

В.В. ОВЧАРОВ, Л.М. БЕЗМЕННІКОВА

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Частина 2

(навчальний посібник для самостійної роботи студентів)

2011

В.В. ОВЧАРОВ, Л.М. БЕЗМЕННИКОВА

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Частина 2

(навчальний посібник для самостійної роботи студентів)

2011 р.

В.В. ОВЧАРОВ, Л.М. БЕЗМЕННІКОВА

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Частина 2

(навчальний посібник для самостійної роботи студентів)

Рекомендовано Міністерством освіти, науки, молоді та
спорту України
як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються
за напрямом підготовки «Енергетика та електротехнічні
системи в агропромисловому комплексі»

2011 р.

ББК 31.2
УДК 621.3
О-35

Гриф надано Міністерством освіти і науки України,
лист №1/11-5179
від 17.04.2012 р.

Рецензенти: **О.Д.Черенков**, доктор технічних наук, професор кафедри теоретичних основ електротехніки Харківського державного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.

Г.Б. Іноземцев, доктор технічних наук, професор кафедри електропостачання інституту енергетики та автоматики Національного університету біоресурсів і природокористування.

В.О. Мунтян, доктор технічних наук, завідувач кафедри електропостачання сільського господарства Таврійського державного агротехнологічного університету.

О-35 Овчаров В.В., Безменнікова Л.М.

Теоретичні основи електротехніки, частина 2. 2011. – 173 с.

В навчальному посібнику для самостійної роботи студентів на базі викладеного теоретичного матеріалу у навчальному посібнику В.В.Овчарова «Теоретичні основи електротехніки, частина 2» наведені всі організаційно-методичні матеріали по вивченню дисципліни: тематичні навчаюче - контролюючі завдання, експериментальні завдання, тематичні комплексні кваліфікаційні завдання та графік самостійної роботи студентів.

ЗМІСТ

Передмова	5
Календарно – тематичний план вивчення дисципліни	7
Тема 8. СИМЕТРИЧНІ ТРИФАЗНІ КОЛА СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ	11
Завдання інформаційно - репродуктивного та практично - стереотипного характеру.....	11
Завдання експериментального характеру.....	32
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання.....	47
Тема 9. НЕСИМЕТРИЧНІ ТРИФАЗНІ КОЛА СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ	50
Завдання інформаційно - репродуктивного та практично - стереотипного характеру.....	50
Завдання експериментального характеру.....	88
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання.....	104
Тема 10. МЕТОД СИМЕТРИЧНИХ СКЛАДОВИХ	108
Завдання інформаційно - репродуктивного та практично - стереотипного характеру.....	108
Завдання експериментального характеру.....	120
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання.....	126
Тема 11. ТРИФАЗНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА З ОБЕРТАЛЬНИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ МАШИНАМИ	129
Завдання інформаційно - репродуктивного та практично - стереотипного характеру	129
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання.....	138
Тема 12. НЕСИНУСОЇДНІ СТРУМИ	142
Завдання інформаційно - репродуктивного та практично - стереотипного характеру	142
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання.....	158
ЛІТЕРАТУРА.....	161
ДОДАТКИ.....	162

Передмова

Теоретичні основи електротехніки є фундаментальною дисципліною, на базі якої вивчаються всі інші електротехнічні дисципліни навчального плану спеціальності.

У свою чергу фізика та вища математика є базовими для дисципліни "Теоретичні основи електротехніки".

Особливу роль відіграють знання фізичних явищ і законів, зокрема семи електромагнітних: електризації тіл, взаємодії зарядів, електричного струму, теплової дії електричного струму, електромагнетизму, електромагнітної індукції, електромагнітної сили. Тому в навчальному посібнику використовуються основні вихідні знання цих явищ і законів.

Навчальний посібник написаний таким чином, щоб студенти мали можливість самостійно вивчити курс теоретичних основ електротехніки за допомогою базового підручника [1]. Для цього кожна тема дисципліни містить завдання для самостійної пізнавальної діяльності студентів: інформаційно - репродуктивні, практично - стереотипні, експериментальні, тематичні комплексні кваліфікаційні. Експериментальні дослідження пропонується провести самим студентам, для чого вони складають принципову електричну схему експериментальної установки, продумують, як необхідно провести експеримент і проаналізувати отримані результати.

Для успішного вивчення курсу теоретичних основ електротехніки необхідно послідовно та ритмічно виконувати програму, домагаючись повного розуміння матеріалу, що викладається, не пропускаючи жодного розділу, тому що курс теоретичних основ електротехніки є цільним і безперервним.

Завдання інформаційно - репродуктивні, практично - стереотипні виконуються студентами самостійно в наступному порядку:

- прочитуються й усвідомлюються по базовому підручнику розділи, з яких складені завдання;

- по черзі на поставлені в таблицях запитання й завдання знаходяться, на думку студентів, правильні відповіді з таблиць із такими ж номерами та індексом «а»;
- знайдені номери правильних відповідей проставляються у вихідні таблиці.

Студенти мають можливість переконатися в тому, що вони успішно освоїли навчальний матеріал. Для цього вони окремо підсумовують номери правильних відповідей на непарні питання й окремо підсумовують номери правильних відповідей на парні питання. Від першої суми віднімають другу суму й одержують число. Якщо отримане число збігається із числом, що приводиться наприкінці кожної таблиці, то це говорить про повне засвоєння вивченого навчального матеріалу. У випадку розбіжності чисел, отриманих студентом і наведених наприкінці таблиць, студенти повинні розуміти, що навчальний матеріал ними повністю не засвоєний. Тому студентам потрібно повторно опрацювати даний навчальний матеріал.

Таким чином, даний навчальний посібник сприяє самостійній пізнавальній діяльності студентів на трьох рівнях: знань, умінь і творчого мислення, забезпечуючи як вивчення навчального матеріалу, так і розвиток мислення, що є основною вимогою кредитно-модульної системи освіти.

Календарно – тематичний план

вивчення дисципліни
“Теоретичні основи електротехніки”, частина 2

№ тижня	Теми і питання заняття	Вид заняття	Число год.
1	Тема 8. Симетричні трифазні кола синусоїдного струму 8.1 Трифазний генератор. 8.2 Трифазні системи.	Лекційне	2
	8.3 З'єднання фаз генератора зіркою.	Лекційне	2
	Симетричні трифазні кола синусоїдного струму (8.1)	Лабораторно-практичне	2
2	Симетричні трифазні кола синусоїдного струму (8.2)	Лабораторно-практичне	2
	8.4 З'єднання фаз навантаження трикутником	Лекційне	2
	Симетричні трифазні кола синусоїдного струму (8.3– 8.4)	Лабораторно-практичне	2
3	8.5 Розрахунок нерозгалужених трифазних кіл синусоїдного струму.	Лекційне	2
	8.6 Переключення навантаження зі схеми зірка на схему трикутник.	Лекційне	2
	Симетричні трифазні кола синусоїдного струму (8.5)	Лабораторно-практичне	2
4	Симетричні трифазні кола синусоїдного струму (8.5)	Лабораторно-практичне	2
	8.7 Розрахунок розгалужених симетричних трифазних кіл.	Лекційне	2
	Симетричні трифазні кола синусоїдного струму (8.6– 8.7)	Лабораторно-практичне	2
5	Тема 9. Несиметричні трифазні кола синусоїдного струму 9.1 Чотирипровідна трифазна система при несиметричному режимі.	Лекційне	2
	9.2 Трипровідна трифазна система при з'єднанні фаз зіркою і несиметричному режимі.	Лекційне	2
	Несиметричні трифазні кола синусоїдного струму (9.1)	Лабораторно-практичне	2

№ тижня	Теми і питання заняття	Вид заняття	Число год.
	Несиметричні трифазні кола синусоїдного струму (9.2)	Лабораторно-практичне	2
6	9.3 Замикання на землю одного з проводів трифазної лінії електропередачі. 9.4 Дугогасна котушка.	Лекційне	2
	Несиметричні трифазні кола синусоїдного струму (9.2)	Лабораторно-практичне	2
7	9.5 Розрахунок розгалужених несиметричних трифазних кіл.	Лекційне	2
	9.6 Випадки несиметрії при з'єднанні генератора і навантаження.	Лекційне	2
	Несиметричні трифазні кола синусоїдного струму (9.3)	Лабораторно-практичне	2
	Несиметричні трифазні кола синусоїдного струму (9.4)	Лабораторно-практичне	2
8	9.7 Потужність трифазних систем та її вимірювання.	Лекційне	2
	Несиметричні трифазні кола синусоїдного струму (9.5–9.6)	Лабораторно-практичне	2
9	Тема 10. Метод симетричних складових. 10.1 Оператор a трифазної системи. 10.2 Симетричні складові несиметричних трифазних систем.	Лекційне	2
	10.3 Властивості трифазних кіл по відношенню до симетричних складових струмів і напруг.	Лекційне	2
	Несиметричні трифазні кола синусоїдного струму (9.7)	Лабораторно-практичне	2
	Несиметричні трифазні кола синусоїдного струму (9.7)	Лабораторно-практичне	2
10	10.4 Опори симетричного трифазного кола струмів різних послідовностей.	Лекційне	2
	Метод симетричних складових (10.1–10.2)	Лабораторно-практичне	2

№ тижня	Теми і питання заняття	Вид заняття	Число год.
11	10.5 Розрахунок статичного кола при симетричному навантаженні і несиметричній системі напруг. 10.6 Фільтри симетричних складових струмів і напруг.	Лекційне	2
	Тема 11. Трифазні електричні кола з оберतालними електричними машинами. 11.1 Пульсуюче магнітне поле. 11.2 Обертальне магнітне поле.	Лекційне	2
	Метод симетричних складових (10.3)	Лабораторно-практичне	2
	Метод симетричних складових (10.4)	Лабораторно-практичне	2
12	11.3 Принцип дії асинхронних і синхронних електричних машин. 11.4 Опори електричних машин струмам різних послідовностей.	Лекційне	2
	Метод симетричних складових (10.5–10.6)	Лабораторно-практичне	2
13	Тема 12. Несинусоїдні струми. 12.1 Несинусоїдні періодичні струми та їх уявлення у вигляді тригонометричного ряду.	Лекційне	2
	12.2 Коефіцієнти форми, амплітуди і скривлення.	Лекційне	2
	Трифазні електричні кола з оберतालними електричними машинами (11.1)	Лабораторно-практичне	2
	Трифазні електричні кола з оберतालними електричними машинами (11.2)	Лабораторно-практичне	2
14	12.3 Розрахунок кіл з несинусоїдними електрорушійними силами і струмами.	Лекційне	2
	Трифазні електричні кола з оберतालними електричними машинами (11.3–11.4)	Лабораторно-практичне	2
15	12.4 Потужність і коефіцієнт потужності при несинусоїдних струмах. 12.5 Вищі гармоніки в трифазних системах.	Лекційне	2
	12.6 Метод еквівалентних синусоїд.	Лекційне	2

№ тижня	Теми і питання заняття	Вид заняття	Число год.
	Несинусоїдні струми (12.1)	Лабораторно-практичне	2
	Несинусоїдні струми (12.2–12.3)	Лабораторно-практичне	2
16	12.7 Обзорна лекція.	Лекційне	2
	Несинусоїдні струми (12.4– 12.6)	Лабораторно-практичне	2

ТЕМА 8
СИМЕТРИЧНІ ТРИФАЗНІ КОЛА СИНУСОЇДНОГО
СТРУМУ

*Завдання інформаційно – репродуктивного і
практично - стереотипного характеру*

8.1. Трифазний генератор

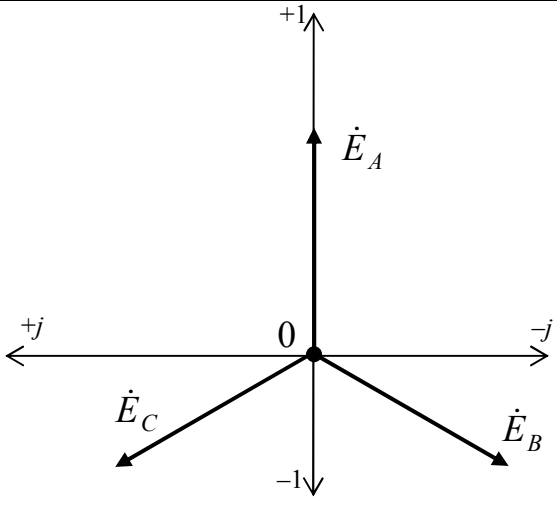
Таблиця 8.1

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Яке явище лежить в основі принципу дії трифазного генератора змінного синусоїдного струму?	
2.	У чому суть явища електромагнітної індукції?	
3.	З яких основних частин складається трифазний генератор?	
4.	Що розуміється під фазою генератора?	
5.	Опишіть принцип дії трифазного генератора.	
6.	Запишіть рівняння миттєвих фазних електрорушійних сил, прийнявши початкову фазу електрорушійної сили фази <i>A</i> рівною нулю.	
7.	Запишіть комплекси діючих значень фазних електрорушійних сил.	
8.	Зобразіть векторами на комплексній площині діючі значення фазних електрорушійних сил.	
9.	Що називається симетричною трифазною системою <i>e.p.c</i> ?	
В обмотках трифазного генератора наводяться електрорушійні сили, діюче значення фазної електрорушійної сили дорівнює 127 В .		
10.	Розрахуйте максимальне значення фазної електрорушійної сили у вольтах.	
11.	Запишіть миттєве значення електрорушійної сили у фазі <i>A</i> в вольтах, прийнявши початкову фазу електрорушійної сили в цій фазі рівною 30° .	
12.	Запишіть миттєве значення електрорушійної сили у фазі <i>B</i> у вольтах.	
13.	Запишіть миттєве значення електрорушійної сили у фазі <i>C</i> у вольтах.	
14.	Запишіть комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі <i>A</i> в вольтах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
15.	Запишіть комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі B у вольтах.	
16.	Запишіть комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі C у вольтах.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 22$.

Таблиця 8.1а

Номер відповіді	Відповіді
1.	Одна з обмоток статора генератора змінного синусоїдного струму.
2.	$E;$ $E \cdot e^{-j120^\circ};$ $E \cdot e^{-j240^\circ}.$
3.	179,6.
4.	Явище електромагнітної індукції.
5.	$179,6 \sin \cdot (\omega t - 90^\circ)$.
6.	Система трьох е.р.с, однакових за величиною та зміщених за фазою одна щодо іншої на 120° .
7.	Якщо провідний контур пронизується змінним магнітним потоком, то в контурі наводиться електрорушійна сила.
8.	
9.	$E_{Am} \cdot \sin \cdot \omega t;$ $E_{Bm} \cdot \sin \cdot (\omega t - 120^\circ);$ $E_{Cm} \cdot \sin \cdot (\omega t - 240^\circ).$

Номер відповіді	Відповіді
10.	Зі статора із трьома обмотками, зрушеними в просторі відносно одна до іншої на 120° , і ротора з обмоткою підключеною до джерела постійної е.р.с.
11.	$127 \cdot e^{-j210^\circ}$.
12.	При обертанні ротора створене ним магнітне поле пронизує обмотки статора, у кожній обмотці наводяться е.р.с.
13.	$127 \cdot e^{j30^\circ}$.
14.	$179,6 \cdot \sin \cdot (\omega t - 210^\circ)$.
15.	$127 \cdot e^{-j90^\circ}$.
16.	$179,6 \cdot \sin \cdot (\omega t + 30^\circ)$.

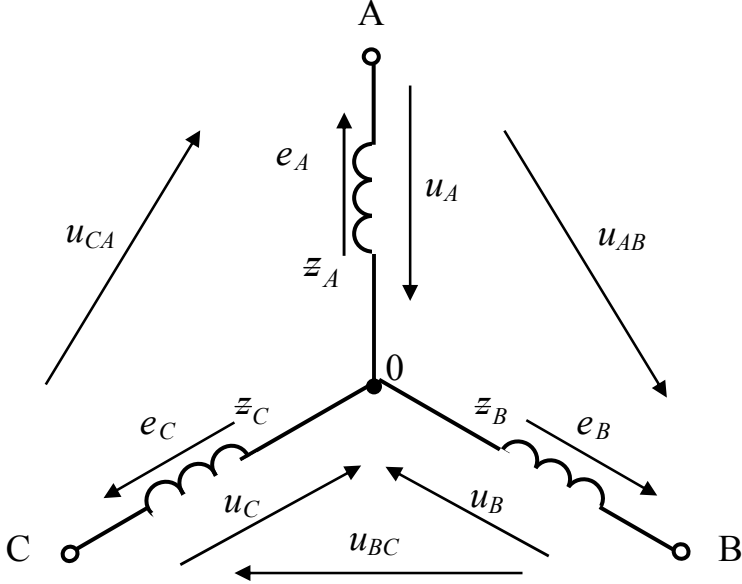
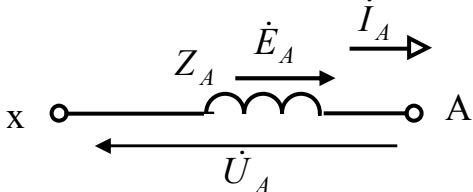
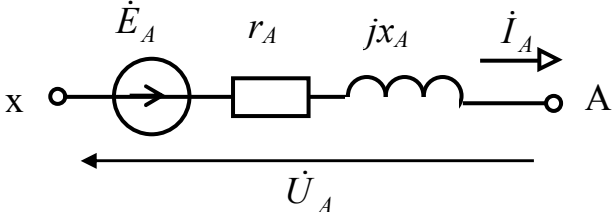
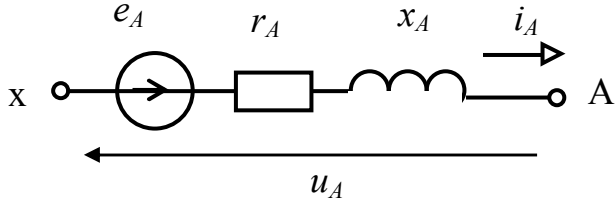
8.2. З'єднання фаз генератора зіркою.

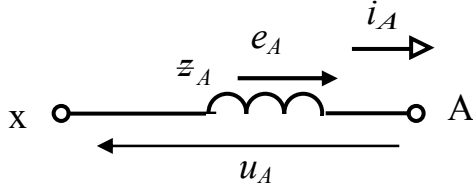
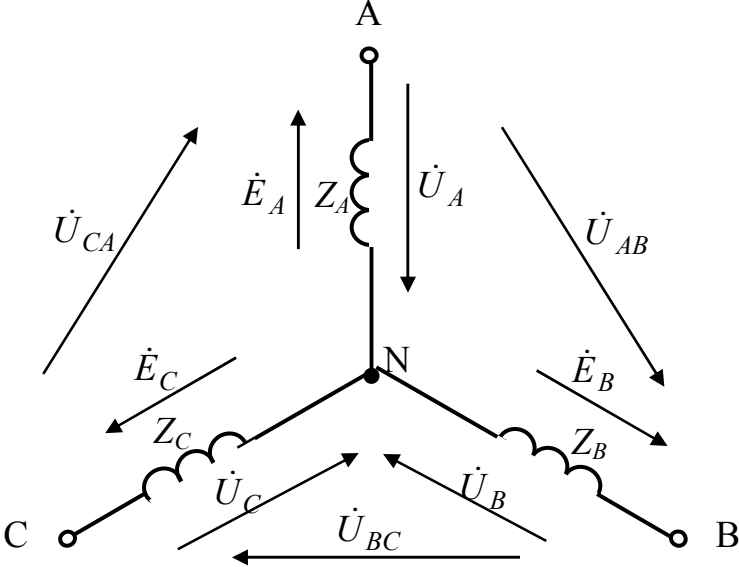
Таблиця 8.2

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Складіть розрахункову схему фази A генератора для миттєвих значень.	
2.	Складіть розрахункову схему фази A генератора для комплексів.	
3.	Складіть спрощену розрахункову схему фази A генератора для миттєвих значень.	
4.	Складіть спрощену розрахункову схему фази A генератора для комплексів.	
5.	Як з'єднуються фази генератора за схемою «зірка»?	
6.	Складіть розрахункову схему генератора на холостому ході при з'єднанні зіркою для миттєвих значень.	
7.	Що таке фазна напруга генератора?	
8.	Запишіть рівняння миттєвих фазних напруг при холостому ході генератора й з'єднанні його фаз зіркою, прийнявши початкову фазу електрорушійної сили фази A рівною нулю.	
9.	Що таке лінійна напруга генератора?	
10.	Запишіть рівняння миттєвих лінійних напруг при холостому ході генератора й з'єднанні його фаз зіркою, прийнявши початкову фазу електрорушійної сили фази A рівною нулю.	
11.	Складіть розрахункову схему генератора на холостому ході при з'єднанні зіркою для комплексів.	
12.	Запишіть комплекси діючих значень фазних напруг при холостому ході генератора й з'єднанні його фаз зіркою, прийнявши початкову фазу електрорушійної сили фази A рівною нулю.	
13.	Запишіть комплекси діючих значень лінійних напруг при холостому ході генератора й з'єднанні його фаз зіркою, прийнявши початкову фазу електрорушійної сили фази A рівною нулю.	
14.	Встановіть математичний зв'язок між діючими значеннями фазних і лінійних напруг генератора.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 31$.

Таблиця 8.2а

Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	
3.	$U_{\phi m} \cdot \sin \cdot \omega t;$ $U_{\phi m} \cdot \sin \cdot (\omega t - 120^\circ);$ $U_{\phi m} \cdot \sin \cdot (\omega t - 240^\circ).$
4.	
5.	$U_n \cdot e^{j30^\circ};$ $U_n \cdot e^{-j90^\circ};$ $U_n \cdot e^{-j210^\circ}.$
6.	

Номер відповіді	Відповіді
7.	$U_L = \sqrt{3} \cdot U_\phi.$
8.	
9.	$U_{\text{лм}} \cdot \sin \cdot (\omega t + 30^\circ);$ $U_{\text{лм}} \cdot \sin \cdot (\omega t - 90^\circ);$ $U_{\text{лм}} \cdot \sin \cdot (\omega t - 210^\circ).$
10.	Різниця потенціалів на однойменних затискачах фаз генератора.
11.	
12.	Однойменні затискачі фаз генератора або фаз навантаження з'єднуються в один вузол.
13.	$U_\phi;$ $U_\phi \cdot e^{-j120^\circ};$ $U_\phi \cdot e^{-j240^\circ}.$
14.	Різниця потенціалів на затискачах фази генератора.

Таблиця 8.3

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
Фази симетричного трифазного генератора з'єднані за схемою «зірка». На холостому ході діюче значення фазної напруги дорівнює 100 В , $\psi_{u_A} = 60^\circ$.		
1.	Запишіть комплекс діючого значення фазної напруги у фазі A генератора у вольтах.	
2.	Запишіть комплекс діючого значення фазної напруги у фазі B генератора у вольтах.	
3.	Запишіть комплекс діючого значення фазної напруги у фазі C генератора у вольтах.	
4.	Визначте діюче значення лінійної напруги генератора у вольтах.	
5.	Запишіть комплекс діючого значення лінійної напруги генератора між затискачами фаз $A - B$ у вольтах.	
6.	Запишіть комплекс діючого значення лінійної напруги генератора між затискачами фаз $B - C$ у вольтах.	
7.	Запишіть комплекс діючого значення лінійної напруги генератора між затискачами фаз $C - A$ у вольтах.	
8.	Запишіть миттєве значення фазної напруги у фазі A в вольтах.	
9.	Запишіть миттєве значення фазної напруги у фазі B у вольтах.	
10.	Запишіть миттєве значення фазної напруги у фазі C у вольтах.	
11.	Запишіть миттєве значення лінійної напруги генератора між затискачами фаз $A - B$ в вольтах.	
12.	Запишіть миттєве значення лінійної напруги генератора між затискачами фаз $B - C$ у вольтах.	
13.	Запишіть миттєве значення лінійної напруги генератора між затискачами фаз $C - A$ у вольтах.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 35$.

Таблиця 8.3а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$141 \cdot \sin \cdot (\omega t + 60^\circ)$.
2.	$244,7 \cdot \sin \cdot (\omega t - 30^\circ)$.
3.	$141 \cdot \sin \cdot (\omega t - 180^\circ)$.
4.	$173 \cdot e^{-j30^\circ}$.
5.	$244,7 \cdot \sin \cdot (\omega t - 150^\circ)$.
6.	173.
7.	$141 \cdot \sin \cdot (\omega t - 60^\circ)$.
8.	$100 \cdot e^{j60^\circ}$.
9.	$173 \cdot e^{-j150^\circ}$.
10.	$100 \cdot e^{-j180^\circ}$.
11.	$244,7 \cdot \sin \cdot (\omega t + 90^\circ)$.
12.	$100 \cdot e^{-j60^\circ}$.
13.	$173 \cdot e^{j90^\circ}$.

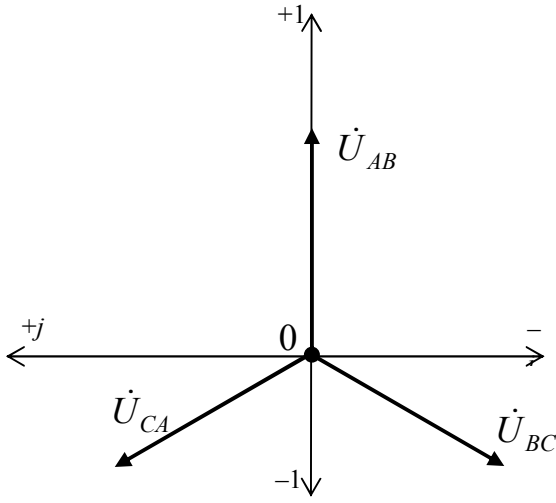
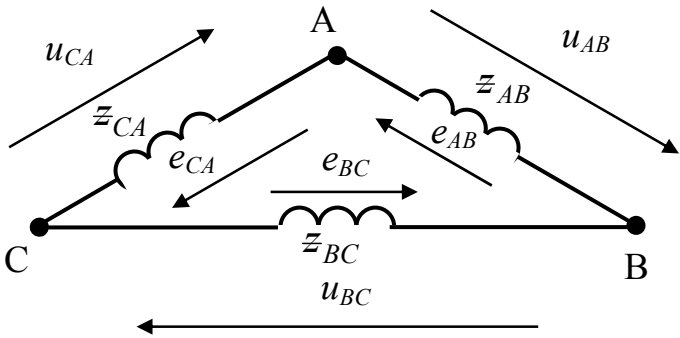
8.3. З'єднання фаз генератора трикутником

Таблиця 8.4

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Як з'єднуються фази генератора за схемою «трикутник»?	
2.	Складіть спрощену розрахункову схему реального генератора при холостому ході й з'єднанні його фаз за схемою «трикутник» для миттєвих значень.	
3.	Запишіть рівняння миттєвих фазних (лінійних) напруг при холостому ході генератора й з'єднанні його фаз за схемою «трикутник», прийнявши початкову фазу електрорушійної сили фази AB рівною нулю.	
4.	Запишіть комплекси діючих значень фазних (лінійних) напруг при холостому ході генератора й з'єднанні його фаз за схемою «трикутник», прийнявши початкову фазу електрорушійної сили фази AB рівною нулю.	
5.	Побудуйте векторну діаграму діючих значень фазних (лінійних) напруг при холостому ході симетричного генератора й з'єднанні його фаз за схемою «трикутник» на комплексній площині, прийнявши початкову фазу електрорушійної сили фази AB рівною нулю.	
6.	Яке співвідношення між діючими значеннями фазних і лінійних напруг генератора при з'єднанні фаз за схемою «трикутник»?	
Фази симетричного трифазного генератора з'єднані за схемою «трикутник». На холостому ході діюче значення електрорушійної сили дорівнює 100 В , $\psi_{e AB} = 10^\circ$.		
7.	Запишіть комплекс діючого значення фазної (лінійної) напруги у фазі AB при холостому ході генератора у вольтах.	
8.	Запишіть комплекс діючого значення фазної (лінійної) напруги у фазі BC при холостому ході генератора у вольтах.	
9.	Запишіть комплекс діючого значення фазної (лінійної) напруги у фазі CA при холостому ході генератора у вольтах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
10.	Запишіть миттєве значення фазної (лінійної) напруги у фазі AB при холостому ході генератора у вольтах.	
11.	Запишіть миттєве значення фазної (лінійної) напруги у фазі BC при холостому ході генератора у вольтах.	
12.	Запишіть миттєве значення фазної (лінійної) напруги у фазі CA при холостому ході генератора у вольтах.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 18$.

Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	$100 \cdot e^{-j110^\circ}$.
3.	$141 \cdot \sin \cdot (\omega t - 230^\circ)$.
4.	Фазна напруга генератора дорівнює лінійній напрузі.
5.	Кінець першої обмотки з'єднується з початком другої обмотки й так далі, утворюючи замкнутий контур.
6.	$U_{\text{л}} \cdot e^{j0^\circ};$ $U_{\text{л}} \cdot e^{-j120^\circ};$ $U_{\text{л}} \cdot e^{-j240^\circ}.$
7.	$141 \cdot \sin \cdot (\omega t + 10^\circ)$.
8.	
9.	$100 \cdot e^{-j230^\circ}$.
10.	$100 \cdot e^{j10^\circ}$.
11.	$U_{\text{лм}} \cdot \sin \cdot \omega t;$ $U_{\text{лм}} \cdot \sin \cdot (\omega t - 120^\circ);$ $U_{\text{лм}} \cdot \sin \cdot (\omega t - 240^\circ).$
12.	$141 \cdot \sin \cdot (\omega t - 110^\circ)$.

8.4. Трифазні системи.

Таблиця 8.5

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>На розрахунковій схемі трифазної чотирипровідної системи позначені комплекси: електрорушійних сил у фазах генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$; фазних напруг генератора $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$; лінійних напруг генератора $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; повних опорів фаз навантаження Z_a, Z_b, Z_c; фазних напруг навантаження $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$; лінійних напруг навантаження $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_{bc}, \dot{U}_{ca}$; повного опору нейтрального проводу Z_N; напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N; струму в нейтральному проводі \dot{I}_N.</p> 		
1.	Що називається лінійним проводом?	
2.	Що називається нульовим (нейтральним) проводом?	
3.	Що називається фазним струмом?	
4.	Що називається лінійним струмом?	
5.	Що називається нульовим (нейтральним) струмом?	
6.	Що називається напругою зміщення нейтралі?	
7.	Як пов'язані між собою лінійний і фазний струми при з'єднанні фаз генератора й навантаження за схемою «зірка»?	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
8.	Складіть рівняння за першим законом Кірхгофа для нейтральної точки навантаження «0'» у комплексах.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 16$.

Таблиця 8.5а

Номер відповіді	Відповіді
1.	Різниця потенціалів між нейтральними вузлами навантаження й генератора.
2.	Струм, що протікає по лінії електропередачі.
3.	$I_N = I_A + I_B + I_C.$
4.	Провід, що з'єднує нейтральні вузли генератора й навантаження.
5.	Вони рівні.
6.	Провід, що з'єднує початкові фази генератора й навантаження.
7.	Струм, що протікає по нульовому (нейтральному) проводу.
8.	Струм, що протікає по фазі генератора або навантаження.

8.5. Розрахунок нерозгалужених трифазних кіл синусоїдного струму при з'єднанні фаз генератора й навантаження зіркою.

Таблиця 8.6

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>Для розрахункової схеми трифазної трипровідної системи відомо: діюче значення фазної електрорушійної сили ідеального симетричного генератора $E = 220 \text{ В}$; початкова фаза електрорушійної сили фази $A \psi_{eA} = 0$; активний опір фази навантаження $r = 6 \text{ Ом}$; індуктивний опір фази навантаження $x = 8 \text{ Ом}$. Лінія електропередачі ідеальна.</p> 		
1.	Запишіть комплекс діючого значення фазної напруги у фазі A генератора в показовій формі у вольтах.	
2.	Запишіть комплекс діючого значення фазної напруги у фазі B генератора в показовій формі у вольтах.	
3.	Запишіть комплекс діючого значення фазної напруги у фазі C генератора в показовій формі у вольтах.	
4.	Визначте комплекс діючого значення лінійної напруги між фазами AB генератора в показовій формі у вольтах.	
5.	Визначте комплекс діючого значення лінійної напруги між фазами BC генератора в показовій формі у вольтах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
6.	Визначте комплекс діючого значення лінійної напруги між фазами CA генератора в показовій формі у вольтах.	
7.	Визначте комплекс діючого значення фазного струму у фазі A в показовій формі в амперах.	
8.	Визначте комплекс діючого значення фазного струму у фазі B у показовій формі в амперах.	
9.	Визначте комплекс діючого значення фазного струму у фазі C у показовій формі в амперах.	
10.	Розрахуйте комплекс повної потужності фази a навантаження в показовій і алгебраїчній формах у вольт-амперах.	
11.	Розрахуйте активну потужність трифазного навантаження у ватах.	
12.	Розрахуйте реактивну потужність трифазного навантаження вольт-амперах реактивних.	
13.	Розрахуйте повну потужність трифазного навантаження вольт-амперах.	
14.	Розрахуйте коефіцієнт потужності трифазного навантаження.	

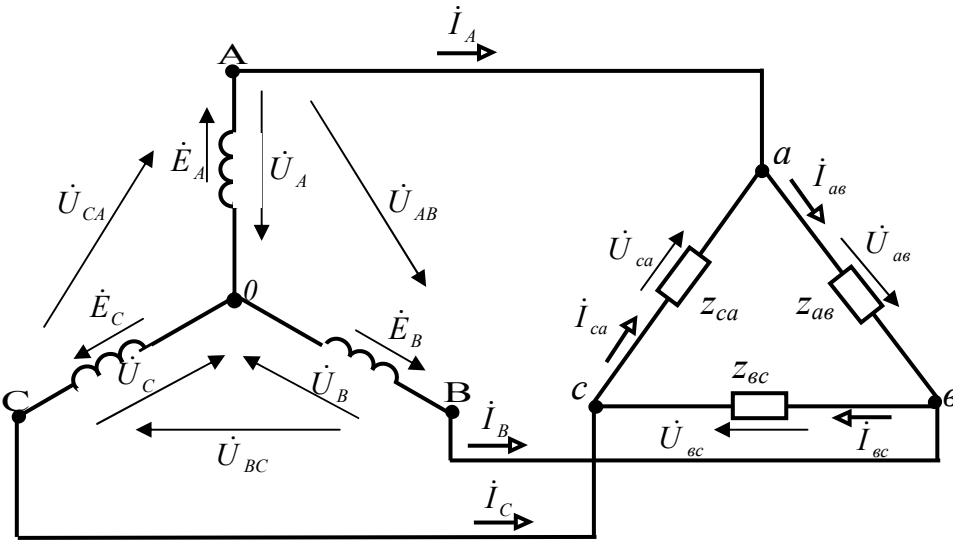
При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 19$.

Таблиця 8.6а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$22 \cdot e^{-j173^\circ}$
2.	$380 \cdot e^{j150^\circ}$
3.	11596,2.
4.	$22 \cdot e^{-j53^\circ}$
5.	8738,4.
6.	$220 \cdot e^{-j120^\circ}$
7.	$380 \cdot e^{j30^\circ}$
8.	$220 \cdot e^{j0^\circ}$
9.	14520.
10.	0,6.
11.	$380 \cdot e^{-j90^\circ}$
12.	$220 \cdot e^{-j240^\circ}$
13.	$22 \cdot e^{j67^\circ}$
14.	$4840 \cdot e^{j53^\circ} = 2912,8 + j3865,4$.

8.6. Розрахунок нерозгалужених трифазних кіл синусоїдного струму при з'єднання фаз навантаження трикутником

Таблиця 8.7

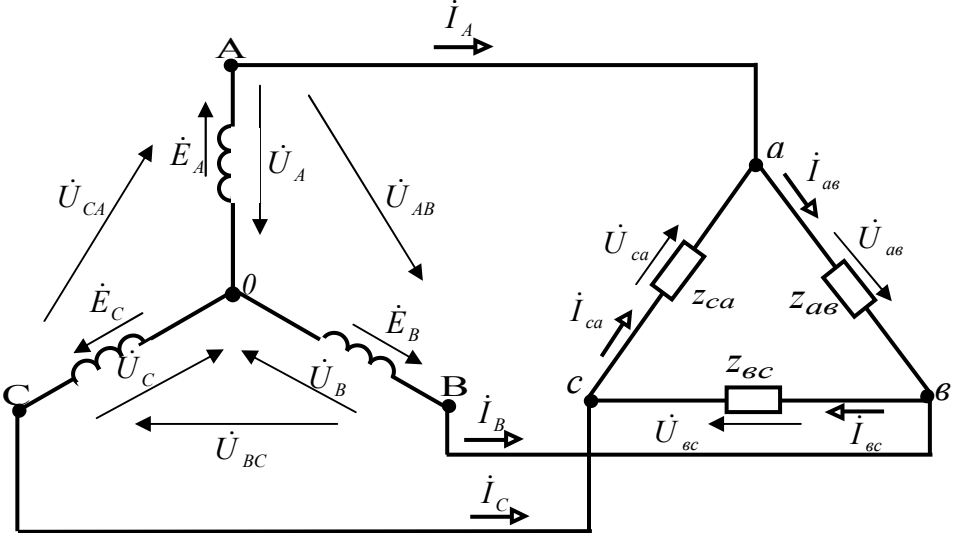
Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>На розрахунковій схемі трифазної трипровідної системи позначені комплекси: електрорушійних сил у фазах генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$; фазних напруг генератора $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$; лінійних напруг генератора $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; повних опорів фаз навантаження Z_{ab}, Z_{bc}, Z_{ca}; фазних напруг навантаження $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_{bc}, \dot{U}_{ca}$; фазних струмів навантаження $\dot{I}_{ab}, \dot{I}_{bc}, \dot{I}_{ca}$.</p> 		
1.	Яке співвідношення між діючими значеннями фазних і лінійних напруг навантаження при з'єднанні фаз за схемою «трикутник»?	
2.	Складіть рівняння за першим законом Кірхгофа для вузлової точки схеми «a» у комплексних і знайдіть із нього лінійний струм \dot{I}_A .	
3.	Складіть рівняння за першим законом Кірхгофа для вузлової точки схеми «b» у комплексних і знайдіть із нього лінійний струм \dot{I}_B .	
4.	Складіть рівняння за першим законом Кірхгофа для вузлової точки схеми «c» у комплексних і знайдіть із нього лінійний струм \dot{I}_C .	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
5.	Запишіть рівняння миттєвих фазних струмів навантаження при з'єднанні фаз за схемою «трикутник», прийнявши початкову фазу струму фази ав рівною нулю.	
6.	Запишіть комплекси діючих значень фазних струмів навантаження при з'єднанні фаз за схемою «трикутник», прийнявши початкову фазу струму фази ав рівною нулю.	
7.	Побудуйте векторну діаграму комплексів діючих значень фазних і лінійних струмів при з'єднанні фаз навантаження за схемою «трикутник» і симетричному режимі.	
8.	З векторної діаграми знайдіть співвідношення між діючими значеннями фазних і лінійних струмів при з'єднанні фаз навантаження за схемою «трикутник»?	
9.	Запишіть рівняння миттєвих лінійних струмів при з'єднанні фаз за схемою «трикутник», прийнявши початкову фазу струму фази ав рівною нулю.	
10.	Запишіть комплекси діючих значень лінійних струмів при з'єднанні фаз за схемою «трикутник», прийнявши початкову фазу струму фази ав рівною нулю.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 17$.

Таблиця 8.7а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$I_L = \sqrt{3} \cdot I_\phi.$
2.	$I_{\phi m} \cdot \sin \cdot \omega t;$ $I_{\phi m} \cdot \sin \cdot (\omega t - 120^\circ);$ $I_{\phi m} \cdot \sin \cdot (\omega t - 240^\circ).$
3.	$I_L \cdot e^{-j30^\circ};$ $I_L \cdot e^{-j150^\circ};$ $I_L \cdot e^{j90^\circ}.$
4.	$I_\phi;$ $I_\phi \cdot e^{-j120^\circ};$ $I_\phi \cdot e^{-j240^\circ}.$
5.	$\dot{I}_{a\phi} - \dot{I}_{c\phi}.$
6.	$\dot{I}_{c\phi} - \dot{I}_{\phi c}.$
7.	$I_{\phi m} \cdot \sin \cdot (\omega t - 30^\circ);$ $I_{\phi m} \cdot \sin \cdot (\omega t - 150^\circ);$ $I_{\phi m} \cdot \sin \cdot (\omega t + 90^\circ).$
8.	Фазні напруги рівні лінійним.
9.	
10.	$\dot{I}_{\phi c} - \dot{I}_{a\phi}.$

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>Для розрахункової схеми трифазної трипровідної системи відомо: діюче значення фазної електрорушійної сили ідеального симетричного генератора $E = 220 \text{ В}$; початкова фаза електрорушійної сили фази $A \psi_{eA} = 0$; активний опір фази навантаження $r = 12 \text{ Ом}$; індуктивний опір фази навантаження $x = 16 \text{ Ом}$. Лінія електропередачі ідеальна.</p> 		
1.	Запишіть комплекс діючого значення фазної напруги у фазі A генератора в показовій формі у вольтах.	
2.	Запишіть комплекс діючого значення фазної напруги у фазі B генератора в показовій формі у вольтах.	
3.	Запишіть комплекс діючого значення фазної напруги у фазі C генератора в показовій формі у вольтах.	
4.	Визначте комплекс діючого значення лінійної напруги між фазами ab навантаження в показовій формі у вольтах.	
5.	Визначте комплекс діючого значення лінійної напруги між фазами bc навантаження в показовій формі у вольтах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
6.	Визначте комплекс діючого значення лінійної напруги між фазами <i>ca</i> навантаження в показовій формі у вольтах.	
7.	Визначте комплекс діючого значення фазного струму у фазі <i>av</i> навантаження в показовій формі в амперах.	
8.	Визначте комплекс діючого значення фазного струму у фазі <i>bc</i> навантаження в показовій формі в амперах.	
9.	Визначте комплекс діючого значення фазного струму у фазі <i>ca</i> навантаження в показовій формі в амперах.	
10.	Визначте комплекс діючого значення лінійного струму у фазі A в показовій формі в амперах.	
11.	Визначте комплекс діючого значення лінійного струму у фазі B у показовій формі в амперах.	
12.	Визначте комплекс діючого значення лінійного струму у фазі C у показовій формі в амперах.	
13.	Розрахуйте комплекс повної потужності фази <i>av</i> навантаження в показовій і алгебраїчній формах у вольт-амперах.	
14.	Розрахуйте активну потужність трифазного навантаження у ватах.	
15.	Розрахуйте реактивну потужність трифазного навантаження вольт-амперах реактивних.	
16.	Розрахуйте повну потужність трифазного навантаження вольт-амперах.	
17.	Розрахуйте коефіцієнт потужності трифазного навантаження.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 33$.

Таблиця 8.8а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$32,87 \cdot e^{-j53^\circ}$
2.	$380 \cdot e^{j150^\circ}$
3.	$19 \cdot e^{j97^\circ}$
4.	$380 \cdot e^{-j90^\circ}$
5.	$380 \cdot e^{j30^\circ}$
6.	$220 \cdot e^{-j120^\circ}$
7.	13035,3.
8.	$32,87 \cdot e^{-j173^\circ}$
9.	$220 \cdot e^{-j240^\circ}$
10.	$220 \cdot e^{j0^\circ}$
11.	$19 \cdot e^{-j143^\circ}$
12.	21660.
13.	0,6.
14.	$19 \cdot e^{-j23^\circ}$
15.	17298,4.
16.	$32,87 \cdot e^{j67^\circ}$
17.	$7220 \cdot e^{j53^\circ} = 4345,1 + j5766,1$.

Завдання експериментального характеру

Експериментальне дослідження 1

1. Опис експериментальної установки

Експериментальна установка містить трифазний генератор змінного струму G , у якого обмотки статора з'єднані за схемою «зірка», та переносний вольтметр зі щупами pV .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 8.1.

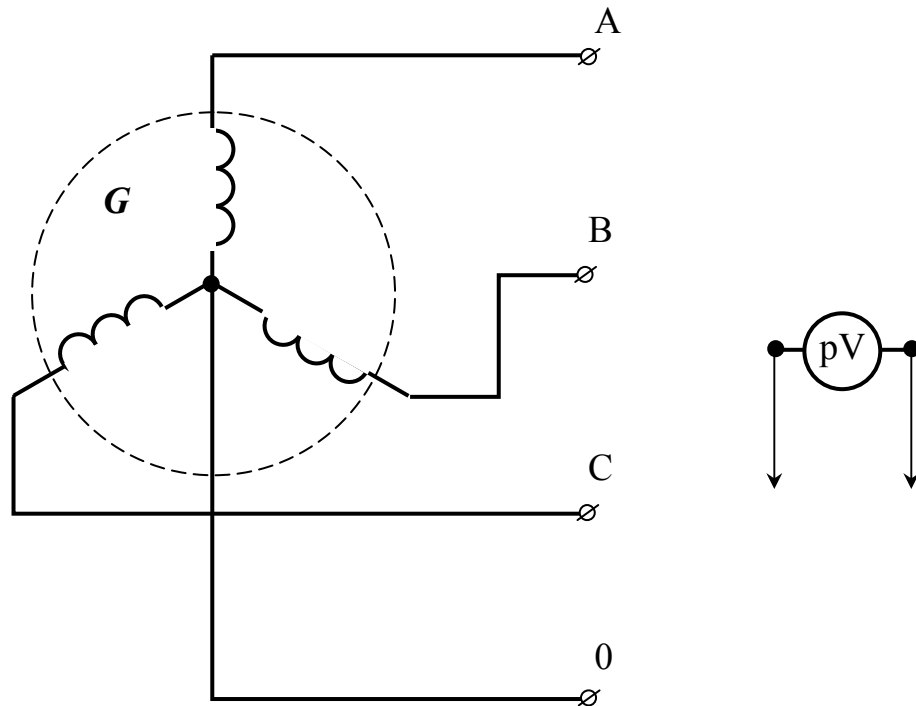


Рисунок 8.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки.

2. Розрахункова схема експериментальної установки

Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки в комплексній формі має вигляд, наведений на рисунку 8.2.

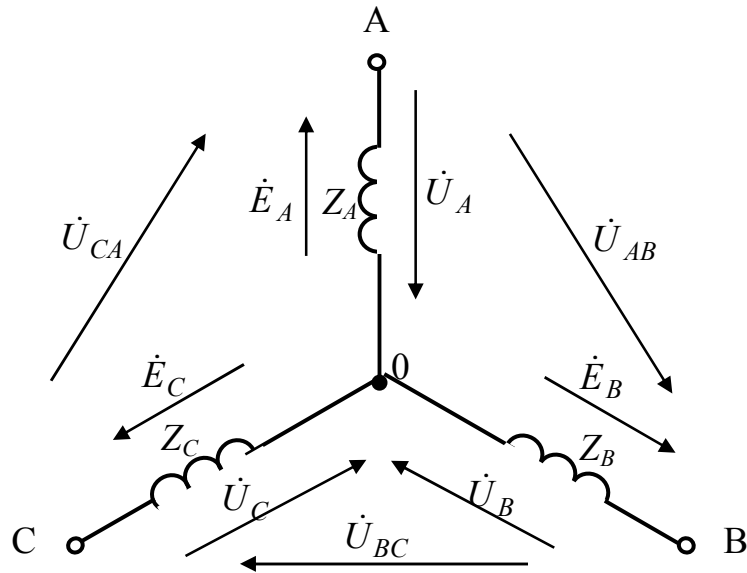


Рисунок 8.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі наведені наступні умовні позначення:

- \dot{E}_A – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **A** генератора, *B*;
- \dot{E}_B – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **B** генератора, *B*;
- \dot{E}_C – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **C** генератора, *B*;
- \dot{U}_A – комплекс діючого значення напруги фази **A** генератора, *B*;
- \dot{U}_B – комплекс діючого значення напруги фази **B** генератора, *B*;
- \dot{U}_C – комплекс діючого значення напруги фази **C** генератора, *B*;
- \dot{U}_{AB} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **A–B** генератора, *B*;
- \dot{U}_{BC} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **B–C** генератора, *B*;
- \dot{U}_{CA} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **C–A** генератора, *B*;

Z_A – комплекс повного опору фази A генератора, Ом;

Z_B – комплекс повного опору фази B генератора, Ом;

Z_C – комплекс повного опору фази C генератора, Ом.

3. Уміння, що здобуваються студентами в результаті виконання експериментального дослідження

3.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола і зібрати її.

3.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для комплексів та пояснити її.

3.3 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення фазних і лінійних напруг генератора.

3.4 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних співвідношення між діючими значеннями фазних та лінійних напруг генератора.

4. Завдання експериментального дослідження

4.1 Зібрати принципову електричну схему кола.

4.2 Включити експериментальну установку.

4.3 Виміряти діючі значення лінійних і фазних напруг генератора, результати занести в таблицю 8.9.

Таблиця 8.9

U_{AB}, B	U_{BC}, B	U_{CA}, B	U_A, B	U_B, B	U_C, B

4.4 Визначити співвідношення між діючими значеннями фазних та лінійних напруг генератора.

5. Структура звіту

5.1 Назва теми експериментального дослідження.

5.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.3 Розрахункова схема електричного кола.

5.4 Таблиця 8.9.

Експериментальне дослідження 2

1. Опис експериментальної установки

Експериментальна установка містить ідеальний трифазний генератор змінного струму G , у якого обмотки статора з'єднані за схемою «зірка», трипровідну ідеальну лінію електропередачі, три індуктивних котушки з однаковими параметрами $KV1$, $KV2$, $KV3$, які з'єднані за схемою «зірка», та переносний вольтметр зі щупами pV .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 8.3.

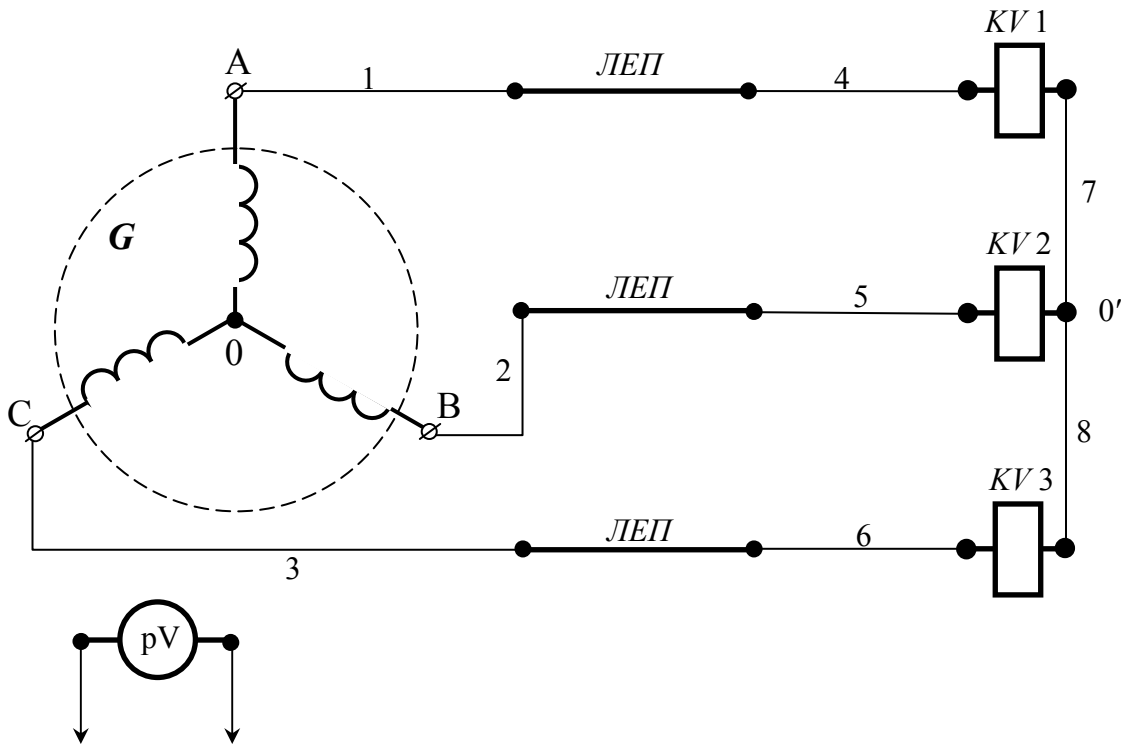


Рисунок 8.3 - Принципова електрична схема експериментальної установки.

Для складання схеми необхідно мати 8 провідників (на схемі позначені номерами 1-8).

2. Розрахункова схема експериментальної установки

При складанні розрахункової схеми прийнято наступне допущення: опори з'єднувальних проводів дорівнюють нулю.

Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки в комплексній формі має вигляд, наведений на рисунку 8.4.

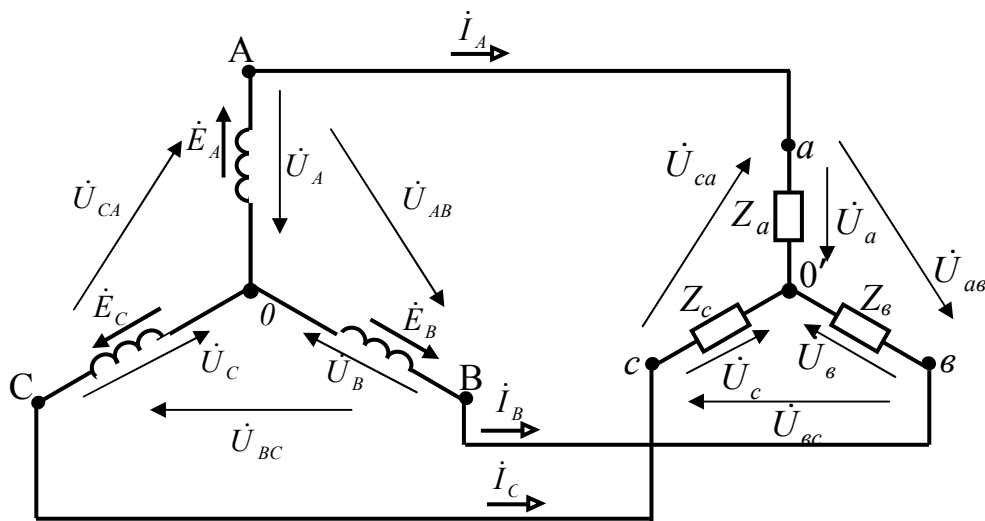


Рисунок 8.4 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі наведені наступні умовні позначення:

\dot{E}_A – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **A** генератора, *B*;

\dot{E}_B – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **B** генератора, *B*;

\dot{E}_C – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **C** генератора, *B*;

\dot{U}_A – комплекс діючого значення напруги фази **A** генератора, *B*;

\dot{U}_B – комплекс діючого значення напруги фази **B** генератора, *B*;

\dot{U}_C – комплекс діючого значення напруги фази **C** генератора, *B*;

\dot{U}_{AB} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **A–B** генератора, *B*;

\dot{U}_{BC} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **B–C** генератора, *B*;

- \dot{U}_{CA} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **C–A** генератора, *B*;
- \dot{I}_A – комплекс діючого значення сили лінійного струму у фазі **A**, *A*;
- \dot{I}_B – комплекс діючого значення сили лінійного струму у фазі **B**, *A*;
- \dot{I}_C – комплекс діючого значення сили лінійного струму у фазі **C**, *A*;
- \dot{U}_a – комплекс діючого значення напруги фази **a** навантаження, *B*;
- \dot{U}_b – комплекс діючого значення напруги фази **b** навантаження, *B*;
- \dot{U}_c – комплекс діючого значення напруги фази **c** навантаження, *B*;
- \dot{U}_{ab} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **a–b** навантаження, *B*;
- \dot{U}_{bc} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **b–c** навантаження, *B*;
- \dot{U}_{ca} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **c–a** навантаження, *B*;
- Z_a – комплекс повного опору фази **a** навантаження, *Ом*;
- Z_b – комплекс повного опору фази **b** навантаження, *Ом*;
- Z_c – комплекс повного опору фази **c** навантаження, *Ом*.

3. Уміння, що здобуваються студентами в результаті виконання експериментального дослідження

- 3.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола і зібрати її.
- 3.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для комплексів та пояснити її.
- 3.3 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення фазних і лінійних напруг навантаження.
- 3.4 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних співвідношення між діючими значеннями фазних й лінійних напруг навантаження.

4. Завдання експериментального дослідження

4.2 Зібрати принципову електричну схему кола.

4.2 Включити експериментальну установку.

4.3 Виміряти діючі значення лінійних і фазних напруг навантаження, результати занести в таблицю 8.10.

Таблиця 8.10

$U_{ав}, B$	$U_{вс}, B$	$U_{са}, B$	U_a, B	U_b, B	U_c, B

4.4 Визначити співвідношення між діючими значеннями фазних й лінійних напруг навантаження.

5. Структура звіту

5.1 Назва теми експериментального дослідження.

5.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.3 Розрахункова схема електричного кола.

5.4 Таблиця 8.10.

Експериментальне дослідження 3

1. Опис експериментальної установки

Експериментальна установка містить ідеальний трифазний генератор змінного струму G , у якого обмотки статора з'єднані за схемою «зірка», трипровідну ідеальну лінію електропередачі, три індуктивних котушки з однаковими параметрами $KV 1$, $KV 2$, $KV 3$, які з'єднані за схемою «зірка», три амперметри $pA1$, $pA2$, $pA3$ та переносний вольтметр зі щупами pV .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 8.5.

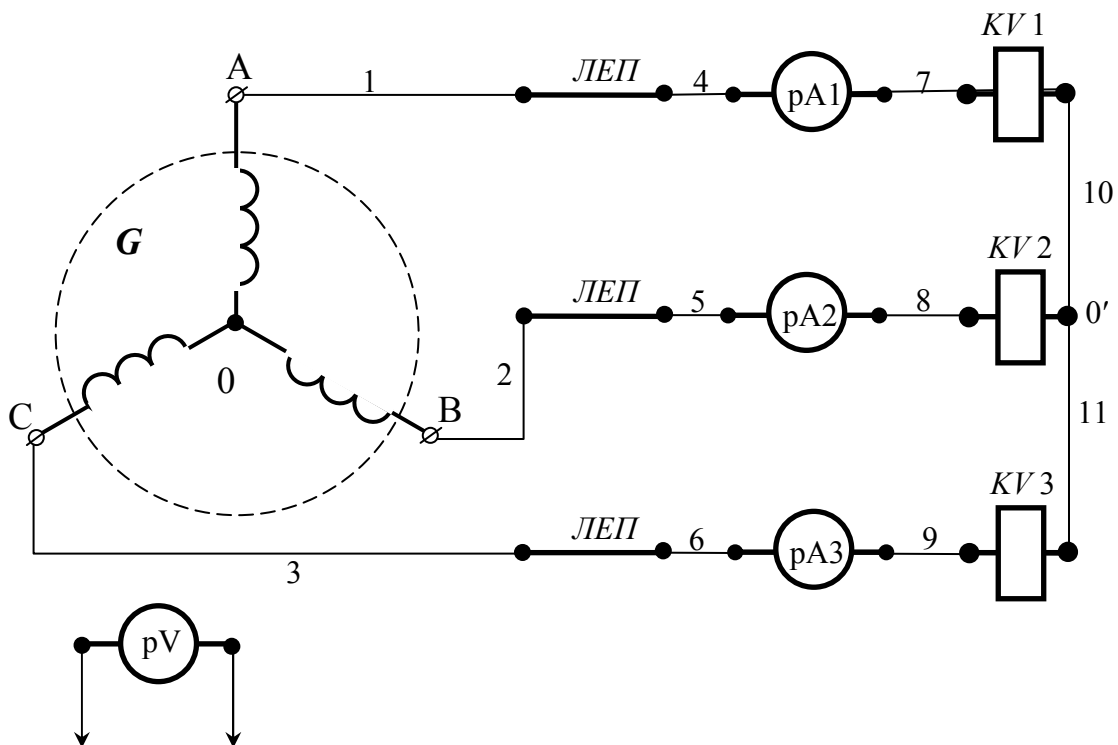


Рисунок 8.5 - Принципова електрична схема експериментальної установки.

Для складання схеми необхідно мати 11 провідників (на схемі позначені номерами 1-11).

2. Розрахункова схема експериментальної установки

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів дорівнюють нулю;

- опори обмоток амперметра дорівнюють нулю.

Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки в комплексній формі має вигляд, наведений на рисунку 8.6.

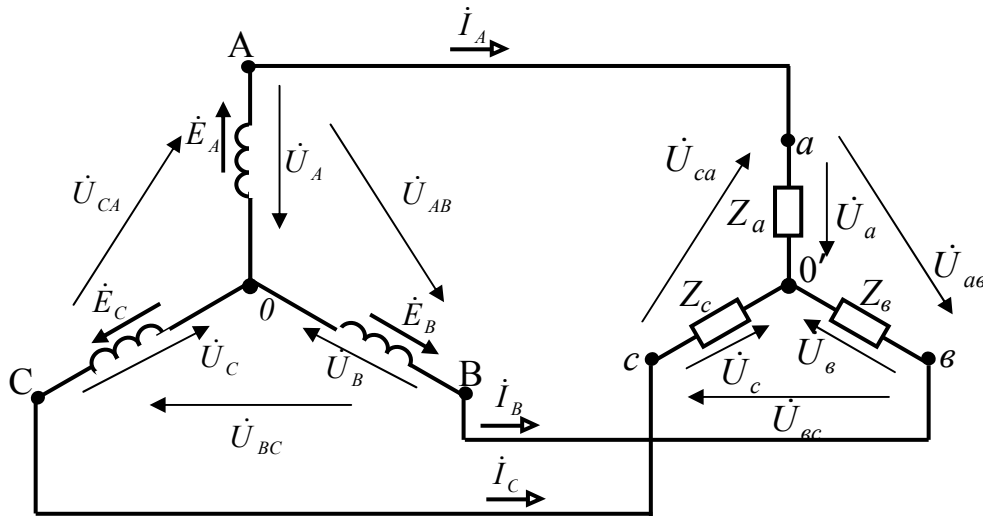


Рисунок 8.6 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі наведені наступні умовні позначення:

\dot{E}_A – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **A** генератора, *B*;

\dot{E}_B – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **B** генератора, *B*;

\dot{E}_C – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **C** генератора, *B*;

\dot{U}_A – комплекс діючого значення напруги фази **A** генератора, *B*;

\dot{U}_B – комплекс діючого значення напруги фази **B** генератора, *B*;

\dot{U}_C – комплекс діючого значення напруги фази **C** генератора, *B*;

\dot{U}_{AB} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **A–B** генератора, *B*;

- \dot{U}_{BC} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **B–C** генератора, *B*;
- \dot{U}_{CA} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **C–A** генератора, *B*;
- \dot{I}_A – комплекс діючого значення сили лінійного струму у фазі **A**, *A*;
- \dot{I}_B – комплекс діючого значення сили лінійного струму у фазі **B**, *A*;
- \dot{I}_C – комплекс діючого значення сили лінійного струму у фазі, *A*;
- \dot{U}_a – комплекс діючого значення напруги фази **a** навантаження, *B*;
- \dot{U}_b – комплекс діючого значення напруги фази **b** навантаження, *B*;
- \dot{U}_c – комплекс діючого значення напруги фази **c** навантаження, *B*;
- \dot{U}_{ab} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **a–b** навантаження, *B*;
- \dot{U}_{bc} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **b–c** навантаження, *B*;
- \dot{U}_{ca} – комплекс діючого значення лінійної напруги на затисках фаз **c–a** навантаження, *B*;
- Z_a – комплекс повного опору фази **a** навантаження, *Ом*;
- Z_b – комплекс повного опору фази **b** навантаження, *Ом*;
- Z_c – комплекс повного опору фази **c** навантаження, *Ом*.

3. Уміння, що здобуваються студентами в результаті виконання експериментального дослідження

- 3.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола і зібрати її.
- 3.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для комплексів та пояснити її.
- 3.3 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення фазних і лінійних напруг навантаження.

3.4 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення лінійних (фазних) струмів навантаження.

4. Завдання експериментального дослідження

4.3 Зібрати принципову електричну схему кола.

4.2 Включити експериментальну установку.

4.3 Виміряти діючі значення лінійних і фазних напруг навантаження, лінійних (фазних) струмів, результати занести в таблицю 8.11.

Таблиця 8.11

$U_{ав}, B$	$U_{вс}, B$	$U_{са}, B$	U_a, B	U_b, B	U_c, B	I_A, A	I_B, A	I_C, A

5. Структура звіту

5.1 Назва теми експериментального дослідження.

5.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.3 Розрахункова схема електричного кола.

5.4 Таблиця 8.11.

Експериментальне дослідження 4

1. Опис експериментальної установки

Експериментальна установка містить ідеальний трифазний генератор змінного струму G , у якого обмотки статора з'єднані за схемою «зірка», трипровідну ідеальну лінію електропередачі, три індуктивних котушки з однаковими параметрами $KV 1$, $KV 2$, $KV 3$, які з'єднані за схемою «трикутник», шість амперметрів $pA1$, $pA2$, $pA3$, $pA4$, $pA5$, $pA6$ та переносний вольтметр зі щупами pV .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 8.7.

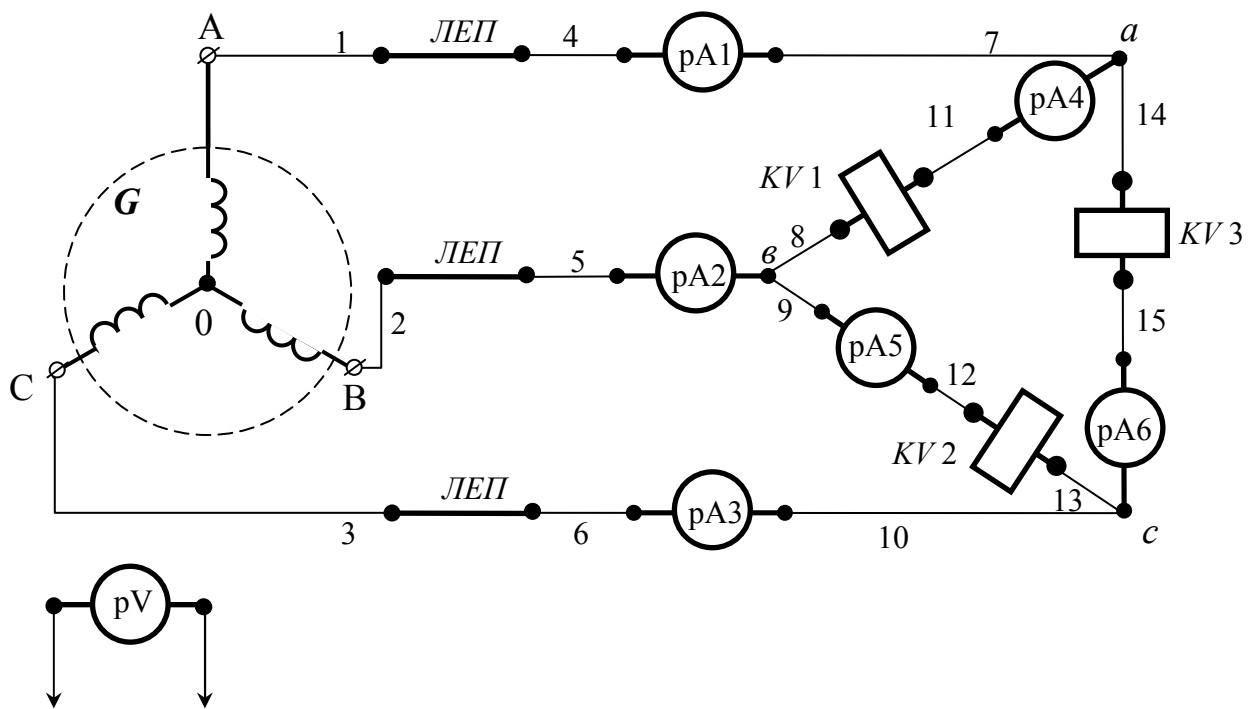


Рисунок 8.7 - Принципова електрична схема експериментальної установки.

Для складання схеми необхідно мати 15 провідників (на схемі позначені номерами 1-15).

2. Розрахункова схема експериментальної установки

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів дорівнюють нулю;
- опори обмоток амперметра дорівнюють нулю;
- опори обмоток вольтметра дорівнюють нескінченності.

Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 8.8.

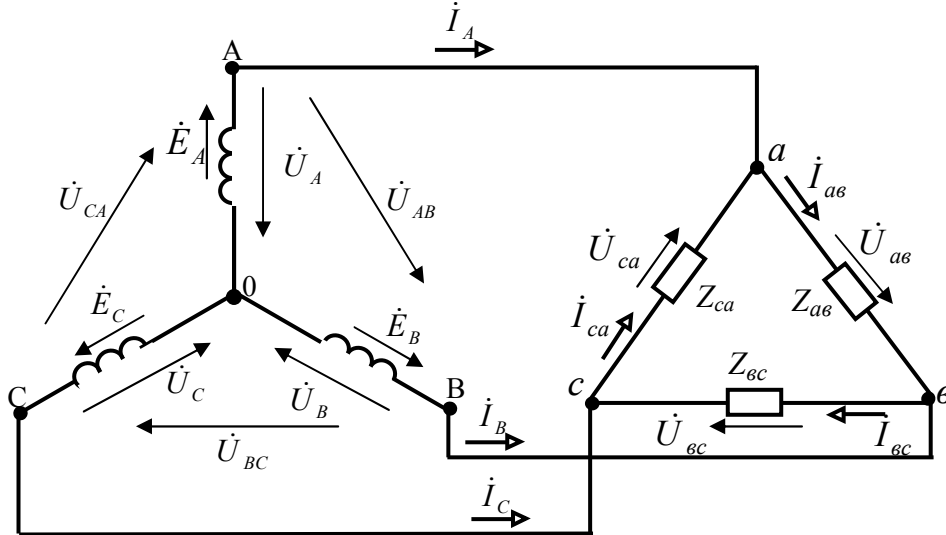


Рисунок 8.8 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

- \dot{E}_A – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **A** генератора, *B*;
- \dot{E}_B – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **B** генератора, *B*;
- \dot{E}_C – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **C** генератора, *B*;
- \dot{U}_A – комплекс діючого значення напруги у фазі **A** генератора, *B*;
- \dot{U}_B – комплекс діючого значення напруги у фазі **B** генератора, *B*;
- \dot{U}_C – комплекс діючого значення напруги у фазі **C** генератора, *B*;
- \dot{U}_{AB} – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **A–B** генератора, *B*;

\dot{U}_{BC} – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **B–C** генератора, *B*;

\dot{U}_{CA} – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **C–A** генератора, *B*;

\dot{I}_A – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **A**, *A*;

\dot{I}_B – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **B**, *A*;

\dot{I}_C – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **C**, *A*;

\dot{U}_{av} – комплекс діючого значення напруги на затисках фази **ав** навантаження, *B*;

\dot{U}_{vc} – комплекс діючого значення напруги на затисках фази **вс** навантаження, *B*;

\dot{U}_{ca} – комплекс діючого значення напруги на затисках фази **са** навантаження, *B*;

Z_{av} – комплекс повного опору фази **ав** навантаження, *Ом*;

Z_{vc} – комплекс повного опору фази **вс** навантаження, *Ом*;

Z_{ca} – комплекс повного опору фази **са** навантаження, *Ом*;

\dot{I}_{av} – комплекс діючого значення сили струму у фазі **ав** навантаження, *A*;

\dot{I}_{vc} – комплекс діючого значення сили струму у фазі **вс** навантаження, *A*;

\dot{I}_{ca} – комплекс діючого значення сили струму у фазі **са** навантаження, *A*.

3. Уміння, що здобуваються студентами в результаті виконання експериментального дослідження

3.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола і зібрати її.

3.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для комплексів та пояснити її.

3.3. Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діюче значення фазних і лінійних напруг навантаження.

3.4 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діюче значення лінійних струмів.

3.5 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діюче значення фазних струмів навантаження.

3.6 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних співвідношення між діючими значеннями фазних і лінійних сил струмів.

4. Завдання з виконання експериментального дослідження

4.1 Зібрати принципову електричну схему кола.

4.2 Включити експериментальну установку.

4.3 Виміряти діючі значення лінійних і фазних напруг навантаження.

4.4 Виміряти діючі значення лінійних і фазних струмів результати занести в таблицю 8.12.

Таблиця 8.12

$U_{ав}, B$	$U_{вс}, B$	$U_{са}, B$	I_A, A	I_B, A	I_C, A	$I_{ав}, A$	$I_{вс}, A$	$I_{са}, A$

4.5 Визначити за допомогою експериментальних даних співвідношення діючими значеннями фазних і лінійних сил струмів.

5. Структура звіту

5.1 Назва теми експериментального дослідження.

5.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.3 Розрахункова схема електричного кола.

5.4 Таблиця 8.12.

Тематичне комплексне кваліфікаційне

завдання

Умова

Задано наступну трифазну систему: ідеальний генератор, з'єднаний зіркою, діюче значення фазної е.р.с генератора E , початкова фаза електрорушійної сили фази A $\psi_{eA} = 0$; реальна симетрична лінія електропередачі з параметрами $Z_{Л.А} = Z_{Л.В} = Z_{Л.С}$; симетричне навантаження, з'єднане трикутником, з параметрами $Z_{ав1} = Z_{вс1} = Z_{са1}$; паралельна йому симетричне навантаження, з'єднане зіркою, з параметрами $Z_{а2} = Z_{в2} = Z_{с2}$.

Завдання

1. Складіть розрахункову схему кола зазначеної трифазної системи.
2. Складіть еквівалентну розрахункову схему кола зазначеної трифазної системи, перетворивши навантаження, з'єднане зіркою, в еквівалентне навантаження, з'єднане трикутником з параметрами $Z_{ав2}$, $Z_{вс2}$, $Z_{са2}$.
3. Розрахуйте параметри $Z_{ав2}$, $Z_{вс2}$, $Z_{са2}$.
4. Складіть еквівалентну розрахункову схему кола зазначеної трифазної системи, перетворивши навантаження в одне еквівалентне, з'єднане трикутником з параметрами $Z_{ав}$, $Z_{вс}$, $Z_{са}$.
5. Розрахуйте параметри $Y_{ав}$, $Y_{вс}$, $Y_{са}$.
6. Розрахуйте параметри $Z_{ав}$, $Z_{вс}$, $Z_{са}$.
7. Складіть еквівалентну розрахункову схему кола зазначеної трифазної системи, перетворивши еквівалентне навантаження, з'єднане трикутником, в еквівалентне навантаження, з'єднане зіркою з параметрами Z_a , Z_b , Z_c .
8. Складіть розрахункову схему для однієї фази кола з еквівалентним навантаженням, з'єднаним зіркою.

9. Розрахуйте комплекси лінійних струмів генератора $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$.
10. Розрахуйте комплекси падінь напруг у лінії $\dot{U}_{Л.А}, \dot{U}_{Л.В}, \dot{U}_{Л.С}$.
11. Розрахуйте комплекси фазних напруг еквівалентної зірки $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$.
12. Розрахуйте комплекси лінійних напруг навантажень $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_{bc}, \dot{U}_{ca}$.
13. Розрахуйте комплекси фазних струмів навантаження, з'єданого трикутником, $\dot{I}_{ab1}, \dot{I}_{bc1}, \dot{I}_{ca1}$.
14. Розрахуйте комплекси лінійних струмів навантаження, з'єданого трикутником, $\dot{I}_{A1}, \dot{I}_{B1}, \dot{I}_{C1}$.
15. Розрахуйте комплекси лінійних (фазних) струмів навантаження, з'єданого зіркою, $\dot{I}_{A2}, \dot{I}_{B2}, \dot{I}_{C2}$.
16. Розрахуйте комплекс повної потужності фази **ав** навантаження, з'єданого трикутником.
17. Розрахуйте активну потужність навантаження, з'єданого трикутником.
18. Розрахуйте реактивну потужність навантаження, з'єданого трикутником.
19. Розрахуйте повну потужність навантаження, з'єданого трикутником.
20. Розрахуйте коефіцієнт потужності навантаження, з'єданого трикутником.
21. Розрахуйте комплекс повної потужності фази **a** навантаження, з'єданого зіркою.
22. Розрахуйте активну потужність навантаження, з'єданого зіркою.
23. Розрахуйте реактивну потужність навантаження, з'єданого зіркою.
24. Розрахуйте повну потужність навантаження, з'єданого зіркою.
25. Розрахуйте коефіцієнт потужності навантаження, з'єданого зіркою.
26. Розрахуйте комплекс повної потужності в проводі **A** лінії.
27. Розрахуйте активну потужність, що втрачається в лінії.
28. Розрахуйте реактивну потужність, що споживає лінія.
29. Розрахуйте повну потужність, що споживає лінія.

30. Розрахуйте коефіцієнт потужності лінії.

31. Розрахуйте активну потужність, яку виробляє генератор.

32. Розрахуйте реактивну потужність, яку виробляє генератор.

33. Розрахуйте повну потужність, яку виробляє генератор.

34. Розрахуйте коефіцієнт потужності генератора.

**Варіанти вихідних даних
до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання**

Таблиця 8.11

Номер варіан- ту	Вихідні дані			
	E	$Z_{Л.А}=Z_{Л.В}=Z_{Л.С}$	$Z_{а\phi 1}=Z_{\phi c1}=Z_{ca1}$	$Z_{a2}=Z_{\phi 2}=Z_{c2}$
	B	$Ом$	$Ом$	$Ом$
1	220	$4+j3$	$60+j90$	$30+j40$
2	127	$4+j3$	$54+j48$	$40+j30$
3	380	$3+j4$	$48+j54$	$20+j30$
4	220	$4+j3$	$90+j60$	$40+j30$
5	380	$3+j4$	$60+j90$	$30+j40$
6	127	$2+j2$	$12+j15$	$18+j15$
7	220	$2+j2$	$12+j15$	$18+j15$
8	200	$1+j2$	$12+j16$	$3+j4$
9	127	$2+j1$	$16+j12$	$4+j3$
10	100	$1+j2$	$15+j9$	$3+j4$
11	220	$1+j2$	$9+j15$	$4+j3$
12	380	$2+j3$	$12+j16$	$3+j4$
13	127	$2+j3$	$12+j9$	$20+j30$
14	220	$3+j2$	$9+j12$	$18+j15$
15	100	$3+j2$	$90+j60$	$20+j30$

ТЕМА 9
 НЕСИМЕТРИЧНІ ТРИФАЗНІ КОЛА
 СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ

*Завдання інформаційно – репродуктивного і
 практично - стереотипного характеру*

9.1. Чотирипровідна трифазна система при несиметричному режимі

Таблиця 9.1

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
	<p>На розрахунковій схемі трифазної чотирипровідної системи позначені комплекси: електрорушійних сил у фазах симетричного генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$; фазних напруг симетричного генератора $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$; лінійних напруг симетричного генератора $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; несиметричного навантаження при з'єднанні за схемою «зірка» з параметрами $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$; фазних напруг навантаження $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$; лінійних напруг навантаження $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_{bc}, \dot{U}_{ca}$; повного опору нейтрального проводу Z_N; напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N; струму в нейтральному проводі \dot{I}_N.</p>	
1.	<p>Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N через комплекси е.р.с. фаз генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$, комплекси провідностей фаз навантаження Y_a, Y_b, Y_c і комплекс провідності нульового проводу Y_N.</p>	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
2.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу провідності фази <i>a</i> навантаження Y_a .	
3.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу провідності фази <i>b</i> навантаження Y_b .	
4.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу провідності фази <i>c</i> навантаження Y_c .	
5.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу провідності нейтрального проводу Y_N .	
6.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку фазної напруги навантаження \dot{U}_a через е.р.с. фази генератора \dot{E}_A і напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
7.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку фазної напруги навантаження \dot{U}_b через е.р.с. фази генератора \dot{E}_B і напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
8.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку фазної напруги навантаження \dot{U}_c через е.р.с. фази генератора \dot{E}_C і напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
9.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку лінійного (фазного) струму \dot{I}_A через фазну напругу \dot{U}_a і опір фази навантаження Z_a .	
10.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку лінійного (фазного) струму \dot{I}_B через фазну напругу \dot{U}_b і опір фази навантаження Z_b .	
11.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку лінійного (фазного) струму \dot{I}_C через фазну напругу \dot{U}_c і опір фази навантаження Z_c .	
12.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу струму в нульовому проводі \dot{I}_N через напругу зміщення нейтралі \dot{U}_N і опір нейтрального проводу Z_N .	
13.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу струму в нульовому проводі \dot{I}_N через лінійні (фазні) струми навантаження $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
14.	Вкажіть способи зменшення напруги зміщення нейтралі, використовуючи вираз, записаний в пункті 1.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{непар} - \sum_{пар} = 7$.

Таблиця 9.1а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\dot{E}_C - \dot{U}_N$.
2.	$\frac{\dot{U}_N}{Z_N}$.
3.	$\frac{1}{Z_N}$.
4.	$\frac{\dot{U}_b}{Z_b}$.
5.	$\frac{1}{Z_b}$.
6.	– зменшення опору нейтрального проводу.
7.	$\frac{\dot{U}_a}{Z_a}$.
8.	$\frac{\dot{E}_A \cdot Y_A + \dot{E}_B \cdot Y_B + \dot{E}_C \cdot Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N}$.
9.	$\dot{E}_B - \dot{U}_N$.
10.	$\frac{1}{Z_c}$.
11.	$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$.
12.	$\frac{1}{Z_a}$.
13.	$\frac{\dot{U}_c}{Z_c}$.
14.	$\dot{E}_A - \dot{U}_N$.

Таблиця 9.2

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>Для розрахункової схеми трифазної чотирипровідної системи відомо: значення електрорушійних сил, що діють у фазах симетричного генератора $E_A = E_B = E_C = 127 \text{ В}$; несиметричне навантаження при з'єднанні за схемою «зірка» з параметрами $Z_a = 3 + j4 \text{ Ом}$, $Z_b = Z_c = 12 + j16 \text{ Ом}$; повний опір нейтрального проводу $Z_N = 1 + j1 \text{ Ом}$. Початкова фаза електрорушійної сили фази A дорівнює нулю.</p> 		
1.	Розрахуйте комплекс провідності фази a навантаження Y_a в показовій і алгебраїчній формах в сименсах.	
2.	Розрахуйте комплекс провідності фази b навантаження Y_b в показовій і алгебраїчній формах в сименсах.	
3.	Розрахуйте комплекс провідності фази c навантаження Y_c в показовій і алгебраїчній формах.	
4.	Розрахуйте комплекс провідності нейтрального проводу Y_N в показовій і алгебраїчній формах в сименсах.	
5.	Розрахуйте комплекс напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N в показовій і алгебраїчній формах у вольтах.	
6.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_a у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
7.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_e у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
8.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_c у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
9.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_A в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
10.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_B в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
11.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_C в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
12.	Розрахуйте комплекс струму в нульовому проводі \dot{I}_N в амперах.	
13.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу струму в нульовому проводі \dot{I}_N через лінійні (фазні) струми навантаження $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ і розрахуйте його в амперах.	
14.	Розрахуйте комплекс повної потужності фази <i>a</i> навантаження в показовій і алгебраїчній формах у вольт-амперах.	
15.	Розрахуйте комплекс повної потужності фази <i>b</i> навантаження в показовій і алгебраїчній формах у вольт-амперах.	
16.	Розрахуйте комплекс повної потужності фази <i>c</i> навантаження в показовій і алгебраїчній формах у вольт-амперах.	
17.	Розрахуйте активну потужність трифазного навантаження у ватах.	
18.	Розрахуйте реактивну потужність трифазного навантаження в вольт-амперах реактивних.	
19.	Розрахуйте повну потужність трифазного навантаження в вольт-амперах.	

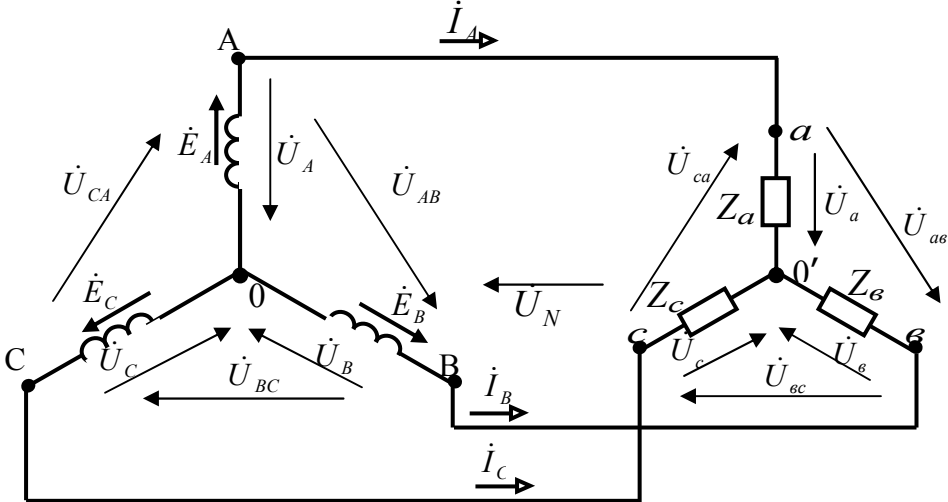
У разі вірного виконання завдання $\sum_{непар} - \sum_{пар} = 30$.

Таблиця 9.2а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$-82,42 + j 112 = 139,05 \cdot e^{j126^\circ}$.
2.	$13,52 \cdot e^{-j51^\circ} = 8,51 - j 10,51$.
3.	$19,06 \cdot e^{-j6^\circ} = 18,96 - j 2$.
4.	$6,79 \cdot e^{-j180^\circ} = -6,79$.
5.	$0,05 \cdot e^{-j53^\circ} = 0,03 - j 0,04$ См.
6.	$2335,18 \cdot e^{j53^\circ} = 1405,34 + j 1865$.
7.	$21,61 \cdot e^{-j52^\circ} = 13,3 - j 17,18$.
8.	$0,2 \cdot e^{-j53^\circ} = 0,12 - j 0,16$.
9.	$-82,42 - j 108 = 135,85 \cdot e^{-j127^\circ}$.
10.	$0,71 \cdot e^{-j45^\circ} = 0,5 - j 0,5$.
11.	2542,07.
12.	$0,05 \cdot e^{-j53^\circ} = 0,03 - j 0,04$.
13.	$966,4 \cdot e^{j53^\circ} = 581,6 + j 771,8$
14.	$108,04 + j 2 = 108,06 \cdot e^{j1^\circ}$.
15.	4224,04.
16.	$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$.
17.	$6,95 \cdot e^{j73^\circ} = 2,03 + j 6,65$.
18.	3373,48.
19.	$922,42 \cdot e^{j53^\circ} = 555,13 + j 736,68$.

9.2. Трипровідна трифазна система при з'єднанні фаз зіркою і несиметричному режимі

Таблиця 9.3

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
	<p>На розрахунковій схемі трифазної трипровідної системи позначені комплекси: електрорушійних сил у фазах симетричного генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$; фазних напруг симетричного генератора $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$; лінійних напруг симетричного генератора $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; несиметричне навантаження при з'єднанні за схемою «зірка» з параметрами $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$; фазних напруг навантаження $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$; лінійних напруг навантаження $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_{bc}, \dot{U}_{ca}$; напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N.</p> 	
1.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N через комплекси е.р.с. фаз генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$ і комплекси провідностей фаз навантаження Y_a, Y_b, Y_c .	
2.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу провідності фази <i>a</i> навантаження Y_a .	
3.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу провідності фази <i>b</i> навантаження Y_b .	
4.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу провідності фази <i>c</i> навантаження Y_c .	

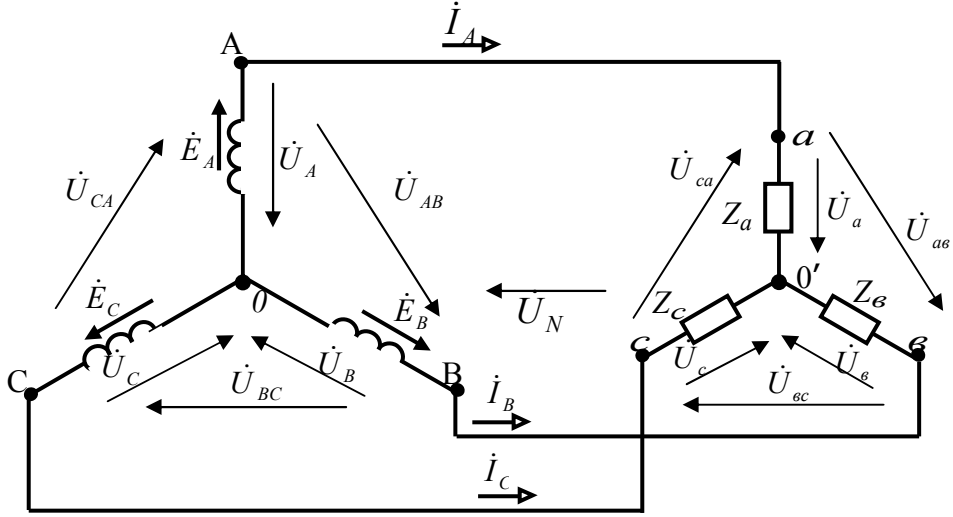
Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
5.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку фазної напруги навантаження \dot{U}_a через е.р.с. фази генератора \dot{E}_A і напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
6.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку фазної напруги навантаження \dot{U}_b через е.р.с. фази генератора \dot{E}_B і напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
7.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку фазної напруги навантаження \dot{U}_c через е.р.с. фази генератора \dot{E}_C і напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
8.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку лінійного (фазного) струму \dot{I}_A через фазну напругу \dot{U}_a і опір фази навантаження Z_a .	
9.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку лінійного (фазного) струму \dot{I}_B через фазну напругу \dot{U}_b і опір фази навантаження Z_b .	
10.	Запишіть в комплексній формі вираз для розрахунку лінійного (фазного) струму \dot{I}_C через фазну напругу \dot{U}_c і опір фази навантаження Z_c .	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непар}} - \sum_{\text{пар}} = 11$.

Таблиця 9.3а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\frac{\dot{U}_a}{Z_a}$.
2.	$\dot{E}_A - \dot{U}_N$.
3.	$\frac{\dot{U}_c}{Z_c}$.
4.	$\frac{1}{Z_a}$.
5.	$\dot{E}_B - \dot{U}_N$.
6.	$\frac{\dot{U}_b}{Z_b}$.
7.	$\frac{\dot{E}_A \cdot Y_A + \dot{E}_B \cdot Y_B + \dot{E}_C \cdot Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C}$.
8.	$\dot{E}_C - \dot{U}_N$.
9.	$\frac{1}{Z_c}$.
10.	$\frac{1}{Z_b}$.

Таблиця 9.4

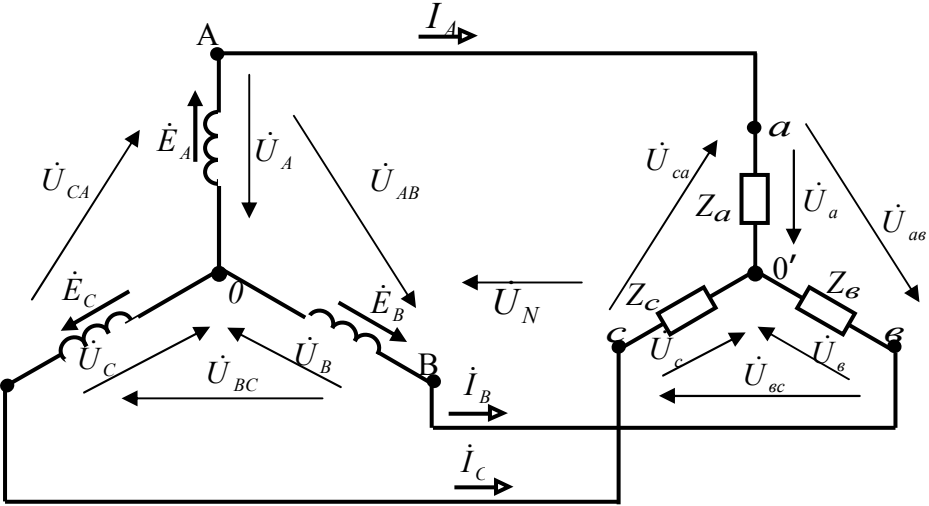
Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>Для розрахункової схеми трифазної трипровідної системи відомо: значення електрорушійних сил, що діють у фазах симетричного генератора $E_A = E_B = E_C = 127 \text{ В}$; несиметричне навантаження при з'єднанні за схемою «зірка» з параметрами $Z_a = 3 + j4 \text{ Ом}$, $Z_b = 6 + j8 \text{ Ом}$, $Z_c = 12 + j16 \text{ Ом}$. Початкова фаза електрорушійної сили фази A дорівнює нулю.</p> 		
1.	Розрахуйте комплекс провідності фази a навантаження Y_a в показовій і алгебраїчній формах в сименсах.	
2.	Розрахуйте комплекс провідності фази b навантаження Y_b в показовій і алгебраїчній формах в сименсах.	
3.	Розрахуйте комплекс провідності фази c навантаження Y_c в показовій і алгебраїчній формах.	
4.	Розрахуйте комплекс напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N в показовій і алгебраїчній формах у вольтах.	
5.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_a у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
6.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_e у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
7.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_c у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
8.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_A в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
9.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_B в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
10.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_C в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непар}} - \sum_{\text{пар}} = 9$

Таблиця 9.4а

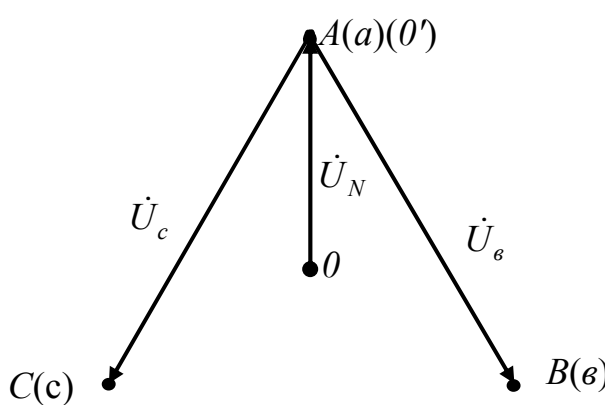
Номер відповіді	Відповіді
1.	$16,4 \cdot e^{-j43^\circ} = 12,4 - j 11,2.$
2.	$80,5 + j 14,2 = 82 \cdot e^{j10^\circ}.$
3.	$14,6 \cdot e^{-j193^\circ} = -14,2 + j 3,0.$
4.	$-110 - j 95,8 = 146 \cdot e^{-j139^\circ}.$
5.	$0,1 \cdot e^{-j53^\circ} = 0,06 - j 0,08.$
6.	$48,6 \cdot e^{-j17^\circ} = 46,5 - j 14,2.$
7.	$8,3 \cdot e^{j79^\circ} = 1,6 + j 8,2.$
8.	$0,2 \cdot e^{-j53^\circ} = 0,12 - j 0,16.$
9.	$0,05 \cdot e^{-j53^\circ} = 0,03 - j 0,04.$
10.	$-110 + j 124,2 = 166 \cdot e^{j132^\circ}.$

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>На розрахунковій схемі трифазної трипровідної системи позначені комплекси: електрорушійних сил у фазах симетричного генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$; фазних напруг симетричного генератора $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$; лінійних напруг симетричного генератора $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; несиметричне навантаження при з'єднанні за схемою «зірка» з параметрами $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$; фазних напруг навантаження $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$; лінійних напруг навантаження $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_{bc}, \dot{U}_{ca}$; напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N.</p> 		
1.	Отримайте в комплексній формі вираз для розрахунку напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N у випадку, коли $Z_a = \infty, Z_b = Z_c$.	
2.	Запишіть для зазначеного випадку комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_a .	
3.	Запишіть для зазначеного випадку комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_b .	
4.	Запишіть для зазначеного випадку комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_c .	
5.	Побудуйте якісно топографічну діаграму на комплексній площині з позначенням потенціалів $\dot{\phi}_{A(a)}, \dot{\phi}_{B(b)}, \dot{\phi}_{C(c)}, \dot{\phi}_0, \dot{\phi}_{0'}$ у випадку, коли $Z_a = \infty$.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
6.	Отримайте в комплексній формі вираз для розрахунку напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N у випадку, коли $Z_a = 0$, $Z_b = Z_c$.	
7.	Запишіть для зазначеного випадку комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_a .	
8.	Запишіть для зазначеного випадку комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_b .	
9.	Запишіть для зазначеного випадку комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_c .	
10.	Побудуйте якісно топографічну діаграму на комплексній площині з позначенням потенціалів $\dot{\phi}_{A(a)}$, $\dot{\phi}_{B(b)}$, $\dot{\phi}_{C(c)}$, $\dot{\phi}_0$, $\dot{\phi}_{0'}$ у випадку, коли $Z_a = 0$.	

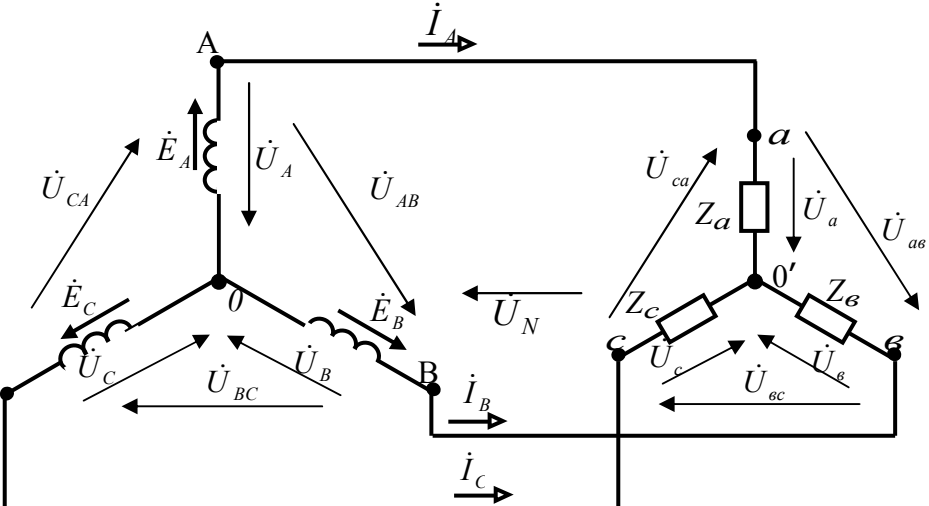
У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непар}} - \sum_{\text{пар}} = 5$.

Таблиця 9.5а

Номер відповіді	Відповіді
1.	\dot{E}_A .
2.	0.
3.	$\dot{E}_C - \left(-\frac{\dot{E}_A}{2}\right)$.
4.	$\dot{E}_B - \left(-\frac{\dot{E}_A}{2}\right)$.
5.	$\dot{E}_B - \dot{E}_A$.
6.	$-\frac{\dot{E}_A}{2}$.
7.	$\dot{E}_A - \left(-\frac{\dot{E}_A}{2}\right)$.
8.	$\dot{E}_C - \dot{E}_A$.
9.	 <p>The diagram shows a triangle with vertices labeled $A(a)(0')$, $C(c)$, and $B(b)$. A vertical line segment connects vertex A to a point labeled 0 on the base BC. This segment is labeled U_N. The segment AC is labeled U_c and the segment AB is labeled U_b.</p>

Номер відповіді	Відповіді
10.	<p>The diagram shows a triangle with vertices $A(a)$, $B(b)$, and $C(c)$. A vertical line segment is drawn from vertex $A(a)$ to the base BC, with a point O on it. A point O' is marked on the base BC. A vertical line segment connects O and O'. The segments are labeled as follows: U_a is the segment from $A(a)$ to O; U_N is the segment from O to O'; U_c is the segment from $C(c)$ to O'; U_b is the segment from O' to $B(b)$; U_{ca} is the side AC; U_{ab} is the side AB; and U_{bc} is the base BC.</p>

Таблиця 9.6

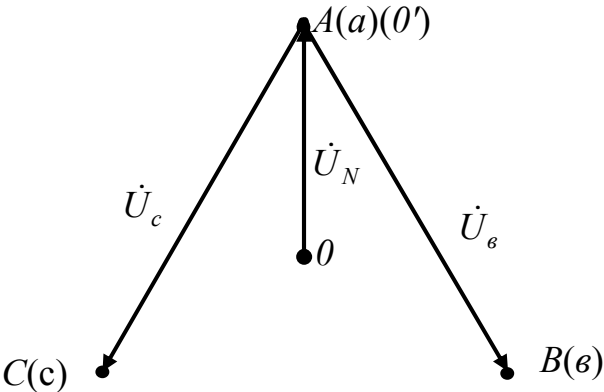
Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>Для розрахункової схеми трифазної трипровідної системи відомо: значення електрорушійних сил, що діють, у фазах симетричного генератора $E_A = E_B = E_C = 127 \text{ В}$; несиметричне навантаження при з'єднанні за схемою «зірка» з параметрами $Z_a = Z_c = 12 + j16 \text{ Ом}$. Повний опір у фазі a змінюється від 0 до ∞. Початкова фаза електрорушійної сили фази A дорівнює нулю.</p> 		
1.	Розрахуйте комплекс напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N в показовій і алгебраїчній формах у вольтах у випадку, коли $Z_a = \infty$.	
2.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_a у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
3.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_b у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
4.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_c у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
5.	Побудуйте якісно топографічну діаграму на комплексній площині з позначенням потенціалів $\dot{\phi}_{A(a)}$, $\dot{\phi}_{B(b)}$, $\dot{\phi}_{C(c)}$, $\dot{\phi}_0$, $\dot{\phi}_{0'}$ у випадку, коли $Z_a = \infty$.	
6.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_A в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
7.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_B в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
8.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_C в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
9.	Розрахуйте комплекс напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N в показовій і алгебраїчній формах у вольтах у випадку, коли $Z_a = 0$.	
10.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_a у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
11.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_b у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
12.	Розрахуйте комплекс фазної напруги навантаження \dot{U}_c у алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
13.	Побудуйте якісно топографічну діаграму на комплексній площині з позначенням потенціалів $\dot{\phi}_{A(a)}$, $\dot{\phi}_{B(b)}$, $\dot{\phi}_{C(c)}$, $\dot{\phi}_0$, $\dot{\phi}_{0'}$ у випадку, коли $Z_a = 0$.	
14.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_A в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
15.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_B в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
16.	Розрахуйте комплекс лінійного (фазного) струму \dot{I}_C в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{непар} - \sum_{пар} = -14$.

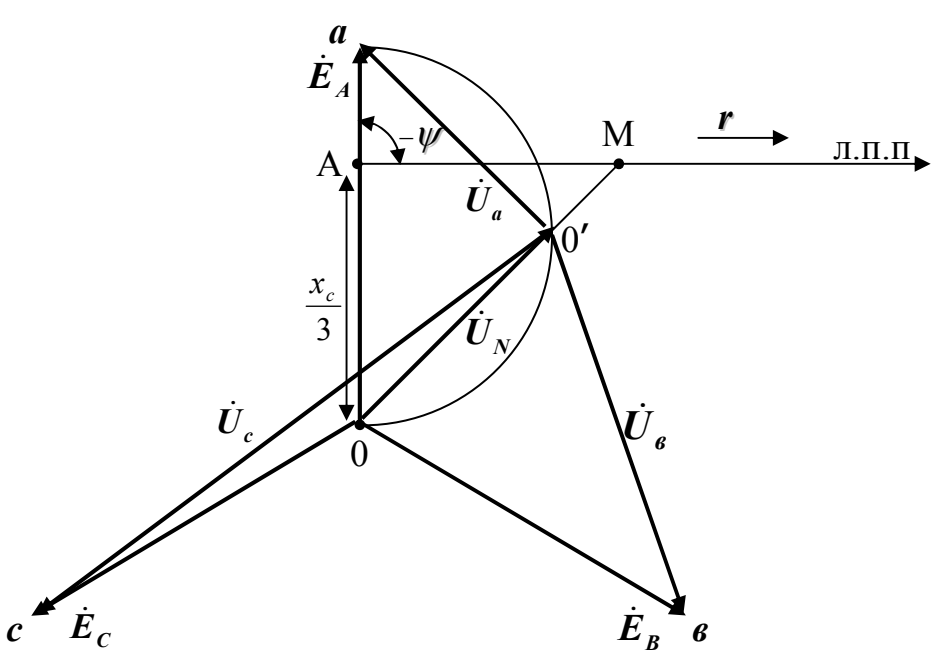
Таблиця 9.6а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$127 = 127 \cdot e^{j0^\circ}$.
2.	0 A.
3.	$-190,5 - j 110 = 220 \cdot e^{-j150^\circ}$.
4.	$5,5 \cdot e^{-j143^\circ} = -4,4 - j 3,3$.
5.	$5,5 \cdot e^{j37^\circ} = 4,4 + j 3,3$.
6.	$190,5 = 190,5 \cdot e^{j0^\circ}$.
7.	$-j 110 = 110 \cdot e^{-j90^\circ}$.
8.	
9.	$63,5 \cdot e^{j180^\circ} = -63,5$.
10.	$j 110 = 110 \cdot e^{j90^\circ}$.
11.	$11,4 - j 15,2 = 19 \cdot e^{-j53^\circ}$.
12.	$11 \cdot e^{-j203^\circ} = -10,1 + j 4,3$.
13.	$11 \cdot e^{j97^\circ} = -1,3 + j 10,9$.
14.	0.
15.	$-190,5 + j 110 = 220 \cdot e^{j150^\circ}$.

Номер відповіді	Відповіді
16.	 <p>The diagram shows a triangle with vertices $A(a)(0')$ at the top, $C(c)$ at the bottom left, and $B(b)$ at the bottom right. A vertical line segment connects vertex A to a point O on the base BC. The segment AO is labeled \dot{U}_N, the segment AC is labeled \dot{U}_c, and the segment AB is labeled \dot{U}_b.</p>

9.3. Замикання на землю одного з проводів трифазної лінії електропередачі

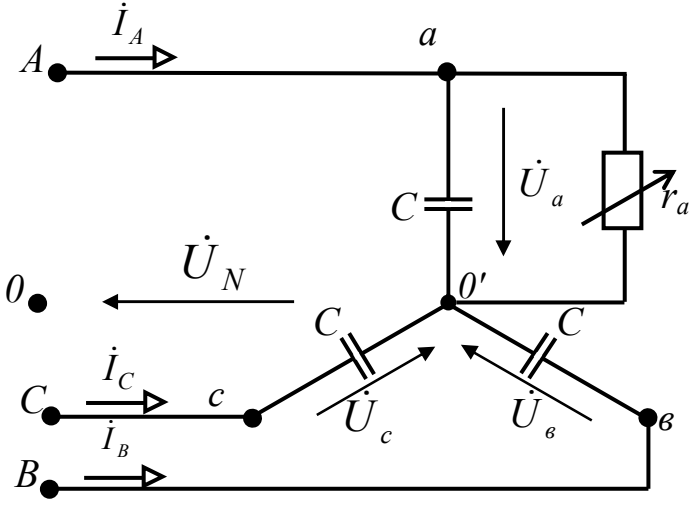
Таблиця 9.7

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Складіть для комплексів розрахункову схему трипровідної лінії електропередачі в режимі холостого ходу при погіршенні ізоляції проводу фази <i>A</i> відносно землі, позначивши активний опір ізоляції r_a , ємність проводу відносно землі C .	
2.	Отримайте в комплексній формі вираз для розрахунку напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N через комплекси е.р.с. фаз генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$ і комплекси провідностей фаз навантаження Y_a, Y_b, Y_c .	
3.	Запишіть вираз для розрахунку комплексу провідності фази <i>a</i> навантаження Y_a .	
4.	Запишіть вирази для розрахунку комплексів провідностей фаз <i>b</i> і <i>c</i> навантаження Y_b, Y_c .	
5.	З рівняння напруги зміщення нейтралі отримайте рівняння кругової діаграми.	
<p>З кругової діаграми напруги зміщення нейтралі проведіть аналіз зміни напруги в фазі <i>a</i> відносно землі:</p> 		
6.	Визначте напругу зміщення нейтралі у випадку, коли $r_a = \infty$.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
7.	Визначте напругу проводу лінії електропередачі \dot{U}_a відносно землі у випадку, коли $r_a = \infty$.	
8.	Визначте напругу зміщення нейтралі у випадку, коли $r_a = 0$.	
9.	Визначте напругу проводу лінії електропередачі \dot{U}_a відносно землі у випадку, коли $r_a = 0$.	
10.	Визначте напругу проводу лінії електропередачі \dot{U}_b відносно землі у випадку, коли $r_a = 0$.	
11.	Визначте напругу проводу лінії електропередачі \dot{U}_c відносно землі у випадку, коли $r_a = 0$.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{непар} - \sum_{пар} = 16$.

Таблиця 9.7а

Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	$\frac{\dot{E}_A}{1 + \frac{3 \cdot r_a}{x_c} \cdot e^{j\psi}}, \quad \psi = 90^\circ.$
3.	$\dot{U}_N = \dot{E}_A.$
4.	$0.$
5.	$\frac{\dot{E}_A \cdot Y_{\dot{a}} + \dot{E}_B \cdot Y_{\dot{a}} + \dot{E}_C \cdot Y_{\dot{n}}}{Y_{\dot{a}} + Y_{\dot{a}} + Y_{\dot{n}}}.$
6.	$j\omega \cdot C.$
7.	$\dot{U}_{ab}.$
8.	$g + j\omega \cdot C.$
9.	$\dot{U}_{ca}.$
10.	$\dot{E}_A.$
11.	$\dot{U}_a = 0.$

9.4. Дугогасна котушка

Таблиця 9.8

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Для чого використовують дугогасну котушку?	
2.	Як включають дугогасну котушку в трифазне коло?	
3.	Складіть для комплексів розрахункову схему трипровідної лінії електропередачі в режимі холостого ходу при погіршенні ізоляції проводу фази A відносно землі з включенням дугогасної котушки.	
4.	Запишіть в комплексній формі вираз струму замикання на землю \dot{I}_3 через активну провідність ізоляції g та напругу проводу відносно землі \dot{U}_a .	
5.	Запишіть в комплексній формі вираз напруги проводу відносно землі \dot{U}_a через е.р.с. генератора \dot{E}_A та напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
6.	Отримайте в комплексній формі вираз напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N через е.р.с. генератора \dot{E}_A , провідності розрахункової схеми.	
7.	Отримайте в комплексній формі вираз напруги відносно землі \dot{U}_a (с урахуванням пункту 6).	
8.	Отримайте в комплексній формі вираз струму замикання на землю \dot{I}_3 через е.р.с. генератора \dot{E}_A та провідності розрахункової схеми.	
9.	Запишіть умови, коли струм замикання на землю дорівнює нулю.	
10.	Отримайте вираз для розрахунку індуктивності дугогасної котушки для даного випадку.	

Для трипровідної лінії електропередачі, що працює на холостому ході, ємність кожного проводу відносно землі дорівнює **2 мкФ**; активний опір ізоляції проводу фази **A** дорівнює **220 Ом**; діюче значення е.р.с. у фазі симетричного ідеального трифазного генератору дорівнює **220 В**. Між нульовою точкою генератора та землею включена дугогасна котушка з індуктивністю **690 мГн**.

У процесі експлуатації відбулось зниження опору ізоляції проводу **A** відносно землі в кінці лінії, що працює на холостому ході.

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
11.	Визначте комплекс напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N в показовій і алгебраїчній формах в вольтах.	
12.	Визначте комплекс напруги провуду відносно землі \dot{U}_a в показовій і алгебраїчній формах в вольтах.	
13.	Визначте комплекс струму замикання на землю \dot{I}_3 в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
14.	Визначте індуктивність дугогасної котушки у випадку, коли струм замикання на землю дорівнює нулю в генрі.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{непар} - \sum_{пар} = 9$

Таблиця 9.8а

Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	$\dot{E}_A \cdot \left(\frac{g}{g + 3 \cdot j \cdot \omega \cdot C - \frac{j}{\omega \cdot L}} \right)$
3.	З'єднують нейтральну точку генератора через дугогасну котушку з землею.

Номер відповіді	Відповіді
4.	$g \cdot \dot{E}_A \cdot \frac{j \cdot \left(3 \cdot \omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}{g + 3 \cdot j \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}$
5.	Для зменшення ємнісного струму замикання на землю.
6.	$\dot{E}_A - \dot{U}_N$
7.	$\frac{1}{3 \cdot \omega^2 \cdot C}$
8.	$g \cdot \dot{U}_a$
9.	$\dot{E}_A \cdot \frac{j \cdot \left(3 \cdot \omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}{g + 3 \cdot j \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}$
10.	$3 \cdot \omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} = 0$
11.	$58,38 - j 97,11 = 113,31 \cdot e^{-j59^\circ}$
12.	$0,51 \cdot e^{-j67^\circ} = 0,201 - j 0,474$
13.	1,69.
14.	$188,55 \cdot e^{j31^\circ} = 161,62 + j 97,11$

9.6. Випадки несиметрії при з'єднанні генератора і навантаження трикутником

Таблиця 9.9

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>На розрахунковій схемі трифазної трипровідної системи позначені комплекси: електрорушійних сил у фазах генератора $\dot{E}_{AB}, \dot{E}_{BC}, \dot{E}_{CA}$; фазних напруг генератора $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; повних опорів фаз навантаження Z_{av}, Z_{bc}, Z_{ca}; фазних напруг навантаження $\dot{U}_{av}, \dot{U}_{bc}, \dot{U}_{ca}$; фазних струмів навантаження $\dot{I}_{av}, \dot{I}_{bc}, \dot{I}_{ca}$.</p>		
1.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення струмів \dot{I}_{av} і \dot{I}_{ca} при обриві лінійного проводу A–a .	
2.	Запишіть вираз для визначення струму \dot{I}_{bc} в комплексній формі при обриві лінійного проводу A–a .	
3.	Як змінюються струми у фазах навантаження av і ca при обриві лінійного проводу A–a .	
4.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення лінійного струму \dot{I}_A при обриві лінійного проводу A–a .	
5.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення лінійного струму \dot{I}_B при обриві лінійного проводу A–a .	

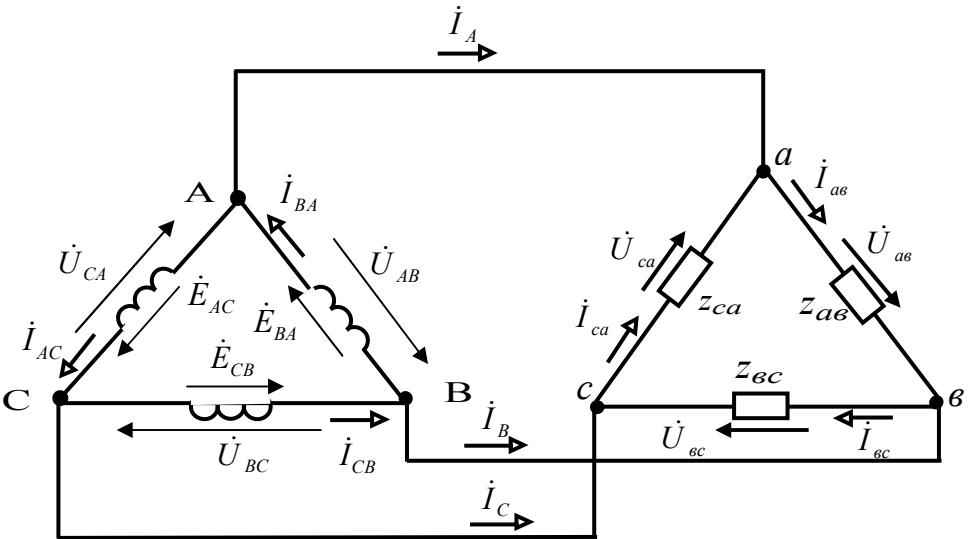
Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
6.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення лінійного струму \dot{I}_C при обриві лінійного проводу A–a .	
Для даної розрахункової схеми відомо: діюче значення е.р.с. у фазі симетричного ідеального трифазного генератора - 220 В ; комплекс повного опору фази навантаження $Z = 3 + j4$ Ом. Початкова фаза електрорушійної сили фази BA дорівнює нулю.		
7.	Визначте комплекси фазних струмів \dot{I}_{av} і \dot{I}_{ca} при обриві лінійного проводу A–a в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
8.	Визначте комплекс фазного струму \dot{I}_{bc} при обриві лінійного проводу A–a в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
9.	Визначте комплекс лінійного струму \dot{I}_A при обриві лінійного проводу A–a в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
10.	Визначте комплекс лінійного струму \dot{I}_B при обриві лінійного проводу A–a в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
11.	Визначте комплекс лінійного струму \dot{I}_C при обриві лінійного проводу A–a в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	

У разі вірного виконання завдання $\sum i_{\dot{a}i\dot{a}\delta} - \sum i_{\dot{a}\delta} = 24$.

Таблиця 9.9а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\dot{I}_{a\hat{a}} - \dot{I}_{ca}$.
2.	$\dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}$.
3.	$\frac{\dot{U}_{bc}}{Z_{bc}}$.
4.	$\frac{\dot{U}_{bc}}{Z_{ab} + Z_{ca}}$.
5.	$22 \cdot e^{-j173^\circ} = -21,84 - j 2,68 \text{ A}$.
6.	$44 \cdot e^{-j173^\circ} = -43,68 - j 5,36$.
7.	Зменшиться у два рази.
8.	$\dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}$.
9.	$-21,84 - j 2,68 = 22 \cdot e^{-j173^\circ}$.
10.	$21,84 + j 2,68 = 22 \cdot e^{j7^\circ}$.
11.	0.

Таблиця 9.10

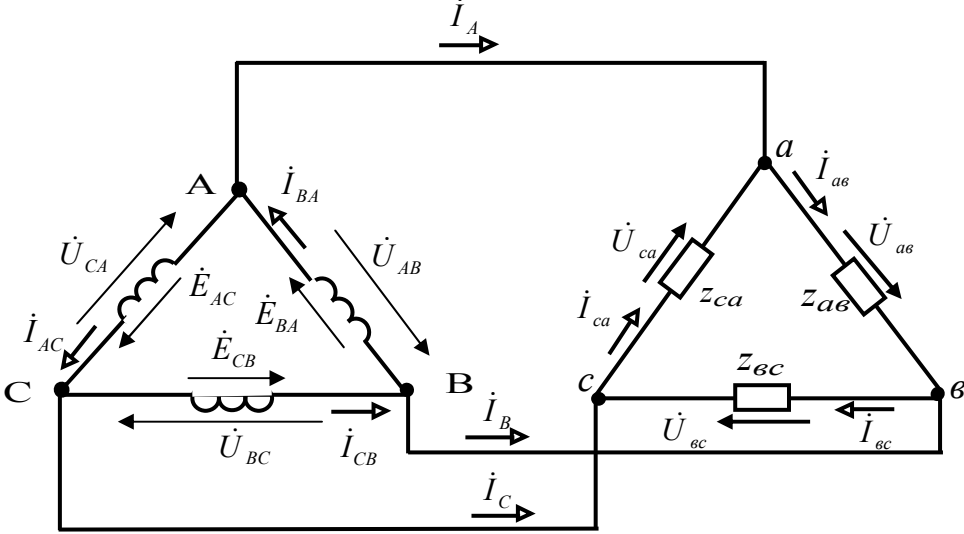
Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
	<p>На розрахунковій схемі трифазної трипровідної системи позначені комплекси: електрорушійних сил у фазах генератора $\dot{E}_{AB}, \dot{E}_{BC}, \dot{E}_{CA}$; фазних напруг генератора $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; повних опорів фаз навантаження $Z_{a\bar{b}}, Z_{\bar{b}c}, Z_{ca}$; фазних напруг навантаження $\dot{U}_{a\bar{b}}, \dot{U}_{\bar{b}c}, \dot{U}_{ca}$; фазних струмів навантаження $\dot{I}_{a\bar{b}}, \dot{I}_{\bar{b}c}, \dot{I}_{ca}$.</p> 	
1.	Чому буде дорівнювати сила струму в фазі ав при обриві в цій фазі?	
2.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення струму $\dot{I}_{\bar{b}c}$ при обриві в фазі ав .	
3.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення струму \dot{I}_{ca} при обриві в фазі ав .	
4.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення лінійного струму \dot{I}_A при обриві в фазі ав .	
5.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення лінійного струму \dot{I}_B при обриві в фазі ав .	
6.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення лінійного струму \dot{I}_C при обриві в фазі ав .	
7.	Як зміняться лінійні струми \dot{I}_A, \dot{I}_B при обриві в фазі ав .	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>Для даної розрахункової схеми відомо: діюче значення е.р.с. у фазі симетричного ідеального трифазного генератора - 220 В; комплекс повного опору фази навантаження $Z = 3 + j4 \text{ Ом}$. Початкова фаза електрорушійної сили фази BA дорівнює нулю.</p>		
8.	Визначте комплекс фазного струму \dot{I}_{ec} при обриві в фазі ав в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
9.	Визначте комплекс фазного струму \dot{I}_{ca} при обриві в фазі ав в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
10.	Визначте комплекс лінійного струму \dot{I}_A при обриві в фазі ав в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
11.	Визначте комплекс лінійного струму \dot{I}_B при обриві в фазі ав в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
12.	Визначте комплекс лінійного струму \dot{I}_C при обриві в фазі ав в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непар}} - \sum_{\text{пар}} = 12$.

Таблиця 9.10а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$-\dot{I}_{ca}$.
2.	$\dot{I}_{ca} - \dot{I}_{вс}$.
3.	$\frac{\dot{U}_{вс}}{Z_{вс}}$.
4.	Зменшиться у $\sqrt{3}$ рази.
5.	$44 \cdot e^{-j173^\circ} = -43,68 - j 5,36 \text{ A}$.
6.	$44 \cdot e^{j67^\circ} = 17,19 + j 40,5$.
7.	$\frac{\dot{U}_{ca}}{Z_{ca}}$.
8.	$\dot{I}_{вс}$.
9.	$-43,68 - j 5,36 = 44 \cdot e^{-j173^\circ}$.
10.	$60,87 + j 45,86 = 76,21 \cdot e^{j37^\circ}$.
11.	Нулю.
12.	$-17,19 - j 40,5 = 44 \cdot e^{-j113^\circ}$.

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>На розрахунковій схемі трифазної трипровідної системи позначені комплекси: електрорушійних сил у фазах генератора $\dot{E}_{AB}, \dot{E}_{BC}, \dot{E}_{CA}$; фазних напруг генератора $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; повних опорів фаз навантаження Z_{av}, Z_{bc}, Z_{ca}; фазних напруг навантаження $\dot{U}_{av}, \dot{U}_{bc}, \dot{U}_{ca}$; фазних струмів навантаження $\dot{I}_{av}, \dot{I}_{bc}, \dot{I}_{ca}$.</p> 		
1.	Чому буде дорівнювати напруга на затискачах відповідної фази споживача при обриві у фазі BC генератора?	
2.	Чому буде дорівнювати сила струму \dot{I}_{CB} при обриві у фазі BC генератора?	
3.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення струму \dot{I}_{AC} при обриві у фазі BC генератора.	
4.	Запишіть в комплексній формі вираз для визначення струму \dot{I}_{BA} при обриві у фазі BC генератора.	
5.	Як зміняться фазні струми генератора $\dot{I}_{AC}, \dot{I}_{BA}$ при обриві у фазі BC генератора..	
6.	Чому буде дорівнювати результуюча е.р.с. в замкнутому контурі генератора при неправильному з'єднанні обмоток в фазі BC генератора	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>Для даної розрахункової схеми відомо: діюче значення е.р.с. у фазі симетричного ідеального трифазного генератора, яка дорівнює 220 В; комплекс повного опору фази навантаження $Z = 3 + j4 \text{ Ом}$. Початкова фаза електрорушійної сили фази BA дорівнює нулю.</p>		
7.	Запишіть комплекс напруги на затисках навантаження av при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в вольтах.	
8.	Запишіть комплекс напруги на затисках навантаження bc при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в вольтах.	
9.	Запишіть комплекс напруги на затисках навантаження ca при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в вольтах.	
10.	Визначте комплекс фазного струму \dot{I}_{av} при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
11.	Визначте комплекс фазного струму \dot{I}_{bc} при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
12.	Визначте комплекс фазного струму \dot{I}_{ca} при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
13.	Визначте комплекс лінійного струму \dot{I}_A при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
14.	Визначте комплекс лінійного струму \dot{I}_B при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
15.	Визначте комплекс лінійного струму \dot{I}_C при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
16.	Визначте комплекс фазного струму \dot{I}_{AC} при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
17.	Визначте комплекс фазного струму \dot{I}_{BA} при обриві у фазі BC генератора в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{непар} - \sum_{пар} = 51$.

Таблиця 9.11а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$-\dot{I}_B$.
2.	$44 \cdot e^{-j53^\circ} = 26,48 - j 35,14$.
3.	Нулю.
4.	Подвоєному значенню фазної е.р.с.
5.	220.
6.	$220 \cdot e^{-j120^\circ}$.
7.	\dot{I}_C .
8.	Збільшиться в $\sqrt{3}$ рази.
9.	$76,21 \cdot e^{j37^\circ}$.
10.	\dot{E}_{CB} .
11.	$220 \cdot e^{j120^\circ}$.
12.	$-70,16 + j 29,78 = 76,21 \cdot e^{j157^\circ}$.
13.	$44 \cdot e^{-j173^\circ} = -43,68 - j 5,36$.
14.	$44 \cdot e^{j67^\circ} = 17,19 + j 40,5$.
15.	$76,21 \cdot e^{-j23^\circ}$.
16.	$9,29 - j 75,64 = 76,21 \cdot e^{-j83^\circ}$.
17.	$60,87 + j 45,86 = 76,21 \cdot e^{j37^\circ}$.

9.7. Потужність трифазних систем та її вимірювання

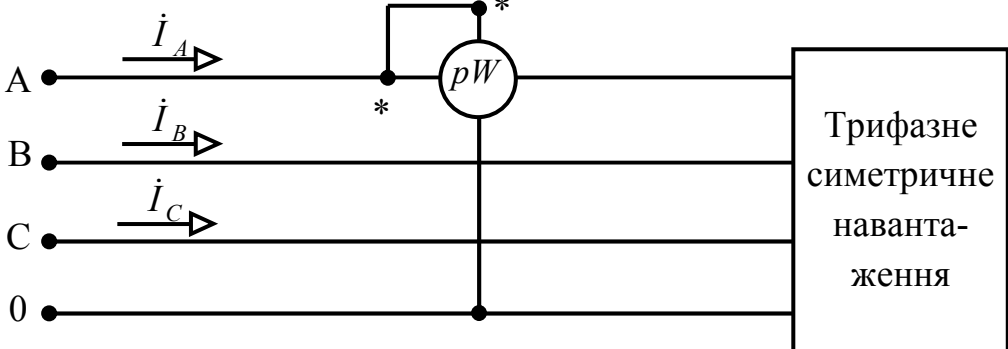
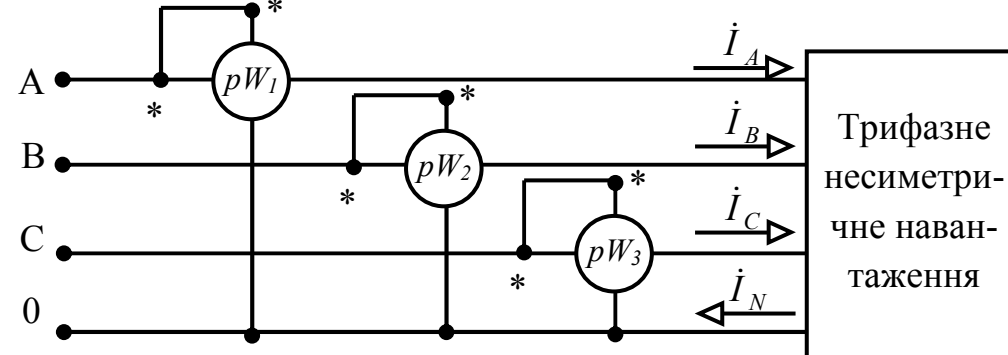
Таблиця 9.12

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>Активна потужність, що споживається симетричним трифазним навантаженням, вимірюється одним ватметром, який має межу вимірювання струму 10 А, напруги – 500 В, кількість ділень шкали – 100. При вимірюванні ватметр показав 40 ділень.</p>		
1.	Складіть принципову електричну схему вимірювання активної потужності, яку споживає симетричне навантаження, при чотирипровідній лінії електропередачі, за допомогою одного ватметра.	
2.	Визначте активну потужність, яку споживає навантаження.	
<p>Трифазна несиметричне навантаження з'єднано за схемою «зірка» має активно-індуктивний характер з параметрами: $Z_a = 3 + j4 \text{ Ом}$, $Z_b = Z_c = 6 + j8 \text{ Ом}$.</p> <p>Активна потужність, що споживається навантаженням, вимірюється трьома ватметрами.</p> <p>Навантаження підключене до ідеального трифазного симетричного генератора, з'єданого зіркою, за допомогою ідеальної чотирипровідної лінії електропередачі. Діюче значення фазної е.р.с. генератора дорівнює 200 В. Початкова фаза е.р.с. фази A дорівнює нулю.</p>		
3.	Складіть принципову електричну схему вимірювання активної потужності, яку споживає несиметричне навантаження при чотирипровідній лінії електропередачі за допомогою трьох ватметрів.	
4.	Запишіть вирази комплексів повних потужностей у фазах навантаження при несиметричному режимі.	
5.	Розрахуйте комплекс фазного (лінійного) струму навантаження I_A в показовій формі в амперах.	
6.	Розрахуйте комплекс фазного (лінійного) струму навантаження I_B в показовій формі в амперах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
7.	Розрахуйте комплекс фазного (лінійного) струму навантаження I_C в показовій формі в амперах.	
8.	Розрахуйте комплекс повної потужності у фазі A в алгебраїчній формі в вольт - амперах.	
9.	Розрахуйте комплекси повних потужностей у фазах B и C в алгебраїчній формі в вольт - амперах.	
10.	Запишіть показання першого ватметра в ватах.	
11.	Запишіть показання другого та третього ватметрів в ватах.	
12.	Визначте активну потужність, яку споживає трифазне навантаження в ватах.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{i\hat{a}\hat{i}\hat{a}\hat{\delta}} - \sum_{i\hat{a}\hat{\delta}} = -6$.

Таблиця 9.12а

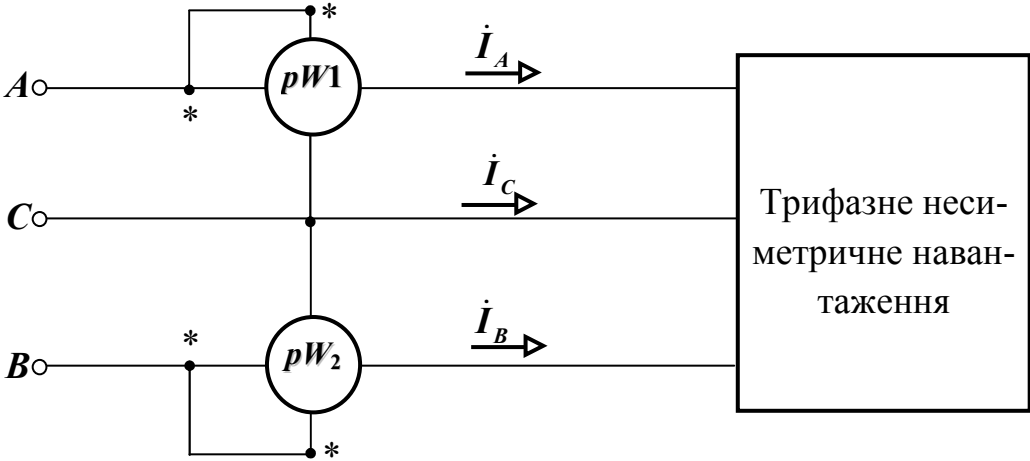
Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	
3.	$20 \cdot e^{-j173^\circ}$.
4.	6000.
5.	$\dot{U}_A \cdot \dot{I}_A + \dot{U}_B \cdot \dot{I}_A + \dot{U}_C \cdot \dot{I}_C$.
6.	$20 \cdot e^{j67^\circ}$.
7.	$2407,25 + j 3194,5$.
8.	$40 \cdot e^{-j53^\circ}$.
9.	$4814,5 + j 6389,1$.
10.	9629.
11.	4814,5.
12.	2407,25.

Таблиця 9.13

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
<p>Трифазне несиметричне навантаження активно-індуктивного характеру, яке з'єднане зіркою, має наступні параметри: Z_a, $Z_b=Z_c$. Активна потужність, яку споживає навантаження, вимірюється двома ватметрами. Навантаження підключене до ідеального трифазного симетричного генератора, з'єданого зіркою, за допомогою ідеальної трипровідної лінії електропередачі</p>		
1.	Складіть принципову електричну схему вимірювання активної потужності, яку споживає несиметричне навантаження при трипровідній лінії електропередачі, за допомогою двох ватметрів.	
2.	Отримайте в комплексній формі вираз для розрахунку повної потужності у колі першого ватметра.	
3.	Отримайте в комплексній формі вираз для розрахунку повної потужності у колі другого ватметра.	
4.	Отримайте вираз для розрахунку потужності, яку покаже перший ватметр.	
5.	Отримайте вираз для розрахунку потужності, яку покаже другий ватметр.	
6.	Запишіть вираз суми показів даних ватметрів.	
7.	Запишіть вираз для розрахунку активної потужності трифазного навантаження за показанням двох ватметрів.	
8.	Запишіть вираз різниці показаній даних ватметрів.	
9.	Запишіть вираз для розрахунку реактивної потужності трифазного навантаження за показанням двох ватметрів.	
10.	Запишіть вираз для розрахунку тангенса куту зсуву фаз за показанням двох ватметрів.	

У разі вірного виконання завдання $\sum i_{\dot{a}}i_{\dot{a}\delta} - \sum i_{\dot{a}}i_{\dot{\delta}} = 1$.

Таблиця 9.13а

Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	$\dot{U}_{AC} \cdot I_A^*$
3.	$U_L \cdot I_L \cdot (\cos \varphi \cdot \cos 30^\circ + \sin \varphi \cdot \sin 30^\circ)$
4.	$\sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$
5.	$\dot{U}_{BC} \cdot I_B^*$
6.	$\sqrt{3} \cdot (P_1 - P_2)$
7.	$U_L \cdot I_L \cdot (\cos \varphi \cdot \cos 30^\circ - \sin \varphi \cdot \sin 30^\circ)$
8.	$U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi$
9.	$\sqrt{3} \cdot \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}$
10.	$P_1 + P_2$

Завдання експериментального характеру

Експериментальне дослідження 1

1. Опис експериментальної установки

Експериментальна установка містить ідеальний трифазний генератор змінного струму G , у якого обмотки статора з'єднані за схемою «зірка», чотири провідну ідеальну лінію електропередачі, три індуктивних котушки з різними параметрами $KV 1$, $KV 2$, $KV 3$, які з'єднані за схемою «зірка», чотири амперметра $pA1$, $pA2$, $pA3$ та переносний вольтметр зі щупами pV . Для комутації кола використан однополюсний вимикач у колі нейтрального проводу QF .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 9.1.

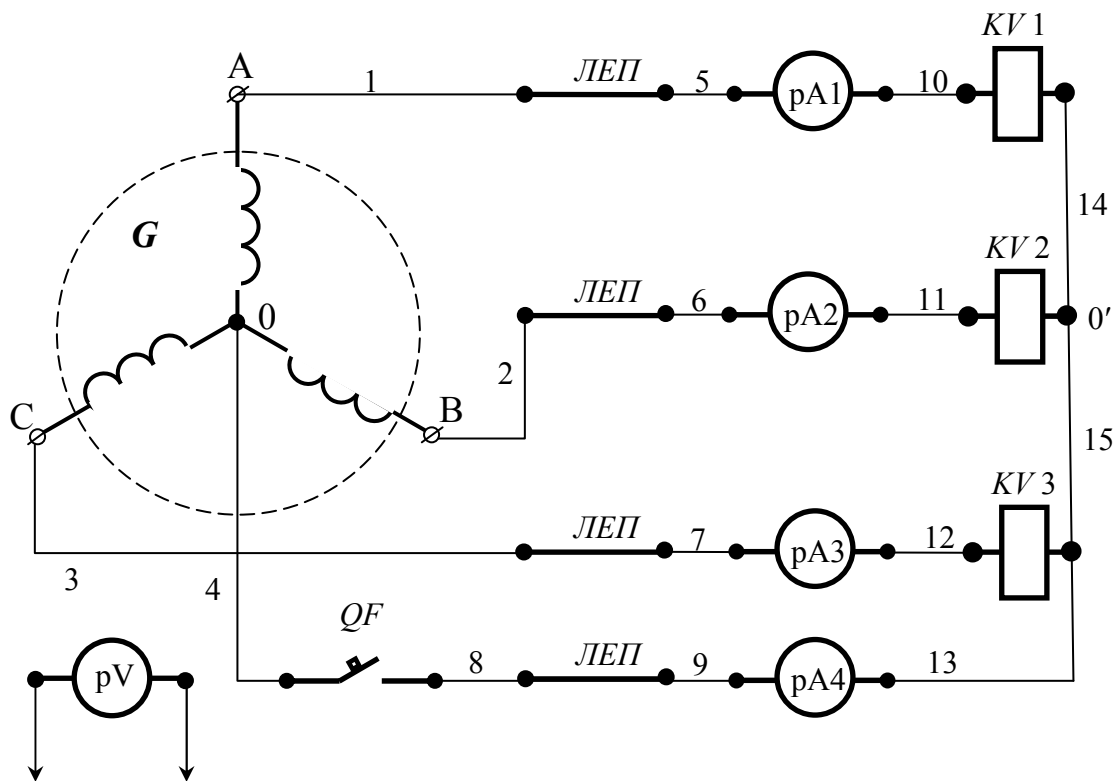


Рисунок 9.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки.

Для складання схеми необхідно мати 15 провідників (на схемі позначені номерами 1-15).

Розрахункова схема експериментальної установки

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикача дорівнюють нулю;

- опори обмоток амперметрів дорівнюють нулю.

Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 9.2.

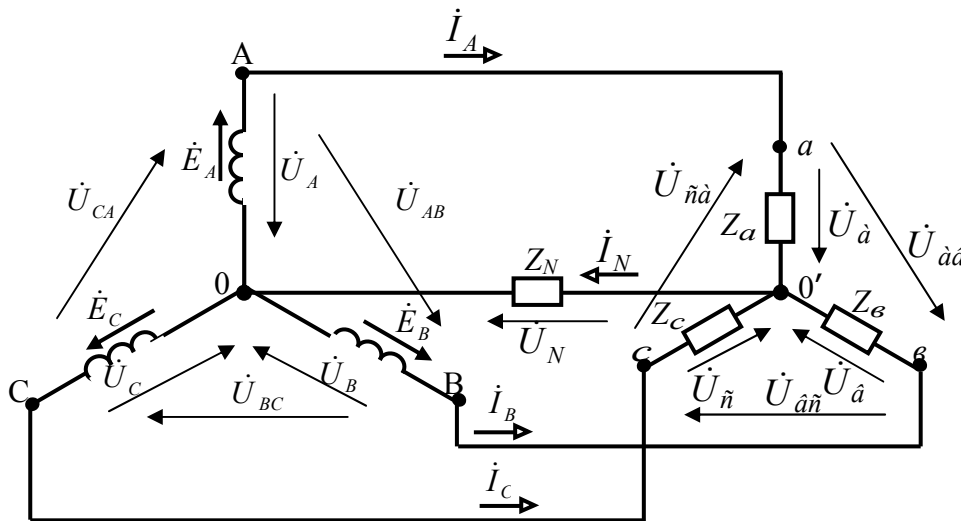


Рисунок 9.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

\dot{E}_A – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **A** генератора, *B*;

\dot{E}_B – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **B** генератора, *B*;

\dot{E}_C – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **C** генератора, *B*;

\dot{U}_A – комплекс діючого значення напруги у фазі **A** генератора, *B*;

\dot{U}_B – комплекс діючого значення напруги у фазі **B** генератора, *B*;

\dot{U}_C – комплекс діючого значення напруги у фазі **C** генератора, *B*;

- \dot{U}_{AB} – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **A–B** генератора, *B*;
- \dot{U}_{BC} – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **B–C** генератора, *B*;
- \dot{U}_{CA} – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **C–A** генератора, *B*;
- Z_N – комплекс повного опору нейтрального проводу, *Ом*;
- \dot{I}_A – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **A**, *A*;
- \dot{I}_B – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **B**, *A*;
- \dot{I}_C – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **C**, *A*;
- \dot{I}_N – комплекс діючого значення сили струму у нейтральному проводі, *A*;
- \dot{U}_a – комплекс діючого значення напруги у фазі **a** навантаження, *B*;
- $\dot{U}_{\hat{a}}$ – комплекс діючого значення напруги у фазі **v** навантаження, *B*;
- \dot{U}_c – комплекс діючого значення напруги у фазі **c** навантаження, *B*;
- \dot{U}_N – комплекс діючого значення напруги зміщення нейтралі, *B*;
- $\dot{U}_{\hat{a}\hat{a}}$ – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **a–v** навантаження, *B*;
- $\dot{U}_{\hat{a}\hat{n}}$ – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **v–c** навантаження, *B*;
- $\dot{U}_{\hat{n}\hat{a}}$ – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **c–a** навантаження, *B*;
- Z_a – комплекс повного опору фази **a** навантаження, *Ом*;
- $Z_{\hat{a}}$ – комплекс повного опору фази **v** навантаження, *Ом*;
- Z_c – комплекс повного опору фази **c** навантаження, *Ом*.

3. Уміння, що здобуваються студентами в результаті виконання експериментального дослідження

- 3.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола і зібрати її.
- 3.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для комплексів та пояснити її.
- 3.3 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення фазних і лінійних напруг навантаження.
- 3.4 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення напруги зміщення нейтралі.
- 3.5 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення лінійних (фазних) струмів навантаження.
- 3.6 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення струму в нейтральному проводі.

4. Завдання експериментального дослідження

- 4.1 Зібрати принципову електричну схему кола.
- 4.2 Включити експериментальну установку при розімкненому рубильнику ***QF*** в колі нейтрального проводу.
- 4.3 Виміряти діючі значення лінійних і фазних напруг навантаження, діючі значення напруги зміщення нейтралі, діючі значення сили лінійних струмів і струму в нейтральному проводі. Дані вимірів занесіть у таблицю 9.14.
- 4.4 Включити експериментальну установку при замкненому рубильнику ***QF*** в колі нейтрального проводу.
- 4.5 Виміряти діючі значення лінійних і фазних напруг навантаження, діючі значення напруги зміщення нейтралі, діючі значення сили лінійних струмів і струму в нейтральному проводі. Дані вимірів занесіть у таблицю 9.14.
- 4.6 Проаналізуйте отримані результати й зробіть висновок.

Таблиця 9.14

Вид системи	$U_{ав},$ B	$U_{вс},$ B	$U_{са},$ B	$U_{а},$ B	$U_{в},$ B	$U_{с},$ B	$U_{N},$ B	$I_{A},$ A	$I_{B},$ A	$I_{C},$ A	$I_{N},$ A
3- провідна											
4- провідна											

5. Структура звіту

5.1 Назва теми експериментального дослідження.

5.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.3 Розрахункова схема електричного кола.

5.4 Таблиця 9.14.

Експериментальне дослідження 2

1. Опис експериментальної установки

Експериментальна установка містить ідеальний трифазний генератор змінного струму G , у якого обмотки статора з'єднані за схемою «зірка», три провідну ідеальну лінію електропередачі, три індуктивних котушки з різними параметрами $KV 1$, $KV 2$, $KV 3$, які з'єднані за схемою «трикутник», шість амперметрів $pA1$, $pA2$, $pA3$, $pA4$, $pA5$, $pA6$ та переносний вольтметр зі щупами pV .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 9.3.

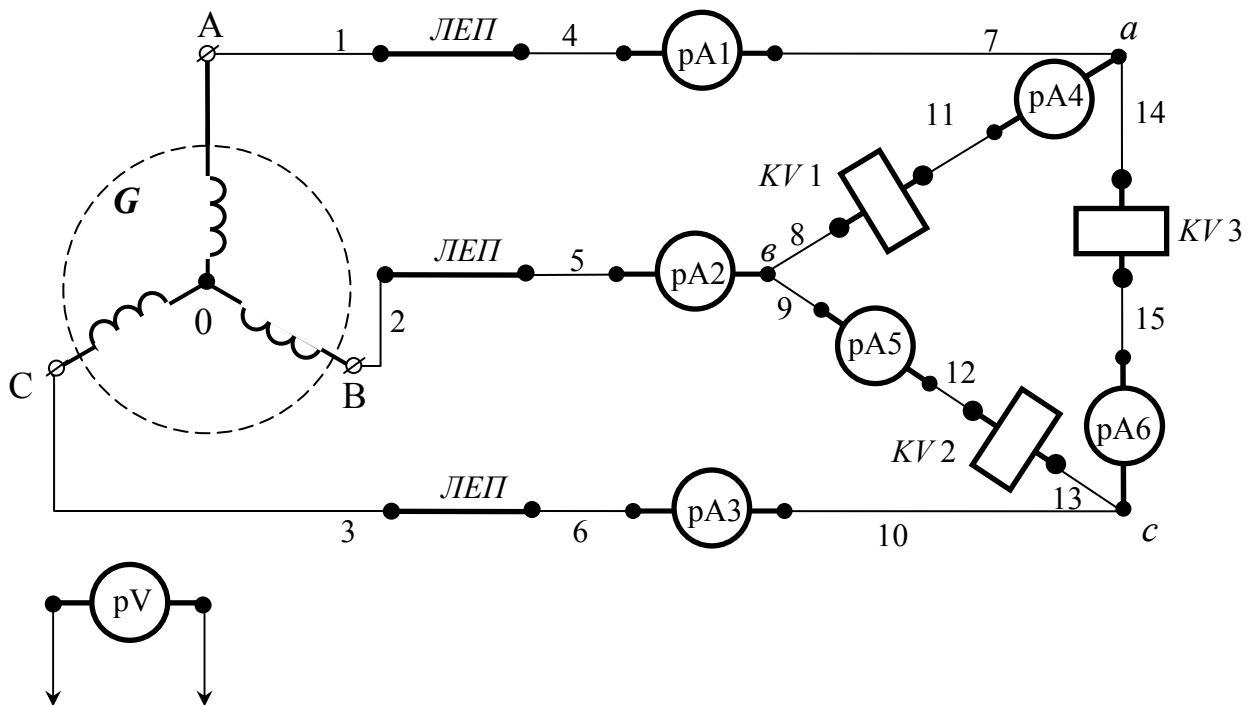


Рисунок 9.3 - Принципова електрична схема експериментальної установки.

Для складання схеми необхідно мати 15 провідників (на схемі позначені номерами 1-15).

Розрахункова схема експериментальної установки

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів дорівнюють нулю;

- опори обмоток амперметрів дорівнюють нулю.

Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 9.4.

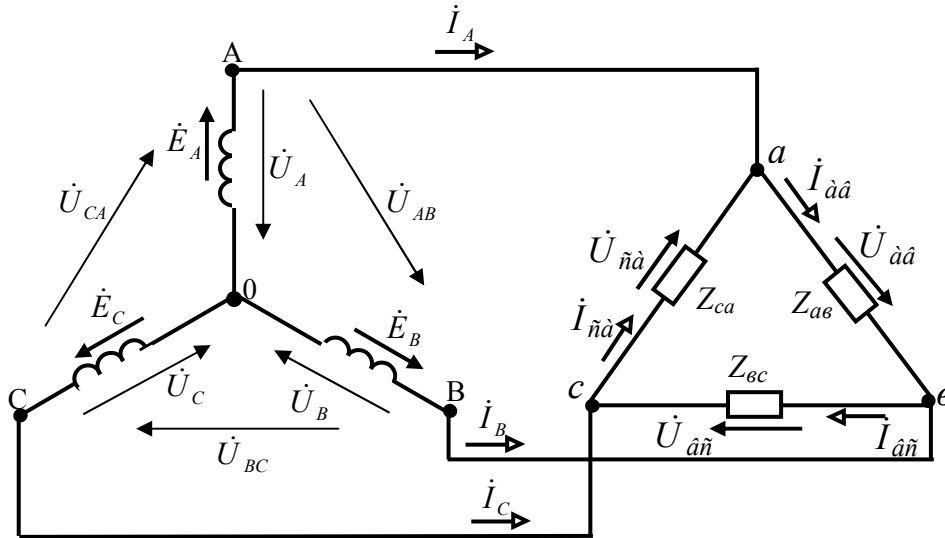


Рисунок 9.4 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

\dot{E}_A – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **A** генератора, *B*;

\dot{E}_B – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **B** генератора, *B*;

\dot{E}_C – комплекс діючого значення електрорушійної сили у фазі **C** генератора, *B*;

\dot{U}_A – комплекс діючого значення напруги у фазі **A** генератора, *B*;

\dot{U}_B – комплекс діючого значення напруги у фазі **B** генератора, *B*;

\dot{U}_C – комплекс діючого значення напруги у фазі **C** генератора, *B*;

\dot{U}_{AB} – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **A–B** генератора, *B*;

\dot{U}_{BC} – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **B–C** генератора, *B*;

\dot{U}_{CA} – комплекс діючого значення напруги на затисках фаз **C–A** генератора, *B*;

\dot{I}_A – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **A**, *A*;

\dot{I}_B – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **B**, *A*;

\dot{I}_C – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **C**, *A*;

$\dot{U}_{\hat{a}\hat{a}}$ – комплекс діючого значення напруги на затисках фази **aв** навантаження, *B*;

$\dot{U}_{\hat{a}\hat{b}}$ – комплекс діючого значення напруги на затисках фази **вс** навантаження, *B*;

$\dot{U}_{\hat{b}\hat{a}}$ – комплекс діючого значення напруги на затисках фази **са** навантаження, *B*;

$Z_{\hat{a}\hat{a}}$ – комплекс повного опору фази **aв** навантаження, *Om*;

$Z_{\hat{a}\hat{c}}$ – комплекс повного опору фази **вс** навантаження, *Om*;

$Z_{\hat{c}\hat{a}}$ – комплекс повного опору фази **са** навантаження, *Om*;

$\dot{I}_{\hat{a}\hat{a}}$ – комплекс діючого значення сили струму у фазі **aв** навантаження, *A*;

$\dot{I}_{\hat{a}\hat{c}}$ – комплекс діючого значення сили струму у фазі **вс** навантаження, *A*;

$\dot{I}_{\hat{c}\hat{a}}$ – комплекс діючого значення сили струму у фазі **са** навантаження, *A*.

3. Уміння, що здобуваються студентами в результаті виконання експериментального дослідження

3.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола і зібрати її.

3.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для комплексів та пояснити її.

3.3 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діюче значення лінійних струмів.

3.4 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діюче значення фазних струмів навантаження.

3.5 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діюче значення фазних і лінійних напруг навантаження.

4. Завдання з виконання експериментального дослідження

4.6 Зібрати принципову електричну схему кола.

4.2 Включити експериментальну установку.

4.3 Виміряти діючі значення лінійних і фазних напруг навантаження.

4.4 Виміряти діючі значення лінійних і фазних струмів результати занести в таблицю 9.15.

4.5 Проаналізуйте отримані результати й зробіть висновок.

Таблиця 9.15

Вид системи	$U_{ав},$ B	$U_{вс},$ B	$U_{са},$ B	$I_A,$ A	$I_B,$ A	$I_C,$ A	$I_{ав},$ A	$I_{вс},$ A	$I_{са},$ A
3- прові- дна									

5. Структура звіту

5.1 Назва теми експериментального дослідження.

5.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.3 Розрахункова схема електричного кола.

5.4 Таблиця 9.15.

Експериментальне дослідження 3

Експериментальна установка містить трифазне джерело живлення змінного струму, яке з'єднано за схемою «зірка», триполюсний вимикач QF , чотирехпровідну ідеальну лінію електропередачі, три індуктивних котушки з різними параметрами $KV1$, $KV2$, $KV3$, які з'єднані за схемою «зірка», три ватметра $pW1$, $pW2$, $pW3$.

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 9.5.

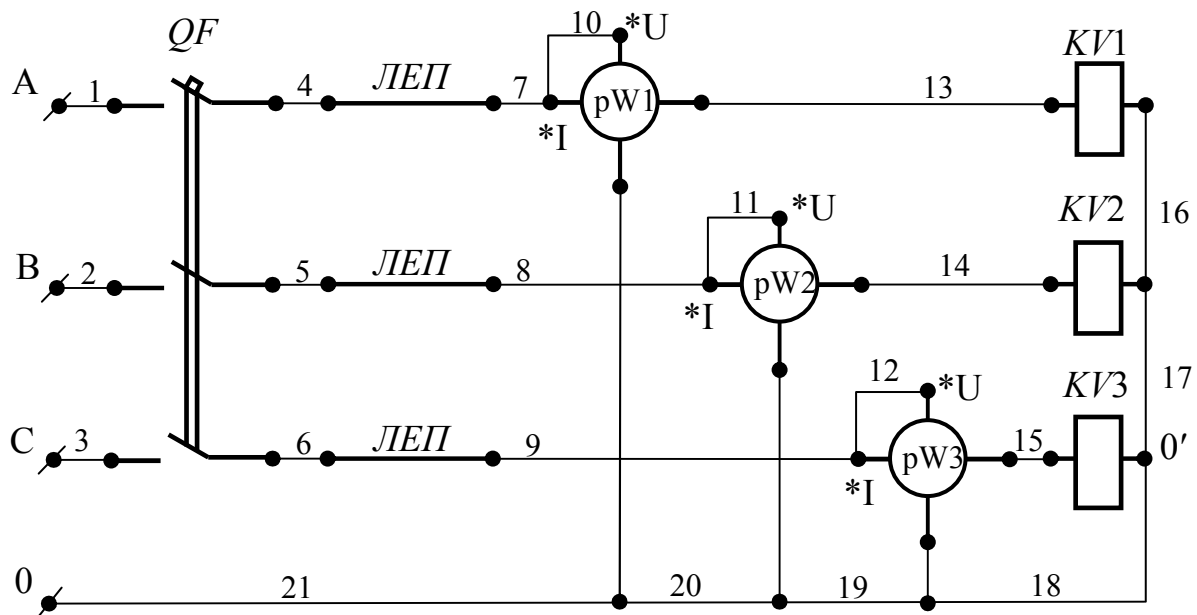


Рисунок 9.5 - Принципова електрична схема експериментальної установки.

Для складання схеми необхідно мати 21 провідник (на схемі позначені номерами 1-21).

Розрахункова схема експериментальної установки

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів, струмові обмотки ватметрів дорівнюють нулю;
- опори обмоток напруги ватметра дорівнюють нескінченності.

Тоді схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 9.6.

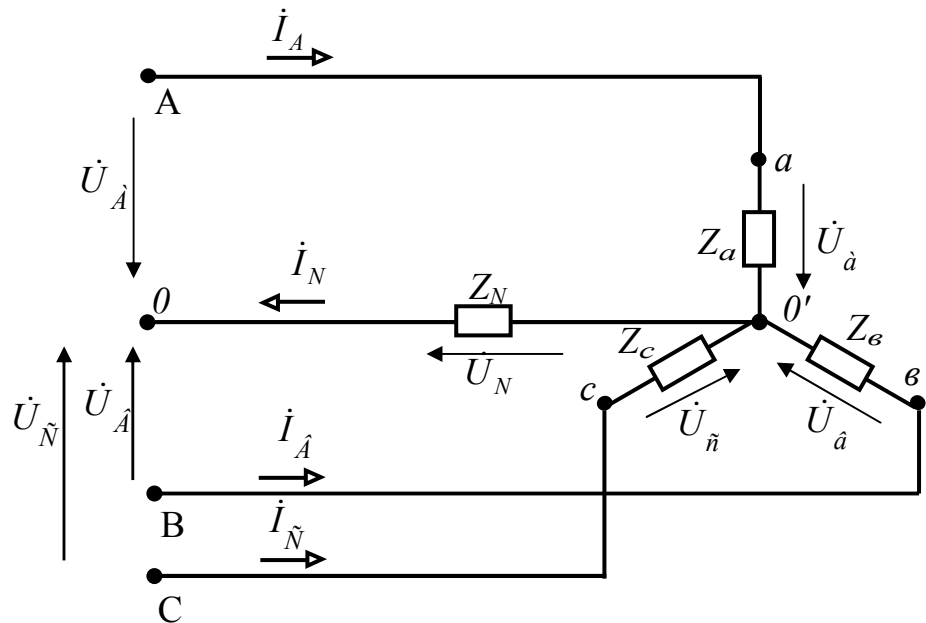


Рисунок 9.6 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

- \dot{U}_A – комплекс діючого значення напруги у фазі **A** джерела, *B*;
- \dot{U}_B – комплекс діючого значення напруги у фазі **B** джерела, *B*;
- \dot{U}_C – комплекс діючого значення напруги у фазі **C** джерела, *B*;
- Z_N – комплекс повного опору нейтрального проводу, *Om*;
- \dot{I}_A – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **A**, *A*;
- \dot{I}_B – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **B**, *A*;
- \dot{I}_C – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **C**, *A*;
- \dot{I}_N – комплекс діючого значення сили струму у нейтральному проводі, *A*;
- \dot{U}_a – комплекс діючого значення напруги у фазі **a** навантаження, *B*;
- \dot{U}_b – комплекс діючого значення напруги у фазі **b** навантаження, *B*;
- \dot{U}_c – комплекс діючого значення напруги у фазі **c** навантаження, *B*;
- \dot{U}_N – комплекс діючого значення напруги зміщення нейтралі, *B*;

Z_a – комплекс повного опору фази a навантаження, Ом;

Z_b – комплекс повного опору фази b навантаження, Ом;

Z_c – комплекс повного опору фази c навантаження, Ом.

3. Уміння, що здобуваються студентами в результаті виконання експериментального дослідження

3.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола і зібрати її.

3.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для комплексів та пояснити її.

3.3 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних значення активних потужностей в кожній фазі навантаження.

3.4 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних значення активної потужності, що споживається всім трифазним несиметричним навантаженням.

4. Завдання з виконання експериментального дослідження

4.1 Зібрати принципову електричну схему кола.

4.2 Включити експериментальну установку.

4.3 Виміряти діючі значення активних потужностей в кожній фазі навантаження результати занести в таблицю 9.16.

4.4 Визначити за допомогою експериментальних даних величину активної потужності, що споживається всім трифазним навантаженням.

4.5 Проаналізуйте отримані результати й зробіть висновок.

Таблиця 9.16

Вид системи	$P_a, Вт$	$P_b, Вт$	$P_c, Вт$	$P, Вт$
4- провідна				

5. Структура звіту

5.1 Назва теми експериментального дослідження.

5.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.3 Розрахункова схема електричного кола.

5.4 Таблиця 9.16.

Експериментальне дослідження 4

Експериментальна установка містить трифазне джерело живлення змінного струму, яке з'єднано за схемою «зірка», триполюсний вимикач QF , трипровідну ідеальну лінію електропередачі, три індуктивних котушки з різними параметрами $KV1$, $KV2$, $KV3$, які з'єднані за схемою «зірка», два ватметра $pW1$, $pW2$.

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 9.7.

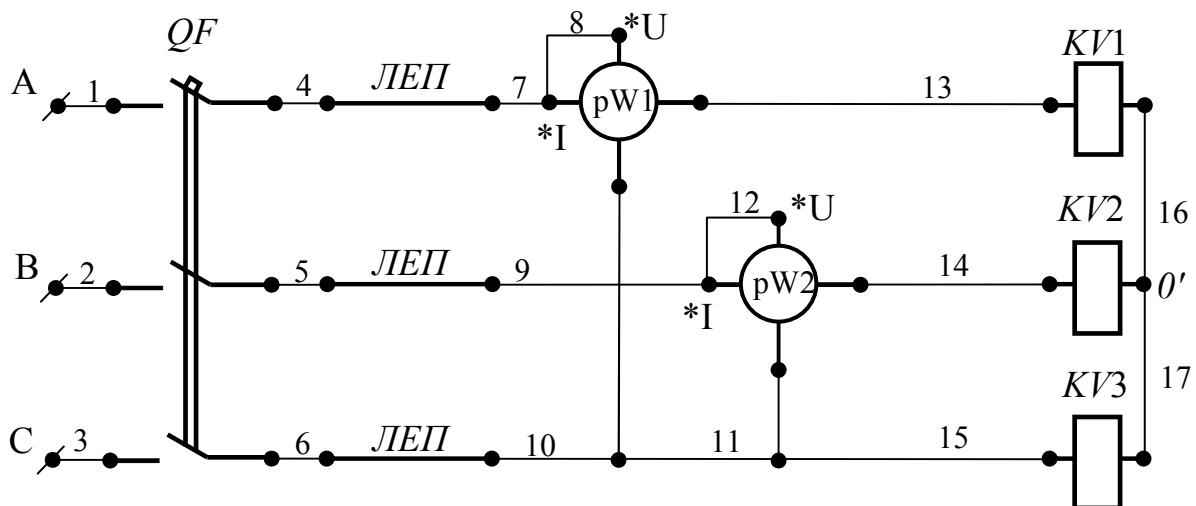


Рисунок 9.7 - Принципова електрична схема експериментальної установки.

Для складання схеми необхідно мати 17 провідник (на схемі позначені номерами 1-17).

Розрахункова схема експериментальної установки

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів, струмові обмотки ватметрів дорівнюють нулю;
- опори обмоток напруги ватметра дорівнюють нескінченності.

Тоді схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 9.8.

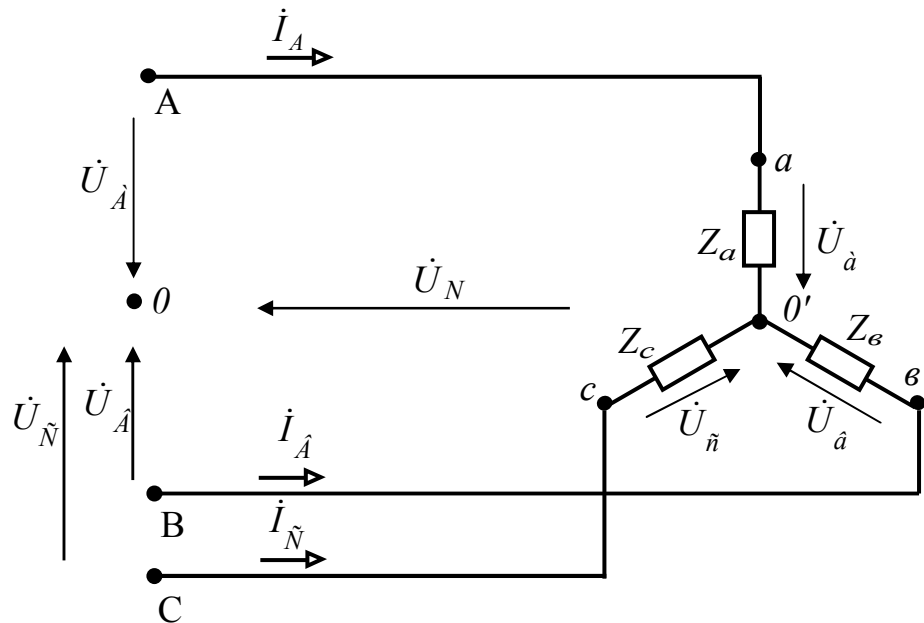


Рисунок 9.8 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

- \dot{U}_A – комплекс діючого значення напруги у фазі **A** джерела, *B*;
- \dot{U}_B – комплекс діючого значення напруги у фазі **B** джерела, *B*;
- \dot{U}_C – комплекс діючого значення напруги у фазі **C** джерела, *B*;
- \dot{I}_A – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **A**, *A*;
- \dot{I}_B – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **B**, *A*;
- \dot{I}_C – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **C**, *A*;
- \dot{U}_a – комплекс діючого значення напруги у фазі **a** навантаження, *B*;
- \dot{U}_b – комплекс діючого значення напруги у фазі **b** навантаження, *B*;
- \dot{U}_c – комплекс діючого значення напруги у фазі **c** навантаження, *B*;
- \dot{U}_N – комплекс діючого значення напруги зміщення нейтралі, *B*;
- Z_a – комплекс повного опору фази **a** навантаження, *Ом*;
- Z_b – комплекс повного опору фази **b** навантаження, *Ом*;
- Z_c – комплекс повного опору фази **c** навантаження, *Ом*.

3. Уміння, що здобуваються студентами в результаті виконання експериментального дослідження

- 3.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола і зібрати її.
- 3.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для комплексів та пояснити її.
- 3.3 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних значення активних потужностей в фазах навантаження де підключені ватметри.
- 3.4 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних значення активної потужності, що споживається всім трифазним несиметричним навантаженням.

4. Завдання з виконання експериментального дослідження

- 4.8 Зібрати принципову електричну схему кола.
- 4.2 Включити експериментальну установку.
- 4.3 Виміряти діючі значення активних потужностей в фазах навантаження де підключені ватметри результати занести в таблицю 9.17.
- 4.4 Визначити за допомогою експериментальних даних величину активної потужності, що споживається всім трифазним навантаженням.
- 4.5 Проаналізуйте отримані результати й зробіть висновок.

Таблиця 9.17

Вид системи	$P_a, Вт$	$P_\phi, Вт$	$P, Вт$
3-провідна			

5. Структура звіту

- 5.1 Назва теми експериментального дослідження.
- 5.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 5.3 Розрахункова схема електричного кола.
- 5.4 Таблиця 9.17.

Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання

Умова

Задано наступна трифазна система: ідеальний генератор, з'єднаний зіркою, що розвиває е.р.с. E ; реальна лінія електропередачі з параметрами $Z_{Л.А} = Z_{Л.В} = Z_{Л.С}$; навантаження, яке з'єднане трикутником, з параметрами $Z_{ав1}$; $Z_{вс1} = Z_{са1}$ і паралельне йому навантаження, яке з'єднане зіркою, з параметрами $Z_{а2}$; $Z_{в2} = Z_{с2}$. Початкова фаза е.р.с. фази А дорівнює нулю.

Завдання

1. Складіть розрахункову схему кола зазначеної трифазної системи.
2. Складіть еквівалентну розрахункову схему кола зазначеної трифазної системи, перетворивши навантаження, яке з'єднане зіркою, в еквівалентне навантаження, яке з'єднане трикутником з параметрами $Z_{ав2}$, $Z_{вс2}$, $Z_{са2}$.
3. Розрахуйте параметри навантаження $Z_{ав2}$, $Z_{вс2}$, $Z_{са2}$.
4. Складіть еквівалентну розрахункову схему кола зазначеної трифазної системи, перетворивши навантаження в одне еквівалентне, яке з'єднане трикутником з параметрами $Z_{ав}$, $Z_{вс}$, $Z_{са}$.
5. Розрахуйте провідності еквівалентного навантаження $Y_{ав}$, $Y_{вс}$, $Y_{са}$.
6. Розрахуйте параметри еквівалентного навантаження $Z_{ав}$, $Z_{вс}$, $Z_{са}$.
7. Складіть еквівалентну розрахункову схему кола зазначеної трифазної системи, перетворивши еквівалентне навантаження, яке з'єднане трикутником, в еквівалентне навантаження, яке з'єднане зіркою з параметрами Z_a , Z_b , Z_c .

8. Розрахуйте параметри еквівалентного навантаження Z_a, Z_b, Z_c .
9. Розрахуйте провідності еквівалентного навантаження Y_A, Y_B, Y_C .
10. Запишіть вираз для розрахунку напруги зміщення нейтралі еквівалентної схеми через е.р.с. генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$ і провідності Y_A, Y_B, Y_C .
11. Розрахуйте напругу зміщення нейтралі еквівалентної схеми через е.р.с. генератора $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$ і провідності Y_A, Y_B, Y_C .
12. Розрахуйте комплекси лінійних струмів генератора $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$.
13. Розрахуйте комплекси спадань напруг у лінії $\dot{U}_{Л.А}, \dot{U}_{Л.В}, \dot{U}_{Л.С}$.
14. Розрахуйте комплекси фазних напруг еквівалентної зірки $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$.
15. Розрахуйте комплекси лінійних напруг навантажень $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_{bc}, \dot{U}_{ca}$.
16. Розрахуйте комплекси фазних струмів навантаження, яке з'єднане трикутником $\dot{I}_{ab1}, \dot{I}_{bc1}, \dot{I}_{ca1}$.
17. Розрахуйте комплекси лінійних струмів навантаження, яке з'єднане трикутником $\dot{I}_{a1}, \dot{I}_{b1}, \dot{I}_{c1}$.
18. Розрахуйте комплекси лінійних (фазних) струмів навантаження, яке з'єднане зіркою $\dot{I}_{a2}, \dot{I}_{b2}, \dot{I}_{c2}$.
19. Розрахуйте комплекси фазних напруг навантаження, яке з'єднане зіркою $\dot{U}_{a2}, \dot{U}_{b2}, \dot{U}_{c2}$.
20. Розрахуйте комплекси повних потужностей фаз навантаження, яке з'єднане трикутником.
21. Розрахуйте активну потужність навантаження, яке з'єднане трикутником.
22. Розрахуйте реактивну потужність навантаження, яке з'єднане трикутником.
23. Розрахуйте повну потужність навантаження, яке з'єднане трикутником.
24. Розрахуйте комплекси повних потужностей фаз навантаження, яке з'єднане зіркою.
25. Розрахуйте активну потужність навантаження, яке з'єднане зіркою.

26. Розрахуйте реактивну потужність навантаження, яке з'єднане зіркою.
27. Розрахуйте повну потужність навантаження, яке з'єднане зіркою.
28. Розрахуйте комплекси повних потужностей у фазах лінії електропередачі.
29. Розрахуйте активну потужність, яка втрачається в проводах лінії електропередачі.
30. Розрахуйте реактивну потужність, яку споживає лінія електропередачі.
31. Розрахуйте повну потужність, яку споживає лінія електропередачі.
32. Розрахуйте комплекси повних потужностей фаз генератора.
33. Розрахуйте активну потужність, яку виробляє генератор.
34. Розрахуйте реактивну потужність, яку виробляє генератор.
35. Розрахуйте повну потужність, яку виробляє генератор.

Варіанти вихідних даних
до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання

Таблиця 9.18

Номер варіан- ту	Вихідні дані					
	E	$Z_{Л.А} =$ $=Z_{Л.В} =$ $=Z_{Л.С}$	$Z_{ав1}$	$Z_{вс1} = Z_{са1}$	$Z_{а2}$	$Z_{в2} = Z_{с2}$
	B	$Ом$	$Ом$	$Ом$	$Ом$	$Ом$
1	220	$4+j3$	$30+j40$	$60+j90$	$18+j15$	$30+j40$
2	127	$4+j3$	$60+j90$	$54+j48$	$3+j4$	$40+j30$
3	380	$3+j4$	$12+j15$	$48+j54$	$4+j3$	$20+j30$
4	220	$4+j3$	$12+j15$	$90+j60$	$3+j4$	$40+j30$
5	380	$3+j4$	$12+j16$	$60+j90$	$4+j3$	$30+j40$
6	127	$2+j2$	$15+j9$	$12+j15$	$3+j4$	$18+j15$
7	220	$2+j2$	$9+j15$	$12+j15$	$12+j15$	$18+j15$
8	200	$1+j2$	$12+j16$	$12+j16$	$12+j16$	$3+j4$
9	127	$2+j1$	$60+j90$	$16+j12$	$16+j12$	$4+j3$
10	100	$1+j2$	$54+j48$	$15+j9$	$15+j9$	$3+j4$
11	220	$1+j2$	$48+j54$	$9+j15$	$9+j15$	$4+j3$
12	380	$2+j3$	$90+j60$	$12+j16$	$12+j16$	$3+j4$
13	127	$2+j3$	$60+j90$	$12+j9$	$30+j40$	$20+j30$
14	220	$3+j2$	$20+j30$	$9+j12$	$40+j30$	$18+j15$
15	100	$3+j2$	$18+j15$	$90+j60$	$90+j60$	$20+j30$

ТЕМА 10

МЕТОД СИМЕТРИЧНИХ СКЛАДОВИХ

Завдання інформаційно – репродуктивного і практично - стереотипного характеру

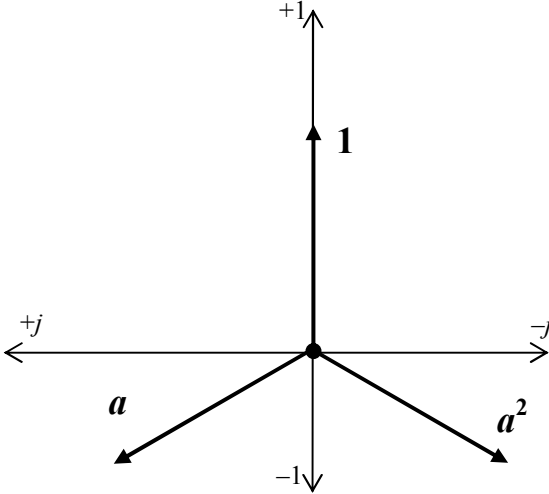
10.1. Оператор a трифазної системи

Таблиця 10.1

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Що називається оператором трифазної системи?	
2.	Чому дорівнює модуль оператора трифазної системи?	
3.	Запишіть оператор трифазної системи a в показовій формі.	
4.	Запишіть оператор трифазної системи a в тригонометричній формі.	
5.	Запишіть оператор трифазної системи a в алгебраїчній формі.	
6.	Запишіть квадрат оператора трифазної системи a в показовій формі.	
7.	Запишіть квадрат оператора трифазної системи a в тригонометричній формі.	
8.	Запишіть квадрат оператора трифазної системи a в алгебраїчній формі.	
9.	Зобразіть на комплексній площині симетричну систему одиничних векторів – $1, a, a^2$.	
10.	Чому дорівнює сума зазначених векторів?	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 7$.

Таблиця 10.1a

Номер відповіді	Відповіді
1.	Одиниці.
2.	Нулю.
3.	 <p>The diagram shows a complex plane with a horizontal real axis and a vertical imaginary axis. The origin is marked with a dot. The positive imaginary axis is labeled '+1' at the top, and the negative imaginary axis is labeled '-1' at the bottom. The positive real axis is labeled '+j' at the right, and the negative real axis is labeled '-j' at the left. Three vectors originate from the origin: vector '1' points vertically upwards; vector 'a' points into the third quadrant (down-left); vector 'a^2' points into the fourth quadrant (down-right). The angle between '1' and 'a' is 120 degrees, and the angle between '1' and 'a^2' is 240 degrees.</p>
4.	Комплексне число e^{j120° .
5.	e^{-j120° .
6.	$-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$.
7.	$-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$.
8.	e^{j120° .
9.	$\cos(-120^\circ) + j\sin(-120^\circ)$.
10.	$\cos 120^\circ + j\sin 120^\circ$.

10.2. Симетричні складові несиметричних трифазних систем

Таблиця 10.2

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Що являє собою симетрична система прямої послідовності напруг $\dot{U}_{\hat{A}1}, \dot{U}_{\hat{A}2}, \dot{U}_{\hat{N}1}$?	
2.	Що являє собою симетрична система зворотної послідовності напруг $\dot{U}_{\hat{A}2}, \dot{U}_{\hat{A}1}, \dot{U}_{\hat{N}2}$?	
3.	Що являє собою симетрична система нульової послідовності напруг $\dot{U}_{\hat{A}0}, \dot{U}_{\hat{A}0}, \dot{U}_{\hat{N}0}$?	
4.	Чому дорівнює сума векторів напруг прямої, зворотної та нульової послідовностей у фазі A .	
5.	Запишіть рівняння напруги $\dot{U}_{\hat{A}}$ за допомогою симетричних складових прямої $\dot{U}_{\hat{A}1}$, зворотної $\dot{U}_{\hat{A}2}$ та нульової $\dot{U}_{\hat{A}0}$ послідовностей.	
6.	Чому дорівнює сума векторів напруг прямої, зворотної та нульової послідовностей у фазі B .	
7.	Запишіть рівняння напруги $\dot{U}_{\hat{B}}$ за допомогою симетричних складових прямої $\dot{U}_{\hat{A}1}$, зворотної $\dot{U}_{\hat{A}2}$ та нульової $\dot{U}_{\hat{A}0}$ послідовностей.	
8.	Чому дорівнює сума векторів напруг прямої, зворотної та нульової послідовностей у фазі C .	
9.	Запишіть рівняння напруги $\dot{U}_{\hat{N}}$ за допомогою симетричних складових прямої $\dot{U}_{\hat{N}1}$, зворотної $\dot{U}_{\hat{N}2}$ та нульової $\dot{U}_{\hat{N}0}$ послідовностей.	
10.	Запишіть несиметричну систему напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\hat{B}}, \dot{U}_{\hat{N}}$ через симетричну систему прямої, зворотної, нульової послідовностей, скориставшись оператором \mathbf{a} .	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
11.	Запишіть рівняння для визначення симетричної складової напруги прямої послідовності $\dot{U}_{\hat{A}1}$ несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{B}}$, $\dot{U}_{\hat{N}}$.	
12.	Запишіть рівняння для визначення симетричної складової напруги зворотної послідовності $\dot{U}_{\hat{A}2}$ несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{B}}$, $\dot{U}_{\hat{N}}$.	
13.	Запишіть рівняння для визначення симетричної складової напруги нульової послідовності $\dot{U}_{\hat{A}0}$ несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{B}}$, $\dot{U}_{\hat{N}}$.	
<p>Ідеальний несиметричний генератор, з'єднаний зіркою, характеризується наступними показниками: електрорушійні сили зсунути за фазою на 120°, їхні діючі значення дорівнюють: $E_A = 110 \text{ В}$, $E_B = 220 \text{ В}$; $E_C = 330 \text{ В}$.</p>		
14.	Визначте симетричну складову напруги прямої послідовності $\dot{U}_{\hat{A}1}$ несиметричної системи напруг генератора в алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
15.	Визначте симетричну складову напруги зворотної послідовності $\dot{U}_{\hat{A}2}$ несиметричної системи напруг генератора в алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	
16.	Визначте симетричну складову напруги нульової послідовності $\dot{U}_{\hat{A}0}$ несиметричної системи напруг генератора в алгебраїчній і показовій формах у вольтах.	

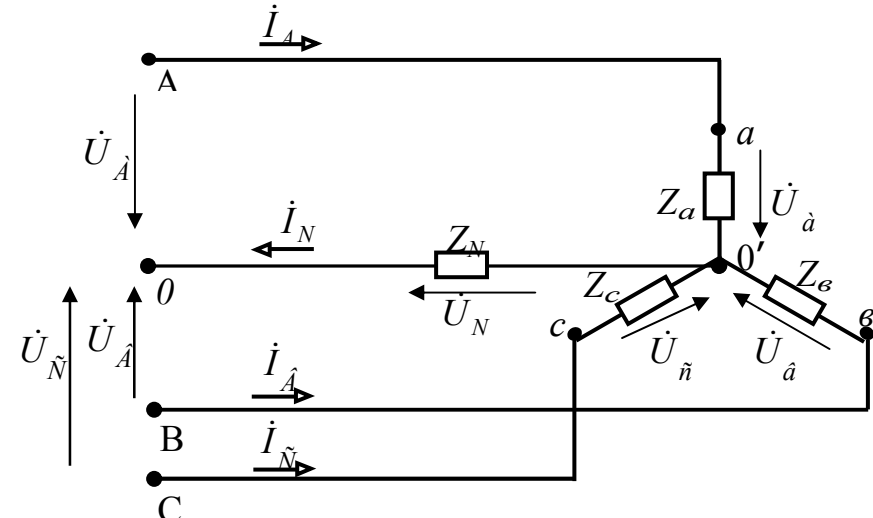
При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 10$

Таблиця 10.2а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$63,7 \cdot e^{j150} = -55 + j31,9.$
2.	$\frac{1}{3} \cdot (\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C).$
3.	220.
4.	Симетрична система із чергуванням фаз А, В, С.
5.	Симетрична система із чергуванням фаз А, С, В.
6.	$\frac{1}{3} \cdot (\dot{U}_A + a \cdot \dot{U}_B + a^2 \cdot \dot{U}_C).$
7.	Вектору напруги у фазі А.
8.	$63,7 e^{-j150} = -55 - j31,9.$
9.	$\frac{1}{3} \cdot (\dot{U}_A + a^2 \cdot \dot{U}_B + a \cdot \dot{U}_C).$
10.	Вектору напруги у фазі С.
11.	Система, що складається із трьох векторів, які рівні по величині й збігаються по фазі.
12.	$\dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}.$
13.	$\begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}; \\ \dot{U}_B = a^2 \cdot \dot{U}_{A1} + a \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}; \\ \dot{U}_C = a \cdot \dot{U}_{A1} + a^2 \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}. \end{cases}$
14.	$\dot{U}_{B1} + \dot{U}_{B2} + \dot{U}_{B0}.$
15.	Вектору напруги у фазі В.
16.	$\dot{U}_{C1} + \dot{U}_{C2} + \dot{U}_{C0}.$

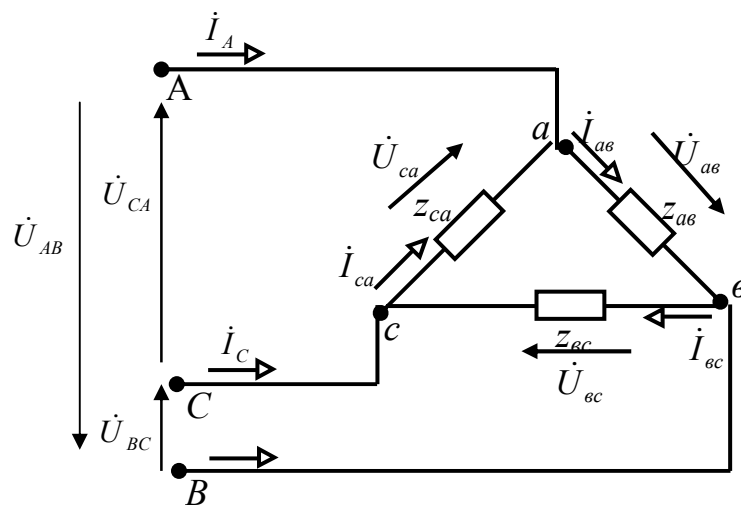
10.3. Властивості трифазних кіл по відношенню до симетричних складових струмів і напруг

Таблиця 10.3

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
	<p>На розрахунковій схемі трифазної чотирипровідної системи позначені комплекси: фазних напруг симетричного генератора $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; повних опорів несиметричного навантаження, з'єднаного зіркою – $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$; фазних напруг навантаження $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$; повного опору нейтрального проводу Z_N; напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N; струму в нейтральному проводі \dot{I}_N.</p> 	
1.	Запишіть рівняння струму в нейтральному проводі \dot{I}_N при несиметричному режимі за першим законом Кірхгофа.	
2.	Запишіть рівняння симетричної складової струму нульової послідовності \dot{I}_0 при несиметричному режимі.	
3.	Встановіть залежність між струмом у нейтральному проводі й симетричними складовими струму нульової послідовності при несиметричному режимі.	
4.	Запишіть рівняння для визначення фазної напруги \dot{U}_a при несиметричному навантаженні через фазну напругу генератора \dot{U}_A і напругу зміщення нейтралі \dot{U}_N .	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
5.	Запишіть рівняння для визначення фазної напруги $\dot{U}_{\hat{a}}$ при несиметричному навантаженні через фазну напругу генератора $\dot{U}_{\hat{A}}$ і напругу зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
6.	Запишіть рівняння для визначення фазної напруги $\dot{U}_{\hat{c}}$ при несиметричному навантаженні через фазну напругу генератора $\dot{U}_{\hat{N}}$ і напругу зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
7.	Знайдіть суму фазних напруг навантаження при несиметричному режимі через напругу зміщення нейтралі \dot{U}_N .	
8.	Запишіть рівняння для визначення симетричної складової напруги нульової послідовності \dot{U}_0 несиметричної системи напруг $\dot{U}_{\hat{a}}, \dot{U}_{\hat{b}}, \dot{U}_{\hat{n}}$.	
9.	Встановіть зв'язок між напругою зміщення нейтралі та симетричною складовою напруги нульової послідовності при несиметричному режимі.	

На розрахунковій схемі трифазної трипровідної системи позначені комплекси: лінійних напруг симетричного генератора $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_N$; повних опорів несиметричного навантаження, з'єднаного трикутником $Z_{ab} \neq Z_{bc} \neq Z_{ca}$; фазних напруг навантаження $\dot{U}_{\hat{a}\hat{a}}, \dot{U}_{\hat{a}\hat{c}}, \dot{U}_{\hat{n}\hat{a}}$; фазних струмів навантаження $\dot{I}_{\hat{a}\hat{a}}, \dot{I}_{\hat{a}\hat{n}}, \dot{I}_{\hat{c}\hat{a}}$.



Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
10.	Чому дорівнює симетрична складова струму нульової послідовності при несиметричному режимі трипровідної системи?	
11.	Запишіть рівняння для визначення симетричної складової напруги нульової послідовності \dot{U}_0 несиметричної системи лінійних (фазних) напруг $\dot{U}_{\dot{a}\dot{a}}, \dot{U}_{\dot{a}\dot{c}}, \dot{U}_{\dot{b}\dot{a}}$.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 16$

Таблиця 10.3а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\dot{U}_A - \dot{U}_N$.
2.	$\dot{U}_N = -\dot{U}_0$.
3.	$\dot{U}_C - \dot{U}_N$.
4.	$\frac{1}{3} \cdot (\dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c)$.
5.	$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$.
6.	$\dot{U}_B - \dot{U}_N$.
7.	$\frac{1}{3} \cdot (\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C)$.
8.	$-3 \cdot \dot{U}_N$.
9.	$\dot{I}_N = 3 \cdot \dot{I}_0$.
10.	Нулю.
11.	$\frac{1}{3} \cdot (\dot{U}_{a\dot{b}} + \dot{U}_{b\dot{c}} + \dot{U}_{c\dot{a}}) = 0$.

10.4. Опори симетричного трифазного кола струмам різних послідовностей

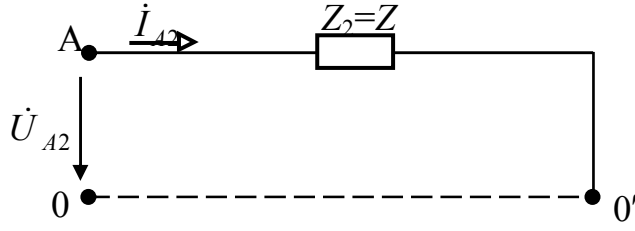
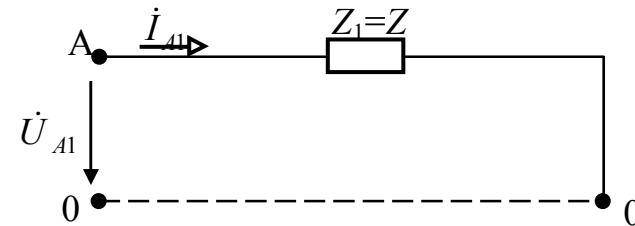
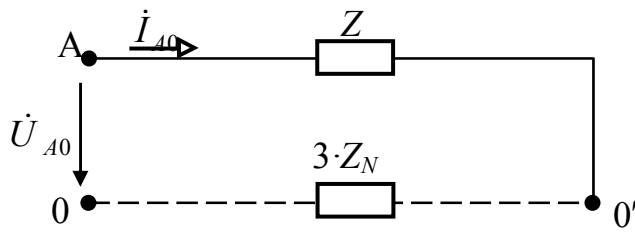
Таблиця 10.4

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
	<p>На розрахунковій схемі трифазної чотирипровідної системи позначені комплекси: фазних напруг несиметричного генератора $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$; лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_N$; повних опорів симетричного навантаження, з'єднаного зіркою – $Z_a = Z_b = Z_c$; фазних напруг навантаження $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$; повного опору нейтрального проводу Z_N; напруги зміщення нейтралі \dot{U}_N; струму в нейтральному провіді \dot{I}_N.</p> 	
1.	Складіть розрахункову схему фази А, якщо до вхідних затискачів прикладена напруга прямої послідовності \dot{U}_{A1} .	
2.	Запишіть рівняння для визначення комплексу повного опору кола струму прямої послідовності Z_1 .	
3.	Складіть розрахункову схему фази А, якщо до вхідних затискачів прикладена напруга зворотної послідовності \dot{U}_{A2} .	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
4.	Запишіть рівняння для визначення комплексу повного опору кола струму зворотної послідовності Z_2 .	
5.	Складіть розрахункову схему фази A , якщо до вхідних затискачів прикладена напруга нульової послідовності \dot{U}_{A0} .	
6.	Запишіть рівняння за другим законом Кірхгофа для контуру, зазначеного в пункті 5.	
7.	Запишіть рівняння для визначення комплексу повного опору кола струму нульової послідовності Z_0 .	
<p>Для розрахункової схеми відомі: симетричні складові фазних напруг генератора $\dot{U}_{A1} = 210V$; $\dot{U}_{A2} = 120 \cdot e^{j90^\circ} V$; $\dot{U}_{A0} = 166 \cdot e^{-j85^\circ} V$; опір нейтрального проводу $Z_N = 1 + j1,5 \text{ Ом}$; опір фаз навантаження $Z = 6 + j8 \text{ Ом}$.</p>		
8.	Розрахуйте комплекс симетричної складової струму прямої послідовності \dot{I}_{A1} в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
9.	Розрахуйте комплекс симетричної складової струму зворотної послідовності \dot{I}_{A2} в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	
10.	Розрахуйте комплекс симетричної складової струму нульової послідовності \dot{I}_{A0} в показовій і алгебраїчній формах в амперах.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 19$

Таблиця 10.4а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\frac{\dot{U}_{A2}}{\dot{I}_{A2}}$.
2.	$\dot{U}_{A0} = \dot{I}_{A0} \cdot (Z + 3 \cdot Z_N)$.
3.	$\frac{\dot{U}_{A1}}{\dot{I}_{A1}}$.
4.	$21 e^{-j53^\circ} = 12,64 - j16,71$.
5.	$\frac{\dot{U}_{A0}}{\dot{I}_{A0}} = Z + 3 \cdot Z_N$.
6.	
7.	
8.	$10,78 e^{-j139^\circ} = -8,13 - j7,07$.
9.	
10.	$12 \cdot e^{j37^\circ} = 9,58 + j7,22$.

Завдання експериментального характеру

1. Опис експериментальної установки

Експериментальна установка для дослідження фільтру струмів нульової послідовності містить трифазне джерело живлення змінного струму, яке з'єднано за схемою «зірка», триполюсний вимикач QF , чотирехпровідну ідеальну лінію електропередачі, три резистори $R1$, $R2$, $R3$, які з'єднані за схемою «зірка». Резистор $R2$ зі змінним параметром.

У лінійні проводи включені трансформатори струму $TI1$, $TI2$, $TI3$, вторинні обмотки яких з'єднані паралельно й до їхніх затискачів підключено амперметр $pA5$.

Для виміру лінійних струмів і струму в нейтральному проводі передбачені чотири амперметри $pA1$, $pA2$, $pA3$, $pA4$. Для комутації кола використано однополюсні рубильники у фазі «В» і в нейтральному проводі $S1$, $S2$.

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 10.1.

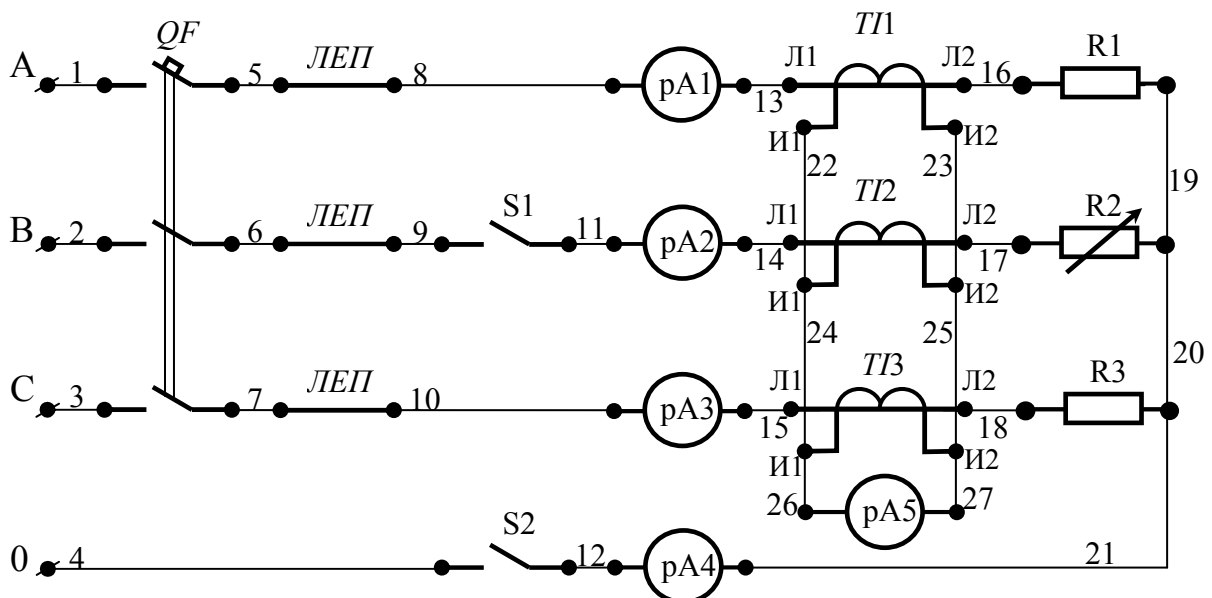


Рисунок 10.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки.

Для складання схеми необхідно мати 27 провідників (на схемі позначені номерами 1-27).

2. Розрахункова схема експериментальної установки

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів, обмоток амперметрів, обмоток трансформаторів струму дорівнюють нулю;

- опори контактів вимикачів дорівнюють нулю;

- опори обмоток напруги ватметра дорівнюють нескінченності.

Тоді схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 10.2.

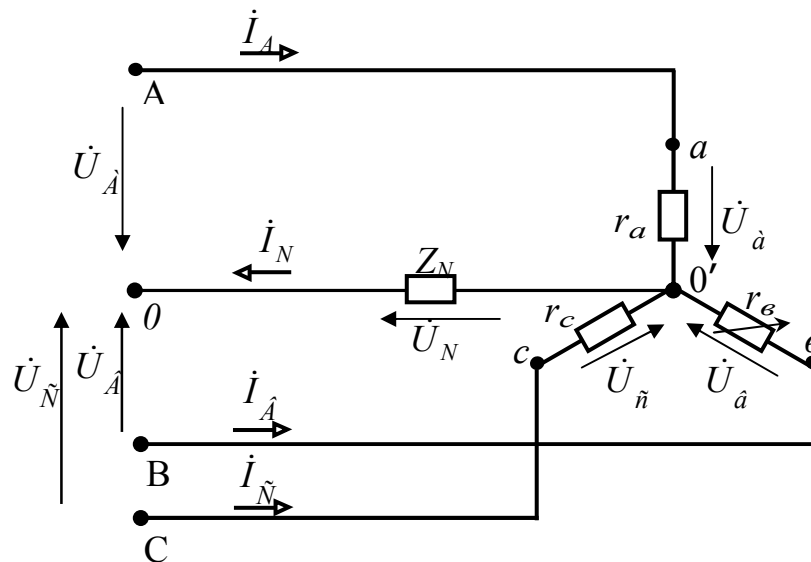


Рисунок 10.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

\dot{U}_A – комплекс діючого значення напруги у фазі **A** генератора, В;

\dot{U}_B – комплекс діючого значення напруги у фазі **B** генератора, В;

\dot{U}_C – комплекс діючого значення напруги у фазі **C** генератора, В;

Z_N – комплекс повного опору нейтрального проводу, Ом;

\dot{I}_A – комплекс діючого значення сили струму у лінії фазі **A**, А;

- \dot{I}_B – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **B**, *A*;
- \dot{I}_C – комплекс діючого значення сили струму у лінії фази **C**, *A*;
- \dot{I}_N – комплекс діючого значення сили струму у нейтральному проводі, *A*;
- \dot{U}_a – комплекс діючого значення напруги у фазі **a** навантаження, *B*;
- $\dot{U}_{\hat{a}}$ – комплекс діючого значення напруги у фазі **v** навантаження, *B*;
- \dot{U}_c – комплекс діючого значення напруги у фазі **c** навантаження, *B*;
- \dot{U}_N – комплекс діючого значення напруги зміщення нейтралі, *B*;
- r_a – активний опір фази **a** навантаження, *Ом*;
- $r_{\hat{a}}$ – активний опір фази **v** навантаження, *Ом*;
- r_c – активний опір фази **c** навантаження, *Ом*.

3. Уміння, що здобуваються студентами в результаті виконання експериментального дослідження

- 3.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола і зібрати її.
- 3.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для комплексів та пояснити її.
- 3.3 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення фазних і лінійних напруг навантаження.
- 3.4 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення напруги зміщення нейтралі.
- 3.5 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення лінійних (фазних) струмів навантаження.
- 3.6 Уміти визначити за допомогою експериментальних даних діючі значення струму в нейтральному проводі.

4. Завдання експериментального дослідження

- 4.1 Зібрати принципову електричну схему кола.
- 4.2 Установити у фазах приймача симетричне навантаження.

- 4.3 Включити експериментальну установку при розімкненому рубильнику **S2** в колі нейтрального проводу.
- 4.4 Виміряти діючі значення сили лінійних струмів (амперметри **pA1**, **pA2**, **pA3**), сили струму в нейтральному проводі (амперметр **pA4**) та сили струму на виході фільтру (амперметр **pA5**). Дані вимірів занесіть у таблицю 10.5.
- 4.5 Установити у фазах приймача несиметричне навантаження.
- 4.6 Включити експериментальну установку при розімкненому рубильнику **S2** в колі нейтрального проводу.
- 4.7 Виміряти діючі значення сили лінійних струмів (амперметри **pA1**, **pA2**, **pA3**), сили струму в нейтральному проводі (амперметр **pA4**) та сили струму на виході фільтру (амперметр **pA5**). Дані вимірів занесіть у таблицю 10.5.
- 4.8 Установити у фазах приймача несиметричне навантаження.
- 4.9 Включити експериментальну установку при замкненому рубильнику **S2** в колі нейтрального проводу.
- 4.10 Виміряти діючі значення сили лінійних струмів (амперметри **pA1**, **pA2**, **pA3**), сили струму в нейтральному проводі (амперметр **pA4**) та сили струму на виході фільтру (амперметр **pA5**). Дані вимірів занесіть у таблицю 10.5.
- 4.11 Включити експериментальну установку при розімкненому рубильнику **S1** у фазі «В» та при розімкненому рубильнику **S2** в колі нейтрального проводу .
- 4.12 Виміряти діючі значення сили лінійних струмів (амперметри **pA1**, **pA2**, **pA3**), сили струму в нейтральному проводі (амперметр **pA4**) та сили струму на виході фільтру (амперметр **pA5**). Дані вимірів занесіть у таблицю 10.5.
- 4.13 Включити експериментальну установку при розімкненому рубильнику **S1** у фазі «В» та при замкненому рубильнику **S2** в колі нейтрального проводу .

4.14 Виміряти діючі значення сили лінійних струмів (амперметри **pA1**, **pA2**, **pA3**), сили струму в нейтральному проводі (амперметр **pA4**) та сили струму на виході фільтру (амперметр **pA5**). Дані вимірів занесіть у таблицю 10.5.

4.15 На підставі результатів вимірів струмів, записаних у таблиці 10.5, розрахуйте симетричну складову струму нульової послідовності несиметричної системи лінійних струмів приймача для всіх досліджуваних режимів використовуючи рівняння:

$$I_N = 3 \cdot I_0.$$

4.16 Проаналізуйте отримані результати й зробіть висновок.

Таблиця 10.5

Режими	Система	$I_A,$ <i>A</i>	$I_B,$ <i>A</i>	$I_C,$ <i>A</i>	$I_N,$ <i>A</i>	$I_2,$ <i>A</i>	<i>K</i>	$I_0,$ <i>A</i>
Симетричний	трипровідна							
Несиметричний	трипровідна							
	чотирипровідна							
Обрив у фазі «В»	трипровідна							
	чотирипровідна							

Структура звіту

5.1 Назва теми експериментального дослідження.

5.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.3 Розрахункова схема електричного кола.

5.4 Таблиця 10.5.

Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання

Умова

Задана трифазна система, яка складається з ідеального несиметричного генератора, з'єданого зіркою, реальної чотирипровідної лінії електропередачі, до якої підключене симетричне навантаження, з'єдане зіркою з опором фаз навантаження Z' і опором нейтрального проводу Z_N . Паралельного йому підключене навантаження, з'єдане зіркою з ізольованою нейтраллю з опором фаз Z'' .

Генератор розвиває електрорушійні сили: $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$.
Опір лінійних проводів $Z_{\bar{a}\bar{a}} = Z_{\bar{a}\bar{A}} = Z_{\bar{a}\bar{N}}$.

Завдання

1. Складіть розрахункову схему заданої трифазної системи.
2. Запишіть комплекси фазних напруг несиметричного ідеального генератора $\dot{U}_{\bar{A}}, \dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\bar{N}}$.
3. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової напруги прямої послідовності \dot{U}_1 несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\bar{A}}, \dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\bar{N}}$.
4. Розрахуйте комплекс симетричної складової напруги прямої послідовності \dot{U}_1 несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\bar{A}}, \dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\bar{N}}$.
5. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової напруги зворотної послідовності \dot{U}_2 несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\bar{A}}, \dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\bar{N}}$.
6. Розрахуйте комплекс симетричної складової напруги зворотної послідовності \dot{U}_2 несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\bar{A}}, \dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\bar{N}}$.

7. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової напруги нульової послідовності \dot{U}_0 несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{B}}$, $\dot{U}_{\hat{N}}$.
8. Розрахуйте комплекс симетричної складової напруги нульової послідовності \dot{U}_0 несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{B}}$, $\dot{U}_{\hat{N}}$.
9. Складіть розрахункову схему однієї фази кола для симетричної складової прямої послідовності в комплексній формі.
10. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу загального повного опору прямої послідовності кола Z_1 .
11. Розрахуйте комплекс загального повного опору прямої послідовності кола Z_1 .
12. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової струму прямої послідовності в лінії \dot{I}_1 .
13. Розрахуйте комплекс симетричної складової струму прямої послідовності в лінії \dot{I}_1 .
14. Складіть розрахункову схему однієї фази кола для симетричної складової зворотної послідовності в комплексній формі.
15. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу загального повного опору зворотної послідовності кола Z_2 .
16. Розрахуйте комплекс загального повного опору зворотної послідовності кола Z_2 .
17. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової струму зворотної послідовності в лінії \dot{I}_2 .
18. Розрахуйте комплекс симетричної складової струму зворотної послідовності в лінії \dot{I}_2 .
19. Складіть розрахункову схему однієї фази кола для симетричної складової нульової послідовності в комплексній формі.

20. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу загального повного опору нульової послідовності кола Z_0 .
21. Розрахуйте комплекс загального повного опору нульової послідовності кола Z_0 .
22. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової струму нульової послідовності в лінії \dot{I}_0 .
23. Розрахуйте комплекс симетричної складової струму нульової послідовності в лінії \dot{I}_0 .
24. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу лінійного струму \dot{I}_{Δ} через симетричні складові струми $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
25. Розрахуйте комплекс лінійного струму \dot{I}_{Δ} через симетричні складові струми $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
26. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу лінійного струму \dot{I}_{Δ} через симетричні складові струми $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
27. Розрахуйте комплекс лінійного струму \dot{I}_{Δ} через симетричні складові струми $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
28. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу лінійного струму \dot{I}_{N} через симетричні складові струми $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
29. Розрахуйте комплекс лінійного струму \dot{I}_{N} через симетричні складові струми $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
30. Розрахуйте струм у нульовому проводі кола \dot{I}_N .
31. Зробіть перевірку струму нульового проводу через симетричну складову струму нульової послідовності.

Варіанти вихідних даних
до тематичного комплексного
кваліфікаційного завдання з теми

Таблиця 10.6

Номер варіан- та	Вихідні дані						
	\dot{E}_A	\dot{E}_B	\dot{E}_C	$Z_{Л.А} =$ $Z_{Л.В} =$ $=Z_{Л.С}$	Z'	Z''	Z_N
	B	B	B	$Ом$	$Ом$	$Ом$	$Ом$
1	$220 \cdot e^{j10^\circ}$	$127 \cdot e^{-j120^\circ}$	$380 \cdot e^{j130^\circ}$	$4+j3$	$30+j40$	$18+j15$	$3+j4$
2	$127 \cdot e^{j10^\circ}$	$127 \cdot e^{-j120^\circ}$	$127 \cdot e^{j120^\circ}$	$4+j3$	$60+j90$	$3+j4$	$4+j3$
3	$380 \cdot e^{j30^\circ}$	$380 \cdot e^{-j110^\circ}$	$380 \cdot e^{j120^\circ}$	$3+j4$	$12+j15$	$4+j3$	$2+j3$
4	220	$127 \cdot e^{-j120^\circ}$	$380 \cdot e^{j130^\circ}$	$4+j3$	$12+j15$	$3+j4$	$4+j3$
5	$380 \cdot e^{j90^\circ}$	$380 \cdot e^{-j110^\circ}$	$220 \cdot e^{j120^\circ}$	$3+j4$	$12+j16$	$4+j3$	$3+j4$
6	127	$127 \cdot e^{-j150^\circ}$	$220 \cdot e^{j110^\circ}$	$2+j2$	$15+j9$	$3+j4$	$2+j3$
7	220	$380 \cdot e^{-j110^\circ}$	$380 \cdot e^{j120^\circ}$	$2+j2$	$9+j15$	$12+j15$	$2+j3$
8	200	$220 \cdot e^{-j120^\circ}$	$220 \cdot e^{j120^\circ}$	$1+j2$	$12+j16$	$12+j16$	$3+j4$
9	$127 \cdot e^{j90^\circ}$	$127 \cdot e^{-j120^\circ}$	$127 \cdot e^{j120^\circ}$	$2+j1$	$60+j90$	$16+j12$	$4+j3$
10	$100 \cdot e^{j10^\circ}$	$220 \cdot e^{-j120^\circ}$	$220 \cdot e^{j120^\circ}$	$1+j2$	$54+j48$	$15+j9$	$3+j4$
11	220	$380 \cdot e^{-j110^\circ}$	$380 \cdot e^{j120^\circ}$	$1+j2$	$48+j54$	$9+j15$	$4+j3$
12	380	$220 \cdot e^{-j120^\circ}$	$220 \cdot e^{j120^\circ}$	$2+j3$	$90+j60$	$12+j16$	$3+j4$
13	$127 \cdot e^{j10^\circ}$	$127 \cdot e^{-j120^\circ}$	$127 \cdot e^{j120^\circ}$	$2+j3$	$60+j90$	$30+j40$	$2+j3$
14	$380 \cdot e^{j30^\circ}$	$380 \cdot e^{-j110^\circ}$	$380 \cdot e^{j120^\circ}$	$3+j2$	$20+j30$	$40+j30$	$3+j2$
15	100	$220 \cdot e^{-j120^\circ}$	$220 \cdot e^{j120^\circ}$	$3+j2$	$18+j15$	$90+j60$	$2+j3$

ТЕМА 11

ТРИФАЗНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА З ОБЕРТАЛЬНИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ МАШИНАМИ

*Завдання інформаційно – репродуктивного і
практично - стереотипного характеру*

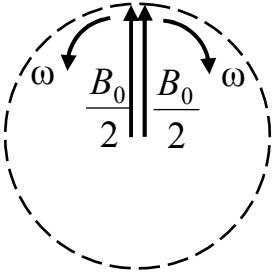
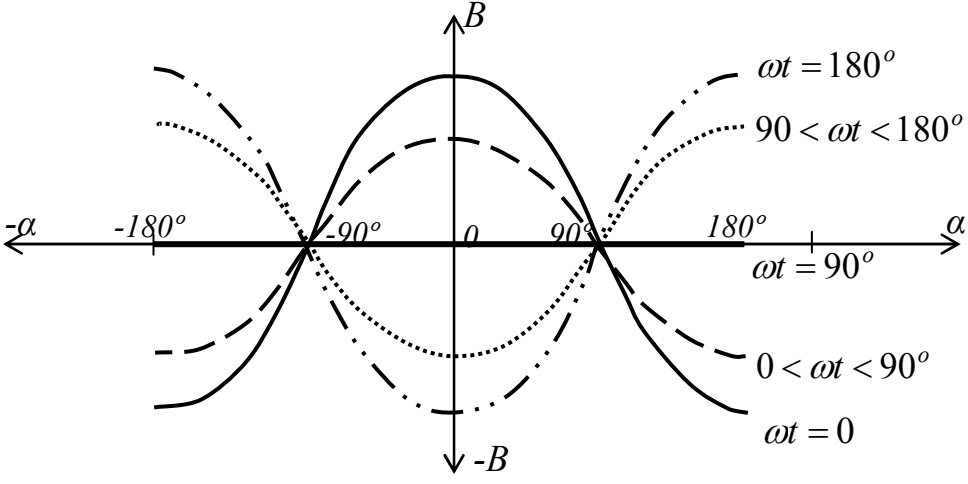
11.1. Пульсуюче магнітне поле

Таблиця 11.1

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Яка будова магнітопровіда електричних індуктивних машин змінного струму?	
2.	За яким законом розподіляється магнітна індукція в кожній точці кола статора при постійному намагнічуючому струмі?	
3.	Запишіть рівняння магнітної індукції в кожній точці тіла статора.	
4.	Запишіть рівняння магнітного потоку на вісі обмотки.	
5.	Запишіть рівняння потокозчеплення на вісі обмотки, якщо в обмотці протікає змінний синусоїдний струм.	
6.	З рівняння потокозчеплення отримайте рівняння магнітної індукції на вісі обмотки, якщо початкова фаза струму в обмотці дорівнює 90° .	
7.	Запишіть рівняння пульсуючого магнітного поля.	
8.	Якісно побудуйте графік залежності $B = f(t, \alpha)$.	
9.	Побудуйте вектори магнітної індукції, вкажіть напрямки їхнього обертання, прийнявши зображення пульсуючого магнітного поля двома векторами, які обертаються в протилежних напрямках.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 11$.

Таблиця 11.1а

Номер відповіді	Відповіді
1.	За синусоїдним законом.
2.	Два коаксіальних циліндри, які набрані з листів електротехнічної сталі й розділені повітряним зазором.
3.	
4.	$\frac{L \cdot I_m}{w \cdot S} \cdot \cos \omega \cdot t.$
5.	$B_0 \cdot S.$
6.	$B_0 \cdot \cos \alpha.$
7.	
8.	$w \cdot \hat{O}_0 = L \cdot i.$
9.	$\frac{B_m}{2} \cdot \cos(\omega \cdot t + \alpha) + \frac{B_m}{2} \cdot \cos(\omega \cdot t - \alpha).$

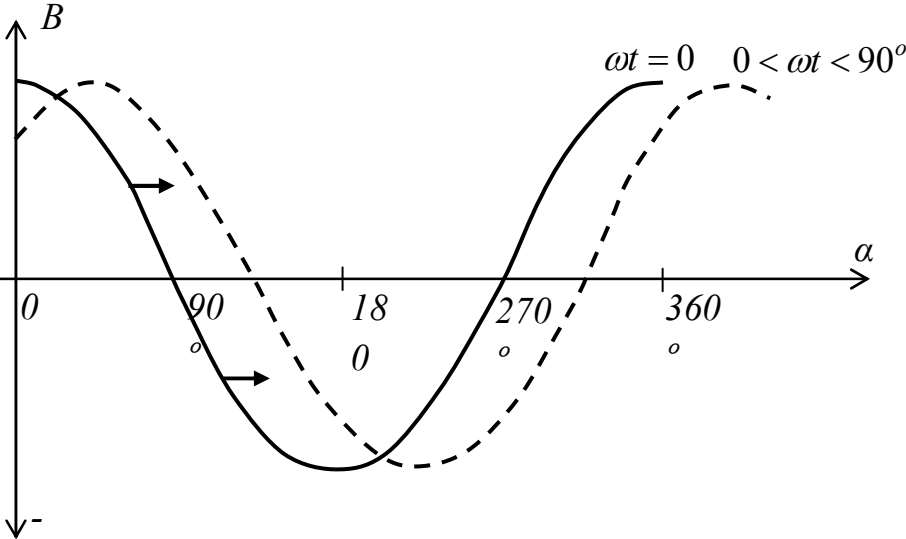
11.2. Обертальне магнітне поле

Таблиця 11.2

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Яка будова трифазного статора електричних індуктивних машин змінного струму?	
2.	Яке поле створюється в кожній із трьох обмоток електричної машини при проходженні по обмотках змінного синусоїдного струму?	
3.	Запишіть рівняння магнітної індукції пульсуючого магнітного поля в обмотці фази A для точки тіла статора, що зміщена щодо вісі цієї обмотки на кут α .	
4.	Запишіть рівняння магнітної індукції пульсуючого магнітного поля в обмотці фази B для точки тіла статора, що зміщена щодо вісі цієї обмотки на кут $(\alpha + 120^\circ)$.	
5.	Запишіть рівняння магнітної індукції пульсуючого магнітного поля в обмотці фази C для точки тіла статора, що зміщена щодо вісі цієї обмотки на кут $(\alpha + 240^\circ)$.	
6.	Чому дорівнює результуюча магнітна індукція в точці тіла статора?	
7.	Одержить рівняння результуючої магнітної індукції в точці тіла статора або рівняння обертового магнітного поля.	
8.	Якісно побудуйте графік залежності $B = f(t, \alpha)$.	

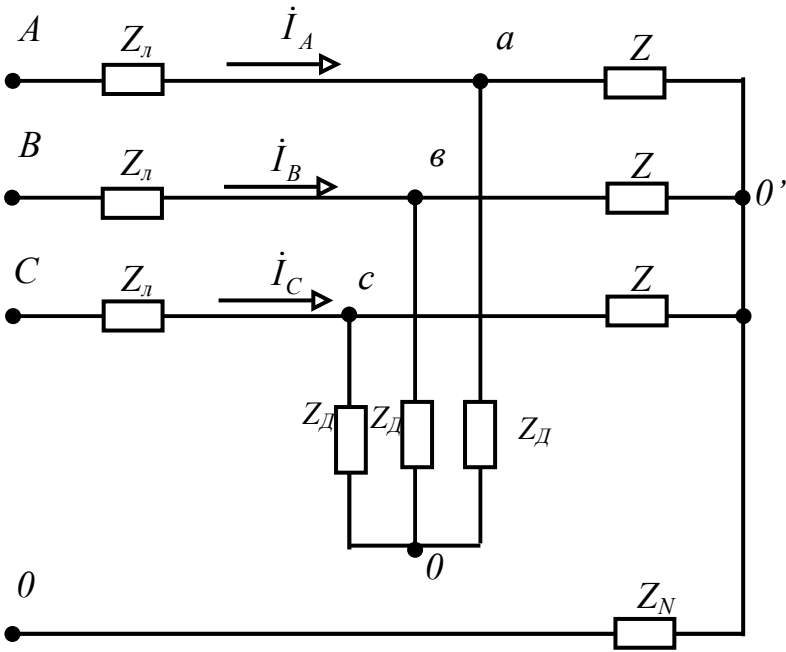
При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 12$.

Таблиця 11.2а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$B_m \cdot \cos(\omega \cdot t - 120^\circ) \cdot \cos(\alpha + 120^\circ)$.
2.	Сумі магнітних індукцій трьох пульсуючих магнітних полів.
3.	Пульсуюче магнітне.
4.	$B_m \cdot \cos(\omega \cdot t + 120^\circ) \cdot \cos(\alpha + 240^\circ)$.
5.	Порожній циліндр – набраний, з листів електротехнічної сталі, у пази якого покладені три обмотки під кутом 120° одна щодо іншої.
6.	
7.	$B_m \cdot \cos \omega \cdot t \cdot \cos \alpha$.
8.	$1,5 \cdot B_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \alpha)$.

11.4. Опори електричних машин струмам різних послідовностей

Таблиця 11.3

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Як співвідносяться між собою комплекси повних опорів прямої, зворотної й нульової послідовностей – Z_1, Z_2, Z_0 ?	
<p>На розрахунковій схемі трифазного кола позначені комплекси: лінійних струмів $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$; повних опорів лінійних проводів Z_L; повного опору нейтрального проводу Z_N; повних опорів симетричного статичного навантаження, з'єднаного зіркою Z; повних опорів фаз трифазного асинхронний електродвигуна, з'єднаного зіркою з ізолюваною нейтраллю. Комплекс повного опору асинхронного електродвигуна прямої послідовності $Z_{1д}$, комплекс повного опору асинхронного електродвигуна зворотної послідовності $Z_{2д}$.</p> <p>До кола підведена несиметрична система фазних напруг.</p> 		
2.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової напруги прямої послідовності \dot{U}_1 несиметричної системи напруг джерела $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$.	

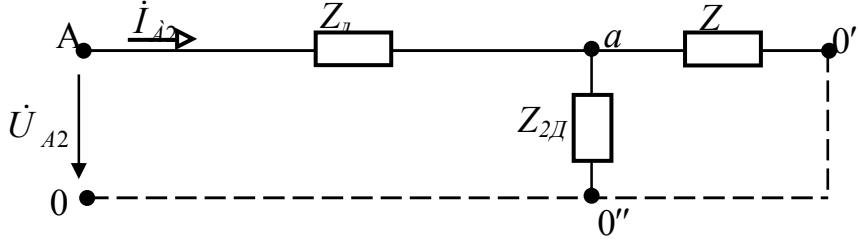
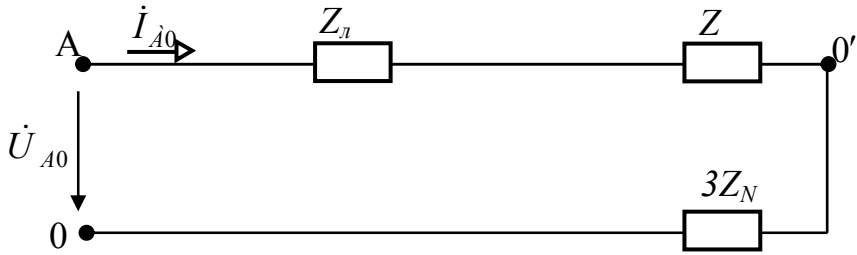
Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
3.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової напруги зворотної послідовності \dot{U}_2 несиметричної системи напруг джерела $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$.	
4.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової напруги нульової послідовності \dot{U}_0 несиметричної системи напруг джерела $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$.	
5.	Складіть розрахункову схему однієї фази для симетричної складової прямої послідовності в комплексній формі.	
6.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу загального повного опору прямої послідовності кола Z_1 .	
7.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової струму прямої послідовності в лінії \dot{I}_1 .	
8.	Складіть розрахункову схему однієї фази для симетричної складової зворотної послідовності в комплексній формі.	
9.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу загального повного опору зворотної послідовності кола Z_2 .	
10.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової струму зворотної послідовності в лінії \dot{I}_2 .	
11.	Складіть розрахункову схему однієї фази для симетричної складової нульової послідовності в комплексній формі.	
12.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу загального повного опору нульової послідовності кола Z_0 .	
13.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової струму нульової послідовності в лінії \dot{I}_0 .	
14.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу лінійного струму \dot{I}_A через симетричні складові струмів $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
15.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу лінійного струму \dot{I}_B через симетричні складові струмів $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.	
16.	Запишіть рівняння для розрахунку комплексу лінійного струму \dot{I}_C через симетричні складові струмів $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 24$.

Таблиця 11.3а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\frac{1}{3} \cdot (\dot{U}_A + a \cdot \dot{U}_B + a^2 \cdot \dot{U}_C)$.
2.	$\frac{1}{3} \cdot (\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C)$.
3.	
4.	Не рівні між собою.
5.	$Z_{\dot{E}} + \frac{Z \cdot Z_{1\dot{A}}}{Z + Z_{1\dot{A}}}$.
6.	$\frac{1}{3} \cdot (\dot{U}_A + a^2 \cdot \dot{U}_B + a \cdot \dot{U}_C)$.

Номер відповіді	Відповіді
7.	
8.	$\frac{\dot{U}_{A2}}{Z_2}$
9.	$Z_{\bar{E}} + Z + 3 \cdot Z_N$
10.	$\frac{\dot{U}_{A1}}{Z_1}$
11.	$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_0$
12.	$Z_{\bar{E}} + \frac{Z \cdot Z_{2\bar{A}}}{Z + Z_{2\bar{A}}}$
13.	$a \cdot \dot{I}_1 + a^2 \cdot \dot{I}_2 + \dot{I}_0$
14.	$a^2 \cdot \dot{I}_1 + a \cdot \dot{I}_2 + \dot{I}_0$
15.	$\frac{\dot{U}_{A0}}{Z_0}$
16.	

Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання

Умова

Задана трифазна система, яка складається з ідеальною несиметричного генератора, який з'єднано зіркою, з електрорушійними силами, зсунутими по фазі на 120° і наступними діючими значеннями $E_A, E_B = E_C$; реальної чотирипровідної лінії електропередачі з комплексом повного опору лінійних проводів $Z_{\text{л}}$ і з комплексом повного опором нейтрального проводу Z_N ; з симетричного навантаження, яке з'єднане зіркою, з комплексом повного опору фаз Z і паралельного йому трифазного асинхронного електродвигуна, який з'єднано зіркою з ізолюваною нейтраллю з комплексами повних опорів прямої послідовності $Z_{1\text{д}}$, зворотної послідовності $Z_{2\text{д}}$.

Завдання

1. Складіть розрахункову схему заданої трифазної системи.
2. Запишіть комплекси фазних напруг несиметричного ідеального генератора $\dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\hat{B}}, \dot{U}_{\hat{N}}$.
3. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової напруги прямої послідовності \dot{U}_1 через несиметричну систему напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\hat{B}}, \dot{U}_{\hat{N}}$.
4. Розрахуйте комплекс симетричної складової напруги прямої послідовності \dot{U}_1 несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\hat{B}}, \dot{U}_{\hat{N}}$.
5. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової напруги зворотної послідовності \dot{U}_2 через несиметричну систему напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}, \dot{U}_{\hat{B}}, \dot{U}_{\hat{N}}$.

6. Розрахуйте комплекс симетричної складової напруги зворотної послідовності \dot{U}_2 несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{N}}$.
7. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової напруги нульової послідовності \dot{U}_0 через несиметричну систему напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{N}}$.
8. Розрахуйте комплекс симетричної складової напруги нульової послідовності \dot{U}_0 несиметричної системи напруг генератора $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{A}}$, $\dot{U}_{\hat{N}}$.
9. Складіть розрахункову схему однієї фази для симетричної складової напруги прямої послідовності в комплексній формі.
10. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу загального повного опору прямої послідовності кола Z_1 .
11. Розрахуйте комплекс загального повного опору прямої послідовності кола Z_1 .
12. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової струму прямої послідовності в лінії \dot{I}_1 .
13. Розрахуйте комплекс симетричної складової струму прямої послідовності в лінії \dot{I}_1 .
14. Складіть розрахункову схему однієї фази для симетричної складової напруги зворотної послідовності в комплексній формі.
15. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу загального повного опору зворотної послідовності кола Z_2 .
16. Розрахуйте комплекс загального повного опору зворотної послідовності кола Z_2 .
17. Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової струму зворотної послідовності в лінії \dot{I}_2 .
18. Розрахуйте комплекс симетричної складової струму зворотної послідовності в лінії \dot{I}_2 .

- 19.Складіть розрахункову схему однієї фази для симетричної складової напруги нульової послідовності в комплексній формі.
- 20.Запишіть рівняння для розрахунку комплексу загального повного опору нульової послідовності кола Z_0 .
- 21.Розрахуйте комплекс загального повного опору нульової послідовності кола Z_0 .
- 22.Запишіть рівняння для розрахунку комплексу симетричної складової струму нульової послідовності в лінії \dot{I}_0 .
- 23.Розрахуйте комплекс симетричної складової струму нульової послідовності в лінії \dot{I}_0 .
- 24.Запишіть рівняння для розрахунку комплексу лінійного струму \dot{I}_{Δ} через симетричні складові струмів $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
- 25.Розрахуйте комплекс лінійного струму \dot{I}_{Δ} через симетричні складові струмів $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
- 26.Запишіть рівняння для розрахунку комплексу лінійного струму \dot{I}_{Δ} через симетричні складові струмів $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
- 27.Розрахуйте комплекс лінійного струму \dot{I}_{Δ} через симетричні складові струмів $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
- 28.Запишіть рівняння для розрахунку комплексу лінійного струму \dot{I}_{N} через симетричні складові струмів $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.
- 29.Розрахуйте комплекс лінійного струму \dot{I}_{N} через симетричні складові струмів $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$.

Варіанти вихідних даних

до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання

Таблиця 11.4

Номер варіан- та	Вихідні дані						
	$E_A,$	$E_B =$ E_C	$Z_{Л.А} =$ $Z_{Л.В} =$ $= Z_{Л.С}$	Z_N	Z	$Z_{1Д}$	$Z_{2Д}$
	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>Ом</i>	<i>Ом</i>	<i>Ом</i>	<i>Ом</i>	<i>Ом</i>
1	220	127	4+j3	3+j4	30+j40	18+j15	9+j6
2	127	120	4+j3	4+j3	60+j90	3+j4	1+j2
3	380	300	3+j4	2+j3	12+j15	4+j3	2+j1
4	220	127	4+j3	4+j3	12+j15	3+j4	1+j2
5	380	300	3+j4	3+j4	12+j16	4+j3	2+j1
6	127	120	2+j2	2+j3	15+j9	3+j4	1+j2
7	220	380	2+j2	2+j3	9+j15	12+j15	6+j8
8	200	220	1+j2	3+j4	12+j16	12+j16	6+j8
9	120	127	2+j1	4+j3	60+j90	16+j12	8+6
10	100	220	1+j2	3+j4	54+j48	15+j9	8+j4
11	220	380	1+j2	4+j3	48+j54	9+j15	4+j8
12	380	220	2+j3	3+j4	90+j60	12+j16	6+j8
13	120	127	2+j3	2+j3	60+j90	30+j40	15+j20
14	380	300	3+j2	3+j2	20+j30	40+j30	20+j15
15	100	220	3+j2	2+j3	18+j15	90+j60	40+j30

ТЕМА 12

НЕСИНУСОЇДНІ СТРУМИ

Завдання інформаційно – репродуктивного і практично - стереотипного характеру

12.1. Несинусоїдні періодичні струми та їхнє подання у вигляді тригонометричного ряду

12.2. Коефіцієнти форми, амплітуди та скривлення

Таблиця 12.1

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Запишіть тригонометричний ряд періодичної несинусоїдної функції.	
2.	Як називається перший член тригонометричного ряду?	
3.	Як називається другий член тригонометричного ряду?	
4.	Як називаються всі наступні члени тригонометричного ряду?	
5.	Що розуміється під діючим значенням несинусоїдного струму?	
6.	Запишіть рівняння діючого значення несинусоїдного струму через діючі значення його окремих гармонік.	
7.	Запишіть рівняння діючого значення несинусоїдної напруги через діючі значення його окремих гармонік.	
<p>До ділянки електричного кола прикладена напруга $u = 100 + 141 \sin \omega t + 70,5 \sin \omega t$ В, під дією якого проходить струм $i = 10 + 14,1 \sin(\omega t - 30^\circ) + 7,05 \sin(\omega t - 30^\circ)$ А.</p>		
8.	Визначте діюче значення несинусоїдної напруги у вольтах.	
9.	Визначте діюче значення несинусоїдного струму в амперах.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
10.	Що розуміється під коефіцієнтом форми несинусоїдної напруги?	
11.	Запишіть формулу для визначення коефіцієнта форми несинусоїдної напруги.	
12.	Чому дорівнює коефіцієнт форми синусоїдної напруги?	
13.	Що розуміється під коефіцієнтом амплітуди несинусоїдної напруги?	
14.	Запишіть формулу для визначення коефіцієнта амплітуди несинусоїдної напруги.	
15.	Чому дорівнює коефіцієнт амплітуди синусоїдної напруги?	
16.	Що розуміється під коефіцієнтом скривлення несинусоїдної напруги?	
17.	Запишіть формулу для визначення коефіцієнта скривлення несинусоїдної напруги.	
18.	Чому дорівнює коефіцієнт скривлення синусоїдної напруги?	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{нечет}} - \sum_{\text{чет}} = 9$.

Таблиця 12.1а

Номер відповіді	Відповіді
1.	Постійною складовою або нульовою гармонікою.
2.	Вищі гармоніки.
3.	$\sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_k^2}$.
4.	$A_0 + A_{1m} \cdot \sin(\omega t + \psi_1) + A_{2m} \cdot \sin(2 \cdot \omega t + \psi_2) + \dots + A_{km} \cdot \sin(k \cdot \omega t + \psi_k)$.
5.	$\sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_k^2}$.
6.	Основною синусоїдою або першою гармонікою.
7.	150.
8.	Еквівалентний постійний струм, що, проходячи по колу з тим же опором, виділяє за період таку ж кількість тепла, що й змінний несинусоїдний струм.
9.	Відношення діючого значення напруги до його середнього значення.
10.	15.
11.	Відношення максимального значення напруги до його діючого значення.
12.	$\frac{A_m}{A}$.
13.	1,11.
14.	$\frac{A}{A_{cp}}$.
15.	1,41.
16.	1.
17.	$\frac{A_1}{A}$.
18.	Відношення діючого значення основної гармоніки напруги до діючого значення несинусоїдної напруги.

12.3. Розрахунок кіл з несинусоїдними електрорушійними силами і струмами

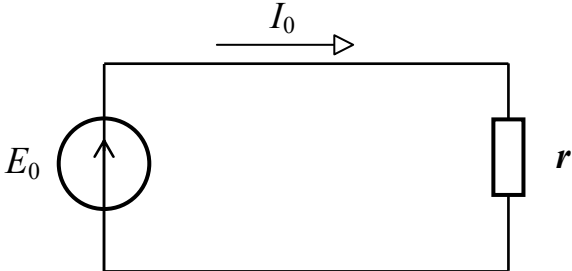
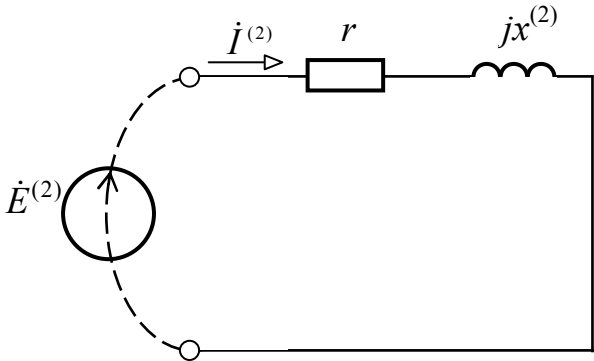
Таблиця 12.2

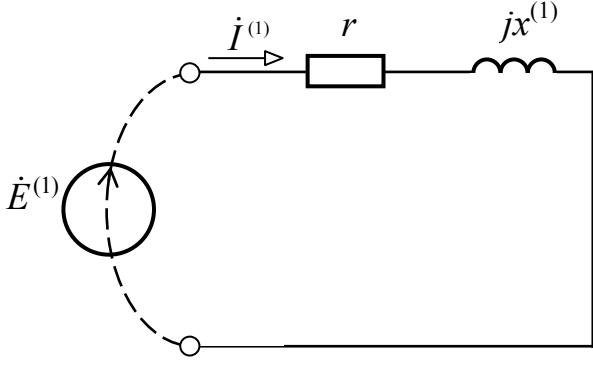
Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Запишіть алгоритм визначення струму в однофазному нерозгалуженому електричному колі з несинусоїдною електрорушійною силою.	
2.	Запишіть закон Ома для амплітудних значень k -ї гармоніки для кола з активним опором, індуктивністю і ємністю.	
<p>На даній розрахунковій схемі: ідеальне джерело виробляє несинусоїдну електрорушійну силу $e = E_0 + E_{1m} \cdot \sin \cdot \omega t + E_{2m} \cdot \sin 2 \cdot \omega t$; до затискачів підключено: резистор з активним опором – r та котушка з індуктивністю – L; у колі протікає несинусоїдний струм i.</p> 		
3.	Запишіть електрорушійну силу нульової гармоніки.	
4.	Складіть розрахункову схему для нульової гармоніки.	
5.	Запишіть рівняння для визначення індуктивного опору для нульової гармоніки.	
6.	Запишіть закон Ома для нульової гармоніки.	
7.	Запишіть миттєве значення електрорушійної сили першої гармоніки.	
8.	Складіть розрахункову схему для першої гармоніки в комплексній формі.	
9.	Запишіть рівняння для визначення індуктивного опору для першої гармоніки.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
10.	Запишіть закон Ома для діючих значень першої гармоніки в комплексній формі.	
11.	Запишіть електрорушійну силу другої гармоніки.	
12.	Складіть розрахункову схему для другої гармоніки в комплексній формі.	
13.	Запишіть рівняння для визначення індуктивного опору для другої гармоніки.	
14.	Запишіть закон Ома для діючих значень другої гармоніки в комплексній формі.	
15.	Запишіть миттєве значення струму в даному колі.	

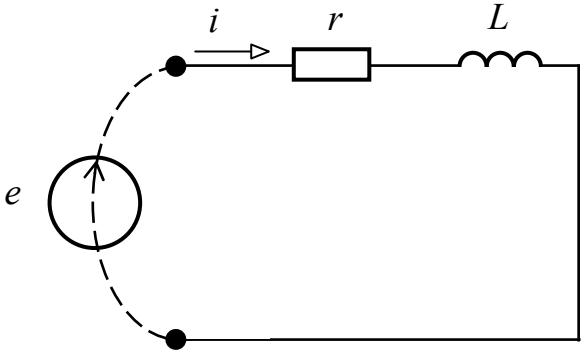
При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 34$.

Таблиця 12.2а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$I_{km} = \frac{U_{km}}{\sqrt{r^2 + \left(k \cdot \omega \cdot L - \frac{1}{k \cdot \omega \cdot C}\right)^2}}$
2.	
3.	$\frac{\dot{E}^{(1)}}{r + jx^{(1)}}$
4.	$\frac{E_0}{r}$
5.	<ul style="list-style-type: none"> - несинусоїдну е.р.с розкладаємо в гармонійний ряд; - джерело несинусоїдної е.р.с розглядається як послідовне з'єднання джерел постійної е.р.с і джерел синусоїдальних е.р.с з різними частотами; - розрахунок ведемо для кожного джерела (гармоніки) окремо; - використовуючи принцип суперпозиції, знаходимо загальний несинусоїдний струм.
6.	$1 \cdot \omega \cdot L.$
7.	$E_0.$
8.	$0 \cdot \omega \cdot L.$
9.	

Номер відповіді	Відповіді
10.	$2 \cdot \omega \cdot L.$
11.	
12.	$e_1 = E_{1m} \cdot \sin \omega t.$
13.	$\frac{\dot{E}^{(2)}}{r + jx^{(2)}}$
14.	$e_2 = E_{2m} \cdot \sin \cdot 2 \cdot \omega t.$
15.	$I_0 + I_{1m} \sin(\omega \cdot t - \varphi_1) + I_{2m} \sin(2 \cdot \omega \cdot t - \varphi_2).$

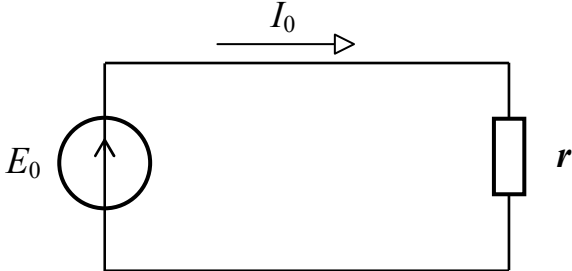
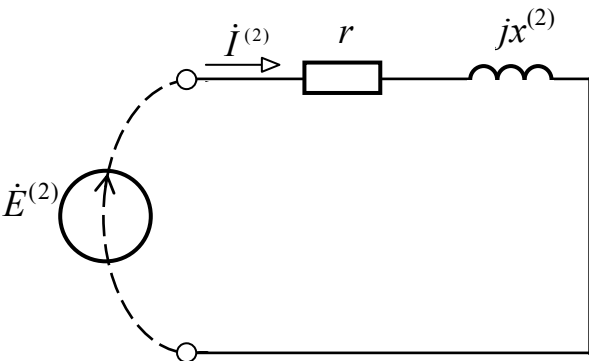
Таблиця 12.3

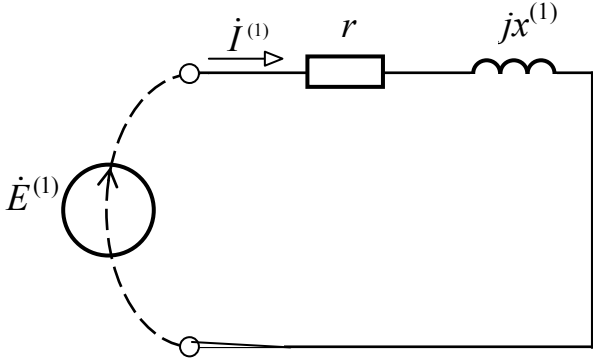
Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
	<p>Для даної розрахункової схеми відомо: електрорушійна сила джерела $e = 200 + 141 \cdot \sin \omega t + 70,7 \cdot \sin 2 \cdot \omega t$ В; активний опір $r = 4$ Ом ; індуктивність $L = 9,55$ мГн; частота струму основної гармоніки $f = 50$ Гц.</p> 	
1.	Запишіть електрорушійну силу нульової гармоніки у вольтах.	
2.	Складіть розрахункову схему для нульової гармоніки.	
3.	Визначте індуктивний опір для нульової гармоніки в омах.	
4.	Визначте струм нульової гармоніки в амперах.	
5.	Запишіть комплекс діючого значення електрорушійної сили першої гармоніки у вольтах.	
6.	Складіть розрахункову схему для першої гармоніки в комплексній формі.	
7.	Визначте індуктивний опір для першої гармоніки в омах.	
8.	Визначте комплекс повного опору кола для першої гармоніки в омах.	
9.	Визначте комплекс діючого значення струму першої гармоніки в амперах.	
10.	Запишіть комплекс діючого значення електрорушійної сили другої гармоніки в вольтах.	
11.	Складіть розрахункову схему для другої гармоніки в комплексній формі.	

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
12.	Визначте індуктивний опір для другої гармоніки в омах.	
13.	Визначте комплекс повного опору кола для другої гармоніки в омах.	
14.	Визначте комплекс діючого значення струму другої гармоніки в амперах.	
15.	Запишіть миттєве значення струму в даному ланцюзі в амперах.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 28$.

Таблиця 12.3а

Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	$5 \cdot e^{j37^\circ}$
3.	50.
4.	3.
5.	200.
6.	0.
7.	
8.	6.

Номер відповіді	Відповіді
9.	
10.	100.
11.	$7 e^{-j^{56^\circ}}$.
12.	50.
13.	$20 e^{-j^{37^\circ}}$.
14.	$50 + 28,2 \sin(\omega \cdot t - 37^\circ) + 9,87 \sin(2 \cdot \omega \cdot t - 56^\circ)$.
15.	$7,21 \cdot e^{j^{56^\circ}}$.

12.4. Потужність і коефіцієнт потужності при несинусоїдних струмах

Таблиця 12.4

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Чому дорівнює активна потужність несинусоїдного струму?	
2.	Запишіть рівняння для визначення активної потужності, якщо напруга й струм записані у вигляді рядів Фур'є.	
3.	Чому дорівнює повна потужність несинусоїдного струму?	
4.	Запишіть рівняння для визначення повної потужності несинусоїдного струму.	
5.	Запишіть рівняння для визначення еквівалентного коефіцієнта потужності несинусоїдного струму.	
6.	Чому дорівнює реактивна потужність несинусоїдного струму?	
7.	Запишіть рівняння для визначення реактивної потужності, якщо напруга й струм записані у вигляді рядів Фур'є.	
8.	Запишіть рівняння для визначення потужності скривлення для несинусоїдного струму.	
9.	Складіть алгоритм перетворення кола з несинусоїдною електрорушійною силою в еквівалентне коло з синусоїдною електрорушійною силою.	
До ділянки електричного кола прикладена напруга $u = 100 + 141 \sin \omega t + 70,5 \sin \omega t$ В, під дією якої проходить струм $i = 10 + 14,1 \sin(\omega t - 30^\circ) + 7,05 \sin(\omega t - 30^\circ)$ А.		
10.	Визначте діюче значення несинусоїдної напруги у вольтах.	
11.	Визначте діюче значення несинусоїдного струму в амперах.	
12.	Визначте активну потужність, що споживає дане коло у ватах.	
13.	Визначте еквівалентний коефіцієнт потужності.	
14.	Визначте еквівалентний кут зсуву фаз.	
15.	Визначте миттєве значення еквівалентної напруги у вольтах.	
16.	Визначте миттєве значення еквівалентного струму в амперах.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 20$.

Таблиця 12.4а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$U_0 \cdot I_0 + U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 + U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + \dots + U_k \cdot I_k \cdot \cos \varphi_k.$
2.	Сумі реактивних потужностей окремих гармонік.
3.	$U \cdot I.$
4.	$\sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}.$
5.	Добутку діючих значень напруги й струму.
6.	Сумі активних потужностей окремих гармонік.
7.	<ul style="list-style-type: none"> - визначаємо діюче значення несинусоїдної напруги; - визначаємо діюче значення несинусоїдного струму; - визначаємо активну потужність кола для несинусоїдного струму; - визначаємо еквівалентний коефіцієнт потужності; - записуємо миттєве значення еквівалентної напруги; - записуємо миттєве значення еквівалентного струму; - визначаємо потужність скривлення.
8.	$\frac{P}{U \cdot I}.$
9.	$U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1 + U_2 \cdot I_2 \cdot \sin \varphi_2 + \dots + U_k \cdot I_k \cdot \sin \varphi_k.$
10.	2082,5.
11.	150.
12.	22°.
13.	211,5 · sin ωt.
14.	15.
15.	21,15 · sin(ωt - 22°).
16.	0,926.

12.5. Вищі гармоніки в трифазних системах

Таблиця 12.5

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Запишіть миттєві значення фазних напруг у трифазній системі для k -ої гармоніки.	
2.	Запишіть миттєві значення фазних напруг у трифазній системі для третьої гармоніки.	
3.	Яку симетричну складову створюють гармоніки, які кратні трьом?	
4.	Запишіть миттєві значення фазних напруг у трифазній системі для першої гармоніки.	
5.	Яку симетричну складову створюють гармоніки, які кратні трьом плюс одиниця?	
6.	Запишіть миттєві значення фазних напруг у трифазній системі для другої гармоніки.	
7.	Яку симетричну складову створюють гармоніки, які кратні трьом мінус одиниця?	
8.	Які вищі гармоніки мають напруги й струми, якщо вони симетричні відносно вісі абсцис?	
9.	Запишіть рівняння для визначення фазних напруг чотирипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою через напруги вищих гармонік.	
10.	Запишіть рівняння для визначення лінійних напруг чотирипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою через напруги вищих гармонік.	
11.	Які вищі гармоніки відсутні в лінійних напругах чотирипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою?	
12.	Запишіть співвідношення між лінійною напругою й фазною напругою при чотирипровідній трифазній системі.	
13.	Запишіть рівняння для визначення струму в нейтральному проводі чотирипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою через струми вищих гармонік?	
14.	Запишіть рівняння для визначення фазних і лінійних струмів чотирипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою через струми вищих гармонік?	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 33$.

Таблиця 12.5а

Номер відповіді	Відповіді
1.	$u_{A1} = U_{1m} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_1);$ $u_{B1} = U_{1m} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_1 - \frac{2 \cdot \pi}{3});$ $u_{C1} = U_{1m} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_1 + \frac{2 \cdot \pi}{3}).$
2.	$u_{A2} = U_{2m} \cdot \sin(2 \cdot \omega \cdot t + \psi_2);$ $u_{B2} = U_{2m} \cdot \sin(2 \cdot \omega \cdot t + \psi_2 + \frac{2 \cdot \pi}{3});$ $u_{C2} = U_{2m} \cdot \sin(2 \cdot \omega \cdot t + \psi_2 - \frac{2 \cdot \pi}{3}).$
3.	$u_{A3} = U_{3m} \cdot \sin(3 \cdot \omega \cdot t + \psi_3);$ $u_{B3} = U_{3m} \cdot \sin(3 \cdot \omega \cdot t + \psi_3);$ $u_{C3} = U_{3m} \cdot \sin(3 \cdot \omega \cdot t + \psi_3).$
4.	Непарні.
5.	$\sqrt{3} \cdot \sqrt{U_1^2 + U_5^2 + U_7^2 + U_{11}^2 + \dots}$
6.	$u_{Ak} = U_{km} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t + \psi_k);$ $u_{Bk} = U_{km} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t + \psi_k - \frac{2 \cdot \pi \cdot k}{3});$ $u_{Ck} = U_{km} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t + \psi_k + \frac{2 \cdot \pi \cdot k}{3}).$
7.	Симетричну систему прямої послідовності.
8.	Симетричну систему нульової послідовності.
9.	Симетричну систему зворотної послідовності.
10.	$U_{\bar{e}} < \sqrt{3} \cdot U_{\bar{o}}.$
11.	$\sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 \dots}$
12.	$\sqrt{U_1^2 + U_3^2 + U_5^2 + U_7^2 + U_9^2 + \dots}$
13.	$3 \cdot \sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + \dots}$
14.	Парні й кратні трьом.

Таблиця 12.6

Номер запитання, завдання	Запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	Запишіть рівняння для визначення фазних і лінійних струмів трипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою через струми вищих гармонік.	
2.	Які вищі гармоніки відсутні у фазних і лінійних струмах трипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою?	
3.	Запишіть рівняння для визначення фазних напруг трипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою через напруги вищих гармонік.	
4.	Запишіть рівняння для визначення напруги зміщення нейтралі трипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою через напруги вищих гармонік.	
5.	Які вищі гармоніки має напруга зміщення нейтралі трипровідної трифазної системи при з'єднанні зіркою?	
6.	Запишіть рівняння для визначення результуючої електрорушійної сили джерела при з'єднанні його обмоток трикутником через електрорушійні сили вищих гармонік.	
7.	Запишіть рівняння для визначення фазних (лінійних) напруг ідеального джерела при з'єднанні його обмоток трикутником через електрорушійні сили вищих гармонік.	
8.	Запишіть рівняння для визначення фазних струмів ідеального джерела при з'єднанні його обмоток трикутником через струми вищих гармонік.	
9.	Запишіть рівняння для визначення лінійних струмів трипровідної системи при з'єднанні трикутником через струми вищих гармонік.	
10.	Запишіть співвідношення між лінійним струмом і фазним струмом.	

При правильному виконанні завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 19$.

Таблиця 12.6а

Номер відповіді	Відповіді
1.	Парні й кратні трьом.
2.	$\sqrt{U_3^2 + U_9^2 + U_{15}^2 + \dots}$
3.	$3 \cdot \sqrt{E_3^2 + E_9^2 + E_{15}^2 + \dots}$
4.	$\sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_{11}^2 + \dots}$
5.	$\sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 \dots}$
6.	$\sqrt{U_1^2 + U_5^2 + U_7^2 + U_{11}^2 + \dots}$
7.	$I_{\bar{e}} < \sqrt{3} \cdot I_{\delta}$
8.	Кратні трьом.
9.	$\sqrt{E_1^2 + E_5^2 + E_7^2 + E_{11}^2 + \dots}$
10.	$\sqrt{3} \cdot \sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_{11}^2 + \dots}$

Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання

Умова

Однофазне електричне коло підключене до джерела змінної несинусоїдної напруги. Електричне коло складається з котушки K и послідовно включеного ідеального конденсатора C . У загальному колі включені амперметр, ватметр і вольтметр.

Миттєве значення напруги на затискачах джерела u . Параметри котушки: активний опір – r ; індуктивність – L . Параметр ідеального конденсатора – ємність C . Частота основної гармоніки $f = 50$ Гц.

Завдання

1. Складіть принципову електричну схему описаного електричного кола. Окремі елементи кола виділіть жирними лініями, а їхні з'єднуючі проводи - тонкими лініями.
2. Складіть розрахункову схему електричного кола для миттєвих значень, прийнявши наступні допущення:
 - опорами проводів, що з'єднують елементи кола, зневажити;
 - опорами амперметра й вольтметра, обмоткою ватметра зневажити;
 - опори вольтметра й обмотки напруги ватметра вважати рівними нескінченності.
3. Запишіть напругу нульової гармоніки.
4. Визначте реактивний опір кола для нульової гармоніки $x^{(0)}$.
5. Складіть розрахункову схему електричного кола для нульової гармоніки.
6. Розрахуйте силу струму нульової гармоніки.
7. Розрахуйте потужність для нульової гармоніки.
8. Запишіть миттєве значення напруги основної гармоніки.
9. Визначте реактивний опір кола для основної гармоніки $x^{(1)}$.

10. Складіть розрахункову схему електричного кола для основної гармоніки в комплексній формі.
11. Розрахуйте комплекс діючого значення сили струму основної гармоніки.
12. Запишіть миттєве значення сили струму основної гармоніки.
13. Розрахуйте комплекс повної потужності основної гармоніки.
14. Запишіть значення активної потужності основної гармоніки.
15. Запишіть значення реактивної потужності основної гармоніки.
16. Запишіть миттєве значення напруги третьої гармоніки.
17. Визначте реактивний опір кола для третьої гармоніки $x^{(3)}$.
18. Складіть розрахункову схему електричного кола для третьої гармоніки в комплексній формі.
19. Розрахуйте комплекс діючого значення сили струму третьої гармоніки.
20. Запишіть миттєве значення сили струму третьої гармоніки.
21. Розрахуйте комплекс повної потужності третьої гармоніки.
22. Запишіть значення активної потужності третьої гармоніки.
23. Запишіть значення реактивної потужності третьої гармоніки.
24. Запишіть миттєве значення сили несинусоїдного струму кола.
25. Визначте показання амперметра.
26. Визначте показання вольтметра.
27. Визначте показання ватметра.
28. Визначте потужність скривлення.

Варіанти вихідних даних
до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання

Таблиця 12.7

Номер варіанта	Вихідні дані			
	<i>u</i>	<i>r</i>	<i>L</i>	<i>C</i>
	<i>B</i>	<i>Ом</i>	<i>мГн</i>	<i>мкФ</i>
1	$100+141\sin\omega\cdot t + 70,7\sin3\omega\cdot t$	6	31,8	796,2
2	$200+282\sin\omega\cdot t + 141\sin3\omega\cdot t$	6	6,37	176,9
3	$200+141\sin\omega\cdot t + 70,7\sin3\omega\cdot t$	12	63,69	796,2
4	$127+141\sin\omega\cdot t +179\sin3\omega\cdot t$	16	63,69	398,1
5	$127+141\sin\omega\cdot t +70,7\sin3\omega\cdot t$	6	31,8	796,2
6	$100+141\sin\omega\cdot t + 70,7\sin3\omega\cdot t$	12	63,69	796,2
7	$200+282\sin\omega\cdot t + 141\sin3\omega\cdot t$	6	6,37	176,9
8	$200+141\sin\omega\cdot t + 70,7\sin3\omega\cdot t$	16	63,69	398,1
9	$127+141\sin\omega\cdot t +179\sin3\omega\cdot t$	3	31,8	530,8
10	$100+141\sin\omega\cdot t + 70,7\sin3\omega\cdot t$	6	31,8	796,2
11	$127+141\sin\omega\cdot t +179\sin3\omega\cdot t$	3	31,8	530,8
12	$200+282\sin\omega\cdot t + 141\sin3\omega\cdot t$	12	63,69	796,2
13	$127+141\sin\omega\cdot t +179\sin3\omega\cdot t$	6	31,8	796,2
14	$200+141\sin\omega\cdot t + 70,7\sin3\omega\cdot t$	16	63,69	398,1
15	$100+141\sin\omega\cdot t + 70,7\sin3\omega\cdot t$	6	6,37	176,9

ЛІТЕРАТУРА

1. **Овчаров В.В.** Теоретичні основи електротехніки. ч.2 /В.В. Овчаров – Мелітополь: 2007, - 215 с.

№ п/п	Види завдань	Тижні семестру															
		9		10		11		12		13		14		15		16	
1	Тема і розділи теоретичного матеріалу	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10
		10.1-10.2	10.3	10.4	10.5-10.6	11.1-11.2	11.3-11.4	11.3-11.4	11.3-11.4	12.1	12.1	12.2	12.3	12.4-12.5	12.6	12.7	12.7
2	Номери таблиць завдань інформаційно-репродуктивного і практично-стереотипного характеру	9.12	9.13	10.1-10.2	10.3	10.4				11.1	11.2	11.3		12.1	12.2-12.3	12.4-12.6	
3	Номери завдань експериментального характеру		T9 3				T10 1										
4	Пункти тематичного комплексного кваліфікаційного завдання		1-35				1-31					1-29					1-28

Методичні вказівки виконання завдань СРС

Вивчивши теоретичний матеріал з відповідної теми, приступаємо до самоперевірки своїх знань і вмінь шляхом виконання навчаюче – контролюючих завдань.

Для прикладу розглянемо порядок виконання завдань розділу 8.1 теми 8.

Прочитаємо с таблиці 8.1 перше запитання: «Яке явище лежить в основі принципу дії трифазного генератора змінного синусоїдального струму?». З таблиці 8.1а находимо з нашої точки зору вірну відповідь за номером 4: «Явище електромагнітної індукції». Цифру 4 проставляємо у графу «Номер вірної відповіді» таблиці 8.1 на перше запитання.

Таким чином поступаємо з кожним запитанням і завданням. В результаті ми отримаємо всі вірні з нашої точки зору відповіді на всі запитання і завдання.

Номер запитання, завдання	Номер вірної відповіді
1.	4
2.	7
3.	10
4.	1
5.	12
6.	9
7.	2
8.	8
9.	6
10.	3
11.	16
12.	5
13.	14
14.	13
15.	15
16.	11

Тепер знаходимо суму всіх номерів вірних відповідей на непарні запитання і завдання: $\sum i_{i\ddot{i}\ddot{i}\delta} = 4 + 10 + 12 + 2 + 6 + 16 + 14 + 15 = 79$.

Далі знаходимо суму всіх номерів вірних відповідей на парні запитання і завдання: $\sum i_{\ddot{i}\delta} = 7 + 1 + 9 + 8 + 3 + 5 + 13 + 11 = 57$.

Знаходимо різницю сум: $\sum i_{i\ddot{i}\ddot{i}\delta} - \sum i_{\ddot{i}\delta} = 79 - 57 = 22$.

У нашому випадку цифра 22 співпала з цифрою різниці сум під таблицею 8.1. Це свідчить про те, що відповіді дійсно вірні.

Експериментальні дослідження пропонується провести самим студентам, для чого вони самостійно за умовою завдання складають принципову електричну схему експериментальної установки, продумують, як необхідно провести експеримент і проаналізувати отримані результати.