

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЧЕРНІГІВСЬКИЙ КОЛЕГІУМ» імені Т.Г.ШЕВЧЕНКА

**Кафедра
технологічної освіти
та інформатики**

М. ХОВРИЧ

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ
РОБІТ З КУРСУ**

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ЧАСТИНА 1

Чернігів
2018

УДК 621.3 (072)

ББК 32

X 68

Рецензенти:

Торубара О.М., декан технологічного факультету, доктор педагогічних наук, професор кафедри професійної освіти та безпеки життєдіяльності Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка

Дятлов Ю.В., завідувач кафедри фізики та астрономії, кандидат історичних наук, доцент Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка

Ховрич М.О.

X 68 «Електротехніка». Навчально-методичний посібник для підготовки бакалавра напрямку 014.10 Середня освіта (Трудове навчання та технології), 015.20, 015.21 Професійна освіта. Частина 1. – Чернігів: Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка, 2018. –79 с.

УДК 621.3 (072)

ББК 32

Рекомендовано до друку Вченою радою
технологічного факультету
Національного університету «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г.Шевченка
(протокол № 5 від 21 грудня 2018 року)

© М. О. Ховрич, 2018

ДАНІ ПРО СТУДЕНТА

(прізвище)

(ім'я)

(по-батькові)

(група)

Номер та назва лабораторної роботи	Дата виконання	Дата захисту	Бали	Підпис викладача
1. Дослідження кола змінного струму з послідовним з'єднанням споживачів				
2. Дослідження кола з паралельним з'єднанням споживачів				
3. Дослідження трифазного кола при з'єднанні споживачів електроенергії зіркою				
4. Дослідження трифазного кола при з'єднанні споживачів електроенергії трикутником				
5. Вивчення електровимірних приладів				
6. Вимірювання електричної енергії в колах однофазного змінного струму.				
7. Вивчення ампервольт-омметрів (АВО метрів).				
8. Вимірювання опорів постійному та змінному струму.				

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ З ПОСЛІДОВНИМ
З'ЄДНАННЯМ СПОЖИВАЧІВ**

Мета роботи: 1. Навчитись складати кола змінного струму з послідовним з'єднанням споживачів електричної енергії.

2. Дослідити коло змінного струму з послідовним з'єднанням споживачів з різним характером опорів.

3. Дослідити явище резонансу напруг.

Знати: основні співвідношення між електричними величинами при послідовному з'єднанні споживачів.

Вміти: складати та досліджувати коло з послідовним з'єднанням R, L, C ; розраховувати електричні параметри при послідовному з'єднанні споживачів; будувати векторні діаграми.

Обладнання: 1. Амперметр (0 – 2А). 2. Вольтметри (0-75-150-300-600 В) – 3 шт. 3. Ватметр (1, 2А; 150, 300 В). 4. ЛАТР – 9 А. 5. Котушка індуктивності. 6. Реостати. 7. Батарея конденсаторів.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

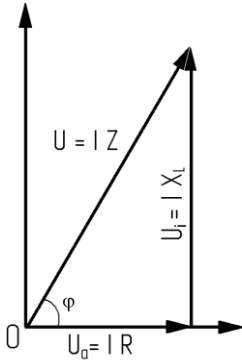
Якщо коло змінного струму включає реостат (резистор), лампу розжарення, нагрівну спіраль то воно має активний опір, який

визначається так: $R = \rho \frac{l}{S}$. При наявності в колі котушки індуктивності або конденсатора воно буде мати індуктивний або ємнісний

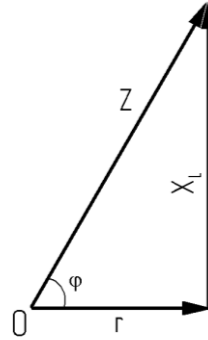
опір, які визначаються таким чином: $x_L = \omega L = 2\pi fL$; $x_C = \frac{1}{2\pi fC}$.

Зсув фаз (кут між струмом і напругою) у колі з ємністю вважають негативним, а в колі з індуктивністю – позитивним.

При послідовному з'єднанні активного та індуктивного опорів утворюється спад напруги \vec{U}_a та \vec{U}_L , відповідно на активному, та на індуктивному опорах (рис. 1а).



а



б

Рис. 1

Вектор прикладеної напруги \vec{U} дорівнює сумі векторів спадів напруг \vec{U}_a та \vec{U}_L : $\vec{U} = \vec{U}_a + \vec{U}_L$. Якщо трикутник напруг поділити на величину струму \vec{I} , то дістанемо трикутник опорів (рис. 1б). Опори величини скалярні, тому трикутник не має векторного позначення: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$.

Аналогічно можна отримати векторні діаграми для послідовного з'єднання активного та ємнісного опорів (рис. 2).

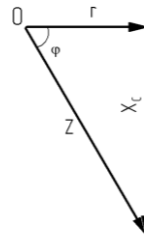
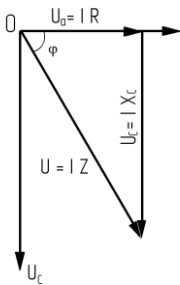


Рис. 2

При послідовному з'єднанні R, L, C (рис. 3а) діаграма буде мати більш складний вигляд (рис. 3 б).

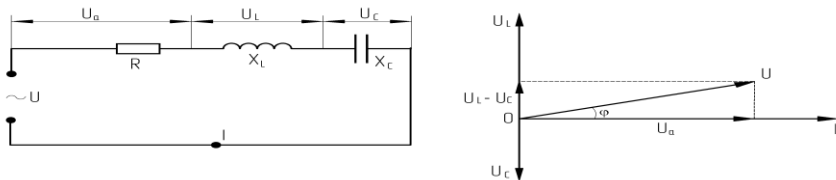


Рис. 3

При послідовному з'єднанні діаграму починають будувати з вектора струму, оскільки він однаковий для всіх елементів кола.

Основні формули для розрахунку опорів, напруг, струму та потужності у колі послідовного з'єднання будуть такі:

$$Z = \sqrt{R_2 + X_2} = \sqrt{R_2 + (X_L - X_C)^2} - \text{повний опір кола.}$$

$$U_a = IR = U \cos \varphi - \text{активна складова напруги.}$$

$$U_x = U \sin \varphi - \text{реактивна складова напруги.}$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} - \text{закон Ома.}$$

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} - \text{рівняння балансу потужностей.}$$

При послідовному з'єднанні індуктивностей і ємностей може виникнути *резонанс напруг*. Умовою резонансу є рівність індуктивного та ємнісного опорів: $X_L = X_C$, а відповідно і напруг – $\vec{U}_L = \vec{U}_C$. При цьому, незважаючи на наявність у колі реактивних опорів, від джерела не споживається реактивний струм. Реактивні спади напруги на індуктивності та ємності дорівнюють один одному і взаємно компенсуються. Прикладена напруга врівноважується тільки активним спадом напруги. При $R \ll X_L = X_C$ спади напруги на індуктивності та ємності будуть значно більшими за прикладену напругу, що може спричинити пробій ізоляції споживачів і вихід її з роботи, тому в енергетичних установках не застосовують послідовного з'єднання ємностей та індуктивностей з метою збільшення коефіцієнта потужності, оскільки зміна ємності чи індуктивності в одній з експлуатованих установок може призвести до

виникнення резонансу напруг. Резонанс напруг використовують у лініях зв'язку, радіотехніці та у високовольних лініях передач.

САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. По літературі до лабораторної роботи вивчити основні співвідношення між електричними величинами в колі з послідовним з'єднанням споживачів.
2. По інструкції до лабораторної роботи ознайомитись з порядком виконання роботи та проаналізувати дослідні схеми.
3. Розрахувати один з параметрів електричного кола при послідовному з'єднанні R, L, C згідно таблиці 1.

Табл. 1

Вар-т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U, В$	127	220	380	127	220	380	127	380	220	127
$L, Гн$	0,03	0,02	0,15	0,04	0,01	0,15	0,03	0,02	0,01	0,02
$C, мкФ$	300	200	400	100	250	450	100	500	150	200
$R, Ом$	12	15	10	20	25	30	15	25	20	15
?	I	U_a	U_L	U_C	U_L	I	U_C	U_L	U_C	U_a

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з апаратурою та вимірювальними приладами, які використовуються в роботі і записати до протоколу їх технічні характеристики.
2. Скласти схему (рис. 4). Подати напругу $U_0 = const$ (за вказівкою викладача). Виміряти величини згідно табл. 2 і записати до протоколу. Змінити опір одного з реостатів і повторити виміри.
3. В схемі (рис. 4) змінити один із реостатів (наприклад, R_2) котушкою і, ввімкнувши коло під напругу $U_0 = const$, виміряти величини, згідно табл. 3. Змінити величину опору реостата R_1 і повторити виміри. Результати занести до протоколу в табл. 3.
4. В схемі (рис. 4) замінити один із реостатів, на місце якого вмикалась котушка, батареєю конденсаторів так, щоб одержати

послідовне з'єднання активного опору і ємності. Ввімкнути коло під напругу $U = const$ і провести виміри, як і в попередньому досліді, при сталій ємності конденсаторної батареї. Результати занести до протоколу в таблицю 4.

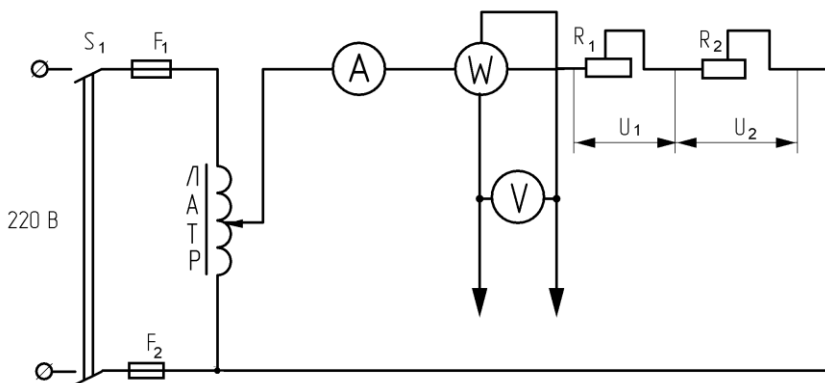


Рис. 4. Схема для послідовного з'єднання споживачів.

5. Скласти електричне коло згідно схеми на рисунку 5.

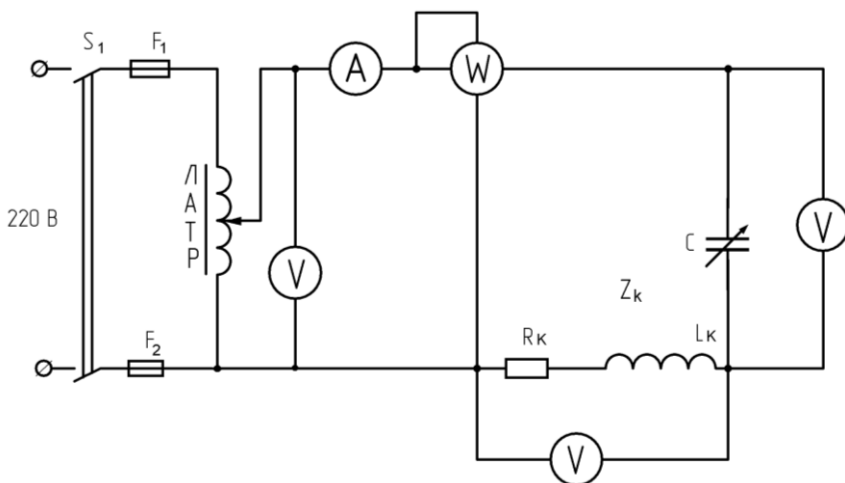


Рис. 5. Схема для дослідження резонансу напруг.

Встановити величину напруги $U_0 = const$ (за вказівкою викладача). Змінюючи величину ємності конденсаторної батареї, встановити режим резонансу напруг, про що свідчить максимальна величина струму в колі. Покази приладів при цьому, згідно табл. 5, записати до протоколу. Змінюючи ємність батареї через 2 мкф, провести вимірювання для чотирьох точок до резонансу (при ємностях, більших резонансної) та чотирьох точок після резонансу. Результати вимірів записати до протоколу в табл. 5.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Запишіть рівняння для визначення індуктивного та ємнісного опорів.
2. Запишіть рівняння: повного опору кола, закону Ома, балансу напруг та потужностей для послідовного з'єднання R, L, C .
3. Побудуйте векторні діаграми для різних режимів навантаження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка / В.А.Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К.: Вища шк., 1986. – С. 20-37.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С. 73-84.
3. Электротехника / А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк., 1987. – С. 102-127.
4. Общая электротехника: Учеб пособие для вузов / Под ред. д-ра техн. наук А.Т. Блажкина; 4-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. отд-ние, 1986. – С. 66-86.
5. Волынский Б.А. и др. Электротехника / Б.А. Волынский, Е.Н. Зейн, В.Е. Шатерников: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 83-94.

ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Результати дослідження кола з послідовним з'єднанням двох активних опорів занесіть до таблиці 2. Проведіть обчислення параметрів, вказаних в таблиці 2.

Табл. 2

№	Виміряти							Обчислити		
	I	U	U_1	U_2	P	P_1	P_2	R	R_1	R_2
1										
2										

2. Результати дослідження кола з послідовним з'єднанням активного опору та котушки індуктивності занесіть до таблиці 3. Обчисліть параметри котушки та кола.

Табл. 3

№	Дані вимірювань							Результати обчислень								
	I	U	U_1	U_2	P	P_1	P_2	Параметри котушки				Параметри кола				
								Z_k	R_k	x_k	$\cos \varphi$	R	Z	U_a	U_p	$\cos \varphi$
1																
2																

3. Результати дослідження кола з послідовним з'єднанням активного опору та батареї конденсаторів занесіть до таблиці 4. Обчисліть параметри батареї конденсаторів та кола.

Табл. 4

№	Дані вимірювань							Результати обчислень								
	I	U	U_1	U_2	P	P_1	P_2	Параметри батареї		Параметри кола						
								X_c	C	R	Z	U_a	U_p	$\cos \varphi$		
1																
2																

4. Результати дослідження кола в режимі резонансу напруг занесіть до таблиці 5.

Табл. 5

№	Дані вимірювань						Результати обчислень
	C	I	U	U_1	U_2	P	$\cos \varphi = P/UI$
1							
2							
3							
4							
5 резонанс							
6							
7							
8							
9							

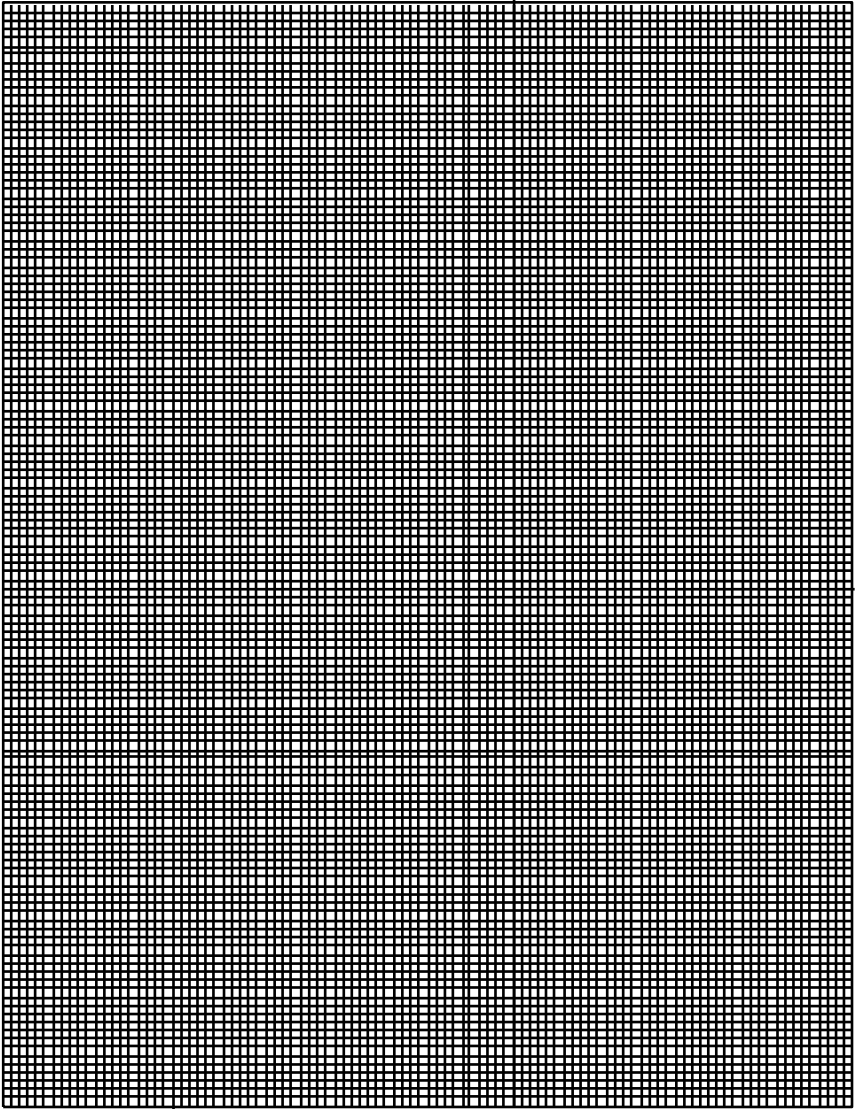
5. Побудуйте векторні діаграми методом засічок для одного з вимірювань, згідно дослідів по пунктах 2, 3, 4.

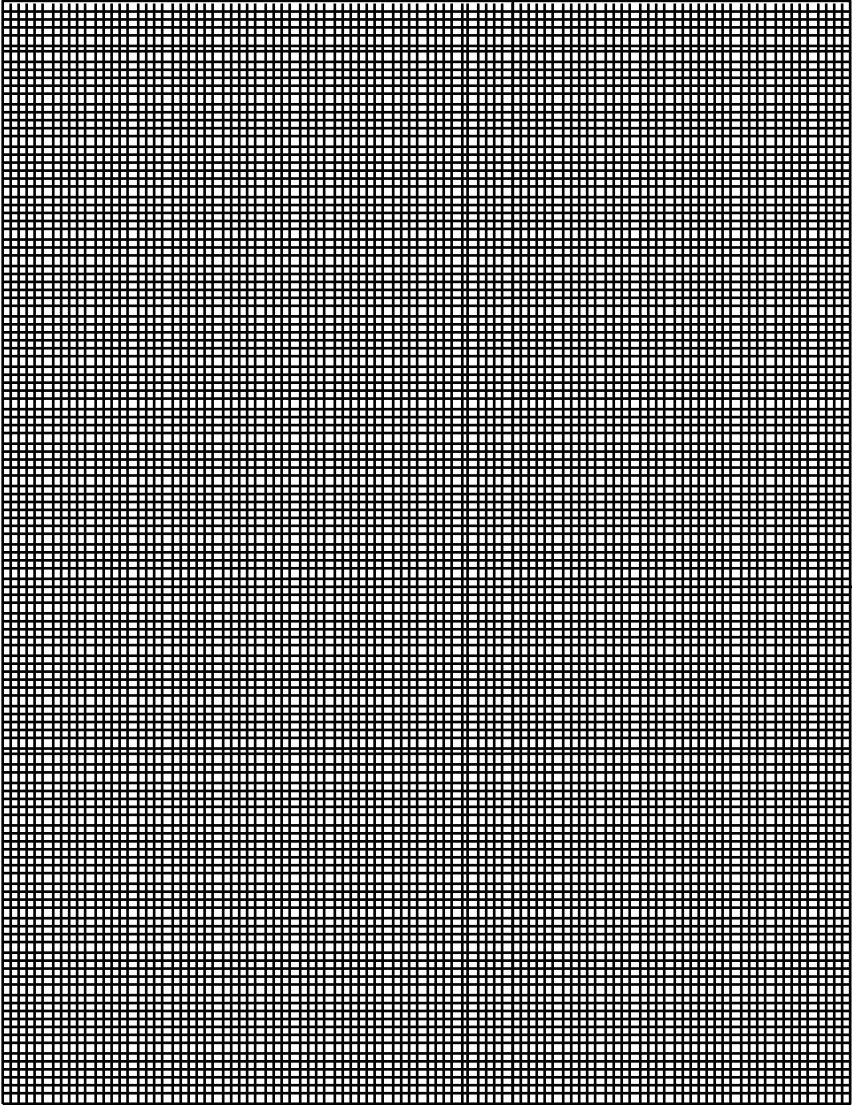
6. В одній системі координат побудуйте графіки залежностей згідно даних табл. 5. $I = f(C)$, $U_1 = f(C)$, $U_2 = f(C)$, $\cos \varphi = f(C)$.

7. Побудуйте векторні діаграми напруг, згідно дослідів пункту 5 для трьох випадків: до резонансу $x_C < x_L$, при резонансі $x_C \approx x_L$, після резонансу $x_C > x_L$

8. Зробіть висновки по роботі.

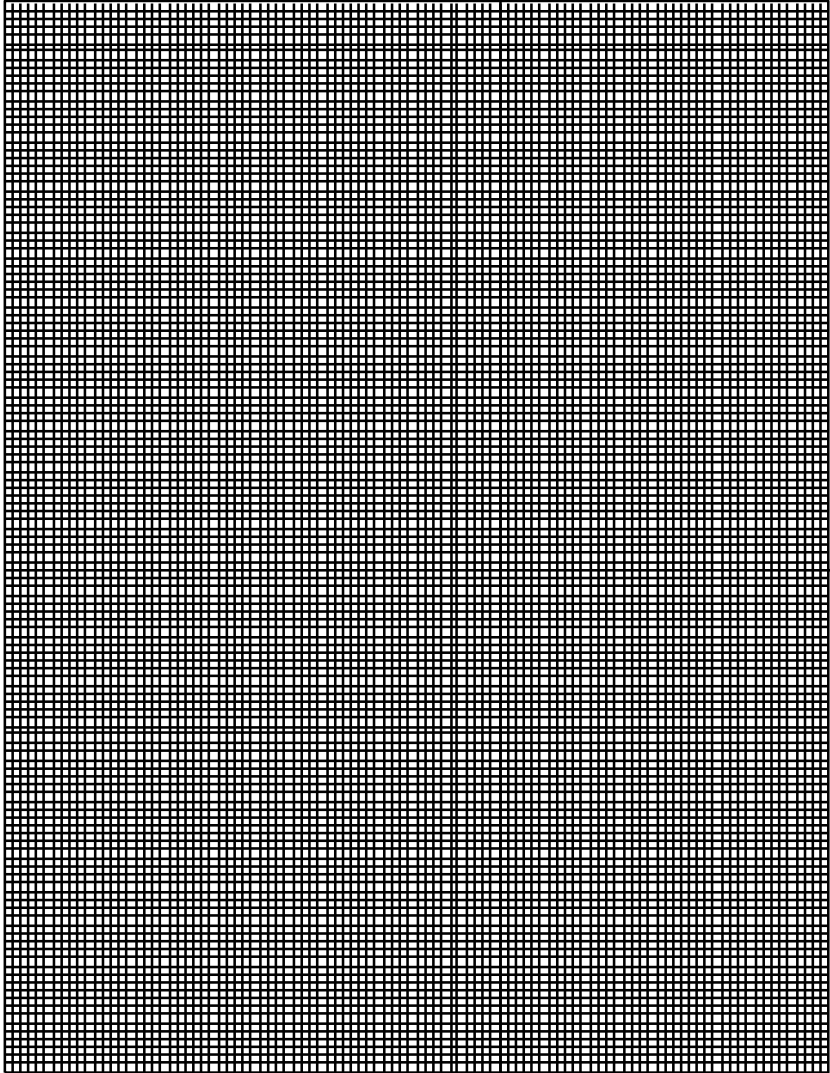
ВЕКТОРНІ ДІАГРАМИ





Графіки залежностей згідно даних табл. 5.

$$I = f(C), U_1 = f(C), U_2 = f(C), \cos \varphi = f(C)$$



РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ З ПАРАЛЕЛЬНИМ З'ЄДНАННЯМ СПОЖИВАЧІВ

Мета роботи: 1. Навчитись складати кола змінного струму з паралельним з'єднанням споживачів електричної енергії.

2. Дослідити коло змінного струму з паралельним з'єднанням споживачів з різним характером опорів.

3. Дослідити явище резонансу струму.

Знати: основні співвідношення між електричними величинами при паралельному з'єднанні споживачів.

Вміти: складати та досліджувати коло з паралельним з'єднанням R, L, C ; розраховувати електричні параметри при паралельному з'єднанні споживачів; будувати векторні діаграми.

Обладнання: 1. Амперметр (0 – 2А). 2. Вольтметр (0-75-150-300-600В). 3. Ватметр (1, 2А; 150, 300 В). 4. Котушка індуктивності. 5. Реостати. 7. Батарея конденсаторів.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

На практиці більш широко використовується паралельне з'єднання споживачів, оскільки всі споживачі електричної енергії розраховуються на певну напругу, а при паралельному з'єднанні напруга на них буде однакою. Розрахунок кіл паралельного з'єднання (рис. 1а) виконують методами провідностей і розкладання струмів на активні і реактивні складові.

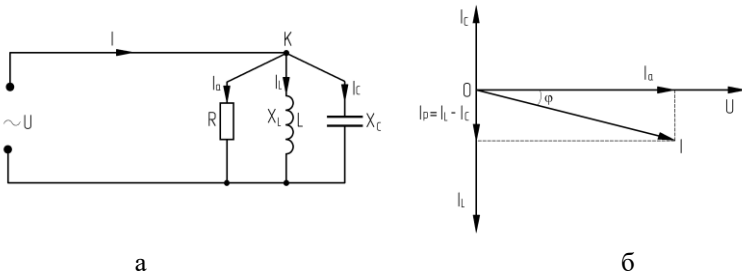


Рис. 1

Провідність – це величина обернена електричному опору. Її можна визначити, знаючи активні та реактивні струми віток (кола): $g = \frac{I_a}{U}$

– активна провідність, $b_p = \frac{I_p}{U}$ – реактивна провідність та $y = \frac{I}{U}$

– повна провідність вітки (кола). Між собою провідності пов'язані так: $y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$, $g = y \cos \varphi$, $b = y \sin \varphi$.

Закон Ома для паралельного з'єднання активного опору, індуктивності та ємності в колі змінного струму має такий вигляд:

$I = Uy = U\sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$. Знаючи опори віток (кола) можна знайти відповідні провідності віток (кола) $g = \frac{R}{Z^2}$, $b_L = \frac{X_L}{Z^2}$, $b_C = \frac{X_C}{Z^2}$.

Потужність споживачів визначають так:

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}, P = S \cos \varphi, Q = S \sin \varphi.$$

Особливий інтерес у паралельному колі викликає резонанс, умовою якого є рівність індуктивної та ємнісної провідностей: $b_L = b_C$. При цьому струм у загальній вітці кола буде мінімальним і коло буде споживати тільки активний струм. Резонанс струмів отримують, змінюючи індуктивність, ємність або частоту джерела струму. Явище резонансу широко використовують у радіотехніці, а також для підвищення $\cos \varphi$.

САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. По літературі до лабораторної роботи вивчити основні співвідношення між електричними величинами в колі з паралельним з'єднанням споживачів.

2. По інструкції до лабораторної роботи ознайомитись з порядком виконання роботи та проаналізувати дослідні схеми.

3. Розрахувати струм у загальній вітці при паралельному з'єднанні R, L, C згідно таблиці 1.

Табл. 1

Вар-т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U, В$	127	220	380	127	220	380	127	380	220	127
$L, Гн$	0,03	0,02	0,15	0,04	0,01	0,15	0,03	0,02	0,01	0,02
$C, мкФ$	300	200	400	100	250	450	100	500	150	200
$R, Ом$	12	15	10	20	25	30	15	25	20	15

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з апаратурою та вимірювальними приладами, які використовуються в роботі і записати до протоколу їх технічні характеристики.

2. Скласти розгалужене коло, згідно схеми (рис. 2). Включити коло під напругу і потенціометром встановити $U_0 = const$ (за вказівкою викладача).

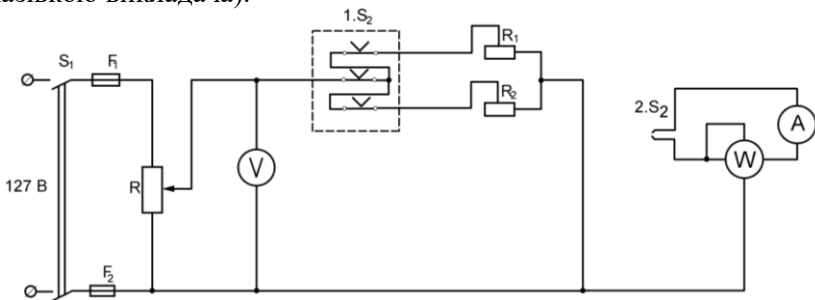


Рис. 2. Схема для дослідження паралельного з'єднання споживачів.

3. Виміряти величини згідно таблиці 2. Результати занести до протоколу. Змінити опір одного з реостатів і повторити вимірювання.

4. В схемі (рис. 2) замінити реостат R_1 котушкою індуктивності, встановивши $U_0 = const$, провести вимірювання, згідно таблиці 3. Змінити опір реостата і повторити вимірювання.

5. В схемі (рис. 2) замість котушки індуктивності включити батарею конденсаторів, ввімкнувши напругу U та встановивши

$U_0 = const$ та $C = const$ (за вказівкою викладача), виміряти вказані в таблиці 4 величини.

6. В схемі (рис. 2) реостат R_1 замінити котушкою, а реостат R_2 батареєю конденсаторів. Змінюючи ємність конденсатора, встановити в колі режим резонансу струмів. При резонансі струм у загальній вітці буде мінімальним. Провести вимірювання чотирьох точок до резонансу та чотирьох після нього, змінюючи ємність конденсатора через 2 мкФ. Результати вимірювань записати до таблиці 5.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Дайте означення провідності, та запишіть формули для її визначення.
2. Запишіть закон Ома для паралельного з'єднання R, L, C .
3. Поясніть фізичний зміст резонансу струмів.
4. Що таке коефіцієнт потужності?
5. Що впливає на значення $\cos \varphi$?
6. Побудуйте векторну діаграму для паралельного з'єднання R, L, C .

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка / В.А.Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К. Вища шк., 1986. – С. 37-44.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С. 84-88.
3. Электротехника / А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк., 1987. – С. 127-135.
4. Общая электротехника: Учеб пособие для вузов / Под ред. д-ра техн. наук А.Т. Блажкина; 4-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. отд-ние, 1986. – С. 87-91.
5. Вольнский Б.А. и др. Электротехника /Б.А. Вольнский, Е.Н. Зейн, В.Е. Шатерников: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 94-103.

ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Результати дослідження кола з паралельним з'єднанням двох активних опорів занесіть до таблиці 2. Проведіть обчислення параметрів, вказаних у таблиці.

Табл. 2

№	Дані вимірювань							Результати обчислень		
	U	I	I_1	I_2	P	P_1	P_2	q	q_1	q_2
1										
2										

2. Результати дослідження кола з паралельним з'єднанням активного опору та котушки індуктивності занесіть до таблиці 3. Обчисліть параметри котушки та кола.

Табл. 3

№	Дані вимірювань							Результати обчислень													
	U	I	I_1	I_2	P	P_1	P_2	Параметри котушки					Параметри кола								
								y_k	g_k	b_k	$\cos \varphi$	I_a	I_p	y	g	b	$\cos \varphi$	I_a	I_p		
1																					
2																					

3. Результати дослідження кола з паралельним з'єднанням активного опору та батареї конденсаторів занесіть до таблиці 4. Обчисліть параметри батареї конденсаторів та кола.

Табл. 4

№	Дані вимірювань							Результати обчислень							
	U	I	I_1	I_2	P	P_1	P_2	Пар-ри конденс.		Параметри кола					
								b_c	C	y	g	b	$\cos \varphi$	I_a	I_p
1															
2															

4. Результати дослідження кола в режимі резонансу струму занесіть до таблиці 5.

Табл. 5

№	Дані вимірювань						Результати обчислень
	C	U	I	I_1	I_2	P	$\cos \varphi = P/(UI)$
1							
2							
3							
4							
5 резо- нанс							
6							
7							
8							
9							

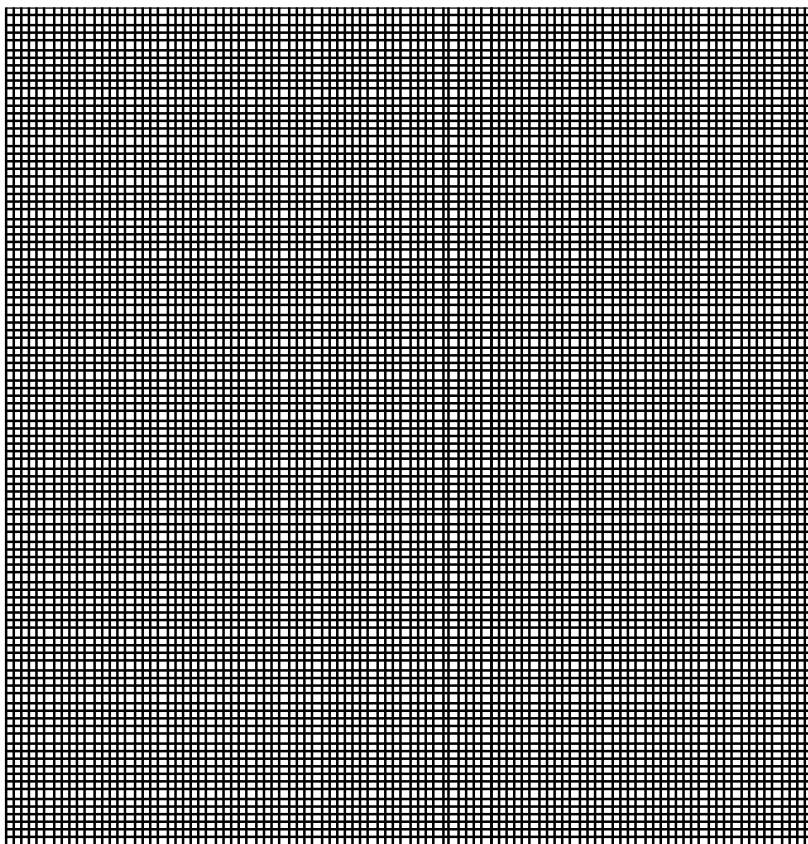
5. Побудуйте векторні діаграми методом засічок для одного з вимірювань, згідно дослідів по пунктах 3, 4, 5.

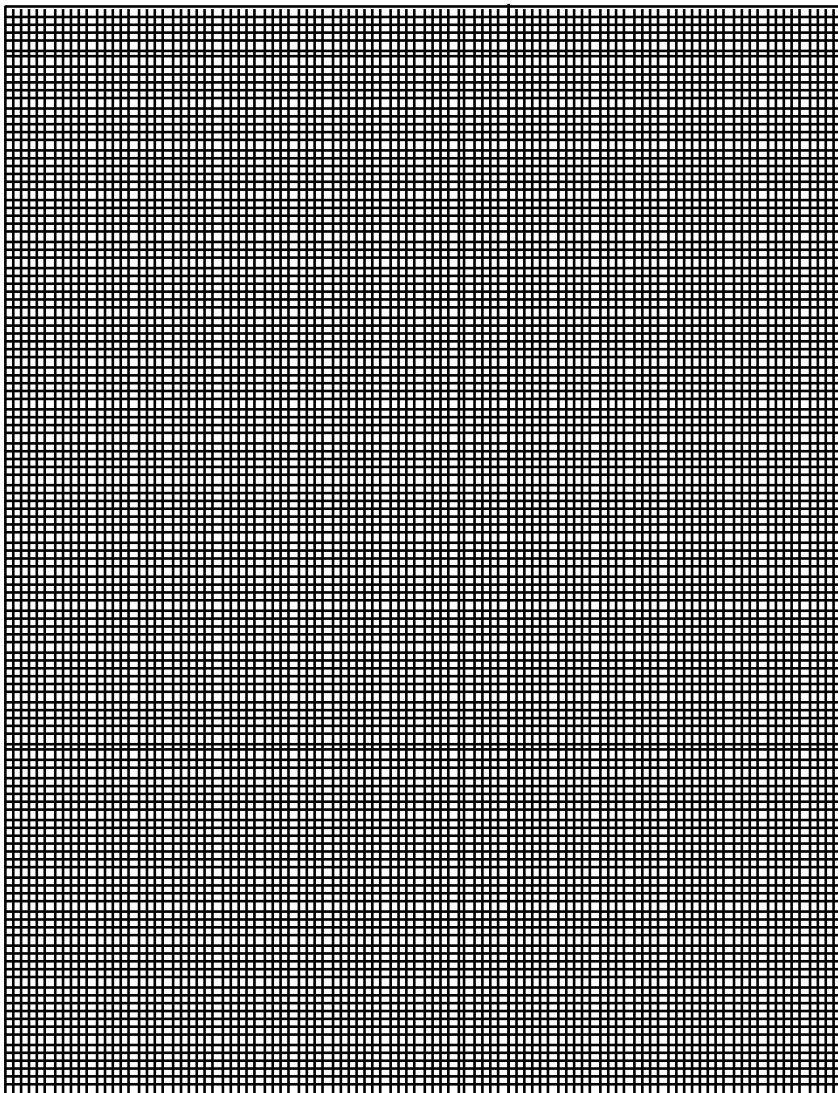
6. В одній системі координат побудуйте графіки залежностей згідно даних таблиці 5: $I = f(C), I_1 = f(C), I_2 = f(C), \cos \varphi = f(C)$.

7. Побудуйте векторні діаграми струмів для трьох вимірювань, згідно табл. 5: до резонансу – $b_L < b_C$, при резонансі – $b_L = b_C$, після резонансу – $b_L > b_C$.

8. Зробіть висновки по роботі.

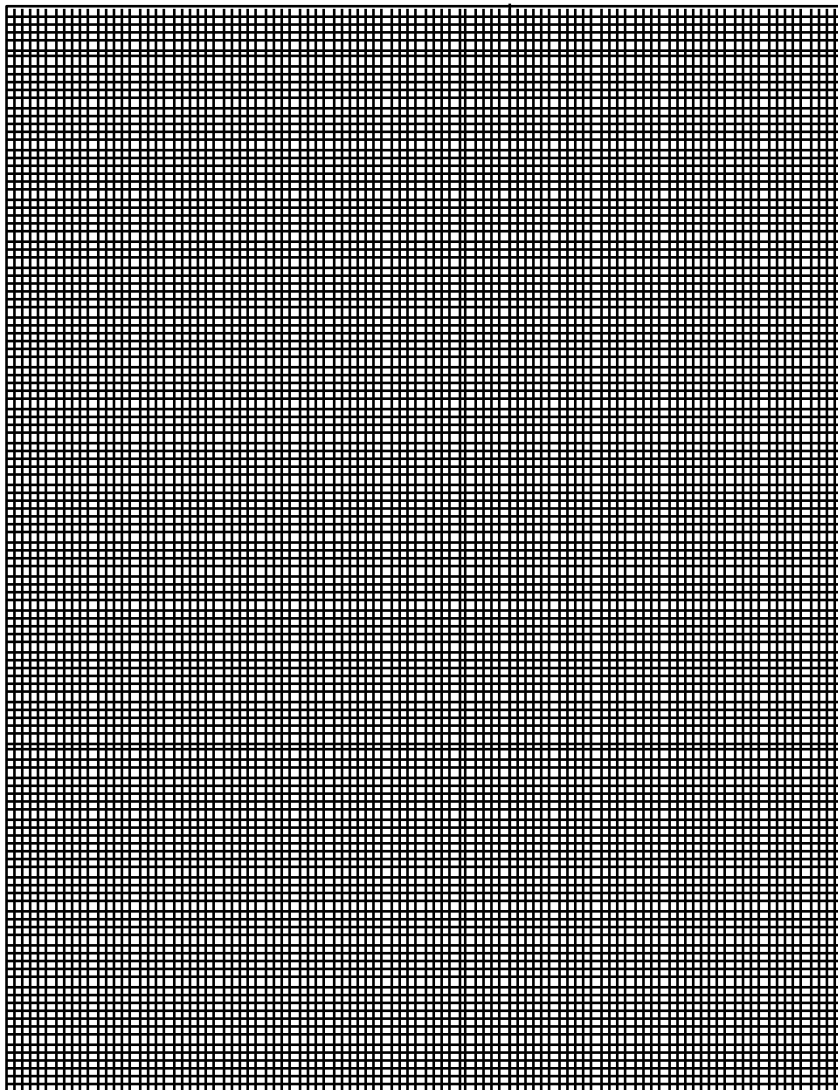
ВЕКТОРНІ ДІАГРАМИ





Графіки залежностей згідно даних таблиці 5:

$$I = f(C), I_1 = f(C), I_2 = f(C), \cos \varphi = f(C)$$



РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО КОЛА ПРИ З'ЄДНАННІ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗІРКОЮ

Мета роботи: 1. Навчитись з'єднувати однофазні споживачі зіркою з нульовим та без нульового проводу та вмикати їх у трифазну мережу.

2. Дослідити роботу трифазного кола при з'єднанні споживачів зіркою з нульовим провідником та без нього при різних навантаженнях.

Знати: основні співвідношення між електричними величинами при з'єднанні споживачів зіркою з нульовим провідником та без нього при різних навантаженнях.

Вміти: складати та досліджувати коло при з'єднанні споживачів зіркою з нульовим провідником та без нього при різних навантаженнях.

Обладнання: 1. Амперметр (0 – 2,5 – 5 А). 2. Вольтметр (0-75-150-300-600В). 3. Ватметр (2,5 – 5 А; 150, 300В). 4. Ламповий реостат. 5. Комутатор.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Системи трифазного струму є найбільш поширеними. Це пояснюється тим, що при передачі і розподілі енергії трифазні системи (особливо при симетричних навантаженнях) мають економічні переваги порівняно з іншими системами. Існує два способи з'єднання споживачів електричної енергії у трифазному колі: «зірка» та «трикутник».

З'єднання обмоток генератора (споживача) зіркою вважають таким, коли всі початки або кінці обмоток мають одну спільну, так звану нейтральну (або нульову) точку (рис. 1). Зв'язок між генератором і споживачами здійснюється електричними проводами, що йдуть від початків (кінців) усіх обмоток, а іноді й від нейтральної точки генератора. Провід, що йде від обмотки генератора до споживача, називають лінійним, а той, що йде від нейтральної (або нульової) точки, – нейтральним (або нульовим) провідником.

З'єднання зіркою буває двох видів: зірка з нульовим провідником (чотирипровідна мережа) та зірка без нульового провідника (трипровідна мережа).

При з'єднанні зіркою з нульовим провідником будемо мати два види напруг: фазну та лінійну. Фазною напругою U_{ϕ} називають напругу в генераторі між початком і кінцем фази його обмотки, на лінії – між нейтральним і будь-яким лінійним провідником чотирьох провідної системи, а в приймачі – на окремому фазному приймачі. Фазні напруги при з'єднанні зіркою з нульовим проводом будуть однакові: $U_A = U_B = U_C = U_{\phi}$.

Лінійна напруга U_L – це напруга між кінцями двох фаз генератора або приймача, а на лінії – між будь-якими лінійними провідниками.

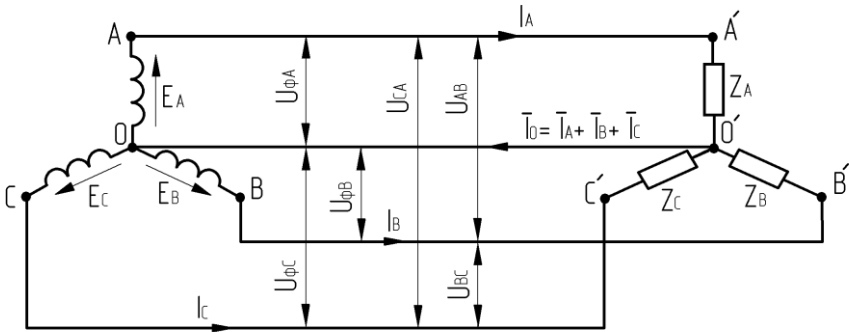


Рис. 1. З'єднання трифазної системи зіркою з нульовим провідником.

Лінійні напруги позначаються з індексами відповідних початків фаз: $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_L$. При з'єднанні зіркою (в симетричній системі) $U_L = \sqrt{3}U_{\phi}$.

Фазним струмом I_{ϕ} називають струм у фазі (генератора або приймача). Фазні струми позначаються аналогічно фазним напругам: $I_A = I_B = I_C$. Лінійний струм – це струм в будь-якому лінійному проводі. При з'єднанні зіркою лінійний і фазний струм будуть однакові: $I_L = I_{\phi}$. Струм, який проходить по нульовому провіднику $\vec{I}_0 = \vec{I}_A = \vec{I}_B = \vec{I}_C$. При симетричному навантаженні $\vec{I}_0 = 0$.

З'єднання зірка з нульовим провідником використовується, в основному, при несиметричному навантаженні.

Розрахунок трифазних кіл зручно проводити графічним методом – методом векторних діаграм. Векторну і топографічну діаграму напруг і струмів при з'єднанні зіркою трифазного (симетричного) активно-індуктивного споживача приведено на рис. 2.

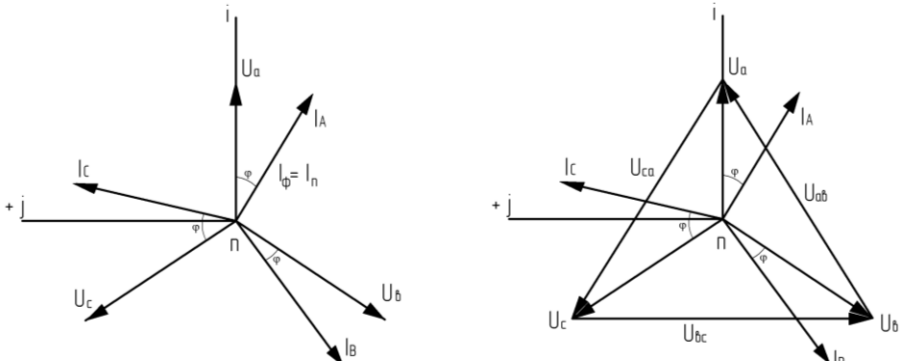


Рис. 2. Векторна і топографічна діаграма напруг і струмів при симетричному активно-індуктивному навантаженні.

САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. По літературі до лабораторної роботи вивчити основні співвідношення між електричними величинами в трифазному колі при з'єднанні споживачів зіркою.

2. По інструкції до лабораторної роботи ознайомитись з порядком виконання роботи та проаналізувати дослідні схеми.

3. Згідно даних таблиці 1 розрахувати струми для активно-індуктивного навантаження при з'єднанні споживачів по схемі зірка з нулем та побудувати векторну топографічну діаграму.

Табл. 1

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
U_{ϕ}, B	127	220	380	127	220	380	127	220	380	220
$P_A, кВт$	2,2	4,4	2,2	1,0	2,2	2,0	2,2	2,0	1,0	2,2

$P_B, \text{кВт}$	2,0	2,2	4,4	2,0	2,0	4,4	2,0	1,0	4,4	2,0
$P_C, \text{кВт}$	1,2	1,0	1,1	2,2	4,4	1,0	1,0	2,2	2,0	1,0
φ	0	15	30	45	45	30	15	0	30	45

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з апаратурою та вимірювальними приладами, які використовуються в роботі і записати до протоколу їх технічні характеристики.

2. Скласти електричне коло (рис. 3) і підготувати його до проведення дослідів.

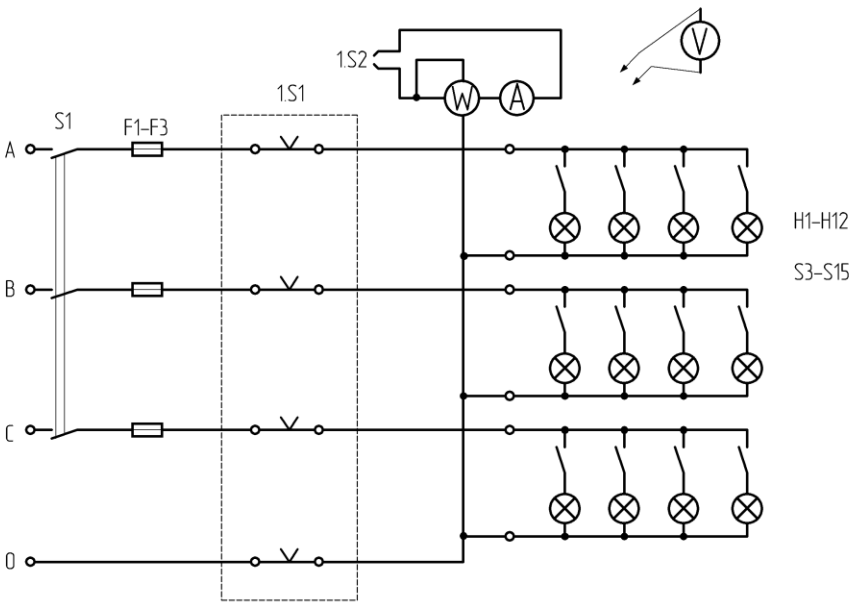


Рис. 3. Схема для дослідження трифазного кола при з'єднанні споживачів електроенергії зіркою.

3. Провести вимірювання електричних величин згідно таблиці 2 при з'єднанні споживачів зіркою з нульовим провідником при наступних режимах роботи: а) рівномірне навантаження; б) нерівномірне навантаження; в) обрив фазного провідника.

Результати вимірювань занести до таблиці 2.

4. Дослідити трифазне коло при з'єднанні споживачів зіркою без нульового провідника. Для цього від'єднати в схемі (рис. 3) нульовий провідник від точки "0" джерела напруги. Вимірювання провести, як і в пункті 3, тих же режимів роботи, додавши режим короткого замикання однієї з фаз. Результати вимірювань занести до таблиці 3.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Що таке симетрична багатofазна система змінного струму?
2. Які переваги трифазного струму над однофазним?
3. Як виконується з'єднання фаз генератора та споживача зіркою?
4. Яке співвідношення між лінійними та фазними струмами і напругами при з'єднанні генератора та споживача зіркою?
5. Яка роль нульового провідника при з'єднанні генератора та споживача зіркою?
6. Як розрахувати потужність трифазного струму при з'єднанні споживача зіркою?

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка / В.А. Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К.: Вища шк., 1986. – С. 48-54.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С. 107-112.
3. Электротехника /А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк., 1987. – С. 155-163.
4. Общая электротехника: Учеб пособие для вузов / Под ред. д-ра техн. наук А.Т. Блажкина; 4-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. отд-ние, 1986. – С. 125-131.
5. Волынский Б.А. и др. Электротехника / Б.А. Волынский, Е.Н. Зейн, В.Е. Шатерников: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 124-142.

ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Результати дослідження трифазного кола при з'єднанні споживачів по схемі зірка з нульовим провідником занесіть до таблиці 2. Проведіть обчислення параметрів, вказаних в таблиці.

Табл. 2

Режим роботи	Виміряти												Обчислити				
	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_A	U_B	U_C	I_A	I_B	I_C	I_0	P_A	P_B	P_C	P	R_A	R_B	R_C
Рівномірне навантаження																	
Нерівномірне навантаження																	
Обрив фази																	

2. Результати дослідження трифазного кола при з'єднанні споживачів по схемі зірка без нульового провідника занесіть до таблиці 3. Проведіть обчислення параметрів, вказаних в таблиці.

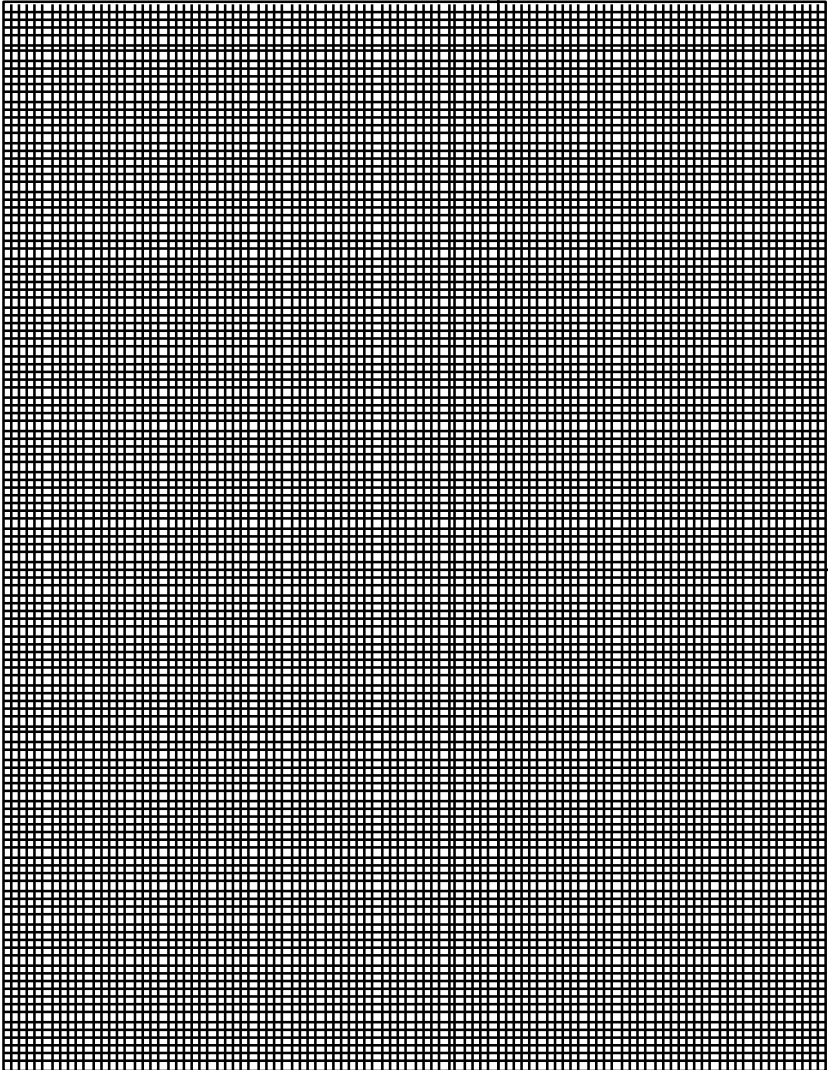
Табл. 3

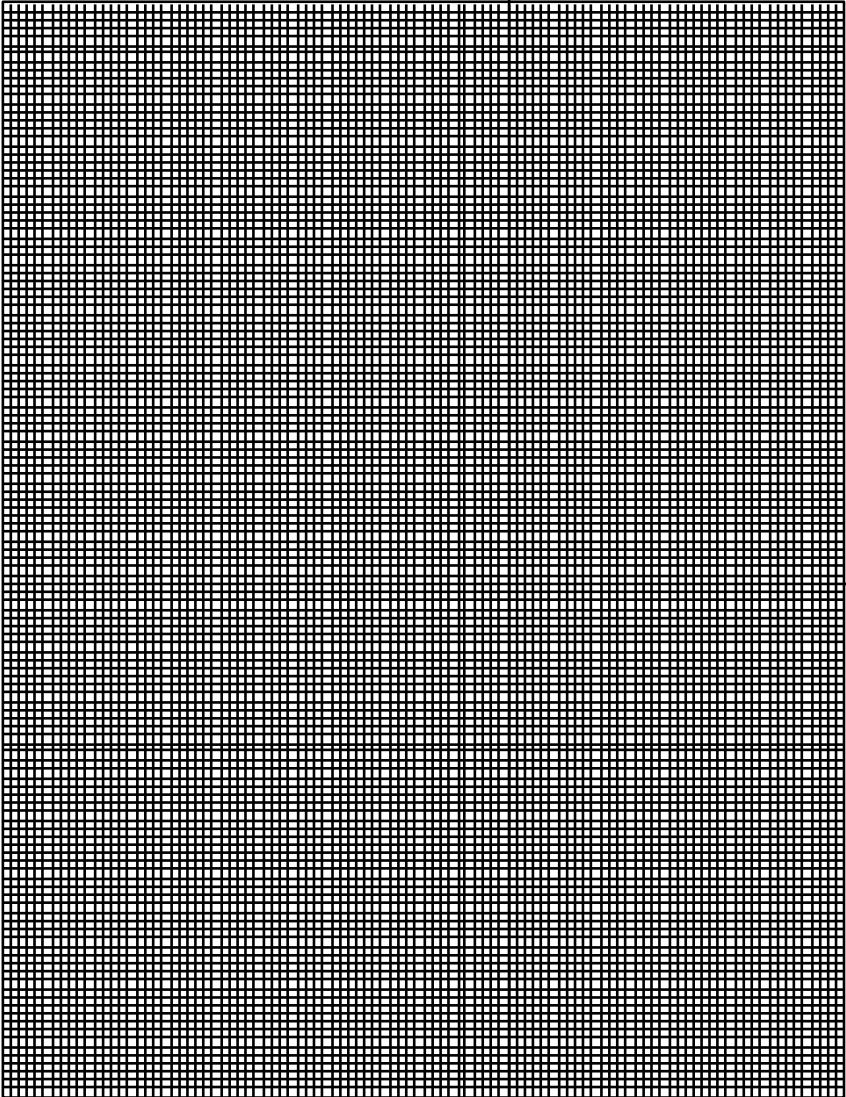
Режим роботи	Виміряти												Обчислити			
	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_A	U_B	U_C	I_A	I_B	I_C	P_A	P_B	P_C	P	R_A	R_B	R_C
Рівномірне навантаження																
Нерівномірне навантаження																
Обрив фази																
Коротке замикання фази																

3. Побудуйте топографічні векторні діаграми для кожного з досліджуваних режимів роботи трифазного кола.

4. Зробіть висновки по роботі.

ВЕКТОРНІ ТОПОГРАФІЧНІ ДІАГРАМИ





РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО КОЛА ПРИ З'ЄДНАННІ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТРИКУТНИКОМ

Мета роботи: 1. Навчитись з'єднувати однофазні споживачі трикутником та вмикати їх у трифазну мережу.

2. Навчитись вимірювати фазні і лінійні струми при з'єднанні споживачів трикутником.

3. Дослідним шляхом перевірити основні співвідношення для кола трифазного струму при з'єднанні споживачів трикутником при симетричних та несиметричних навантаженнях.

Знати: основні співвідношення між електричними величинами при з'єднанні споживачів трикутником при симетричних та несиметричних навантаженнях.

Вміти: складати та досліджувати трифазне коло при з'єднанні споживачів трикутником при різних навантаженнях.

Обладнання: 1. Амперметр (0 – 2,5 – 5 А). 2. Вольтметр (0-75-150-300-600В). 3. Ватметр (2,5 – 5 А; 150, 300В) – 2 шт. 4. Ламповий реостат. 5. Комутатор – 2 шт.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

З'єднання фаз генератора (споживача) трикутником виконується так: кінець першої фази з'єднується з початком другої, кінець другої – з початком третьої, а кінець третьої – з початком першої (рис. 1).

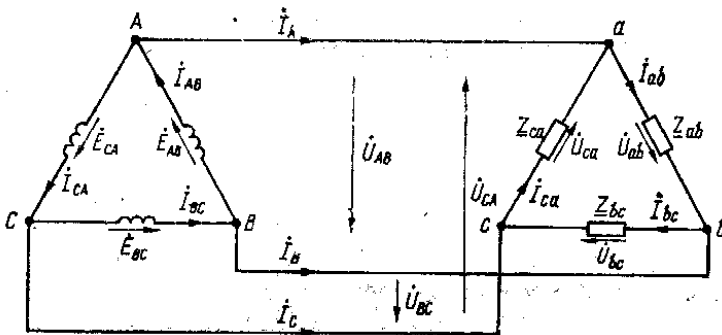


Рис. 1. З'єднання трифазної системи по схемі трикутник.

При з'єднанні по схемі «трикутник» споживачі приєднують до генератора трьома лінійними провідниками. Напряга між лінійними провідниками дорівнює напрузі на фазі генератора. Отже, при з'єднанні трифазної системи трикутником лінійна напруга дорівнює фазній: $U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}$.

Використовуючи рівняння Кірхгофа та метод векторних діаграм (рис. 2), можна визначити співвідношення між лінійними I_A, I_B, I_C та фазними I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} струмами.

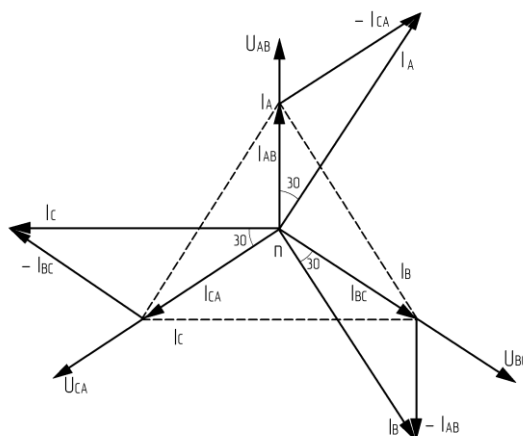


Рис. 2. Векторна діаграма напруг і струмів для активної рівномірної навантаження фаз при з'єднанні трифазної системи трикутником.

За першим законом Кірхгофа алгебраїчна сума миттєвих значень струмів для кожної з вершин a, b, c споживача (рис. 1) дорівнюватиме нулю, тому можна знайти лінійні струми.

Алгебраїчна сума всіх лінійних струмів у будь-який момент дорівнює нулю. Замінюючи алгебраїчну суму миттєвих значень векторною сумою діючих значень векторів струмів, маємо:

$$\vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA}$$

$$\vec{I}_B = \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB}$$

$$\vec{I}_C = \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC}$$

При симетричному навантаженні $I_L = \sqrt{3}I_\phi$, а при несиметричному ця рівність порушується, що призводить до ненормальної роботи генератора. Тому на практиці з'єднання споживачів трикутником застосовують для симетричного навантаження.

Потужність трифазного генератора (споживача) при з'єднанні його фаз трикутником (як і зіркою теж) визначаються так:

$$P = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi \text{ – для активної потужності;}$$

$$Q = 3U_\phi I_\phi \sin \varphi \text{ – для реактивної потужності;}$$

$$S = 3U_\phi I_\phi = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ – для повної потужності.}$$

Через лінійні параметри дані величини визначаються так:

$$P = \sqrt{3}U_{Л} I_{Л} \cos \varphi \text{ – для активної потужності;}$$

$$Q = \sqrt{3}U_{Л} I_{Л} \sin \varphi \text{ – для реактивної потужності;}$$

$$S = \sqrt{3}U_{Л} I_{Л} \text{ – для повної потужності.}$$

САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. По літературі до лабораторної роботи вивчити основні співвідношення між електричними величинами в трифазному колі при з'єднанні споживачів трикутником.

2. По інструкції до лабораторної роботи ознайомитись з порядком виконання роботи та проаналізувати дослідні схеми.

3. Згідно даних таблиці 1 розрахувати струми для активно-індуктивного навантаження при з'єднанні споживачів по схемі трикутник та побудувати векторну топографічну діаграму.

Табл. 1

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{\phi, B}$	127	220	380	127	220	380	127	220	380	220
$Z_{AB}, Ом$	12	11	19	12	22	19	12	11	19	22
$Z_{BC}, Ом$	12	11	19	12	22	19	12	11	19	22
$Z_{CA}, Ом$	12	11	19	12	22	19	12	11	19	22
φ	0	15	30	45	45	30	15	0	30	45

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з апаратурою та вимірювальними приладами, які використовуються в роботі і записати до протоколу їх технічні характеристики.
2. Скласти схему (рис. 3) і підготувати її до проведення дослідів.

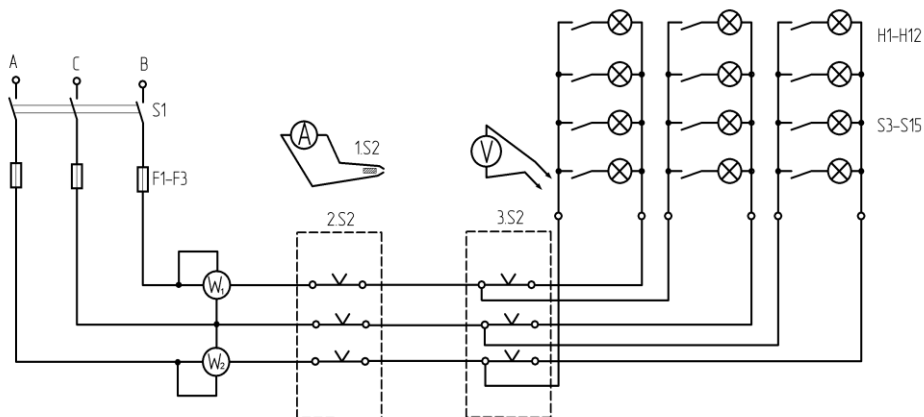


Рис. 3. Схема для дослідження трифазного кола при з'єднанні споживачів трикутником

3. Встановити симетричне навантаження фаз (включити однакову кількість ламп) і виміряти лінійні та фазні струми та напруги кола і його потужність. Результати вимірювань занесіть до таблиці 2. Повторити дослід для іншого симетричного навантаження.
4. Встановити несиметричне навантаження (за вказівкою викладача) і виміряти величини згідно таблиці 2. Змінити нерівномірне навантаження та повторити дослід.
5. Вимкнути всі споживачі однієї із фаз (обрив фази) та провести вимірювання.
6. Від'єднати один лінійний провід (напр., провід AA) в схемі (рис. 3) і виміряти напруги, струми і потужності для режимів: а) рівномірне навантаження; б) нерівномірне навантаження; в) розвантаження однієї з фаз, яка сполучена з розірваною лінією.

Результати вимірювань занесіть до таблиці 2.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Як виконується з'єднання фаз генератора та споживача трикутником?
2. Яке співвідношення між лінійними та фазними струмами та напругами при з'єднанні генератора та споживача трикутником?
3. Як розраховується потужність споживачів трифазного струму?
4. Коли використовується з'єднання споживача трикутником?
5. Пояснити побудову векторних діаграм для різних режимів навантаження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка / В.А.Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К. : Вища шк., 1986. – С. 54-61.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С.112-123.
3. Электротехника / А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк., 1987. – С. 163-168.
4. Общая электротехника: Учеб пособие для вузов / Под ред. д-ра техн. наук А.Т. Блажкина; 4-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. отд-ние, 1986. – С. 130-133.
5. Волынский Б.А. и др. Электротехника /Б.А. Волынский, Е.Н. Зейн, В.Е. Шатерников: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 143-150.
6. Борисов Ю.М. Липатов Д.Н. Общая электротехника. Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1974. – С. 162-169 .

ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Результати дослідження трифазного кола при з'єднанні споживачів трикутником занесіть до таблиці 2. Проведіть обчислення параметрів, вказаних в таблиці.

2. Визначте потужність трифазного кола згідно вимірювань по схемі методом двох ватметрів $P = P_1 + P_2$ та по рівнянню: $P = P_A + P_B + P_C = I_{AB}U_{AB} + I_{BC}U_{BC} + I_{CA}U_{CA}$ і порівняйте результати. Мати на увазі, що при активному навантаженні $\cos \varphi = 1$. Зробити висновок про можливість вимірювання потужності трифазного кола методом двох ватметрів.

Табл. 2

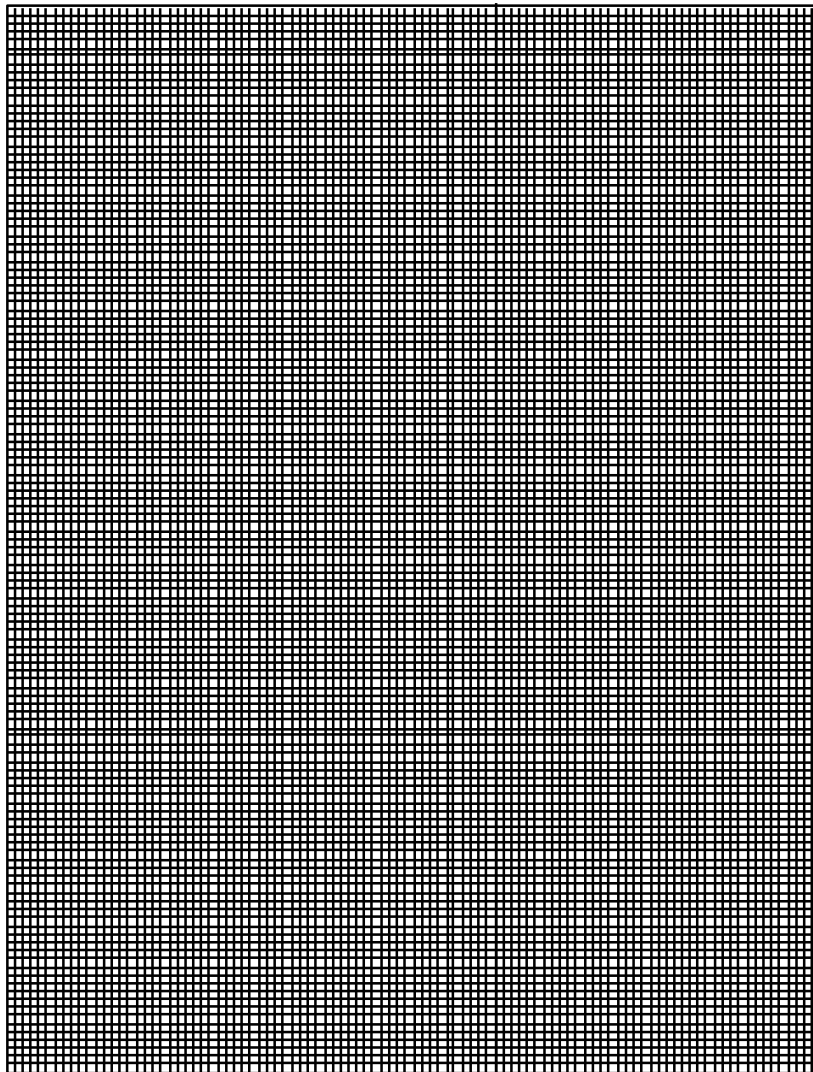
№	Режим навантаження		Виміряти									Обчислити						
			U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_A	I_B	I_C	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	P_1	P_2	P	R_{AB}	R_{BC}	R_{CA}	$I_{л}/I_{\phi}$
1	Симетричне																	
2	Несиметричне																	
3	Розвантаження (обрив фази)																	
4	Обрив лінійного проводу	Симетр.																
		Несим.																
		Обрив фази																

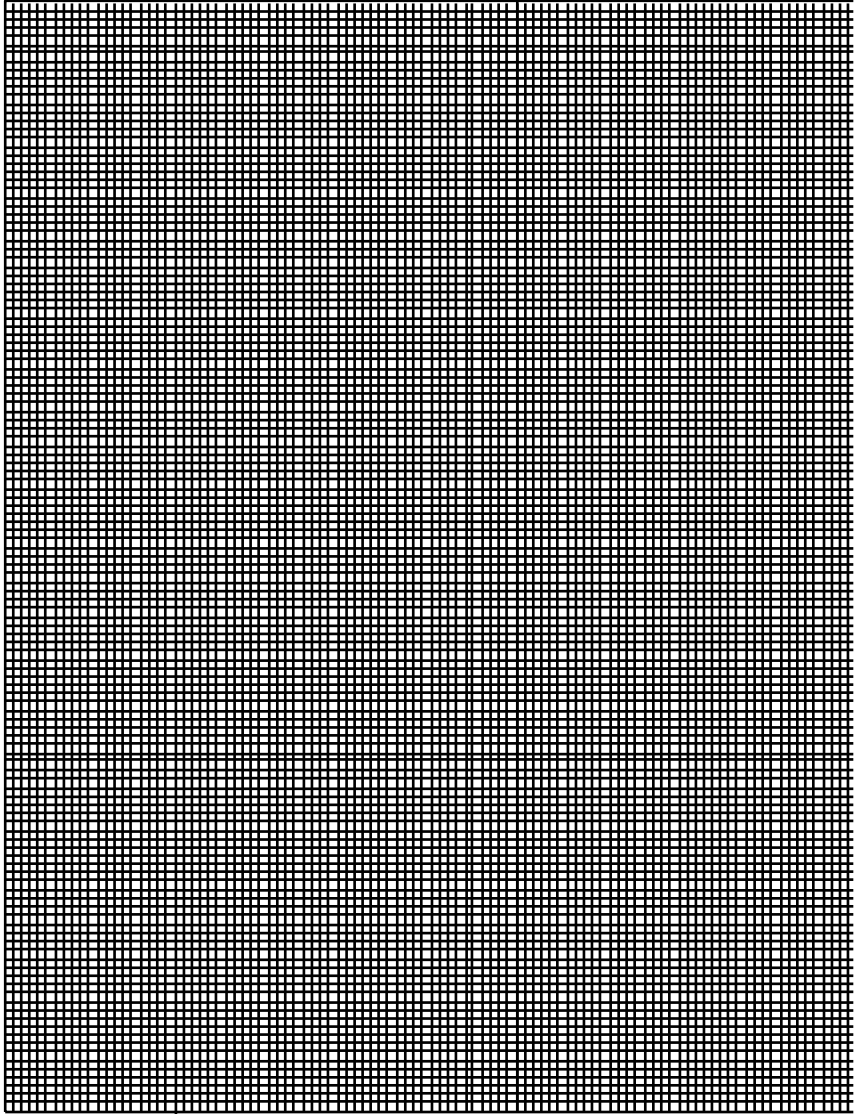
3. Побудуйте топографічні векторні діаграми для всіх режимів навантаження. Для дослідів 1, 2 та 3 побудуйте по одній діаграмі для будь-якого з вимірювань, а для четвертого дослідів для кожного з вимірювань.

4. Обчисліть опори фазних навантажень R_{AB}, R_{BC}, R_{CA} .
Перевірте справедливність співвідношення $I_{л} = \sqrt{3}I_{\phi}$.

5. Зробіть висновки по роботі.

ВЕКТОРНІ ТОПОГРАФІЧНІ ДІАГРАМИ





РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Мета роботи: 1. Ознайомитись з класифікацією електровимірювальних приладів

2. Вивчити будову і принцип дії електровимірювальних приладів магнітоелектричної, електромагнітної, електродинамічної, електро-статичної та випрямної систем.

3. Перевірити справність механізму та визначити чутливість і власні втрати потужності.

Знати: будову, принцип дії, класифікацію електровимірювальних приладів та сфери їх застосування.

Уміти: правильно підібрати та підключити вимірювальний прилад у електричну схему; визначити ціну поділки та значення вимірюваної величини.

Обладнання: 1. Стенд, закритий склом з розібраними на вузли і деталі приладами магнітоелектричної, електромагнітної, електродинамічної, феродинамічної, електростатичної та випрямної систем. 2. Діючі технічні амперметри і вольтметри різних систем. 3. Плакати із зображенням електровимірювальних приладів. 4. Амперметри – 4 шт. 5. Вольтметр – 1 шт. 6. Ватметр – 1 шт. 7. Лампи розжарювання.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вимірювання є експериментальне порівняння даної фізичної величини з іншою величиною, прийнятою за одиницю вимірювання. Технічні засоби (пристрої, тіла, речовина), призначені для матеріального відтворення одиниці вимірювання або її дробового чи кратного значення, називаються мірами.

Кількісні значення електричних величин визначають за допомогою електровимірювальних приладів. В електровимірювальних приладах кількісне значення вимірюваної величини порівнюється з одиницею вимірювання і перетворюється в зручний для осмислювання сигнал інформації на відліковому пристрої (відхилення стрілки або світлове зображення на шкалі, діаграму або цифрове значення, друковане чи світлове).

Вимірювання електричних величин здійснюють прямими і посередніми способами.

Прямими називають такі вимірювання, при яких вимірювану фізичну величину визначають в одиницях її вимірювання. Прямі вимірювання здійснюються методом безпосередньої оцінки і методом порівняння.

Посередні вимірювання здійснюються методами, при яких вимірювану величину безпосередньо не вимірюють, а обчислюють на основі вимірювань інших фізичних величин, пов'язаних з нею певною залежністю.

Електровимірювальні прилади, за допомогою яких вимірюють електричні величини, відповідно до методів вимірювання поділяють на два класи: 1) прилади безпосередньої оцінки (показуючі), які показують числове значення вимірюваної величини на його відліковому пристрої; 2) прилади порівняння або пристрої, за допомогою яких порівнюють вимірювані величини з мірами, вмонтованими в прилад (мости, потенціометри, вимірювальні установки тощо).

Показуючі прилади звичайно мають шкалу і стрілку, яка показує значення вимірюваної величини в певний проміжок часу. Часто їх називають стрілочними приладами і в техніці вони найбільш поширені. Новим типом показуючих приладів є цифрові.

Самописні – записують вимірювану величину спеціальним пристроєм на градуйованому папері, фотопапері, фото або магнітній плівці, лазерному диску. Часто їх називають реєструючими приладами і широко застосовують для автоматичного контролю за виробничими процесами.

Інтегруючі – дають змогу мати сумарне значення вимірюваної величини за певний час, наприклад, витрати енергії тощо.

Порівнюючі прилади призначаються для порівняння вимірюваних величин з еталонними. До них належать різноманітні містки для вимірювання опорів і т. ін.

За видом вимірюваного струму є прилади постійного, змінного струмів, а також комбіновані. Відносно вимірюваної електричної величини прилади поділяють на амперметри, вольтметри, ватметри, лічильники, частотоміри, омметри, фазометри і т. ін.

За принципом дії всі електровимірювальні прилади класифікують за системами: магнітоелектрична (рис. 1), електромагнітна (рис. 2), електродинамічна, феродинамічна (рис. 3), індукційна, термоелектрична, детекторна, електронна та ін.

Більш докладну інформацію про електровимірювальні прилади рекомендуємо почитати у вказаній літературі.

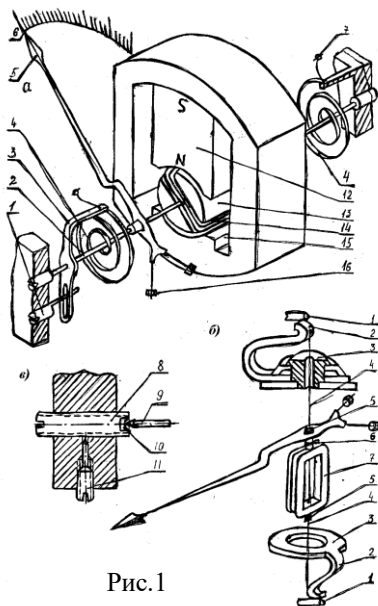


Рис. 1

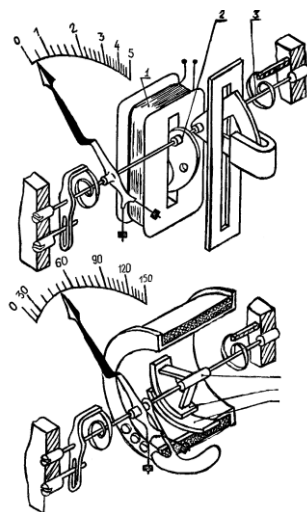


Рис. 2

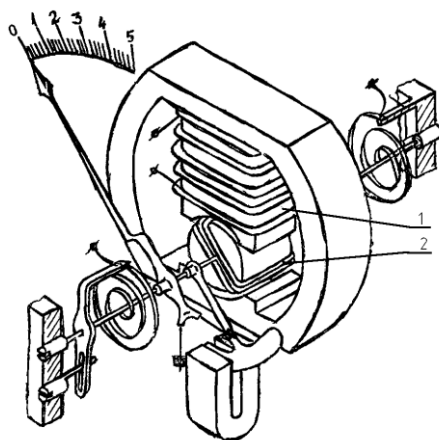


Рис. 3

САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО

ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. По літературі до лабораторної роботи та за даною інструкцією ознайомитись з будовою, принципом дії та застосуванням електровимірювальних приладів різних систем.

2. Навчитись вибирати прилади для вимірювання струмів, напруг і потужностей в електричному колі, параметри споживачів якого відомі. Для цього намалювати схему вмикання амперметра, вольтметра і ватметра в коло з лампою розжарювання. Параметри лампи розжарювання вибираються з таблиці 1 згідно варіанта. Межі вимірювання A_M електровимірювальних приладів вибираються з умови $A_M > A_C$. Тут A_M – межа вимірювання приладу, а A_C – відповідний параметр споживача.

При визначенні ціни поділки врахувати стандартні межі вимірювання для амперметрів: 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; 5,0 (А), для вольтметрів: 30, 75, 100, 150, 300, 600 (В). Ватметри мають по струму ті ж межі, що й амперметри, а по напрузі – що й вольтметри. Кількість поділок на шкалі вольтметрів $N_V = 150$, амперметрів $N_A = 100$, ватметрів $N_W = 75$ або 150.

ПРИМІТКА: Варіант визначається за останньою цифрою залікової книжки.

Табл. 1

<i>N</i> вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
U_H , В	36	230	220	127	133	220	36	42	127	220
P_H , Вт	40	100	100	75	60	150	200	60	100	200
I_H , А?										

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Оглянути підготовлені для вимірювання електровимірювальні прилади, звернувши увагу на матеріал і форму корпусу, розміщення і кількість затискачів, кількість меж вимірювання і способи їх перемикавання, характер шкали. Звернути увагу на положення стрілки – вона повинна знаходитись на поділці «0». За умовними позначеннями на шкалі визначити технічні характеристики приладів.

2. Ознайомитись з вимірювальними механізмами електровимірювальних приладів, підготовленими до вивчення.

3. Скласти електричні кола з послідовним (рис. 4), паралельним (рис. 5) та змішаним (рис. 6) з'єднанням споживачів. Провести вимірювання згідно варіанта. (Номер варіанта відповідає номеру бригади). Дані вимірювань занести відповідно у таблиці 2, 3 та 4.

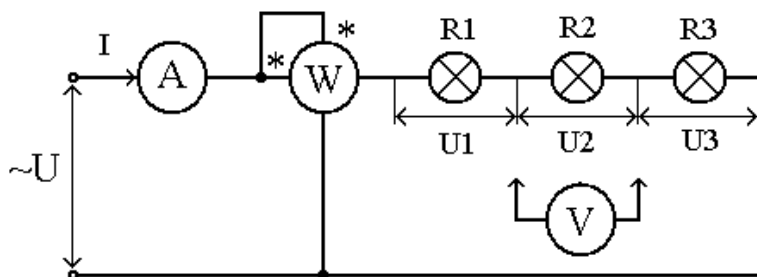


Рис. 4. Послідовне з'єднання споживачів

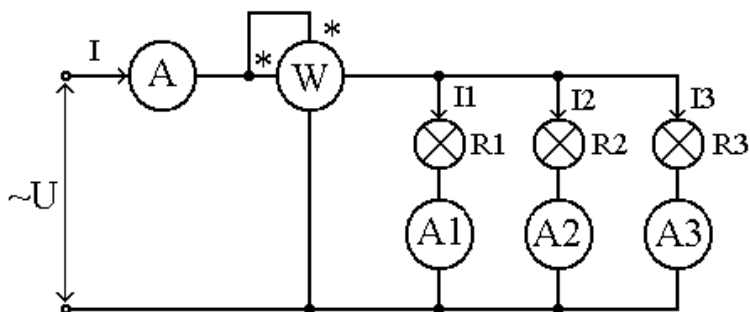


Рис. 5. Паралельне з'єднання споживачів

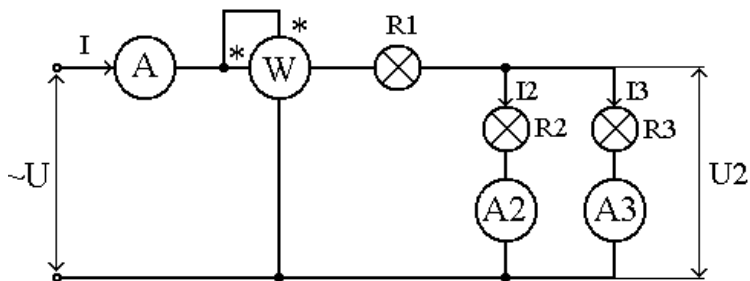


Рис. 6. Змішане з'єднання споживачів

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Що називається вимірюванням, які основні методи вимірювання?
2. Приведіть класифікацію електровимірювальних приладів.
3. Що називають похибкою вимірювання та електровимірювальних приладів.
4. Назвіть класи точності електровимірювальних приладів. Який їх зміст?
5. Як визначити ціну поділки приладу в одно- та багатомежових приладах?
6. Яка будова та принцип дії зображених на рис 1,2 та 3 приладів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка /В.А.Вартабеян – 4-е вид., перероб. и доп. – К.: Вища шк., 1986. – С. 61-93.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С. 252-289.
3. Электротехника /А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк., 1987. – С.233-277.
4. Общая электротехника: Учеб пособие для вузов /Под ред. д-ра техн. наук А.Т. Блажкина; 4-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. отд-ние, 1986. – С. 218-240.
5. Вольнский Б.А. и др. Электротехника /Б.А. Вольнский, Е.Н. Зейн, В.Е. Шатерников: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 252-279.

ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Дані вимірювань та обчислень параметрів кола, виконаних згідно варіанту рекомендуємо занести відповідно до таблиць: послідовного з'єднання до таблиці 2, паралельного – до таблиці 3, змішаного – до таблиці 4.
2. Зробіть висновки по роботі.

Табл. 2

Послідовне з'єднання споживачів

Варіант	U	I	P	U_1	U_2	U_3	Обчислити										
							P	P_1	P_2	P_3	$U_1+U_2+U_3$	UI	R_1	R_2	R_3		
I	о	в	в	в	в	о											
II	в	о	в	в	о	в											
III	в	о	в	в	о	в											
IV	в	в	о	в	в	о											
V	в	о	в	в	о	в											
VI	о	в	в	о	в	в											

Табл. 3

Паралельне з'єднання споживачів

Варіант	U	I	P	I_1	I_2	I_3	Обчислити										
							R_1	R_2	R_3	$I_1+I_2+I_3$	UI	P_1	P_2	P_3	ΣP		
I	о	в	в	в	в	о											
II	в	о	в	в	о	в											
III	в	в	о	о	в	в											
IV	в	в	о	в	в	о											
V	в	о	в	в	о	в											
VI	о	в	в	о	в	в											

Табл. 4

Змішане з'єднання споживачів

Варіант	U	I	P	U_1	U_2	I_2	I_3	Обчислити									
								P_1	P_2	P_3	R_1	R_2	R_3	U_1+U_2	I_1+I_2	UI	
I	о	в	в	в	о	в	о										
II	в	о	в	о	в	о	в										
III	в	в	о	в	о	в											
IV	в	в	о	в	о	в	о										
V	в	в	о	о	в	о	в										
VI	в	в	в	в	в	в	в										
VII	о	в	в	о	в	о	в										

Примітка: «В» – виміряти параметр, «О» – обчислити параметр.

РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

**ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В КОЛАХ
ОДНОФАЗНОГО ЗМІННОГО СТРУМУ**

Мета роботи. Вивчити будову, принцип дії і схеми вмикання однофазних лічильників індукційної системи. Навчитись перевіряти лічильник на самохід та визначати його чутливість. Дослідити лічильник на точність роботи при різних навантаженнях.

Знати: будову, принцип дії, схеми вмикання однофазних лічильників електричної енергії.

Вміти: перевіряти лічильник та самохід, визначати самохід та точність лічильника; підключати до лічильників однофазні споживачі електричної енергії.

Обладнання: 1. Ватметр на струм 0-5 А, напругу 300 В, класу 0,2 або 0,5. 2. Лічильник випробувальний однофазний на струм 5 А, напругу 220 В. 3. Лічильник розкритий для вивчення будови. 4. Вольтметр змінного струму на 0-75-150-300 В, класу 0,2 або 0,5. 5. Амперметр змінного струму на 0-5 А, класу 0,2 або 0,5. 6. Міліамперметр змінного струму на 0-250 мА. 7. Секундомір. 8. ЛАТР-9. 9. Ламповий реостат. 10. Повзункові реостати з опором 30 Ом на струм 5 А та з опором 10000 Ом на струм 0,2 А.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Для вимірювання і реєстрації електричної енергії використовують електролічильники електродинамічної, індукційної системи, а також електронні. Лічильники електродинамічної системи придатні для вимірювання енергії постійного і змінного струмів. Лічильники індукційної системи можна використовувати лише для вимірювання енергії змінного струму.

Індукційні лічильники активної енергії однофазного струму виготовляють на напруги 127, 220, 380 В і струми 5 і 10 А, а на окремі замовлення – до 50 А; класи точності 1,0; 2,0; 2,5.

Про будову, принцип дії та схеми вмикання лічильників індукційної системи можна прочитати у вказаній літературі.

САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись з даною інструкцією і макетом лічильника в лабораторії, з будовою і принципом дії однофазного лічильника типу СО, звернувши увагу на електромагніти і їх котушки з клемми, постійний магніт і способи його переміщення, наявність крючка, прапорця, гвинта для компенсування обертового моменту та короткозамкнених витків на магнітопроводі.

2. По інструкції до лабораторної роботи ознайомитись з порядком виконання роботи та проаналізувати дослідну схему.

3. Відповісти на одне з контрольних запитань до даної роботи. Номер запитання приймається за останньою цифрою залікової книжки.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з обладнанням та вимірювальними приладами, які використовуються в роботі. Перевірити наявність необхідного обладнання і приладів та відповідність їх параметрів умовам виконання роботи.

2. Скласти схему (рис. 1). Після перевірки схеми і одержання дозволу на виконання роботи визначити наявність чи відсутність самоходу лічильника. Для цього перемикач S_2 залишити в розімкненому стані, а вимикач S_1 включити. Автотрансформатором T підвести до лічильника номінальну напругу U_n . Спостерігати за диском лічильника. Він повинен залишатись нерухомим або зробити менше одного оберту до збігу гальмівного гачка з прапорцем. Висновки занести до протоколу.

3. Визначити чутливість лічильника. Для цього в схемі (рис. 1) перемикач S_2 встановити в положення 1. Автотрансформатором підвести до лічильника номінальну напругу U_n . Змінюючи реостатом R_1 величину струму, знайти та виміряти мінімальне значення струму, при якому диск почне упевнено обертатись. Дослід повторити 3 рази. Дані вимірювань занести до таблиці 1.

4. Дослідити лічильник на точність роботи при різних навантаженнях. Для цього перемикач S_2 вставити в положення 2 і при номінальній напрузі, змінюючи навантаження за допомогою повзункового та лампового реостатів від 0 до I_n , знімають покази приладів і заносять їх до таблиці 2.

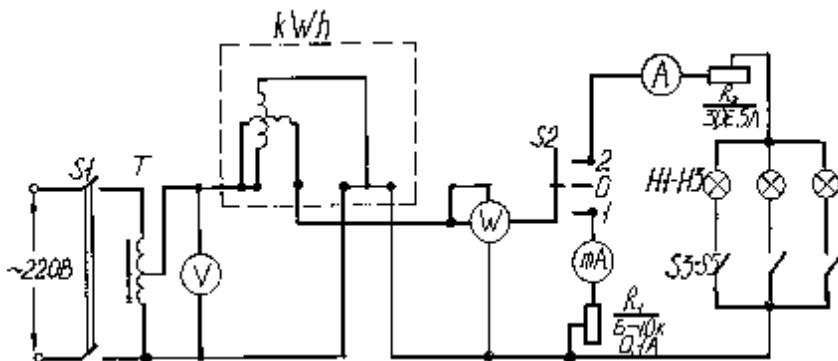


Рис.1 Схема для дослідження однофазного лічильника

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Яких систем бувають лічильники електричної енергії?
2. Що називають чутливістю лічильника і як її визначити?
3. Що таке самохід лічильника і як він визначається?
4. Що називають номінальною і дійсною сталою лічильника?
5. Будова і принцип дії індукційного лічильника.
6. Яке призначення постійного магніту?
7. За допомогою чого і яким чином запобігти самоходу лічильника?
8. Як регулюється точність лічильника?
9. Яке призначення короткозамкнених витків на осерді струмової котушки?
10. Чому покази індукційних приладів залежать від частоти?

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка /В.А.Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К. : Вища шк. Головне вид-во, 1986. – С. 76-78.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С. 277-284.
3. Электротехника /А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – С. 250-253.
4. Борисов Ю.М. Липатов Д.Н. Общая электротехника. Учеб пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1974. – С. 281-282.

ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Дані вимірювань чутливості лічильника занесіть до таблиці 1.

Табл. 1

Виміряно		Обчислено		
	I_{min}, A	I_H, A	$S, \%$	$P_{min}, Вт$
1				
2				
3				

2. Чутливість лічильника знайдіть за формулою:

$$S\% = \frac{I_{min}}{I_H} \times 100\%; \quad P_{min} = U_H I_{min}$$

3. Дані дослідження лічильника на точність занесіть до таблиці 2.

4. За даними табл. 2 обчислити:

а) дійсну сталу лічильника C : $C = \frac{Pt}{N}$;

- б) номінальну сталу лічильника за даними на його шкалі:

$$C_n = \frac{W}{N}$$

в) абсолютну і відносну похибки:

$$C = C - C_n; \gamma\% = \frac{C - C_n}{C} \times 100\%;$$

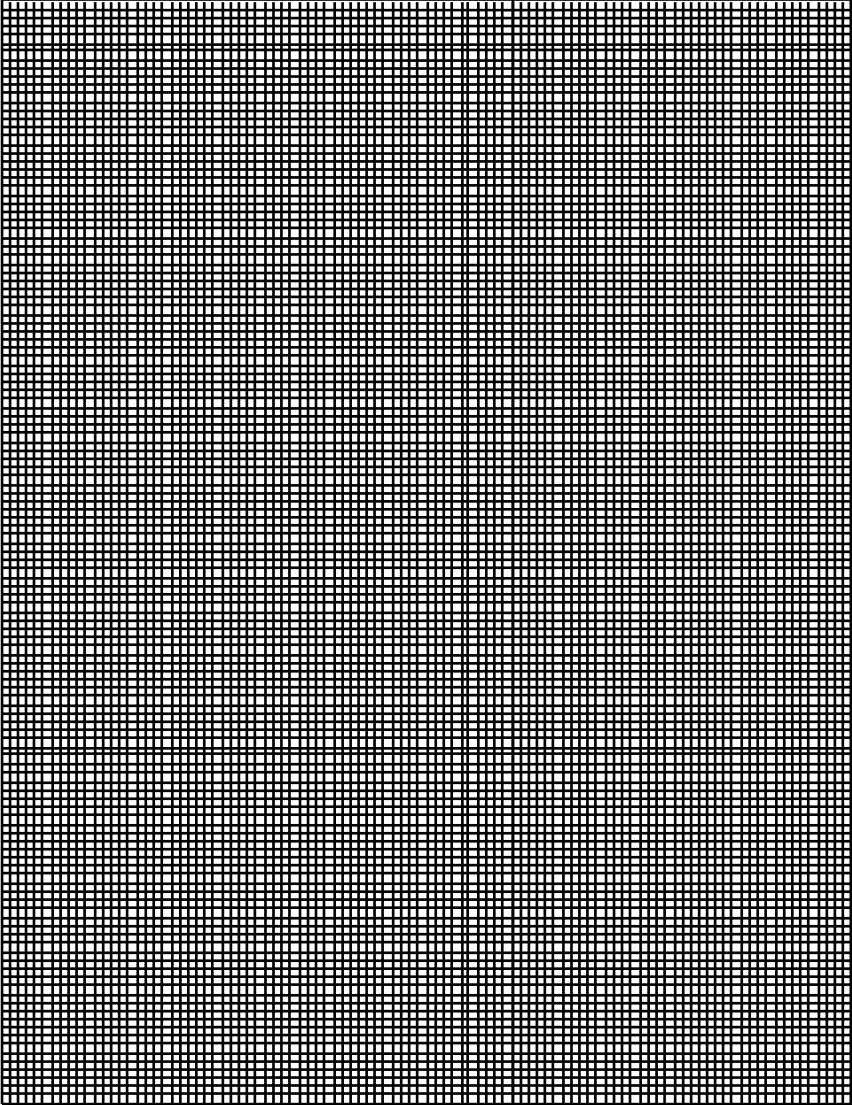
5. За даними табл. 2 побудувати графік залежності $\gamma = \varphi(I)$.

Табл. 2

№	Виміряно						Обчислено				
	I % від I_H	I, A	U, B	$N, об$	t, c	$P, Вт$	$C_H, Дж/об$	$C, Дж/об$	ΔC	$\gamma\%$	
1											
2											
3											
4											
5											

6. На основі даних вимірювань і обчислень зробіть висновки про придатність лічильника для використання.

ГРАФІК ЗАЛЕЖНОСТІ $\gamma = \varphi(I)$.



РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

ВИВЧЕННЯ АМПЕРВОЛЬТМЕТРІВ (АВОМЕТРІВ)

Мета роботи: навчитись проводити вимірювання авометрами опорів, напруги та струму.

Знати: будову, принцип дії, технічні характеристики і призначення авометрів.

Вміти: вимірювати опори, напругу та струм у колах постійного та змінного струму авометрами різних типів.

Обладнання: 1. Авометри різних типів. 2. Магазин опорів Р 32. 3. Набір опорів різних номіналів. 4. Дослідний стенд для послідовного, паралельного та змішаного з'єднання споживачів.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У практиці електричних вимірювань найбільш часто доводиться вимірювати напругу постійного та змінного струмів, опір постійному струму та величину постійного та змінного струму. Використовувати для цього три прилади – вольтметр, омметр та амперметр – недоцільно, тому використовують комбіновані переносні прилади, які називаються авометри. Електрична схема цих приладів складається з магнітоелектричного мікроамперметра, джерела постійного струму, резисторів та діодів. Підключаючи певним чином, можна вимірювати вказані величини одним вимірювальним механізмом. Принцип дії та будова більшості авометрів подібні. Відрізняються вони, в основному, межами вимірювань та вимірюваними величинами. В школах досить широко використовують авометри типу АВО-63, Ц-20 та аналогічні їм. Отримати більш повну інформацію про той чи інший тип авометра можна з інструкції до приладу.

САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА

ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись з вимірювальними колами авометра типу Ц-20. (рис. 1).

2. По інструкції до лабораторної роботи ознайомитись з порядком виконання роботи та проаналізувати дослідні схеми.

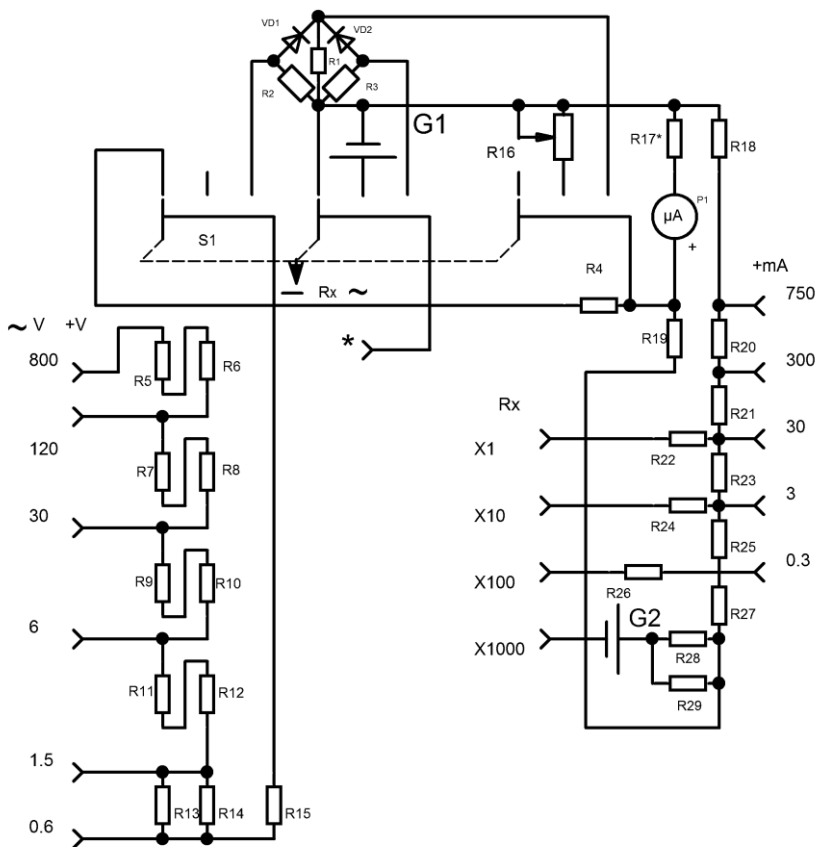


Рис. 1 Електрична схема авометра Ц-20

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з приладами та обладнанням, що використовується в роботі та записати паспортні дані.
2. Оглянути авометри типу Ц-20. Підготувати їх до роботи. Для цього необхідно заповнити таблицю 1, вказавши необхідні дані із заводських інструкцій до приладів.
3. Підготувати один з авометрів для вимірювання опорів і провести вимірювання опорів різних пристроїв, вказаних в таблиці 2. Якщо номінальне значення опору в паспорті не вказано, то воно

визначається за іншими номінальними даними, наприклад, за потужністю і напругою (для електролампочки розжарювання). Результати вимірювань і обчислень занесіть в таблицю 2.

УВАГА! 1. Вимірювати опори в пристроях, що знаходяться під напругою, категорично забороняється!

2. Для запобігання розряду батареї не можна залишати прилад підключеним до вимірювального опору після закінчення вимірювання!

4. Проведіть перевірку точності одного з авометрів на певній межі вимірювань опору (за вказівкою викладача). Перевірку авометра здійснюють так: авометр підключають до магазину опорів **P 32** і за допомогою декадних перемикачів підбирають такий опір, щоб стрілка авометра точно співпала з основною поділкою шкали у вибраній її частині. Точне значення опору визначається за показами декадних перемикачів магазину опорів. Результати вимірювань і обчислень занесіть в таблицю 3.

5. Підготувати авометр для вимірювання напруги змінного струму. Після перевірки схеми викладачем виміряти напругу на затискачах однофазного та трифазного кіл (фазні та лінійні напруги) лабораторного щитка. Результати вимірювань занесіть до таблиці 4.

6. Скласти схему рис. 2. Підготувати авометр до вимірювання напруги постійного струму. Після перевірки схеми викладачем виміряти напругу постійного струму на ділянках кола між точками, вказаними в таблиці 5.

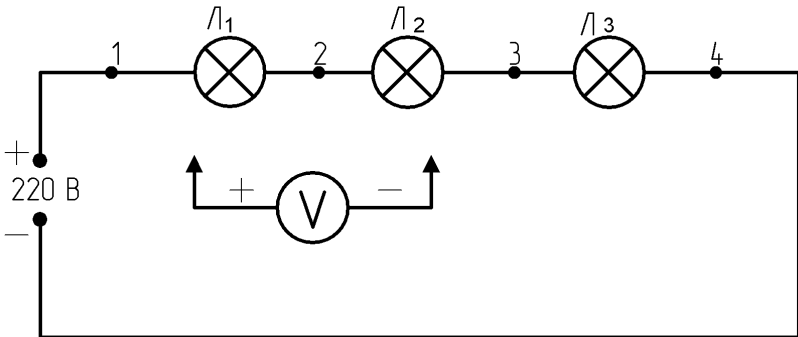


Рис. 2. Схема для вимірювання напруги постійного струму

УВАГА! На нижчу межу вимірювання можна переходити лише при повній упевненості в тому, що напруга на ділянці нижча за межу вимірювання

7. Виміряти силу постійного струму. Для цього зібрати коло, зображене на рис. 3, і одним з авометрів почергово (вмикаючи авометр між відповідними точками) виміряти силу струму у вітках кола.

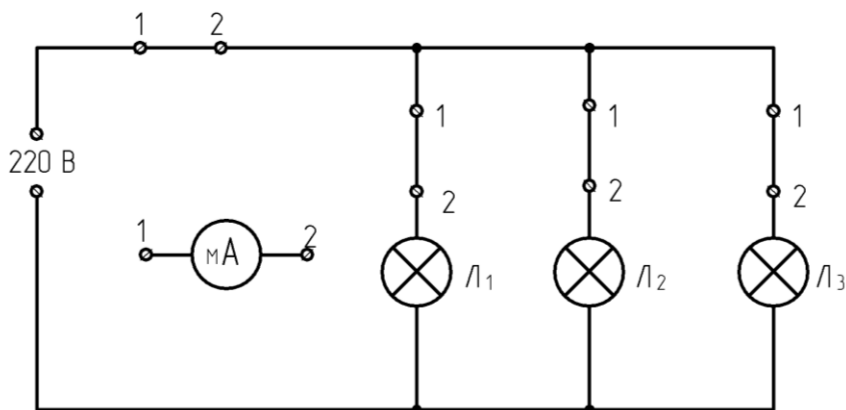


Рис. 3. Схема для вимірювання сили постійного струму

УВАГА ! Амперметр для вимірювання сили струму в колі можна вмикати тільки тоді, коли наперед абсолютно точно відомо, що сила струму в колі або його вітці не перевищує межу вимірювання амперметра.

Перш ніж приступити до вимірювання сили струму, необхідно провести розрахунок величини сили струму в кожній вітці окремо і в загальному колі, використовуючи номінальні паспортні дані споживачів (ламп розжарення). Результати вимірювань занесіть до таблиці 6. За даними вимірювань і обчислень перевірити справедливність законів Ома та Кірхгофа для розгалуженого кола.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Поясніть призначення авометрів.
2. З яких вимірювальних кіл складається вимірювальне коло авометра Ц-20?
3. Де використовують авометри учителі фізики та трудового навчання в умовах середньої школи?
4. Опишіть порядок підготовки авометра для вимірювання опорів.
5. Опишіть порядок підготовки авометра для вимірювання напруг.
6. Як підготувати авометр для вимірювання сили струму?
7. Як здійснити перевірку точності шкали омметра авометра?
8. Які заходи безпеки при вимірюванні напруг авометром?
9. Які заходи безпеки при вимірюванні струмів авометром?
10. Які вимірювання, крім визначення сили струму, напруги та опору, ще можна проводити за допомогою авометрів?

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка /В.А.Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К.: Вища шк. Головне вид-во, 1986. – С. 84-86.
2. Інструкції до авометрів.

ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Проаналізуйте електричну схему авометра Ц-20.
2. Занесіть до таблиці 2 паспортні дані авометра.

Табл. 1

Рід вимірювань		Параметри приладів	Назва приладу
			Ц-20
Постійний струм	<i>U, B</i> <i>I, A</i>	Межі вимірювання Внутрішній опір -//-	
Змінний струм	<i>U, B</i> <i>I, A</i>	Межі вимірювання Внутрішній опір -//-	
Опір постійному струму		Межі вимірювання Внутрішній опір	

3. Дані вимірювань опорів, проведених згідно пункту 3 занесіть до таблиці 2.

Табл. 2

Об'єкт вимірювання	№ п/п	Номинальний опір R_n , Ом	Опір за приладом R , Ом	Відхилення	
				ΔR , Ом;	$\delta = \frac{\Delta R}{R}$
Реостат	№1				
	№2				
Резистор	№1				
	№2				
	№3				
	№4				
Освітлювальна лампа розжарення	№ 1				
	№2				
	№3				

4. Результати перевірки авометра на точність занесіть до таблиці 3.

Табл. 3

Множник омметра	Частина шкали	Виміряно		Обчислено	
		Показ приладу R , Ом	Опір за магазином R_m , Ом	$\Delta R = R - R_m$	$\delta\% = \left(\frac{\Delta R}{R}\right) \times 100\%$
	Права				
	Середня				
	Ліва				

5. Дані вимірювань змінної та постійної напруги, а також струму занесіть відповідно до таблиць 4, 5 та 6.

Табл. 4

	U_{\sim}	U_a	U_b	U_c	U_{ab}	U_{bc}	U_{ca}
Затискачі	\sim	<i>O-A</i>	<i>O-B</i>	<i>O-C</i>	<i>A-B</i>	<i>B-C</i>	<i>A-C</i>
Стандарт напруги	220В	220В	220В	380В	380В	380В	380В
Покази приладу							

Табл. 5

Напруга на затискачах щитка $U =$ В

Напруга дільниць кола	U_{1-2}	U_{2-3}	U_{3-4}	U_{1-4}	U_{1-3}	U_{2-4}
Межа вимірювання						
Покази приладу						

Табл. 6

Номер вітки	Розрахована сила струму, мА	Положення дільника, мА	Покази авометра, мА	Номінальна потужність, Вт	Споживана потужність, Вт
1					
2					
3					

6. Проаналізуйте дані вимірювань та зробіть висновки по роботі.

РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

ВИМІРЮВАННЯ ОПОРІВ ПОСТІЙНОМУ ТА ЗМІННОМУ СТРУМУ

Мета роботи: 1. Вивчити будову приладів безпосереднього вимірювання електричних опорів. 2. Навчитися користуватись приладами та вимірювати електричний опір провідників, ізоляції та заземлення за допомогою: а) амперметра і вольтметра; б) вольтметра; в) мегометра; г) містка опорів.

Знати: будову приладів безпосереднього вимірювання опорів; основні схеми вимірювання опорів постійному та змінному струму.

Вміти: вимірювати електричний опір провідників, ізоляції та заземлення посереднім і безпосереднім методами.

Обладнання: 1. Амперметр і міліамперметр магнітоелектричної системи. 2. Вольтметр і мілівольтметр магнітоелектричної системи. 3. Вольтметр електростатичної або випрямної системи. 4. Амперметр і вольтметр електромагнітної системи. 5. Ватметр. 6. Універсальний вимірювальний місток типу УМВ. 7. Подвійний вимірювальний місток типу МД-6. 8. Магазин опорів чотиридекадний (1-10 000 Ом). 9. Заземлювачі (сталі труби діаметром 50-70мм довжиною 2500мм), закопані в ґрунт з привареними заземлюючими провідниками. 10. Набір вимірюваних резисторів. 11. Котушка індуктивності. 12. Реостати. 13. Блок живлення постійної та змінної напруги. 14. Стенди і плакати приладів для вимірювання опорів.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Однією з основних величин, від якої залежить режим роботи електричного кола, електроустановки, мережі електропередачі та електричного зв'язку, є опір провідників, ізоляції, а інколи і заземлення. Відповідно до нормального режиму роботи електроустановки опір повинен мати певне значення або змінюватись у вказаних межах. При порушенні нормального режиму роботи електроустановки, технічній несправності або недопустимому відхиленні від нього опір різко змінюється, виходячи за встановлені параметри.

Тому-то визначення опорів при виготовленні електричних машин, апаратів, приладів, їх монтажу й експлуатації є передумовою нормального режиму їх роботи. Деякі опори зберігають свою

величину практично незмінною, інші суттєво змінюються з часом, при зміні температури, вологості, механічних зусиль тощо. Тому як при виробництві, так і під час монтажу й експлуатації електроустаткування треба вимірювати опори. Із цього випливають різноманітні умови й вимоги до вимірювання опорів. У одних випадках ці вимірювання повинні бути точними, в інших задовольняє ці вимоги наближене вимірювання опорів. Саме вимірювання може проводитись як при штучно створених умовах, так і при різноманітних природних (експлуатаційних) умовах, зокрема в колі з робочою напругою або вимкненою.

Самі опори можуть бути малими і великими. Залежно від величини їх поділяють на три групи: малі опори – 1 Ом і менше; середні – від 1 до 10^5 Ом та великі – від 10^5 Ом і більше. Вимірюючи малі опори, треба враховувати, що на точність результату вимірювання впливають опори вимірювальних приладів, з'єднуючих провідників, контактів і термоелектрорушійні сили, тоді як при вимірюванні середніх опорів їх можна не враховувати, тому що відносна величина їх дуже мала.

При вимірюванні великих опорів треба враховувати об'ємний і поверхневий опори та вплив на них величини температури, вологості, забруднення й інших факторів.

Для вимірювання опорів, за винятком рідинних, використовують постійний струм і прилади магнітоелектричної системи, завдяки чому забезпечується більша точність вимірювання порівняно з вимірюванням на змінному струмі. При використанні змінного струму виникають похибки за рахунок його частоти, індуктивностей і ємностей кола та меншої точності вимірювальних приладів, придатних для вимірювання в колі змінного струму.

Змінний струм використовують для вимірювання опору рідинних провідників і провідників, провідність яких зумовлена вологістю (заземлення), оскільки постійний струм у таких провідниках призводить до електролізу і похибок вимірювання.

Опір провідників постійному струму – це опір, який створюється протидією середовища матеріалу провідника при проходженні по ньому струму. Величина опору залежить від матеріалу і геометричних розмірів провідника.

Опір, який створює провідник при проходженні по ньому змінного струму, коли індуктивність і ємність провідника близькі до нуля,

називається активним опором. В колі з провідниками, які мають індуктивність L і ємність C , крім активного опору провідників, виникають протидіючі сили, якими є е. р. с. самоіндукції (індуктивності) та е. р. с. заряду ємності (конденсатора).

Найбільш розповсюдженими методами вимірювання електричного опору є метод амперметра і вольтметра, метод вольтметра, метод омметра, метод містка. При вимірюванні опорів постійному струму за допомогою амперметра і вольтметра вимірюють напругу U на затискачах провідника і струм I , який проходить по провіднику, а опір провідника R_x визначають за законом Ома.

Таке вимірювання опору наближене, тому що при вимірюванні і розрахунках не враховано похибки, які вносять у коло вимірювальні прилади. В дійсності може бути дві схеми вмикання приладів (рис. 1).

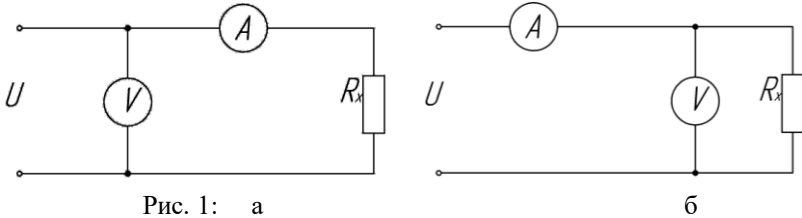


Рис. 1: а

б

У першій схемі (рис. 1,а) вольтметр вимірює спад напруги U_A на опорі R_x та на амперметрі. У другій схемі (рис. 1,б) амперметр вимірює струм I_A , що проходить через опір R_x і вольтметр.

Першою схемою користуються тоді, коли вимірюваний опір великий порівняно з опором амперметра.

Другою схемою доцільно користуватись тоді, коли вимірюваний опір малий порівняно з опором вольтметра.

Опір можна виміряти одним вольтметром з відомим внутрішнім опором R_v (рис. 2). Для цього треба зробити два вимірювання вольтметром: перше – виміряти напругу джерела живлення U_1 (рис. 2, перемикач у положенні 1), друге – виміряти напругу U_2 при послідовному з’єднанні вольтметра з вимірюваним опором (перемикач у положенні 2). Різниця показів вольтметра $U_1 - U_2$ є спадом напруги на вимірюваному опорі R_x . Величину опору можна

знайти з пропорції:

$$\frac{R_v}{R_x} = \frac{U_2}{U_1 - U_2}$$

$$R_x = R_v * \frac{U_1 - U_2}{U_2} = R_v * \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right)$$

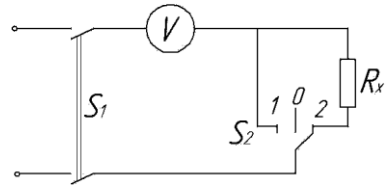


Рис. 2

Безпосереднє вимірювання опорів омметрами.

Безпосереднім вимірюванням опору називають вимірювання за показами приладів, коли величину опору не обчислюють, а визначають за відхиленням стрілки приладу.

Способи вимірювання опорів омметрами можна розподілити на дві групи. У першій групі точність вимірювання залежить від стабільності напруги живлення. В омметрах цієї групи використовують однорамковий механізм магнітоелектричної системи. В омметрах другої групи використовують дворамковий механізм магнітоелектричної системи (логометр), і точність вимірювання від напруги живлення не залежить.

Омметри можуть мати послідовну (рис. 3а) або паралельну (рис. 3б) схему вмикання.

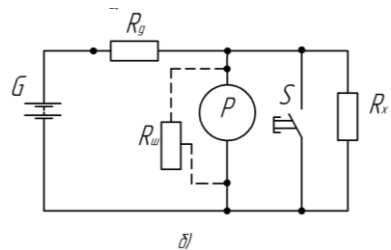
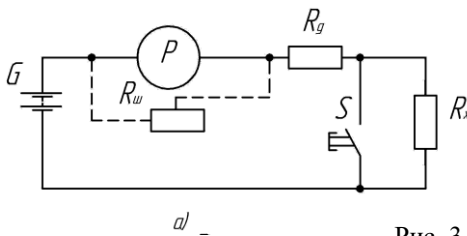


Рис. 3

Основною частиною будь-якого омметра є вимірювальний механізм магнітоелектричної системи, розрахований на струм 30-150 мкА, з внутрішнім опором 400-1500 Ом. Усі інші частини – резистори, що виконують функції шунтів і додаткових опорів, та напівпровідникові діоди, які забезпечують роботу механізму в

випрямній системі при вимірюваннях у колах змінного струму підбираються в залежності від меж вимірювання омметра. Недоліком всіх омметрів є те, що кожне вимірювання пов'язане з регулюванням приладу відносно напруги джерела. Точність вимірювання залежить від стабільності джерела живлення, похибка становить 4-10% шкали.

Цього недоліку не мають омметри другої групи, в яких використовуються логометри. Покази омметрів-логометрів не залежать від напруги джерела і тому вони не потребують регулювання чутливості перед вимірюванням опорів: із зміною е.р.с. джерела живлення струми в котушках логометра змінюються, але їх відношення залишається незмінним.

Мегомметри – це омметри магнітоелектричної системи із генератором постійного струму. Вони призначаються для вимірювання великих опорів (опорів ізоляції в електроустановках без напруги). Щитові і переносні мегомметри випускаються різних типів на напруги 100-2500 В (із збільшенням напруги збільшується межа вимірювання). На рис. 4 показана принципова схема двох межового мегомметра типу М 1101М, що випускається на 100, 500 і 1000 В.

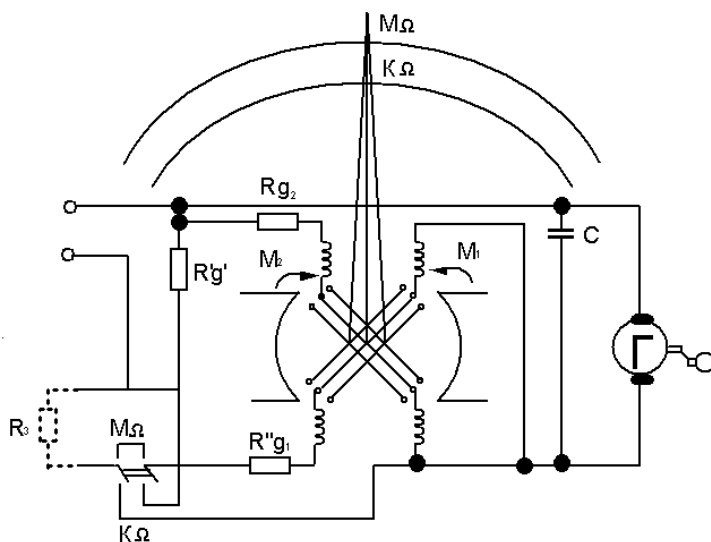


Рис. 4 Схема двох межового мегомметра

Опір, що вимірюється R_x підключається до затисків приладу L (лінія) і $З$ (земля). Межа вимірювання приладу змінюється за допомогою перемикача $П$. Затискач E (екран), з'єднаний з екраном всього приладу і плюсом індуктора, використовується при вимірюванні опору ізоляції кабелю через охоронне кільце. Опір ізоляції електроустановок періодично перевіряється теж мегомметром для того, щоб визначити, чи не став її опір нижче допустимих норм.

Містковий метод, або метод нульових вимірювань опорів, найточніший. Його застосовують для точного вимірювання великих, середніх і малих опорів, індуктивностей, ємностей і ряду неелектричних величин. Цей метод використовують і на виробництві для вимірювання опору провідників, ізоляції і заземлення, виявлення місця пошкодження кабелю. На його основі побудовано електронні вольтметри та інші прилади.

Схема містка (рис. 5а) складається з трьох магазинів опорів R_1 , R_2 та R , які утворюють із вимірюваним опором R_x замкнутий чотирикутний $ABCD$. До затисків однієї діагоналі містка AC прикладено напругу акумуляторної батареї, у другу вимірювальну діагональ BD – ввімкнено чутливий гальванометр (нульовий індикатор) $НИ$ з нулем на середині шкали. Якщо в містковій схемі опори плечей відрегульовані, то можна добитися такого положення, коли

$$R_1 * R = R_2 * R_x \text{ звідки } - R_x = \frac{R * R_1}{R_2} .$$

При цій умові потенціали точок B і D містка однакові і струм гальванометра дорівнює нулю. Такий стан містка називається станом рівноваги, а сам місток зрівноваженим. Опори R_1 та R_2 називають плечами відношення, а R – плечем порівняння. Мости змінного струму (рис. 5в) використовуються, в основному, для вимірювання індуктивностей та ємностей. В якості нульового

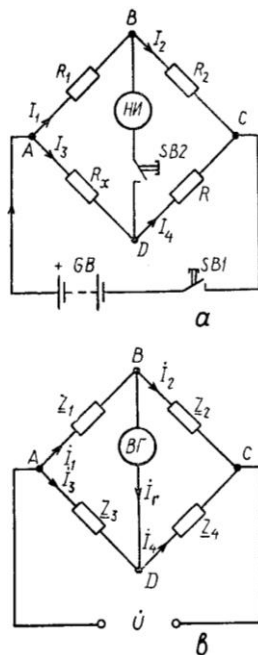


Рис. 5

в якості нульового

індикатора використовується вібраційний гальванометр, або осцилографічний індикатор.

САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись з інструкцією та літературою до роботи.
2. Проаналізувати схеми вимірювання опорів різними методами і освоїти принцип їх дії.
3. Визначити опір провідника (при температурі 20° та при 100°С) довжиною l та поперечним перерізом S для заданого матеріалу згідно варіанту таблиці 1.

Варіант вибирається за останньою цифрою залікової книжки.

Табл. 1

<i>Варіант</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Матеріал	<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Al</i>	<i>Fe</i>	<i>Fe</i>	<i>W</i>	<i>Ni</i>	<i>Al</i>	<i>Cu</i>	<i>Al</i>
Довжина провідника в м	10	5	10	5	10	5	10	10	5	5
Поперечний переріз в мм ²	2,5	0,5	1,0	4,0	0,5	0,5	0,5	6,0	1,5	4,0

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з електровимірювальними приладами та іншим обладнанням, що використовується в роботі та записати до протоколу паспортні дані.
2. Виміряти містком типу ММВ опори вказаних в таблиці 2 електропристроїв. Результати занесіть до таблиці 2.
3. Скласти схему рис. 6. Після перевірки схеми викладачем виміряти методом вольтметра-амперметра опори постійному та змінному струму вказаних в таблиці 2 електропристроїв.

УВАГА! 1. Перед вимірюванням кожного нового опору повзунок регулятора напруги на джерелі живлення встановити в нульове положення, в протилежному разі сила струму в колі може перевищити допустиму.

2. При ввімкненій напрузі перемикач перемикач з положення 2 в положення 1 забороняється, тому що опір багатьох пристроїв

постійному струму дуже малий порівняно з опором змінному струму, а значить, при такому перемиканні сила струму в колі може перевищити допустиму межу. Зрозуміло, що перемикання в положення 1 з положення 2 допустиме.

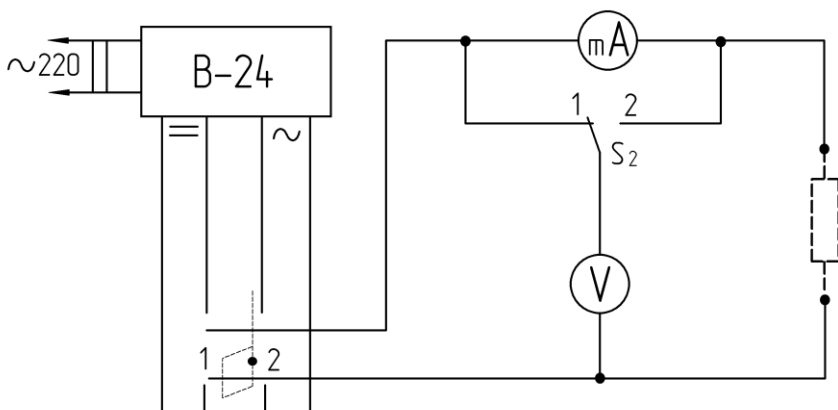


Рис. 6. Схема для вимірювання середніх опорів методом амперметра-вольтметра

4. За допомогою мегомметра виміряти опір ізоляції обмоток двигуна відносно його корпусу та відносно одна одної. Результати вимірювань занесіть до таблиці 3.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Який фізичний зміст опорів пристроїв постійному та змінному струму?
2. Яке призначення електроматеріалів з різними опорами в електротехніці?
3. Які є методи вимірювання електричних опорів?
4. На які групи за порядком їх величини діляться опори ?
5. Які переваги та недоліки мостів?
6. Які переваги та недоліки має метод амперметра-вольтметра?

7. Який принцип дії омметрів з послідовною та паралельною схемами вимірювання?
8. Який принцип дії та призначення мегомметрів?
9. Чим пояснюється різниця в електропровідності різних матеріалів?
10. Які умови використання різних методів вимірювання?

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка /В.А.Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К.: Вища шк. Головне вид-во, 1986. – С. 82-86.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С. 284-289.
3. Электротехника / А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – С.258-266.
4. Общая электротехника: Учеб пособие для вузов /Под ред. д-ра техн. наук А.Т. Блажкина; 4-е изд. перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. отд-ние, 1986. – С. 251 -253.

ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Результати вимірювання опорів різними методами занесіть до таблиці 2.
2. Виконайте необхідні обчислення за даними вимірювань, результати занесіть до таблиці 2. Зробіть висновки про точність вимірювань методів амперметра-вольтметра та місткового.
3. Результати вимірювань опору ізоляції занесіть до таблиці 3.
4. На основі вимірювань опору ізоляції обмоток статора асинхронного двигуна зробіть висновок про стан його ізоляції та придатність двигуна для використання під напругою, вказаною в паспорті.

Табл. 2

	Назва пристрою		Опір за паспортом	Виміряти				Обчислити				
				Методом вольтметра-амперметра				$R, \text{Ом}$	$Z, \text{Ом}$	$X, \text{Ом}$	$\Delta R = R - R_0$	$\Delta = \Delta R / R_0 \%$
				$U-$	$I-$	$U \sim$	$I \sim$					
1	реостат	1										
		2										
2	резистор	1										
		2										
3	катушка	1										
		2										
		3										
4	обмотка статора	1										
		2										
5	конденсатор	1										
		2										

Табл. 3

Точка присднання	$O - A$	$O - B$	$O - C$	$A - B$	$B - C$	$C - A$
Величина опору ізоляції, Ом						

4. Зробіть висновки по роботі.

ОСНОВНІ ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Перед початком лабораторних занять студенти повинні ознайомитись з правилами техніки безпеки і суворо дотримуватись їх при виконанні лабораторних робіт. Необхідно дотримуватись наступних правил безпеки:

1. Перед початком роботи слід перевірити відсутність напруги на затискачах джерела дослідного стенда.

2. Після складання схема обов'язково перевіряється викладачем або лаборантом.

3. Вмикати схему в мережу без попередньої перевірки її викладачем або лаборантом **категорично забороняється**.

4. Подавати на схему напругу можна тільки переконавшись, що ніхто не торкається до струмопровідних частин схеми.

5. Перед вмиканням кола під напругу попередити про це всіх членів бригади.

6. Після вмикання схеми забороняється торкатися руками проводів і частин приладів, що знаходяться під напругою.

7. Будь-які зміни в схемі кола виконувати тільки після відключення її з мережі. Вмикання в мережу після внесених змін проводити з дозволу викладача.

8. При виявленні відхилень у роботі елементів кола негайно відключити його від мережі і повідомити про це викладача або лаборанта.

9. Категорично забороняється залишати без нагляду електроустановку, що знаходиться під напругою.

10. Розбирати коло можна тільки після відключення його від джерел напруги на дослідному стенді.

11. Головні вимикачі вмикаються й вимикаються тільки викладачем або лаборантом.

12. При нещасному випадку негайно вимкнути напругу і надати першу допомогу тому, хто постраждав від електричного струму.

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Кожна лабораторна робота виконується на окремому дослідному стенді. Виконання роботи передбачає складання схем, проведення вимірювань, обробку отриманого дослідного матеріалу, складання звіту досліджень.

Перед складанням схеми необхідно ознайомитися з матеріальною частиною.

Дуже важливо спочатку з'ясувати, які прилади відповідають тим чи іншим позначенням схеми.

Перед початком складання електричної схеми необхідно переконатись у тому, що напруга на затискачах джерела живлення відсутня.

Складаючи схему досліджень, основну увагу треба звернути на надійність контактів.

При складанні кола завжди слід збирати спочатку головне послідовне коло з амперметром і струмовими колами ватметрів, а потім допоміжні та паралельні кола, підключаючи вольтметри та обмотки напруги ватметрів. При такій послідовності складання схеми кола зменшується можливість неправильних з'єднань, а також значно скорочується час збирання кола.

Перед вмиканням електричного кола всі апарати, що регулюють струм і напругу (реостати, автотрансформатори), повинні бути встановлені в положення, яке відповідає мінімуму величини, що регулюється. Усі багатомезові прилади повинні бути увімкнені на максимальні межі вимірювань. Перехід на менші межі вимірювань допускається тільки після докладної перевірки і впевненості, що вимірювана величина менше межі вимірювання приладу.

Складена схема перевіряється усіма членами бригади, які виконують дану роботу, а потім вже викладачем або лаборантом.

Без дозволу викладача підключати коло до мережі забороняється!

На увімкнутому під напругу електричному колі викладач першим проводить всі регулювання та перевіряє почергово роботу кола на всіх режимах.

Необхідно постійно стежити за показами вимірювальних приладів. Якщо стрілки приладів виходять за межі шкали, необхідно негайно вимкнути напругу та повідомити викладача.

Під час роботи забороняється відходити від обладнання, що знаходиться під напругою.

Під час проведення досліду покази приладів записують у заздалегідь складені таблиці із зазначенням постійної ціни поділки приладу.

Після закінчення всіх дослідів і вимірювань коло вимикається з мережі, але не розбирається до затвердження викладачем попередніх результатів роботи. Експеримент із помилковими даними повторюється.

Про виконану лабораторну роботу складається звіт. Бригада, яка не подала звіт про попередню роботу, до лабораторних робіт не допускається.

Під час роботи в лабораторії студенти повинні дотримуватись правил техніки безпеки й правил внутрішнього розпорядку Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка.

Студенти, які порушують ці правила, від роботи в лабораторії відстороняються.

У випадках, коли порушення правил тягне за собою пошкодження обладнання, ремонт та відновлення останнього проводиться за кошти порушника.

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

ХОВРИЧ

Микола Олександрович

Методичні рекомендації до лабораторних робіт з курсу «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»

Технічний редактор	<i>О. Клімова</i>
Комп'ютерна верстка та макетування	<i>М. Ховрич</i>
Комп'ютерний набір	<i>М. Ховрич</i>

Ховрич М.О.

X 68 **Методичні рекомендації до лабораторних робіт з курсу
«Електротехніка». Частина 1.** – Чернігів: Національний університет
«Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка 2018. – 78 с.

ББК 32
УДК 621.3

Підписано до друку 24.12.18. Формат 60x84 1/16.

Папір офсетний. Друк на різнографі.

Ум. друк арк. 3,26. Обл.-вид. 1,95.

Наклад 100 прим. Зам. № 219.

Редакційно-видавничий відділ ЧДПУ імені Т.Г.Шевченка.

14013, вул. Гетьмана Полуботка, 53, к. 208.

Тел. 65-17-99.