

**Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій
Національного університету цивільного захисту України**

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Розділ 1. Електротехніка
Методичні вказівки
до виконання контрольної роботи
для здобувачів вищої освіти
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр»
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 261 "Пожежна безпека"**

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Розділ 1. Електротехніка
Методичні вказівки
до виконання контрольної роботи
для здобувачів вищої освіти
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр»
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 263 "Цивільна безпека"**

Харків 2017

УДК 621.3; 614.841.3
ББК 31.2

Друкується за рішенням кафедри
пожежної і техногенної безпеки
об'єктів та технологій НУЦЗУ
Протокол від __.____.17 № __.

Укладачі: О.В. Кулаков, О.М. Григоренко, А.М. Катунін, С.В. Гарбуз

Пожежна безпека електроустановок. Розділ 1. Електротехніка.
Електротехніка та безпека електроустановок. Розділ 1 Електротехніка:
Методичні вказівки до виконання контрольної роботи / Укладачі: О.В.
Кулаков, О.М. Григоренко, А.М. Катунін, С.В. Гарбуз. – Х.: НУЦЗУ,
2017. – 29 с.

Відповідальний за випуск О.В.Кулаков

© Кулаков О.В., Григоренко О.М.,
Катунін А.М., Гарбуз С.В, 2017
© НУЦЗУ, 2017

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

При вивченні розділу 1 "Електротехніка" навчальних дисциплін «Пожежна безпека електроустановок» та «Електротехніка та безпека електроустановок» виконуються дві контрольні (модульні) роботи. Кожна контрольна (модульна) робота містить 4 задачі.

Кожна контрольна (модульна) робота виконується за індивідуальним варіантом. Варіант завдання визначають дві останні цифри порядкового номера залікової книжки здобувача. Наприклад, номер залікової книжки – 16.04.45 – варіант 45. По таблиці 1 або по таблиці 2, відповідно визначаємо номери задач для контрольних (модульних) робіт. Для роботи 1: 9, 15, 22, 34 (таблиця 1); для роботи 2: 50, 54, 66, 79 (таблиця 2). Вихідні дані для перелічених задач приведені у відповідних таблицях Методичних вказівок.

Перед початком розв'язання кожної задачі необхідно вивчити навчальний матеріал по підручнику [1], перевірити свої знання, відповівши на контрольні питання, ознайомитися з методичними вказівками до розв'язання цієї задачі. При відсутності підручника, рекомендованого даними Методичними вказівками, можливо користуватися іншими джерелами інформації, але знаходити необхідний матеріал у цьому випадку слід самостійно.

Вимагається наступний порядок розв'язання задач:

1. Переписати умову задачі.
2. Накреслити електричну схему.
3. Виписати з умови дані у виді літерних значень фізичних величин і їхніх цифрових значень.
4. Продумати план розв'язання задачі.
5. Розв'язання виконувати по етапах, з коротким описом кожного етапу, як приведено у прикладах розв'язання типових задач з даних методичних вказівок.
6. Результати розв'язання задачі необхідно перевірити через аналіз можливості одержання результату за допомогою зворотних дій, наприклад, застосуванням 1-го і 2-го законів Кірхгофа, підрахунком балансу потужностей та побудовою векторних діаграм.
7. За результатами розрахунків у масштабі викреслити необхідні діаграми, графіки тощо.

Наприкінці роботи слід вказати використану для розв'язання задач літературу, поставити дату і підпис.

Неохайне виконання контрольної роботи, недотримання прийнятої розмірності, недбале виконання креслень і схем можуть послужити причиною повернення її для переробки.

Робота, яка виконана не за своїм варіантом, виконана не у повному обсязі або містить грубі помилки – не зараховується та повертається здобувачеві на доопрацювання.

Таблиця 1

		Остання цифра номера залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передостання цифра номера залікової книжки	0	5, 17, 22, 37	2, 13, 24, 35	2, 14, 26, 34	9, 11, 28, 31	3, 18, 21, 38	6, 15, 24, 35	2, 12, 27, 38	8, 14, 25, 34	4, 11, 28, 31	5, 20, 27, 32
	1	1, 13, 26, 33	6, 19, 28, 31	10, 19, 29, 40	3, 17, 22, 37	5, 14, 25, 34	4, 17, 22, 37	10, 20, 27, 39	6, 16, 23, 36	7, 13, 21, 34	3, 12, 25, 34
	2	3, 19, 30, 39	10, 15, 22, 37	8, 16, 23, 36	7, 13, 26, 33	1, 20, 29, 40	5, 11, 28, 31	2, 18, 21, 36	4, 17, 22, 37	9, 12, 29, 39	6, 14, 25, 34
	3	7, 15, 24, 35	4, 11, 26, 33	6, 12, 27, 32	1, 19, 30, 39	8, 18, 23, 36	9, 17, 25, 31	3, 14, 25, 34	2, 20, 29, 40	5, 13, 24, 37	10, 16, 21, 38
	4	4, 11, 26, 38	1, 14, 23, 36	3, 13, 24, 35	8, 12, 27, 32	2, 19, 30, 39	9, 15, 22, 34	7, 13, 27, 37	5, 20, 28, 31	6, 14, 25, 33	10, 18, 21, 40
	5	8, 12, 27, 32	10, 19, 26, 39	5, 15, 24, 34	7, 13, 28, 33	4, 16, 23, 36	2, 11, 22, 31	3, 17, 25, 38	9, 14, 21, 37	1, 20, 30, 35	6, 18, 29, 40
	6	5, 16, 23, 36	8, 12, 26, 33	2, 19, 30, 38	4, 17, 22, 37	6, 18, 27, 39	1, 14, 25, 34	9, 11, 28, 31	10, 20, 29, 40	7, 13, 24, 32	3, 15, 21, 35
	7	7, 13, 26, 36	9, 11, 29, 40	3, 18, 23, 35	6, 14, 25, 34	1, 17, 22, 37	5, 15, 21, 33	10, 20, 27, 32	2, 19, 30, 39	8, 12, 28, 31	4, 16, 24, 38
	8	6, 14, 25, 34	8, 11, 28, 31	3, 17, 22, 37	5, 20, 29, 40	10, 18, 26, 38	7, 19, 30, 39	2, 16, 23, 33	1, 15, 24, 35	4, 13, 21, 36	9, 12, 27, 32
	9	3, 14, 21, 37	5, 15, 24, 33	7, 20, 25, 40	2, 19, 29, 36	1, 13, 27, 34	6, 12, 23, 32	4, 18, 26, 35	10, 11, 28, 31	9, 16, 22, 38	8, 17, 30, 39

Таблиця 2

		Остання цифра номера залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передостання цифра номера залікової книжки	0	47, 51, 66, 73	45, 56, 69, 71	50, 57, 61, 76	49, 60, 64, 77	41, 59, 62, 75	43, 58, 65, 79	42, 54, 67, 72	46, 55, 68, 80	44, 52, 70, 74	48, 53, 63, 78
	1	47, 54, 69, 79	49, 52, 64, 77	46, 51, 61, 72	45, 58, 68, 73	41, 60, 66, 71	43, 53, 63, 76	50, 51, 65, 74	44, 57, 62, 78	48, 59, 67, 75	42, 55, 70, 80
	2	41, 60, 68, 74	43, 58, 66, 73	44, 57, 65, 72	47, 54, 61, 77	48, 51, 64, 71	49, 52, 70, 75	42, 56, 67, 76	45, 59, 69, 79	50, 53, 63, 80	46, 55, 62, 78
	3	45, 56, 67, 71	47, 52, 62, 76	48, 53, 69, 74	41, 60, 68, 73	44, 57, 65, 72	49, 54, 70, 79	46, 55, 61, 78	50, 51, 63, 77	43, 58, 64, 80	42, 59, 66, 75
	4	42, 51, 64, 74	44, 57, 68, 78	45, 56, 70, 77	48, 53, 63, 80	41, 60, 61, 76	50, 54, 66, 79	47, 58, 62, 71	49, 52, 65, 73	46, 55, 69, 75	43, 59, 67, 72
	5	48, 55, 64, 74	41, 58, 66, 71	45, 56, 63, 76	47, 54, 70, 72	44, 57, 65, 78	42, 52, 68, 77	46, 59, 67, 80	49, 53, 69, 79	43, 60, 62, 73	50, 51, 61, 75
	6	44, 57, 61, 77	47, 59, 63, 73	41, 60, 64, 79	43, 58, 68, 75	42, 51, 62, 76	46, 55, 67, 78	49, 52, 65, 80	50, 53, 66, 72	45, 54, 70, 74	48, 56, 69, 71
	7	47, 54, 63, 75	45, 56, 65, 74	44, 57, 66, 77	46, 55, 61, 73	43, 58, 64, 71	42, 52, 68, 72	50, 51, 67, 78	41, 60, 70, 76	48, 53, 62, 79	49, 59, 69, 80
	8	46, 55, 67, 78	49, 52, 70, 75	43, 58, 64, 71	45, 56, 66, 79	42, 59, 63, 72	41, 60, 62, 73	44, 57, 69, 74	45, 56, 62, 76	42, 59, 65, 78	48, 53, 64, 76
	9	42, 58, 65, 80	45, 56, 61, 79	50, 57, 62, 72	41, 54, 70, 77	48, 53, 69, 75	46, 51, 67, 71	44, 55, 66, 74	49, 52, 64, 78	47, 59, 63, 73	43, 60, 65, 76

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ (МОДУЛЬНОЇ) РОБОТИ № 1

Т е м а. Електричні кола постійного струму

Задачі 1-10. Коло що складається з п'яти резисторів з опорамі R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 , включених змішано (рис. 1), приєднано до джерела електричної енергії з ЕРС – E . Через резистори протікають струми I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 . Загальна потужність, споживана колом, дорівнює P . Внутрішнім опором джерела ЕРС можна зневажити. Напряга на затискачах АВ дорівнює U_{AB} . Визначити невідомі величини, відзначені в таблиці 3 знаком питання, і кількість теплоти, яка виділяється у всіх резисторах кола за час $t=10$ год.

Задачі 11-20 Коло, що складається з п'яти резисторів з опорамі R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 (рис. 2), приєднано до джерела електричної енергії з ЕРС – E_1, E_2 . Через резистори протікають струми I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 (таблиця 4). Внутрішнім опором джерела ЕРС зневажаємо. Визначити силу струму у кожній вітці.

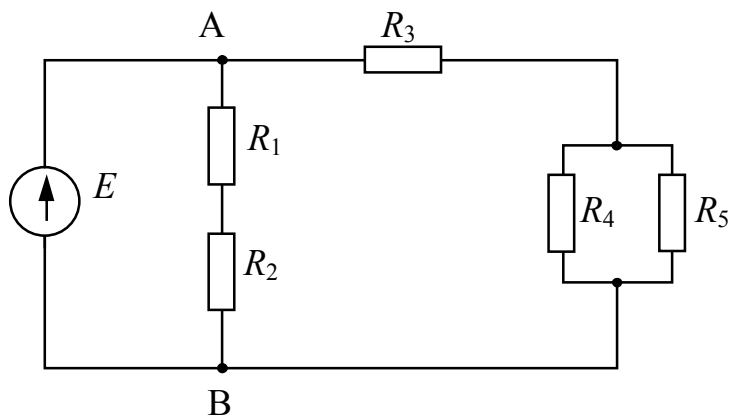


Рис. 1

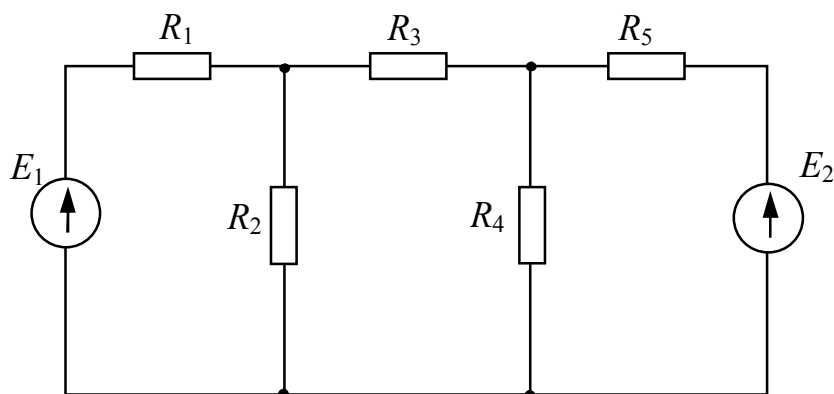


Рис. 2

Таблиця 3

№ задачі	E , В	U_{AB} , В	P , Вт	Опори, Ом					Сили струму, А				
				R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
1	120	?	?	4	6	3	7	6	?	?	?	?	?
2	?	?	?	3	4	4	5	5	?	?	?	?	10
3	?	60	?	5	2	8	4	2	?	?	?	?	?
4	?	?	500	2	4	2	6	4	?	?	?	?	?
5	?	?	?	10	2	4	4	2	?	10	?	?	?
6	40	?	400	?	5	5	4	10	?	?	?	?	?
7	?	?	?	15	6	10	4	10	4	?	?	?	?
8	?	?	?	10	20	20	10	20	?	?	?	5	?
9	60	?	600	8	4	5	8	?	?	?	?	?	?
10	25	?	125	2	8	?	2	6	?	?	?	?	?

Таблиця 4

№ задачі	E_1 , В	E_2 , В	Опори, Ом					Сили струму, А				
			R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
11	20	120	4	6	3	7	6	?	?	?	?	?
12	10	90	3	4	4	5	5	?	?	?	?	?
13	40	60	5	2	8	4	2	?	?	?	?	?
14	45	65	2	2	2	6	4	?	?	?	?	?
15	55	45	10	2	4	4	2	?	?	?	?	?
16	30	60	6	10	5	4	10	?	?	?	?	?
17	70	30	15	6	10	4	10	?	?	?	?	?
18	80	20	10	10	20	10	5	?	?	?	?	?
19	10	40	2	4	5	8	5	?	?	?	?	?
20	25	35	2	4	4	2	6	?	?	?	?	?

Т е м а. Електричні вимірювання та прилади

Задачі 21-30. З умови і даних розв'язання задачі 1 Вашого варіанта визначити величину струму, що проходить через резистор R_n , і напруги на резисторі R_n , де n – індекс резистора, зазначений у таблиці 5. Накреслити схему для задачі 1 Вашого варіанта і показати на ній амперметр і вольтметр для виконання зазначених вимірів. Підібрати з таблиць 6, 7 вольтметр і амперметр, що дозволяють виконати виміри з найменшою похибкою. Розрахувати величину можливої похибки при вимірі обраним амперметром і вольтметром.

Таблиця 5

№ задачі	Прилад для виміру	
	Сили струму, I_n	Напруги, U_n
21	R_1	R_5
22	R_2	R_1
23	R_3	R_2
24	R_4	R_3
25	R_5	R_4
26	R_1	R_5
27	R_2	R_1
28	R_3	R_2
29	R_4	R_3
30	R_5	R_4

Таблиця 6

№ з./п.	Клас точності вольтметра, %	Межа виміру, В	№ з./п.	Клас точності, %	Межа виміру, В
1	1,5	1	11	2,5	30
2	2,5	1,5	12	4,0	30
3	2,5	1,0	13	1,5	50
4	2,5	2,0	14	2,5	75
5	4,0	2,0	15	4,0	75
6	2,5	3,0	16	1,5	100
7	4,0	5,0	17	2,5	250
8	1,5	10,0	18	4,0	300
9	2,5	10,0	19	1,5	300
10	1,5	15	20	2,5	500

Таблиця 7

№ з/п	Клас точності амперметра, %	Межа виміру, А	№ з/п	Клас точності, %	Межа виміру, А
1	1,5	0,3	11	2,5	10
2	2,5	0,5	12	2,5	15
3	2,5	1	13	4,0	15
4	1,0	1,5	14	1,5	20
5	1,5	2	15	1,0	20
6	2,5	2,5	16	1,5	25
7	1,5	3	17	2,5	25
8	4,0	5	18	1,0	30
9	1,0	10	19	4,0	30
10	1,5	10	20	1,5	40

Т е м а. Електричні кола змінного струму

Задачі 31-40. Для кола змінного струму (рис. 3, 4) визначити величини, перелічені в останній графі таблиці 8. Номер рисунка зі схемою і вихідні дані до задачі зазначені там же. Побудувати в масштабі векторну діаграму для кола з коротким описом порядку її побудови.

Таблиця 8

№ задачі	№ рис.	$r_1, r_2,$ Ом	$X_L,$ Ом	$X_{C1},$ $X_{C2},$ Ом	I, U, S, P, Q	Визначити
31	4	24	50	18	$P = 96$ Вт	Z, U, I, φ, S, Q
32	3	32	24	20	$I = 2,5$ А	U, S, P, Q
33	4	4	7	10	$S = 125$ ВА	Z, U, I, φ, P, Q
34	3	20	15	10	$U = 100$ В	I, S, P, Q
35	4	8	20	14	$Q = 24$ ВАр	$Z, U, I, \cos \varphi, S, P$
36	3	4	3	2	$I = 10$ А	U, S, P, Q
37	4	12	25	9	$U = 100$ В	Z, I, φ, S, P, Q
38	3	8	6	4	$P = 32$ Вт	U, φ, S, Q
39	4	16	20	8	$I = 4$ А	Z, U, φ, S, P, Q
40	3	24	32	20	$Q = 128$ ВАр	I, S, P, U

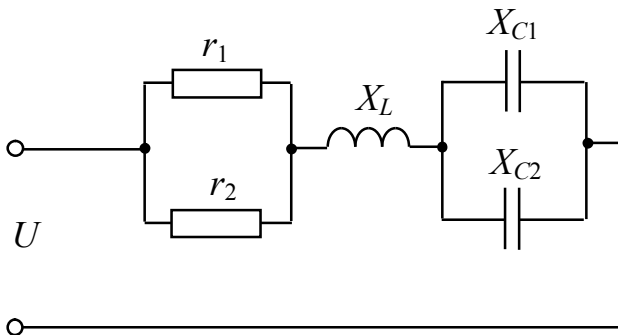


Рис. 3

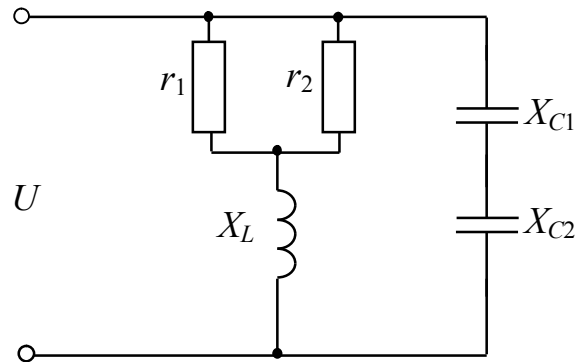


Рис. 4

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ (МОДУЛЬНОЇ) РОБОТИ № 2

Т е м а. Електричні кола змінного струму

Задачі 41-50. Трифазний споживач має симетричне навантаження, з'єднане за схемою (рис. 5, 6). Лінійна напруга мережі $U_{\text{л}}$ при частоті струму $f = 50$ Гц. Активний r_{ϕ} і реактивно-індуктивний X_{ϕ} опори фаз споживача однакові, тобто $r=r_1=r_2=r_3$; $X_L=X_{L1}=X_{L2}=X_{L3}$. Повний опір фази Z_{ϕ} . Лінійний струм $I_{\text{л}}$, фазний струм I_{ϕ} . Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$, де φ - кут зсуву фаз між фазною напругою U_{ϕ} і фазним струмом I_{ϕ} . Активна потужність фази P_{ϕ} , активна потужність трьох фаз P . Реактивна потужність трьох фаз Q , повна потужність трьох фаз S . Використовуючи дані задачі, зазначені в таблиці 9, визначити невідомі величини, відзначені знаком питання. Номер рисунку зазначений там же.

Побудувати в масштабі топографічну діаграму.

Таблиця 9

№ задачі	Номер рис.	$U_{\text{л}}$, В	I_{ϕ} , А	$I_{\text{л}}$, А	$\cos \varphi$	P , кВт	Q , кВАр	S , кВА	r , Ом	X_L - X_C , Ом	Z_{ϕ} , Ом
41	5	220	?	?	?	?	?	?	3	4	?
42	6	380	?	?	0,71	21	?	?	?	?	?
43	5	220	?	?	0,6	?	?	22	?	?	?
44	6	380	25	?	?	?	?	?	5	?	?
45	5	220	?	?	?	?	?	?	?	4	5
46	6	380	?	?	?	?	?	?	6,3	?	10
47	5	220	?	?	0,8	12	?	?	?	?	?
48	6	380	?	?	0,7	?	?	?	?	?	11
49	5	220	?	17,3	0,66	?	?	?	?	?	?
50	6	380	30	?	?	?	?	?	?	4	?

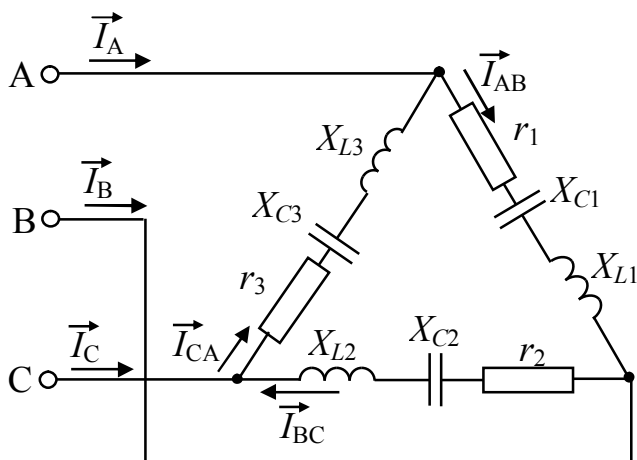


Рис. 5

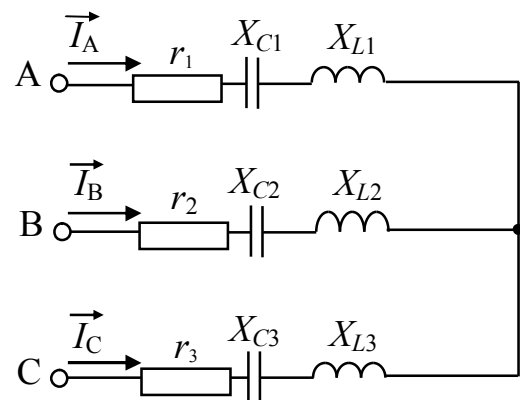


Рис. 6

Задачі 51-60. Трифазний споживач має несиметричне навантаження за схемою рис. 7. Фазна напруга мережі U_ϕ при частоті струму $f=50$ Гц. Активний r_ϕ та реактивний X_ϕ опори фаз споживача приведені в таблиці 10. Повний опір фази Z_ϕ . Фазний струм I_ϕ . Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$, де φ - кут зсуву фаз між фазною напругою U_ϕ і фазним струмом I_ϕ . Активна потужність фази P_ϕ , активна потужність трьох фаз P . Реактивна потужність трьох фаз Q , повна потужність трьох фаз S . Використовуючи вихідні дані задачі, зазначені в таблиці 10, визначити невідомі величини, відзначені знаком питання. Побудувати в масштабі топографічну діаграму.

Таблиця 10

№ задачі	U_ϕ В	I_A , А	I_B , А	I_C , А	r_A, r_B , Ом	r_C , Ом	X_A , Ом	X_B , Ом	P	Q	S
51	220	?	?	?	25	55	66	30	?	?	?
52	380	?	?	?	30	45	30	10	?	?	?
53	220	?	?	?	15	35	24	20	?	?	?
54	380	?	?	?	20	25	13	50	?	?	?
55	220	?	?	?	10	15	35	30	?	?	?
56	380	?	?	?	40	10	35	60	?	?	?
57	220	?	?	?	30	18	25	40	?	?	?
58	380	?	?	?	35	54	15	20	?	?	?
59	220	?	?	?	25	24	15	10	?	?	?
60	380	?	?	?	50	15	20	20	?	?	?

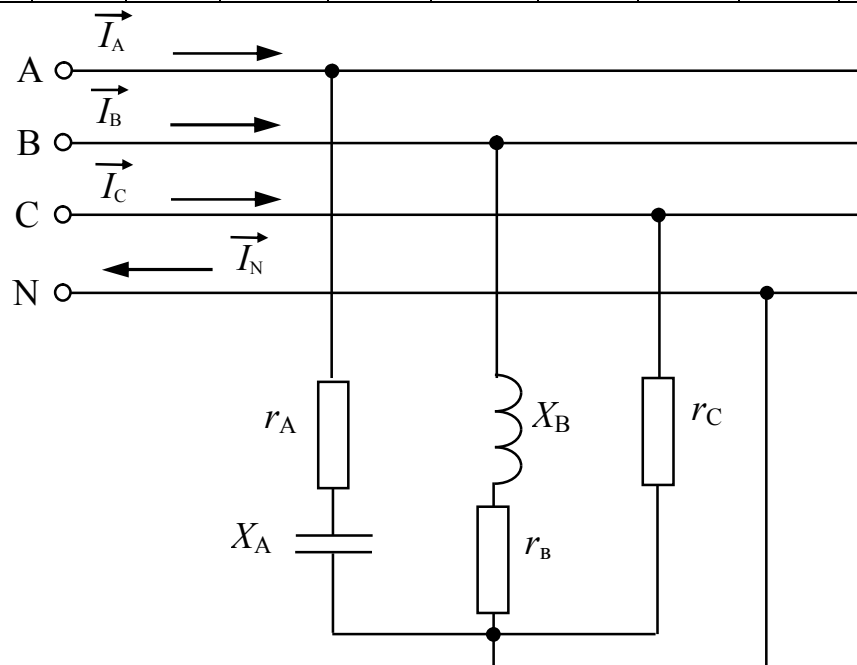


Рис. 7

Тема. Електричні машини та апарати

Задачі 61-70. Для живлення зниженою напругою ламп електричних світильників використовується однофазний двох-обмотковий трансформатор із природним повітряним охолодженням, що експлуатується в номінальному режимі. Трансформатор має наступні номінальні параметри: номінальна потужність трансформатора $S_{\text{ном}}$, активна споживана потужність з мережі P_1 , споживана активна потужність P_2 , напруга первинної обмотки U_1 , вторинна напруга U_2 , номінальна сила струму у первинній обмотці $I_{1\text{ном}}$, сила струму у первинній обмотці I_1 , номінальна сила струму у вторинній обмотці $I_{2\text{ном}}$, сила струму у вторинній обмотці I_2 , активний опір навантаження $r_{\text{н}}$, реактивний опір навантаження $X_{\text{н}}$, повний опір навантаження $Z_{\text{н}}$, коефіцієнт трансформації K , коефіцієнт корисної дії η , коефіцієнт потужності споживача $\cos\varphi_2$, коефіцієнт завантаження β .

Використовуючи номінальні параметри трансформатора, зазначені в таблиці 11, визначити невідомі величини, проти яких у відповідних графах таблиці поставлений знак питання, та величину сили струму у первинній обмотці I_1 .

Таблиця 11

№ задачі	$S_{\text{ном}}$, ВА	P_1 , Вт	P_2 , Вт	U_1 , В	U_2 , В	$I_{1\text{ном}}$, А	$I_{2\text{ном}}$, А	I_2 , А	$r_{\text{н}}$, Ом	$X_{\text{н}}$, Ом	$Z_{\text{н}}$, Ом	K	η	$\cos\varphi_2$	β
61	300	?	?	?	?	0,8	?	13,2	?	?	?	17	0,95	0,95	?
62	?	?	?	?	22	?	13,4	?	1,82	?	?	17,5	0,97	0,94	0,96
63	?	?	?	480	26,2	0,79	?	?	?	?	2,4	?	0,96	0,96	?
64	?	382,2	?	450	28,6	0,89	?	13,8	?	0,54	?	?	?	0,92	?
65	420	?	380	460	?	?	?	13,4	?	?	?	15,1	0,94	0,93	?
66	380	326,5	?	?	23,8	?	?	12,9	1,82	?	?	15,5	?	?	?
67	?	280	?	?	24,2	?	?	?	1,92	?	2,2	16	?	?	0,95
68	?	?	365	500	25,4	?	?	14,6	?	?	?	?	0,98	?	0,92
69	?	330	?	?	?	0,81	14,1	?	1,86	?	2,1	?	?	?	0,93
70	?	420	?	520	?	0,99	?	?	?	0,62	1,9	18	?	0,91	?

Задачі 71-80. Трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором працює в номінальному режимі. Лінійна напруга U , струм, споживаний двигуном з мережі $I_{\text{н}}$, пусковий струм $I_{\text{п}}$, кратність пускового струму $\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}}$. Активна потужність, споживана двигуном з мережі P_1 , корисна потужність на валу P_2 , сумарні втрати в двигуні при номінальному навантаженні $\sum P$. ККД двигуна η , коефіцієнт потужності $\cos\varphi$. Обертові моменти, що розвиває двигун: номінальний $M_{\text{н}}$, максимальний $M_{\text{м}}$. Перевантажувальна здатність двигуна $\frac{M_{\text{м}}}{M_{\text{н}}}$. Синхронна частота обертового магнітного потоку n_1 , частота обертання ротора n_2 . Ковзання ротора двигуна при номінальному навантаженні $S_{\text{н}}$.

Використовуючи номінальні параметри двигуна, зазначені у таблиці 12, визначити невідомі величини, проти яких у відповідних графах таблиці поставлений знак питання.

Таблиця 12

№ задачі	U , В	I_H , А	P_1 , кВт	P_2 , кВт	η	ΣP , кВт	$\cos\varphi$	M_H , Н·м	M_M , Н·м	$\frac{M_M}{M_H}$	n_1 , об/хв	n_2 , об/хв	s_H	$\frac{I_{II}}{I_H}$
71	380	?	8,05	?	0,87	?	0,89	?	?	2,2	?	2890	0,0366	6
72	220	15,7	?	?	0,85	?	0,88	15,1	?	2,4	3000	?	?	5,5
73	380	17,5	?	8	0,8	?	?	?	?	1,9	750	700	?	4,5
74	380	16,3	?	?	0,86	?	0,85	?	?	1,8	1500	1440	?	6
75	220	38,8	?	?	?	1,7	0,8	?	?	1,1	750	?	0,0266	4
76	380	?	5,3	?	?	0,8	0,85	29,3	?	2	1500	?	?	5
77	380	?	?	4,5	0,86	?	0,88	?	?	2,4	3000	2870	?	3,5
78	220	?	3,4	2,8	?	?	0,84	?	?	2	1500	?	0,0533	5,5
79	220	?	?	10	0,85	?	0,8	130	?	1,1	750	720	?	4
80	380	33	?	?	?	2,8	0,77	?	?	1,9	?	700	0,0666	4,5

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад розв'язання задач 1-10

Для схеми, зображеної на рис. 8, дано: $R_1=3$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=15$ Ом, $R_4=10$ Ом, $E=110$ В, $t=10$ год. Визначити сили струмів, що проходять через кожний резистор, загальну потужність кола і кількість теплоти, що виділяється у колі Q за час t . Внутрішнім опором джерела зневажити.

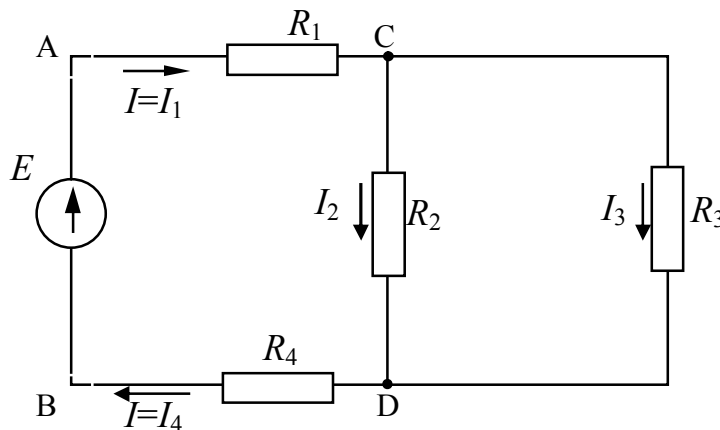


Рис. 8

Дано: $R_1=3$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=15$ Ом, $R_4=10$ Ом, $E=110$ В, $t=10$ год.

Визначити: I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , P , Q .

Розв'язання:

1. Знайдемо напругу на клеммах джерела U_{AB} :

$$E = U_{AB} + I \cdot r_0.$$

Через те, що внутрішнім опором джерела за умовою задачі можна зневажити, та прийнявши $r_0=0$, одержимо:

$$E = U_{AB} = 110 \text{ В}$$

2. Знайдемо загальний (еквівалентний) опір кола. Метод розрахунку загального (еквівалентного) опору кола зі змішаним з'єднанням резисторів зводиться до послідовного спрощення схеми. Опори R_2 і R_3 з'єднані паралельно. Знайдемо загальний опір при такому з'єднанні:

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Привівши до загального знаменника, одержимо:

$$R_{2,3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = \frac{150}{25} = 6 \text{ Ом}.$$

Схема прийме вигляд рис. 9:

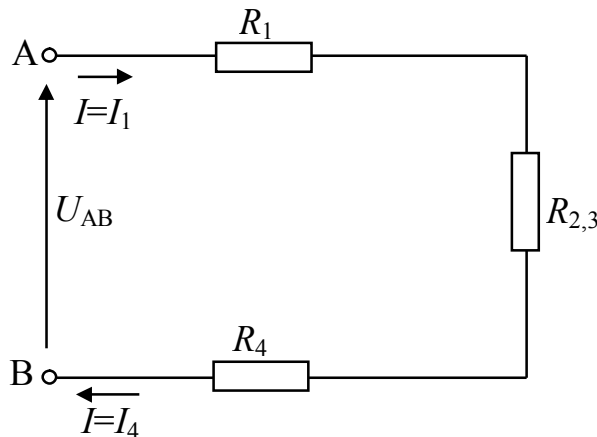


Рис. 9

Резистори R_1 , $R_{2,3}$, R_4 з'єднані послідовно. Загальний (еквівалентний) опір буде дорівнювати:

$$R_{\text{екв}} = R_1 + R_{2,3} + R_4 = 3 + 6 + 1 = 10 \text{ Ом}.$$

Схема набуде такого вигляду (рис. 10):



Рис. 10

3. За законом Ома для ділянки кола знайдемо струм:

$$I = \frac{U_{\text{AB}}}{R_{\text{екв}}} = \frac{110}{10} = 11 \text{ А}.$$

4. Знайдемо струми, що проходять через усі резистори.

Через резистор R_1 і через резистор R_4 проходить такий же струм $I = 11 \text{ А}$ (див. рис. 9).

Для того, щоб знайти струми, що проходять через резистори R_2 , R_3 , потрібно знайти напругу на паралельній ділянці $R_{2,3}$. Це можна зробити двома способами:

$$U_{2,3} = I \cdot R_{2,3} = 11 \cdot 6 = 66 \text{ В}$$

або

$$U_{2,3} = U_{AB} - I \cdot R_1 - I \cdot R_4 = U_{AB} - I \cdot (R_1 + R_4) = 110 - 11 \cdot (3 + 1) = 66 \text{ В}$$

За законом Ома для ділянки кола знайдемо

$$I_2 = \frac{U_{2,3}}{R_2} = \frac{66}{10} = 6,6 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{U_{2,3}}{R_3} = \frac{66}{15} = 4,4 \text{ А}$$

Правильність визначення струмів можна перевірити, застосувавши 1-й закон Кірхгофа для вузла «С» (рис. 8).

Сума струмів, що підходять до вузла, дорівнює сумі струмів, що відходять від вузла:

$$I_1 = I_2 + I_3;$$

$$11 = 6,6 + 4,4.$$

5. Знайдемо загальну потужність кола:

$$P = U_{AB} \cdot I = 110 \cdot 11 = 1210 \text{ Вт} = 1,21 \text{ кВт}.$$

6. Визначимо кількість тепла, що виділилося в колі за час $t = 10$ год. (36000 с):

$$Q = I^2 \cdot R_{\text{екв}} \cdot t = P \cdot t = 1210 \cdot 36000 = 43560000 \text{ Дж} = 43560 \text{ кДж}.$$

Перевірку правильності розв'язання задачі можна зробити за допомогою розрахунку балансів потужностей:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 = 11^2 \cdot 3 +$$

$$+ 6,6^2 \cdot 10 + 4,4^2 \cdot 15 + 11^2 \cdot 1 = 363 + 435,6 + 290,4 + 121 = 1210 \text{ Вт},$$

тобто

$$1210 \text{ Вт} = 1210 \text{ Вт},$$

що свідчить про правильність розв'язання задачі.

Приклад розв'язання задач 11-20

Для схеми, зображеної на рис. 11, дано: $R_1=3$ Ом, $R_2=4$ Ом, $R_3=12$ Ом, $E_1=72$ В, $E_2=48$ В. Визначити сили струмів I_1 , I_2 , I_3 . Внутрішнім опором джерела ЕРС зневажити.

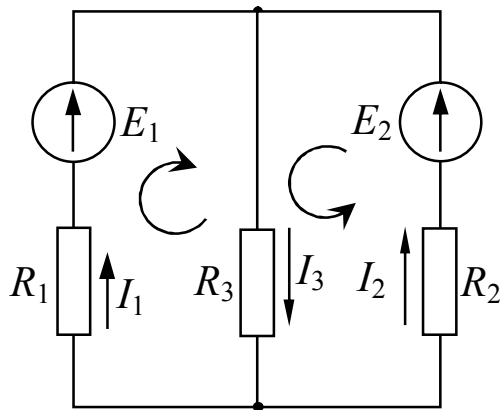


Рис. 11

Дано: $R_1=3$ Ом, $R_2=4$ Ом, $R_3=12$ Ом, $E_1=72$ В, $E_2=48$ В.

Визначити: I_1, I_2, I_3 .

Розв'язання:

Коло на рисунку є розгалуженим. Для розв'язання задачі використовуємо метод вузлових та контурних рівнянь.

1. Обираємо довільно напрямки струмів, що необхідно розрахувати, та напрямки обходу контурів.

2. Складаємо одне вузлове та два контурних рівняння:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 \\ E_2 = I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 \end{cases}$$

3. Підставимо значення ЕРС та опорів у вище наведені формули:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ 72 = 3 \cdot I_1 + 12 \cdot I_3 \\ 48 = 4 \cdot I_2 + 12 \cdot I_3 \end{cases}$$

4. Розв'язуючи систему рівнянь методом виключення змінних знаходимо:

$$I_1 = 6 \text{ А}; I_2 = -1,5 \text{ А}; I_3 = 4,5 \text{ А}.$$

Отриманий негативний знак сили струму I_2 означає, що в дійсності цей струм спрямований у протилежному напрямку.

Приклад розв'язання задач 21-30

З умови і даних розв'язання задачі 1 (рис. 1) визначити величину силу струму, що проходить через резистор R_1 , і напруги на резисторі R_5 . Накреслити схему для задачі 1 вашого варіанта і показати на ній амперметр і вольтметр для виконання зазначених вимірів. Підібрати з таблиць 6, 7 вольтметр і амперметр, що дозволяють виконати виміри з найменшою похибкою. Розрахувати величину можливої похибки при вимірі обраним амперметром і вольтметром.

Дано: $U_5=26,8$ В, $I_1=1,8$ А.

Визначити: γ_A, γ_V .

Розв'язання:

1. Накреслимо схему підключення амперметру і вольтметру для виміру сили струму та напруги на резисторах R_1 та R_5 відповідно (рис. 12):

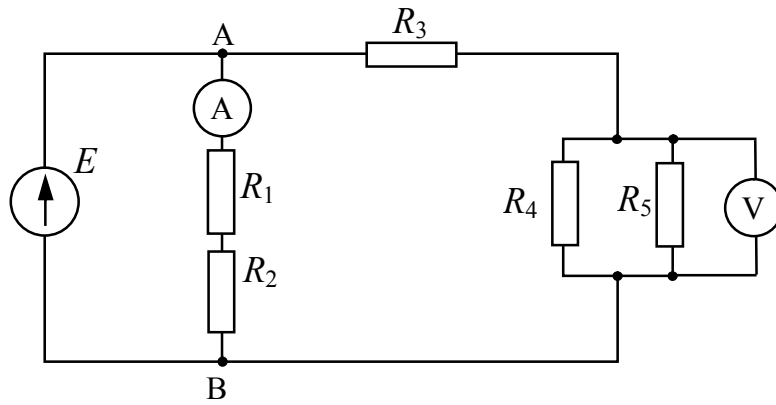


Рис. 12

2. Для виміру сили струму, що проходить через резистор R_1 , будемо використовувати амперметр № 5 з таблиці 7. Амперметр має клас точності 1,5 та верхню межу виміру 2 А. При цьому похибка виміру буде мінімальною та дорівнювати:

$$\gamma_A = \gamma_{\text{пр}} \cdot \frac{A_{\text{н}}}{A_1} = 1,5 \cdot \frac{2}{1,8} = 1,7 \%$$

3. Для виміру напруги на резисторі R_5 , будемо використовувати вольтметр № 11 з таблиці 6. Вольтметр має клас точності 2,5 та верхню межу виміру 30 В. При цьому похибка виміру буде мінімальною та дорівнювати:

$$\gamma_V = \gamma_{\text{пр}} \cdot \frac{A_{\text{н}}}{A_5} = 2,5 \cdot \frac{30}{26,8} = 2,8 \%$$

Приклад розв'язання задач 31-40 для нерозгалужених кіл

У нерозгалуженому колі змінного струму (рис. 13) дано: $r=5$ Ом, $X_L=9$ Ом, $X_C=6$ Ом. До затискачів кола підведена напруга $U=220$ В. Визначити: повний опір кола Z , силу струму у колі I , повну споживану потужність S , коефіцієнт потужності $\cos\phi$. Побудувати в масштабі векторну діаграму.

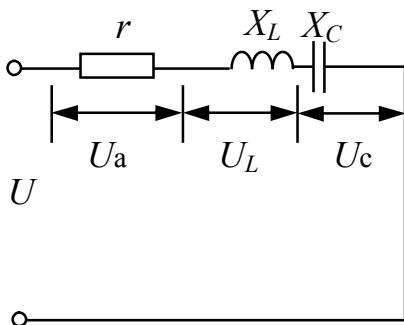


Рис. 13

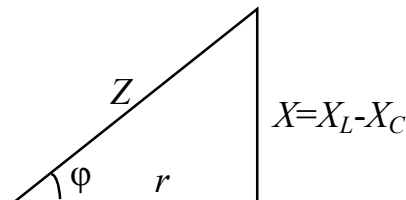


Рис. 14

Дано: $r=5$ Ом, $X_L=9$ Ом, $X_C=6$ Ом, $U=220$ В.

Визначити: Z , I , Q , S , $\cos\phi$

Розв'язання:

1. Знаходимо повний опір кола:

$$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{5^2 + (9 - 6)^2} = 5,83 \text{ Ом.}$$

2. За законом Ома знаходимо силу струму у колі:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{5,83} = 37,7 \text{ А.}$$

3. З аналізу трикутника опорів (рис. 14) визначаємо:

$$\cos \varphi = \frac{r}{Z} = \frac{5}{5,83} = 0,86,$$

$$\sin \varphi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{9 - 6}{5,83} = 0,514,$$

зсув фаз між напругою і струмом $\varphi = 31^\circ$.

4. Визначаємо потужності, споживані колом:

а) повна потужність

$$S = U \cdot I = 220 \cdot 37,7 = 8294 \text{ ВА};$$

б) активна потужність

$$P = S \cdot \cos \varphi = 8294 \cdot 0,86 = 7133 \text{ Вт};$$

в) реактивна потужність

$$Q = S \cdot \sin \varphi = 8294 \cdot 0,514 = 4263 \text{ ВАр.}$$

Побудуємо векторну діаграму:

1. Випишемо, а за необхідності визначаємо, значення сил струмів і напруг на опорах кола.

У нерозгалуженому колі струм однаковий у будь-якій ділянці кола $I = 37,7 \text{ А}$.

Напруга на активному опорі

$$U_a = I \cdot r = 37,7 \cdot 5 = 188,5 \text{ В.}$$

Напруга на індуктивному опорі

$$U_L = I \cdot X_L = 37,7 \cdot 9 = 339,3 \text{ В.}$$

Напруга на ємності

$$U_C = I \cdot X_C = 37,7 \cdot 6 = 226,2 \text{ В.}$$

2. Виходячи з розмірів аркуша паперу, приймаємо масштаб по струму і напрузі.

Для розглянутого приклада:

- масштаб для струму $M_I = 9 \text{ А/см}$

- масштаб для напруги $M_U = 60 \text{ В/см}$

Тоді довжини векторів будуть дорівнювати:

- довжина вектора сили струму:

$$I = \frac{I}{M_I} = \frac{37,7}{9} = 4,2 \text{ см};$$

- довжини векторів напруг:

$$U_a = \frac{U_a}{M_U} = \frac{188,5}{60} = 3,14 \text{ см};$$

$$U_L = \frac{U_L}{M_U} = \frac{339,3}{60} = 5,65 \text{ см};$$

$$U_C = \frac{U_C}{M_U} = \frac{226,2}{60} = 3,77 \text{ см}.$$

3. Виконуємо побудову діаграми в такій послідовності:

а) за початковий вектор приймаємо вектор струму, оскільки струм є однаковою величиною для всіх ділянок кола. Будуємо цей вектор горизонтально в масштабі (рис. 15);

б) напруга на активному опорі збігається по фазі зі струмом. Вектор цієї напруги \vec{U}_a відкладаємо в масштабі уздовж вектора струму;

в) напруга на індуктивності випереджає по фазі струм на кут $\varphi = 90^\circ$.

Оскільки позитивне обертання векторів прийняте проти стрілки годинника, вектор напруги \vec{U}_L відкладається вгору щодо вектора струму, тому що струм у даному випадку відстає від напруги;

г) напруга на ємності відстає по фазі від струму на кут $\varphi = 90^\circ$. Отже, вектор цієї напруги відкладаємо вниз щодо вектора струму, тому що струм у даному випадку випереджає напругу;

д) геометричним додаванням векторів напруг на активному опорі, індуктивності і ємності одержимо вектор прикладеної напруги:

$$\vec{U} = \vec{U}_a + \vec{U}_L + \vec{U}_C.$$

Кут між векторами струму і загальної (прикладеної) напруги позначається φ і називається кутом зсуву фаз даного кола.

Перевірка. Слід порівняти аналітичне розв'язання і побудовану векторну діаграму. Для цього:

1. Перевірити кут за допомогою транспортира і порівняти отриману величину кута в градусах з розрахованим у п. 3 значенням. У даному випадку з розрахунку $\varphi=31^\circ$; по діаграмі цей кут також дорівнює 31° .

2. Перевірити величини прикладеної напруги.

За діаграмою довжина цього вектора $\ell = 3,7$ см, величина напруги $U = U \cdot M_U = 3,7 \cdot 60 \approx 220\text{В}$, що відповідає умовам задачі.

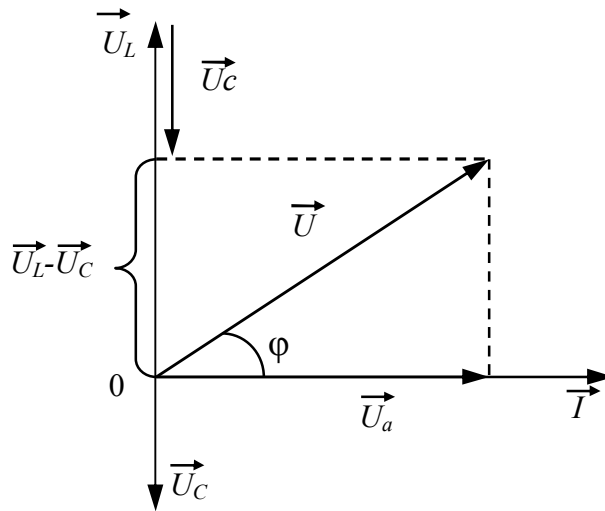


Рис. 15

Приклад розв'язання задач 31-40 для розгалужених кіл

У розгалуженому колі змінного струму (рис. 16) $r=6$ Ом, $X_L=8$ Ом, $X_C=5$ Ом. Напруга $U=220$ В. Визначити: сили струмів у вітках I_1 і I_2 , загальну силу струму у нерозгалуженій частині кола I , коефіцієнт потужності всього кола $\cos \varphi$, потужності: повну S , активну P и реактивну Q . Побудувати в масштабі векторну діаграму кола.

Дано: $r=6$ Ом, $X_L=8$ Ом, $X_C=5$ Ом, $U=220$ В.

Визначити: $I_1, I_2, I, \cos \varphi, S, P, Q$.

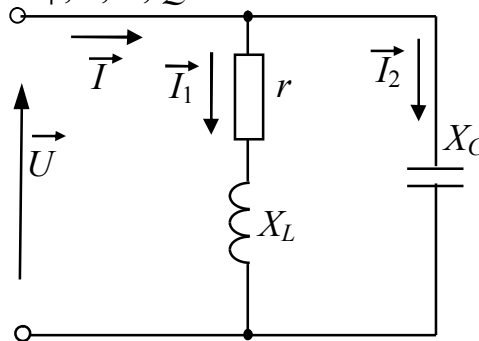


Рис. 16

Розв'язання:

1. Знаходимо повні опори віток:

$$Z_1 = \sqrt{r^2 + X_L^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Ом,}$$

$$Z_2 = X_C = 5 \text{ Ом.}$$

2. Знаходимо коефіцієнт потужності першої вітки:

$$\cos \varphi_1 = \frac{r}{Z_1} = \frac{6}{10} = 0,6;$$

$$\sin \varphi_1 = \frac{X_L}{Z_1} = \frac{8}{10} = 0,8, \text{ що відповідає } \varphi_1=53^\circ.$$

Через те, що в другій вітці включений тільки ємнісний опір X_C , тоді:

$$\cos \varphi_2 = 0;$$

$$\sin \varphi_2 = 1, \text{ що відповідає } \varphi_2 = 90^\circ.$$

3. Знаходимо сили струмів у вітках за законом Ома:

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}, \quad I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{220}{50} = 44 \text{ А}.$$

4. Для визначення сили струму в нерозгалуженій частині кола необхідно знайти активні і реактивні складові сил струмів:

а) активна складова сили струму у першій вітці:

$$I_{a1} = I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 22 \cdot 0,6 = 13,2 \text{ А};$$

б) реактивна складова сили струму у першій вітці:

$$I_{p1} = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ А};$$

в) активна складова сили струму у другій вітці:

$$I_{a2} = 0 \text{ А};$$

г) реактивна складова сили струму у другій вітці:

$$I_{p2} = I_C = I_2 = 44 \text{ А}.$$

Силу струму у нерозгалуженій частині кола визначаємо за формулою:

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2} = \sqrt{(\sum I_a)^2 + (\sum I_{p1} - \sum I_{p2})^2} = \sqrt{I_{a1}^2 + (I_{p1} - I_{p2})^2} = \\ = \sqrt{13,2^2 + (17,6 - 44)^2} = 29,5 \text{ А}.$$

5. Знаходимо коефіцієнти потужності усього кола:

$$\cos \varphi = \frac{I_a}{I} = \frac{13,2}{29,5} = 0,45,$$

$$\sin \varphi = \frac{I_p}{I} = \frac{I_{\delta 1} - I_{\delta 2}}{I} = \frac{17,6 - 44}{29,5} = -0,895,$$

що відповідає $\varphi = -63,5^\circ$.

6. Визначаємо потужність кола:

а) повна потужність

$$S = U \cdot I = 220 \cdot 29,5 = 6490 \text{ ВА};$$

б) активна потужність

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 220 \cdot 29,5 \cdot 0,45 = 2920,5 \text{ Вт};$$

в) реактивна потужність

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 220 \cdot 29,5 \cdot 0,895 = 5808,5 \text{ ВАр}.$$

Побудуємо векторну діаграму.

Випишемо значення прикладеної напруги і складових сил струмів віток:

$$U=220 \text{ В}, \quad I_{a1}=13,2 \text{ А}, \quad I_{p1}=17,6 \text{ А}, \quad I_C=44 \text{ А}.$$

Приймаємо масштаб:

- по напрузі $M_U=50 \text{ В/см}$;

- по струму $M_I=10 \text{ А/см}$.

Визначаємо довжини векторів.

Довжина вектора напруги:

$$U = \frac{U}{M_U} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ нї} .$$

Довжини векторів сил струмів:

$$\ell_{I_a} = \frac{I_a}{M_I} = \frac{13,2}{10} = 1,32 \text{ см};$$

$$\ell_{p1} = \frac{I_{p1}}{M_I} = \frac{17,6}{10} = 1,76 \text{ см};$$

$$\ell_{p2} = \frac{I_{p2}}{M_I} = \frac{44}{10} = 4,4 \text{ см}.$$

Виконуємо побудову векторної діаграми в такій послідовності:

- 1) горизонтально в масштабі відкладаємо вектор U (рис. 17);
- 2) будуємо вектори струмів I_{a1}, I_{p1}, I_1 і I_2 ;
- 3) геометричним додаванням векторів сил струмів одержимо вектор загальної сили струму (струму в нерозгалуженій частині кола).

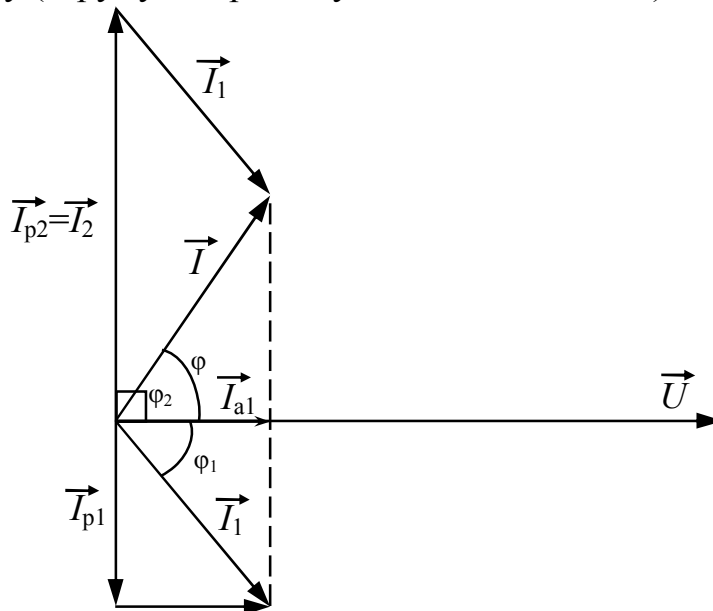


Рис. 17

Приклад розв'язання задач 41-50 при з'єднанні споживача «трикутником»

У трипровідну мережу трифазного струму з лінійною напругою $U_{л}=220$ В при частоті струму $f=50$ Гц включені з'єднані «трикутником» три реальні котушки індуктивності, що утворюють симетричне навантаження (рис. 18). Котушки мають однакові активні $r=20$ Ом і індуктивні $X_L=40$ Ом опори.

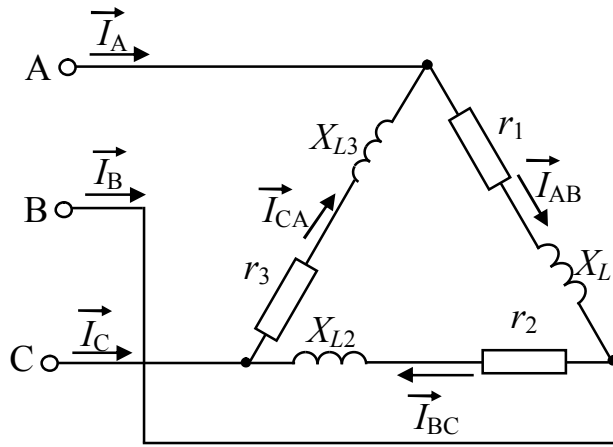


Рис. 18

Визначити: повний опір фази Z_{ϕ} , коефіцієнт потужності $\cos\varphi$, фазний струм I_{ϕ} , лінійний струм $I_{л}$, активну P , реактивну Q і повну S потужності кола. Побудувати в масштабі топографічну діаграму.

Дано: $U_{л}=U_{\phi}=220$ В, $f=50$ Гц, $r_1=r_2=r_3=20$ Ом, $X_{L1}=X_{L2}=X_{L3}=40$ Ом.

Визначити: Z_{ϕ} , $\cos\varphi$, I_{ϕ} , $I_{л}$, P , Q , S .

Розв'язання:

1. Розрахуємо повний опір однієї фази:

$$Z_{\phi} = \sqrt{r^2 + X_L^2} = \sqrt{20^2 + 40^2} = 44 \text{ } \hat{\Omega} .$$

2. Визначимо коефіцієнт потужності однієї фази $\cos \varphi$:

$$\cos \varphi = \frac{r}{Z_{\phi}} = \frac{20}{44} = 0,455, \text{ що відповідає } \varphi = 63^{\circ} .$$

3. Визначимо фазний струм в одній фазі за законом Ома:

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}} = \frac{220}{44} = 5 \text{ А} .$$

Так як споживач електричної енергії є симетричним, сили струму у фазах є однаковими. Дійсно, фазні опори рівні $Z_{\phi}=Z_{AB}=Z_{BC}=Z_{AC}$ і усі вони знаходяться під однією фазною напругою U_{ϕ} , отже струми однакові:

$$I_{\phi}=I_{AB}=I_{BC}=I_{CA}=5 \text{ А} .$$

4. Відомо, що при рівномірному навантаженні (при з'єднанні фаз споживача «трикутником») лінійні струми виявляються більше фазних у $\sqrt{3}$ раз:

$$I_{л} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi} = \sqrt{3} \cdot 5 = 8,65 \text{ А} .$$

Отже:

$$I_{л} = I_A = I_B = I_C = 8,65 \text{ А} .$$

5. Визначимо активну потужність:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{л} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 8,65 \cdot 0,455 = 1500 \text{ Вт} = 1,5 \text{ кВт} .$$

6. Визначимо реактивну потужність системи:

З трикутника опорів (рис. 14) знайдемо:

$$\sin \varphi = \frac{X_L}{Z} = \frac{40}{44} = 0,91,$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 8,65 \cdot 0,91 = 3000 \text{ ВАр} = 3 \text{ кВАр}.$$

7. Визначимо повну потужність трифазної системи:

$$S = \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 8,65 = 3300 \text{ ВА} = 3,3 \text{ кВА}.$$

Побудуємо топографічну діаграму.

Необхідно спочатку вписати значення сил струмів і напруг. Приймаючи масштаб, треба визначити довжину векторів напруг і сил струмів.

Для побудови топографічної діаграми необхідно до кінців векторів \vec{I}_{AB} , \vec{I}_{BC} , \vec{I}_{CA} додати повернені на 180° вектори струмів \vec{I}_{AB} , \vec{I}_{BC} , \vec{I}_{CA} та скласти їх попарно. Це робиться на підставі того, що вектор лінійного струму дорівнює різниці векторів відповідних фазних струмів, тобто

$$\vec{I}_{\text{A}} = \vec{I}_{\text{AB}} - \vec{I}_{\text{CA}},$$

$$\vec{I}_{\text{B}} = \vec{I}_{\text{BC}} - \vec{I}_{\text{AB}},$$

$$\vec{I}_{\text{C}} = \vec{I}_{\text{CA}} - \vec{I}_{\text{BC}}.$$

Топографічна діаграма побудована на рис. 19.

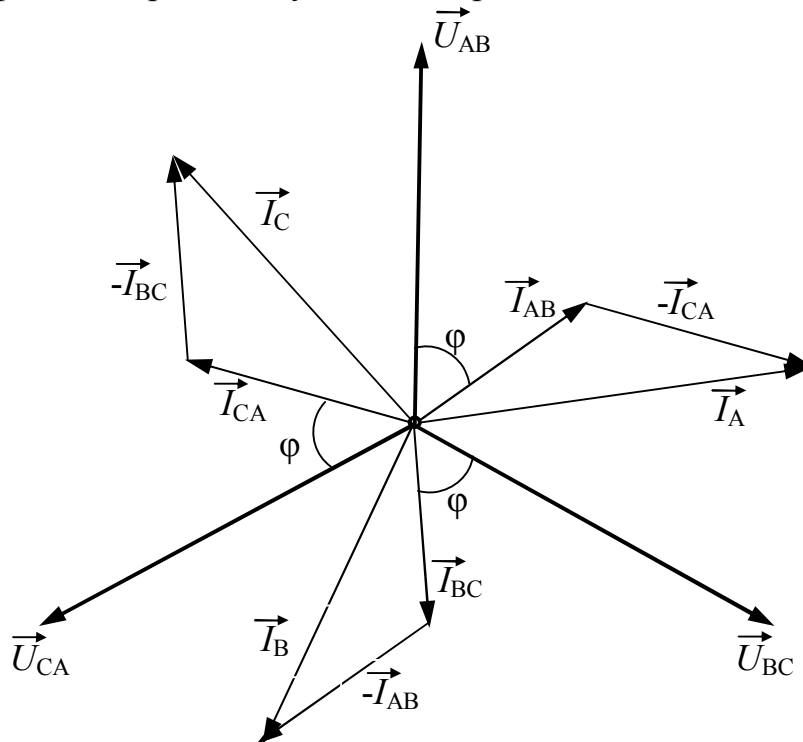


Рис. 19

Приклад розв'язання задач 41-50 при з'єднанні споживача «зіркою»

У трипровідну мережу трифазного струму з лінійною напругою $U_{\text{л}}=380 \text{ В}$ при частоті струму $f=50 \text{ Гц}$ включені з'єднані «зіркою» три реальні котушки індуктивності, що утворюють симетричне навантаження (рис. 20). Котушки мають однакові активні r_{ϕ} і індуктивні $X_L=4 \text{ Ом}$ опори. Фазні струми $I_{\phi}=30 \text{ А}$.

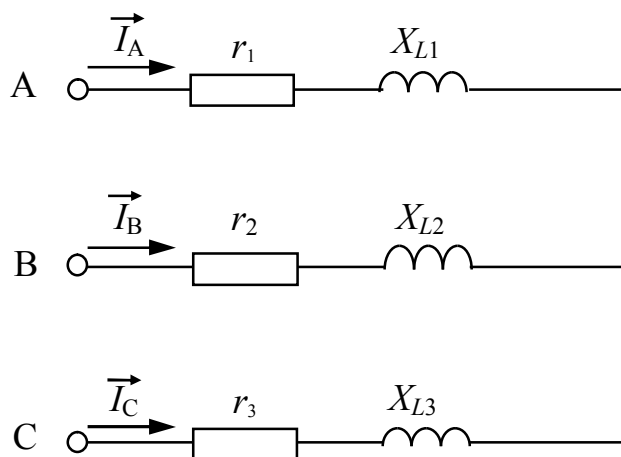


Рис. 20

Визначити: повний опір фази Z_{ϕ} , коефіцієнт потужності $\cos \varphi$, активний опір r_{ϕ} , лінійний струм $I_{\text{л}}$, активну P , реактивну Q і повну S потужності кола. Побудувати в масштабі топографічну діаграму.

Дано: $U_{\text{л}}=380$ В, $f=50$ Гц, $X_{L1}=X_{L2}=X_{L3}=4$ Ом, $I_{\phi}=30$ А.

Визначити: Z_{ϕ} , $\cos \varphi$, r_{ϕ} , $I_{\text{л}}$, P , Q , S .

Розв'язання:

1. Визначимо фазну напругу при з'єднанні „зіркою”:

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В.}$$

2. Лінійний струм дорівнює:

$$I_{\text{л}}=I_{\phi}=30 \text{ А.}$$

3. Визначимо повний опір у кожній фазі:

$$Z_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}} = \frac{220}{30} = 7,3 \text{ Ом.}$$

4. Знайдемо кут зсуву фаз φ : $\sin \varphi = \frac{X_L}{Z_{\phi}} = \frac{4}{7,3} = 0,55$, тоді $\varphi=33,4^{\circ}$, що

відповідає $\cos \varphi=0,84$.

5. Активний опір фаз дорівнює:

$$r_{\phi}=Z_{\phi} \cdot \cos \varphi=7,3 \cdot 0,84=6 \text{ Ом.}$$

6. Визначимо повну потужність:

$$S = \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 30 = 19745 \text{ ВА.}$$

7. Визначимо активну потужність:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 30 \cdot 0,84 = 16586 \text{ Вт.}$$

8. Визначимо реактивну потужність:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 30 \cdot 0,55 = 10860 \text{ ВАр.}$$

9. Будуємо топографічну діаграму з урахуванням кута $\varphi=33,4^{\circ}$ (рис. 21).

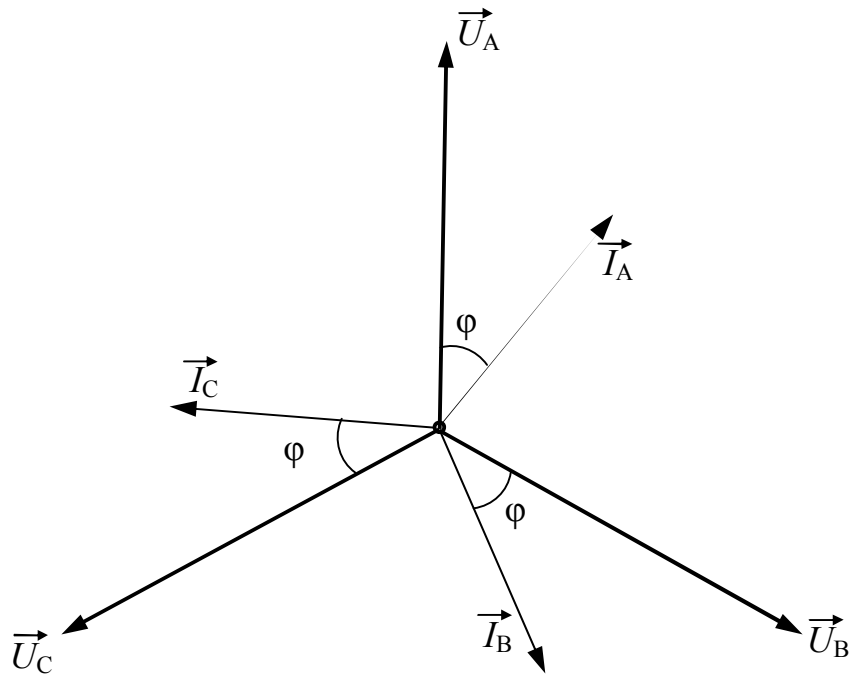


Рис. 21

Приклад розв'язання задач 51-60

Трифазний споживач має несиметричне навантаження (рис. 22). Фазна напруга мережі U_{ϕ} при частоті струму $f=50$ Гц. Активні опори r_B, r_C та реактивні опори X_A, X_B .

Визначити: повні опори фаз Z_{ϕ} , коефіцієнт потужності $\cos \varphi$, фазні струми I_{ϕ} , активну P , реактивну Q і повну S потужності кола. Побудувати в масштабі топографічну діаграму.

Дано: $U_{\text{Л}}=380$ В, $f=50$ Гц, $r_B=8$ Ом, $r_C=5$ Ом, $X_A=10$ Ом, $X_B=6$ Ом.

Визначити: $Z_A, Z_B, Z_C, \cos \varphi, \varphi, I_A, I_B, I_C, P, Q, S$.

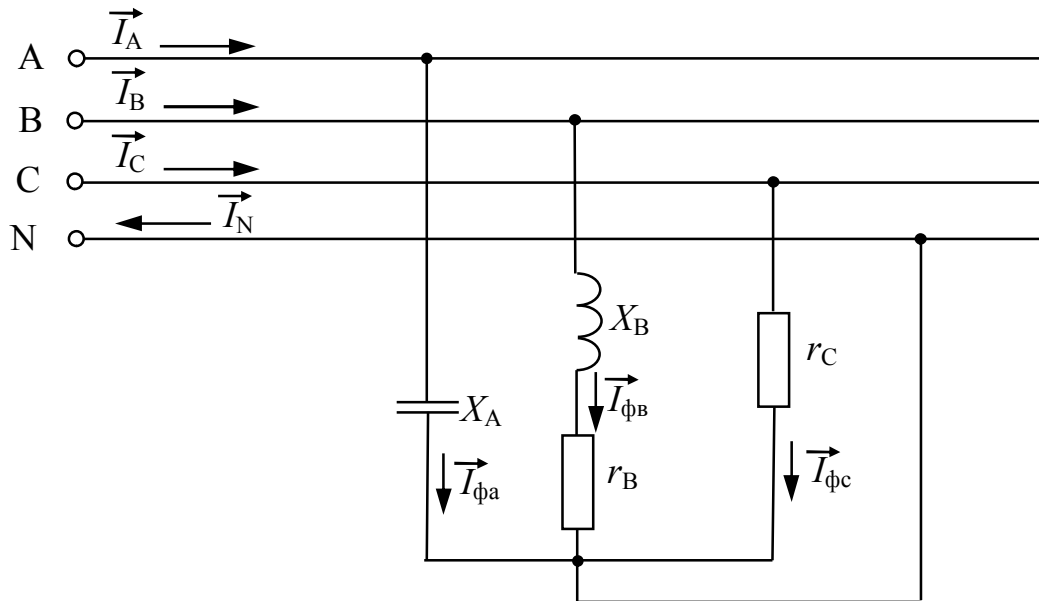


Рис. 22

Розв'язання:

1. Визначимо фазні напруги: $U_A = U_B = U_C = U_\Phi = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В.}$

2. Визначимо повні опори фаз Z_A, Z_B, Z_C :

$$Z_A = X_A = 10 \text{ Ом;}$$

$$Z_B = \sqrt{r_B^2 + X_B^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = 10 \text{ Ом;}$$

$$Z_C = 5 \text{ Ом.}$$

3. Визначимо фазні струми: $I_\Phi = \frac{U_\Phi}{Z_\Phi}$;

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А;}$$

$$I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А;}$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{220}{5} = 44 \text{ А.}$$

4. Визначимо коефіцієнти потужностей кожної з фаз:

$$\cos \varphi_A = \frac{r_A}{Z_A} = \frac{0}{10} = 0;$$

$$\cos \varphi_B = \frac{r_B}{Z_B} = \frac{8}{10} = 0,8;$$

$$\cos \varphi_C = \frac{r_C}{Z_C} = \frac{5}{5} = 1.$$

5. Визначимо кути між векторами струму та напруги у фазах:

$$\varphi_A = \arccos \cos \varphi_A = \arccos 0 = -90^\circ, \text{ тоді } \sin \varphi_A = \sin 90 = 1;$$

$$\varphi_B = \arccos \cos \varphi_B = \arccos 0,8 = 36^\circ 50', \text{ тоді } \sin \varphi_B = \sin 36^\circ 50' = 0,6;$$

$$\varphi_C = \arccos \cos \varphi_C = \arccos 1 = 0^\circ, \text{ тоді } \sin \varphi_C = \sin 0 = 0.$$

6. Визначимо повну потужність:

$$S_A = U_A \cdot I_A = 220 \cdot 22 = 4840 \text{ ВА;}$$

$$S_B = U_B \cdot I_B = 220 \cdot 22 = 4840 \text{ ВА;}$$

$$S_C = U_C \cdot I_C = 220 \cdot 44 = 9680 \text{ ВА;}$$

$$S = S_A + S_B + S_C = 19360 \text{ ВА} = 19,36 \text{ кВА.}$$

7. Визначимо активну потужність:

$$P_A = S_A \cdot \cos \varphi_A = 4840 \cdot 0 = 0;$$

$$P_B = S_B \cdot \cos \varphi_B = 4840 \cdot 0,8 = 3872 \text{ Вт} = 3,9 \text{ кВт;}$$

$$P_C = S_C \cdot \cos \varphi_C = 4840 \cdot 1 = 4840 \text{ Вт} = 4,8 \text{ кВт;}$$

$$P = P_A + P_B + P_C = 0 + 3,9 + 4,8 = 8,7 \text{ кВт}$$

8. Визначимо реактивну потужність:

$$Q_A = S_A \cdot \sin \varphi_A = 4840 \cdot 1 = 4840 \text{ ВАр} = 4,8 \text{ кВАр;}$$

$$Q_B = S_B \cdot \sin \varphi_B = 4840 \cdot 0,6 = 2904 \text{ ВАр} = 2,9 \text{ кВАр};$$

$$Q_C = S_C \cdot \sin \varphi_C = 4840 \cdot 0 = 0;$$

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = 4,8 + 2,9 = 7,7 \text{ кВАр}.$$

9. Обираємо масштаб $M_I = 11 \frac{\text{А}}{\text{мм}}$.

10. Будуємо топографічну діаграму (рис. 23).

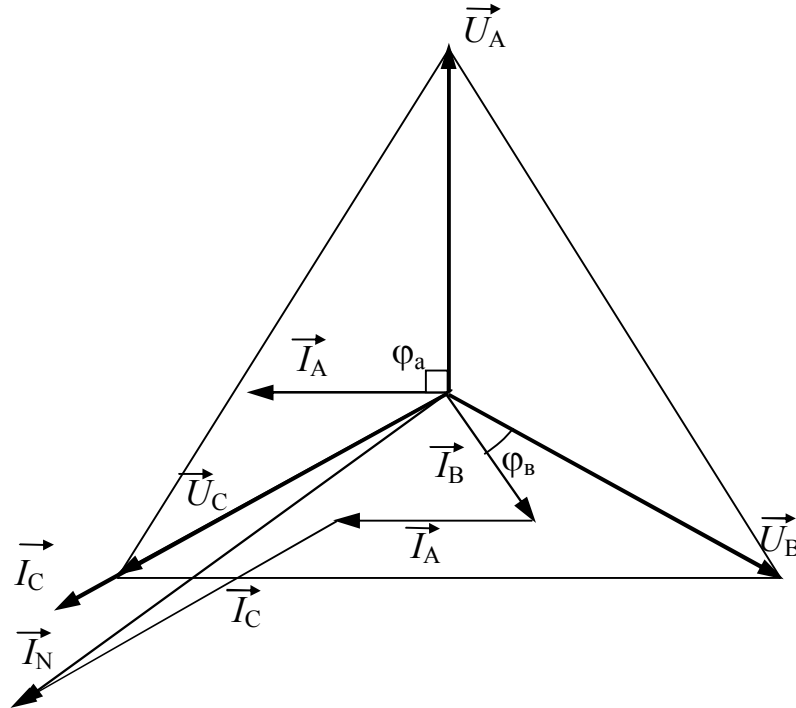


Рис. 23

Приклад розв'язання задач 61-70

Приклад 9. Для живлення пониженою напругою ламп електричних світильників використовують однофазний двух-обмотковий трансформатор із природним повітряним охолодженням, що експлуатується в номінальному режимі. Трансформатор має наступні номінальні дані: номінальна потужність трансформатора $S_{\text{ном}} = 400 \text{ ВА}$; напруга первинної обмотки $U_1 = 500 \text{ В}$, сила струму у вторинній обмотці $I_2 = 13,9 \text{ А}$, коефіцієнт трансформації $K = 17,5$, коефіцієнт корисної дії $0,97$, коефіцієнт потужності споживача $\cos \varphi_2 = 0,95$.

Визначити: номінальну силу струму у первинній обмотці $I_{1\text{ном}}$, вторинну напругу U_2 , повний опір навантаження $Z_{\text{н}}$ підключеного до вторинної обмотки трансформатора, активний $r_{\text{н}}$ та реактивний $X_{\text{н}}$ опори навантаження, споживану активну потужність з мережі P_1 , споживану активну потужність P_2 , коефіцієнт завантаження трансформатора β .

Дано: $S_{\text{ном}} = 400 \text{ ВА}$, $U_1 = 500 \text{ В}$, $I_2 = 13,9 \text{ А}$, $\eta = 0,97$, $\cos \varphi_2 = 0,95$, $K = 17,5$.

Визначити: I_1 , U_2 , $Z_{\text{н}}$, P_1 , P_2 , $r_{\text{н}}$, $X_{\text{н}}$, β .

Розв'язання:

1. Номінальна потужність трансформатора $S_{\text{НОМ}}$ розраховується за формулою: $S_{\text{НОМ}} = U_1 \cdot I_{1\text{НОМ}}$, тому номінальна сила струму у первинній обмотці $I_{1\text{НОМ}}$:

$$I_{1\text{НОМ}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{U_1} = \frac{400}{500} = 0,8 \text{ А.}$$

2. Так як $K = \frac{U_1}{U_2}$, тоді вторинна напруга дорівнює:

$$U_2 = \frac{U_1}{K} = \frac{500}{17,5} = 28,5 \text{ В.}$$

3. Визначимо повний опір навантаження $Z_{\text{н}}$ підключеного до вторинної обмотки трансформатора:

$$Z_{\text{н}} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{28,5}{13,9} = 2,1 \text{ Ом.}$$

4. Визначимо активний $r_{\text{н}}$ та реактивний $X_{\text{н}}$ опори навантаження:

$$r_{\text{н}} = Z_{\text{н}} \cdot \cos \varphi_2 = 2,1 \cdot 0,95 = 1,99 \text{ Ом, } X_{\text{н}} = \sqrt{Z_{\text{н}}^2 - r_{\text{н}}^2} = \sqrt{4,41 - 3,96} = 0,67 \text{ Ом.}$$

5. Так як $K \approx \frac{I_2}{I_1}$, тоді номінальна сила струму у вторинній обмотці $I_{2\text{НОМ}}$ дорівнює:

$$I_{2\text{НОМ}} = K \cdot I_{1\text{НОМ}} = 17,5 \cdot 0,8 = 14 \text{ А.}$$

6. Визначимо споживану активну потужність P_2 :

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 28,5 \cdot 13,9 \cdot 0,95 = 376,3 \text{ Вт.}$$

7. Знайдемо споживану активну потужність з мережі P_1 :

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{376,3}{0,97} = 388 \text{ Вт.}$$

8. Визначимо коефіцієнт завантаження трансформатора β :

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2\text{НОМ}}} = \frac{13,9}{14} = 0,99.$$

Приклад розв'язання задач 71-80

Трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором підключений до мережі з лінійною напругою $U_{\text{Л}}=380 \text{ В}$. Технічні дані двигуна: частота обертового магнітного потоку статора $n_1=3000 \text{ об/хв}$, частота обертання ротора $n_2=2850 \text{ об/хв}$, струм статора двигуна $I_{\text{н}}=3,7 \text{ А}$, коефіцієнт корисної дії $\eta=81,5\%$, кратність пускового струму $\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}}=6$, кратність пускового моменту

$$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{н}}} = 1,2, \text{ коефіцієнт потужності } \cos \varphi_1=0,87.$$

Визначити для номінального режиму роботи двигуна наступні дані: ковзання ротора двигуна s , споживану потужність з мережі P_1 , корисну

потужність на валу двигуна P_2 , номінальний M_H і пусковий M_{Π} обертові моменти, сумарні втрати в двигуні ΣP , силу струму при пуску двигуна I_{Π} .

Дано: $U=380$ В, $n_1=3000$ об/хв, $n_2=2850$ об/хв, $I_H=3,7$ А, $\eta=81,5\%$, $\frac{I_{\Pi}}{I_H}=6$,

$$\frac{M_{\Pi}}{M_H} = 1,2, \cos \varphi_1 = 0,87.$$

Визначити: s , P_1 , P_2 , M_H , M_{Π} , ΣP , I_{Π} .

Розв'язання:

1. Визначимо ковзання:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{3000 - 2850}{3000} = 0,05.$$

2. Визначимо споживану двигуном потужність:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 3,7 \cdot 0,87 = 2120 \text{ Вт} = 2,12 \text{ кВт}.$$

3. Корисну потужність P_2 і сумарні втрати ΣP в двигуні визначимо за формулою: $\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} \cdot 100\%$,

$$\text{тоді } P_2 = P_1 \cdot \eta = 2,12 \cdot 0,815 = 1,73 \text{ кВт},$$

$$\Sigma P = P_1 - P_2 = 2,12 - 1,73 = 0,39 \text{ кВт}.$$

4. Номінальний обертальний момент M_H визначаємо за формулою:

$$M_H = 9555 \frac{P_2}{n_2} = 9555 \cdot \frac{1,73}{2850} = 5,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Так як пусковий обертовий момент за умовою задачі в 1,2 рази більше номінального обертового моменту, тоді:

$$M_{\Pi} = M_H \cdot 1,2 = 5,8 \cdot 1,2 = 6,96 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

5. Визначимо пусковий струм:

$$I_{\Pi} = 6 \cdot I_1 = 6 \cdot 3,7 = 22,2 \text{ А}.$$

ЛІТЕРАТУРА

1. Кулаков О.В., Росоха В.О. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках. Підручник – Харків: НУЦЗУ, 2010. – 569 с.