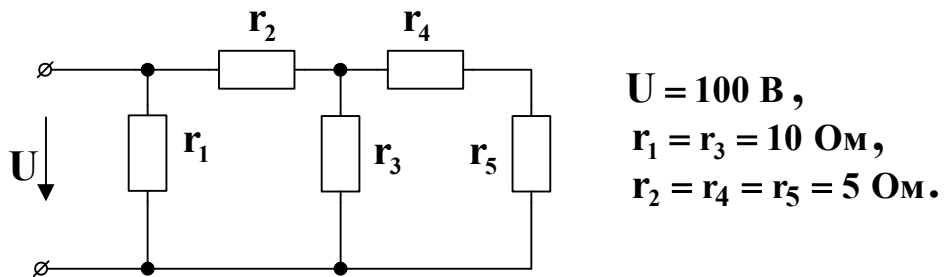
5.1.6 Як зміниться струм I при замиканні ключа K ?



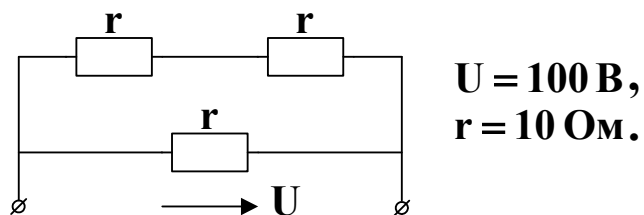
5.1.7 Визначити напругу U_{ab} .



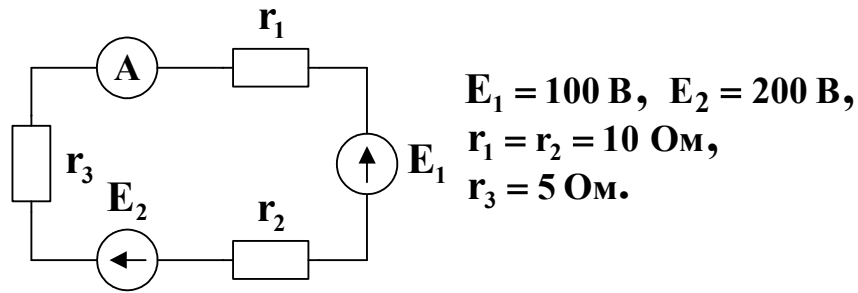
5.1.8 Визначити усі струми.



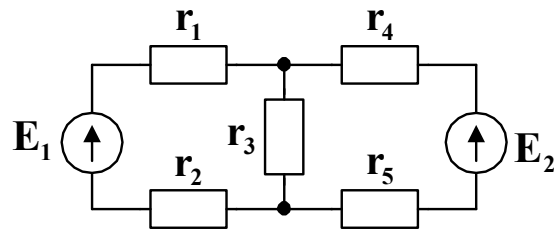
5.1.9 Визначити потужність, яка витрачається колом.



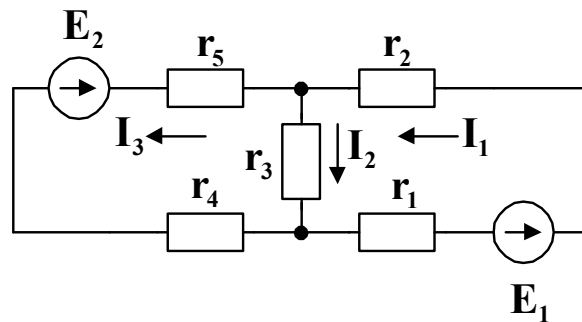
5.1.10 Визначити показання амперметра.



5.1.11 Скласти рівняння для розв'язання задачі за законами Кірхгофа, за методом контурних струмів, вузлової напруги.



5.1.12 Для заданого кола скласти рівняння балансу потужності.



5.2 Кола однофазного змінного струму

5.2.1 Зобразити синусоїду струму, якщо

$$i = 10 \sin(314t + 45^\circ) \text{ А}.$$

5.2.2 Записати вираз комплексного струму, якщо

$$i = 141 \sin(314t + 20^\circ) \text{ А}.$$

5.2.3 Визначити реактивний опір, якщо

$$L = 10 \text{ мГн}, f = 50 \text{ Гц}.$$

5.2.4 Визначити $\cos\varphi$, якщо $\dot{U} = 50 \ell^{j60^\circ} \text{ В}$, $\dot{I} = 10 \ell^{j30^\circ} \text{ А}$.

5.2.5 Визначити повний опір, якщо

$$\dot{U} = (100 + j20) \text{ В}, \dot{I} = (10 - j15) \text{ А}.$$

5.2.6 Записати вираз миттєвого значення струму, якщо

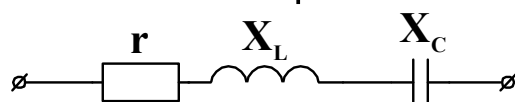
$$\dot{I} = 50 \ell^{j60^\circ} \text{ А}, f = 50 \text{ Гц}.$$

5.2.7 Визначити P і $\cos\varphi$, якщо $Q=3000 \text{ вар}$, $S=5000 \text{ ВА}$.

5.2.8 Визначити активну потужність, яка витрачається колом, якщо

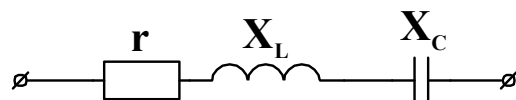
$$\dot{U} = (100 - j20) \text{ В}, \dot{I} = (5 - j2) \text{ А}.$$

5.2.9 Визначити $\cos\varphi$ кола, якщо $X_C = X_L = r$.

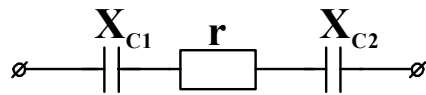


5.2.10 Визначити $\cos\varphi$ кола, якщо

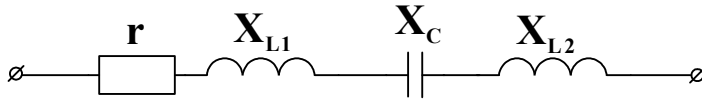
$$r = 4 \text{ Ом}; X_L = 2 \text{ Ом}; X_C = 5 \text{ Ом}.$$



5.2.11 Визначити струм, якщо $U=100 \text{ В}$, $X_{c1}=1 \text{ Ом}$, $X_{c2}=3 \text{ Ом}$, $r=3 \text{ Ом}$.

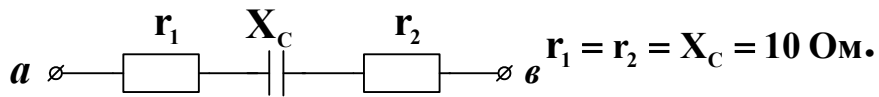


5.2.12 Визначити повний опір кола.



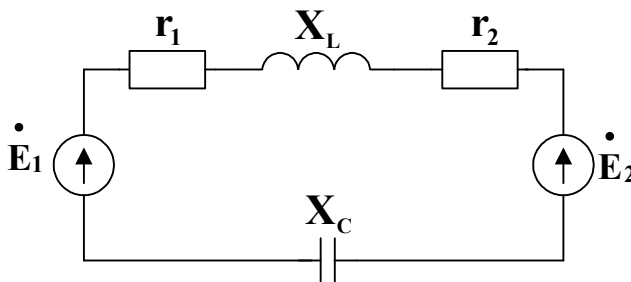
$$\begin{aligned} r &= 40 \text{ Ом}, \\ X_{L1} &= 10 \text{ Ом}, \\ X_C &= 40 \text{ Ом}, \\ X_{L2} &= 60 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

5.2.13 Визначити струм, якщо $\dot{U}_{ab} = (100 - j50) \text{ В}$.



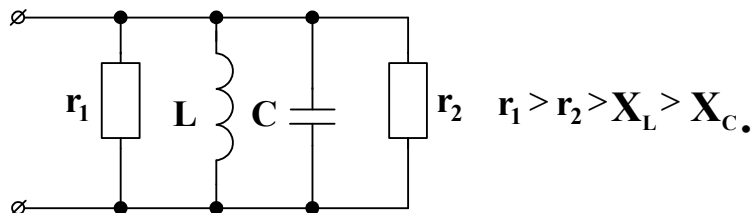
$$r_1 = r_2 = X_C = 10 \text{ Ом}.$$

5.2.14 Визначити струм, якщо



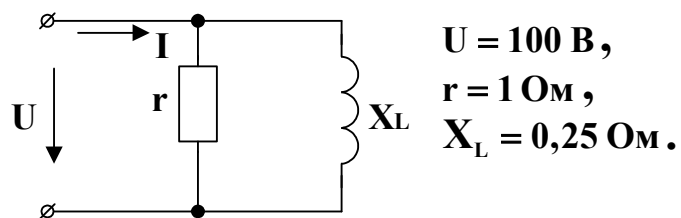
$$\begin{aligned} \dot{E}_1 &= 20 \text{ В}, \\ \dot{E}_2 &= (10 - j5) \text{ В}, \\ r_1 = r_2 = X_L = X_C &= 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

5.2.15 Зобразити векторну діаграму, якщо

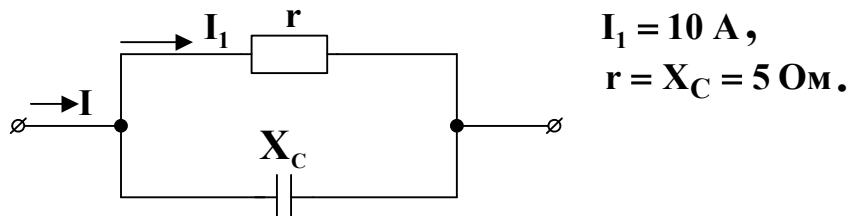


$$r_1 > r_2 > X_L > X_C.$$

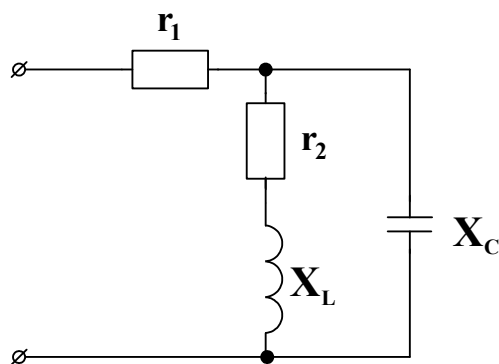
5.2.16 Визначити струм I , якщо



5.2.17 Визначити струм I , якщо

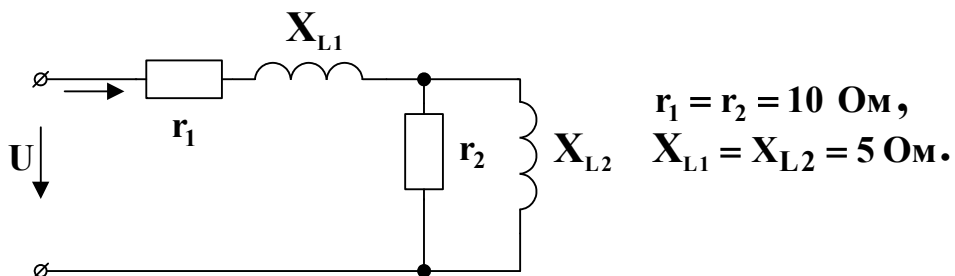


5.2.18 Визначити комплексний опір кола.

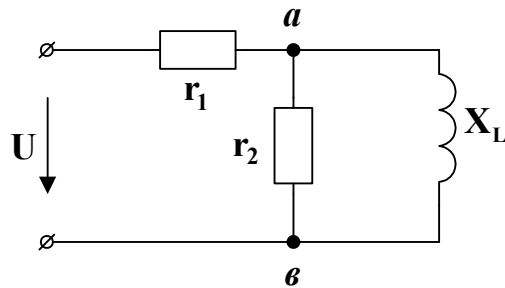


$$r_1 = r_2 = X_L = X_C = 10 \text{ Ом}.$$

5.2.19 Визначити струм I , якщо $U=100 \text{ В}.$

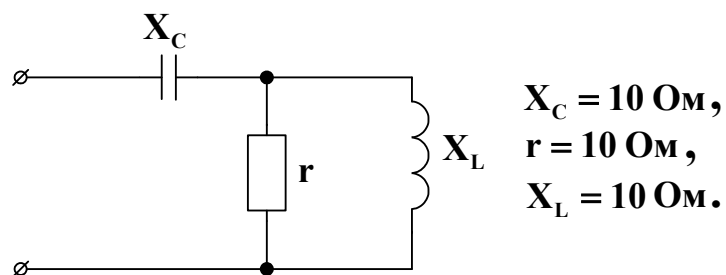


5.2.20 Визначити напругу U_{ab} , якщо $U=100$ В.



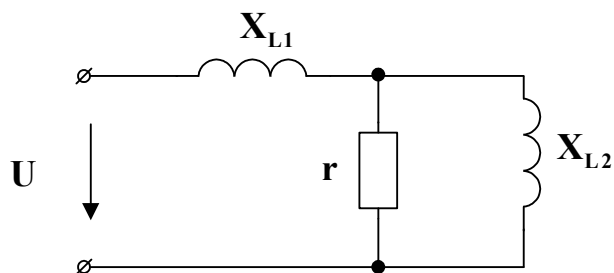
$$r_1 = r_2 = X_L = 10 \text{ Ом.}$$

5.2.21 Визначити комплексну провідність кола, якщо



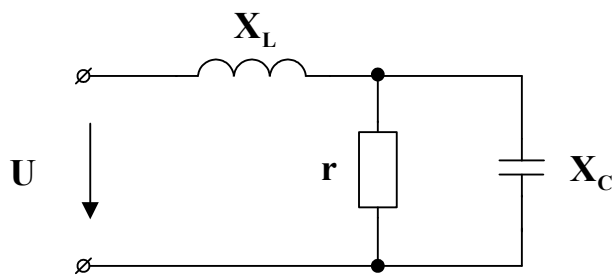
$$\begin{aligned} X_C &= 10 \text{ Ом,} \\ r &= 10 \text{ Ом,} \\ X_L &= 10 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

5.2.22 Визначити реактивну потужність, якщо $U=100$ В.



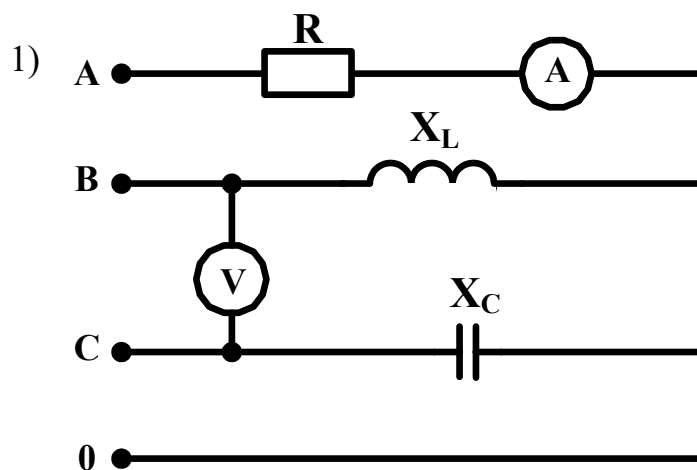
$$\begin{aligned} X_{L1} &= X_{L2} = 10 \text{ Ом,} \\ r &= 10 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

5.2.23 Визначити повну потужність, якщо $U=100$ В.



$$X_L = r = X_C = 10 \text{ Ом.}$$

5.2.24. Знайти показання амперметра, вольтметра.



$$R = X_L = X_C = 10 \text{ Ом,}$$

$$U_\phi = 22 \text{ В}$$

Список літератури

- 1 Електротехніка /Под ред. В.С. Пантюшина – М.: Высш. шк., 1993.
- 2 Родзевич В.Е. Загальна електротехніка. – К.: Вища школа, 1993.
- 4 Електротехніка /Под ред. В.Г.Герасимова – М.: Высш. шк., 1985
- 3 Сборник задач по електротехнике и основам электроники /Под ред. В.С. Пантюшина. – М.: Высш. шк., 1979.

