

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій

ЗАГАЛЬНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

Методичні вказівки

**до виконання контрольних (модульних) робіт
для здобувачів вищої освіти
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 261 "Пожежна безпека"**

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Методичні вказівки

**до виконання контрольних (модульних) робіт
для здобувачів вищої освіти
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 263 "Цивільна безпека"**

Харків 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій

ЗАГАЛЬНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

Методичні вказівки

**до виконання контрольних (модульних) робіт
для здобувачів вищої освіти
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 261 "Пожежна безпека"**

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Методичні вказівки

**до виконання контрольних (модульних) робіт
для здобувачів вищої освіти
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність – 263 "Цивільна безпека"**

Харків 2019

УДК 621.3; 614.841.3
ББК 31.2

Рекомендовано до друку кафедрою
пожежної і техногенної безпеки
об'єктів та технологій НУЦЗ України
(протокол від 21.10.19 № 3)

Укладачі: О.В. Кулаков, А.М. Катунін

Рецензенти: кандидат технічних наук, доцент **Ю.І. Рудик**, головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності; кандидат технічних наук, доцент **В.В. Христинч**, заступник начальника кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій НУЦЗ України.

Загальна електротехніка. Електротехніка та безпека електроустановок: методичні вказівки до виконання контрольних (модульних) робіт / Укладачі: О.В. Кулаков, А.М. Катунін. – Х.: НУЦЗУ, 2019. – 39 с.

Методичні вказівки призначені для здобувачів вищої освіти, які навчаються за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти в галузі знань 26 "Цивільна безпека" спеціальності 261 "Пожежна безпека" та спеціальності 263 "Цивільна безпека".

ЗМІСТ

1 Загальні вказівки.....	4
2 Завдання для виконання контрольної (модульної) роботи № 1	6
3 Завдання для виконання контрольної (модульної) роботи № 2	10
4 Приклад розв'язання завдань контрольної (модульної) роботи №1	13
5 Приклад розв'язання завдань контрольної (модульної) роботи №2	26
Література	38

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

При вивченні навчальної дисципліни "Загальна електротехніка" та першого розділу навчальної дисципліни «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. Наприклад, повний номер залікової книжки – 19.04.045 – 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 рекомендовано вивчити навчальний матеріал по підручнику [1], перевірити свої знання, відповівши на контрольні питання, ознайомитися з методичними вказівками до розв'язання задачі. При відсутності підручника [1] можливо користуватися іншими джерелами інформації, наприклад [2-7].

Вимагається наступний порядок оформлення розв'язання задач:

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

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

Робота, яка виконана не за своїм варіантом або виконана не у повному обсязі або що містить грубі помилки повертається здобувачеві вищої освіти на доопрацювання.

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

Таблиця 1 – Варіанти вибору завдань для контрольної (модульної) роботи №1

		Остання цифра номеру залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передостання цифра номеру 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 – Варіанти вибору завдань для контрольної (модульної) роботи №2

		Остання цифра номеру залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передостання цифра номеру 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

2 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 опороми 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. Напруга 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 опороми 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.

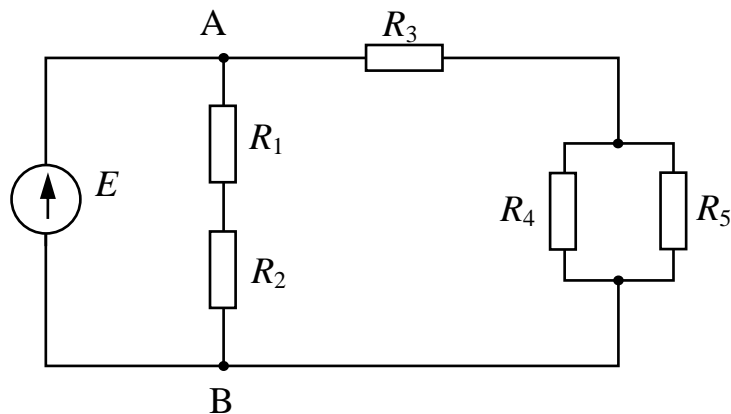


Рис. 1

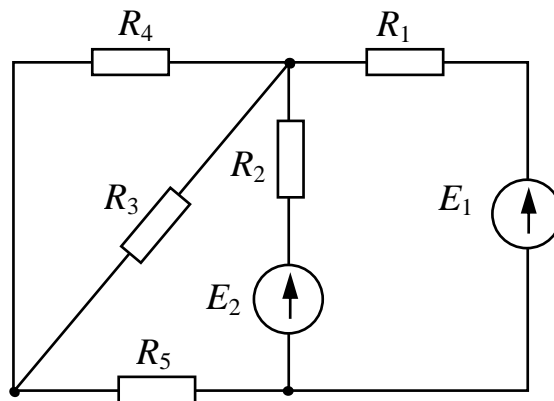


Рис. 2

Таблиця 3

№ задачі	$E, \text{ В}$	$U_{AB}, \text{ В}$	$P, \text{ Вт}$	Опори, Ом					Сила 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	$E_1, \text{ В}$	$E_2, \text{ В}$	Опори, Ом					Сила 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 задач 1-10 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 й 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	Ділянка схеми 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 однофазного 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 , Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	I, U, S, P, Q	Визначити
31	4	24	50	18	$P = 96$ Вт	$I_1, I_2, I, U, Z, \cos \varphi, S, Q$
32	3	32	24	20	$I = 2,5$ А	$Z, U, S, P, Q, \cos \varphi$
33	4	4	7	10	$S = 125$ ВА	$I_1, I_2, I, U, Z, \cos \varphi, P, Q$
34	3	20	15	10	$U = 100$ В	$Z, I, S, P, Q, \cos \varphi$
35	4	8	20	14	$Q = 24$ ВАр	$I_1, I_2, I, U, Z, \cos \varphi, S, P$
36	3	4	3	2	$S = 400$ ВА	$Z, I, U, P, Q, \cos \varphi$
37	4	12	25	9	$U = 100$ В	$I_1, I_2, I, Z, \cos \varphi, S, P, Q$
38	3	8	6	4	$P = 32$ Вт	$Z, I, U, S, Q, \cos \varphi$
39	4	16	20	8	$I = 4$ А	$I_1, I_2, U, Z, \cos \varphi, S, P, Q$
40	3	24	32	20	$Q = 128$ ВАр	$Z, I, U, S, P, \cos \varphi$

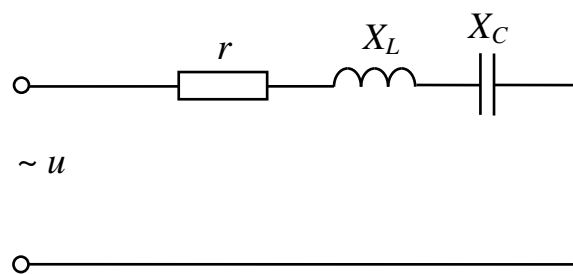


Рис. 3

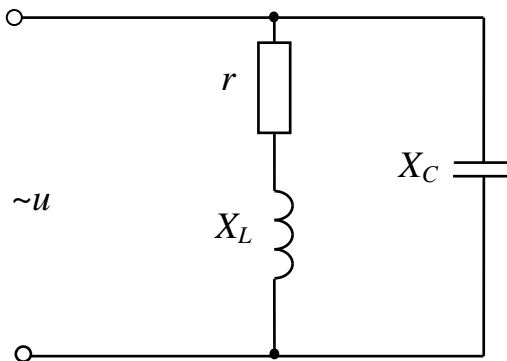


Рис. 4

3 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ (МОДУЛЬНОЇ) РОБОТИ № 2

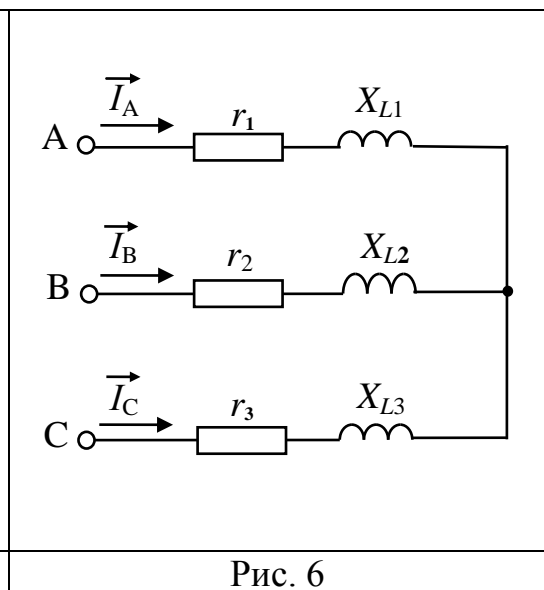
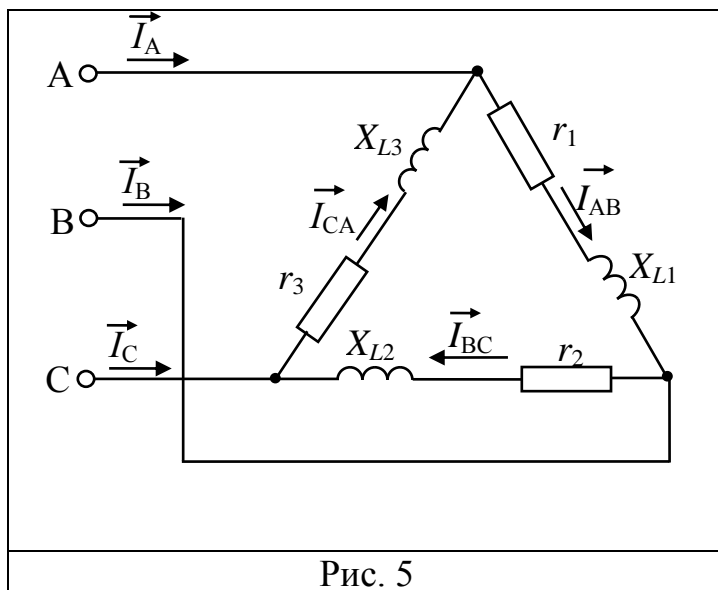
Т е м а. Електричні кола трифазного змінного струму

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 індуктивний X_{ϕ} опори фаз споживача однакові, тобто $r_{\phi}=r_1=r_2=r_3$; $X_{\phi}=X_{L1}=X_{L2}=X_{L3}$. 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 трьох фаз P . Реактивна потужність трьох фаз Q . Повна потужність трьох фаз S . Використовуючи вихідні дані задачі, зазначені в таблиці 9, визначити невідомі величини, відзначені знаком питання.

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_{ϕ} , Ом	X_{ϕ} , 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	?



Задачі 51-60. Трифазний споживач має несиметричне навантаження за схемою рис. 7. Фазна напруга мережі U_{ϕ} при частоті струму $f=50$ Гц. Фазні струми I_A, I_B, I_C . Активні r_A, r_B, r_C та реактивні X_B, X_C опори фаз споживача приведені в таблиці 10. Активна потужність трифазної системи P . Реактивна потужність трифазної системи Q . Повна потужність трифазної системи S . Використовуючи вихідні дані задачі, зазначені в таблиці 10, визначити невідомі величини, відзначені знаком питання, та силу струму у нейтральному проводі. Побудувати в масштабі топографічну діаграму.

Таблиця 10

№ задачі	$U_{\phi},$ В	I_A, A	I_B, A	I_C, A	$r_C, r_B,$ Ом	$r_A,$ Ом	$X_C,$ 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	?	?	?

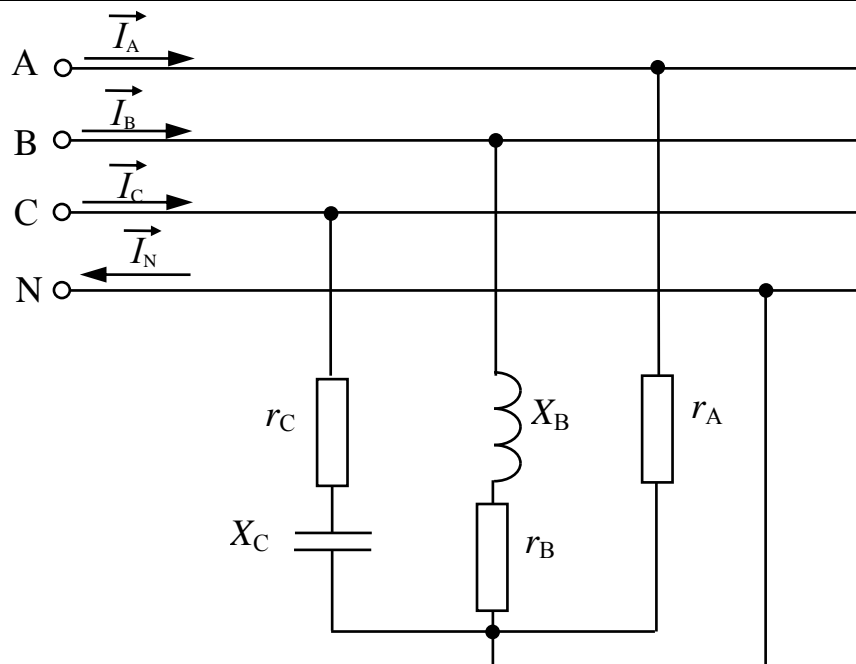


Рис. 7

Т е м а. Електричні машини та апарати

Задачі 61-70. Для живлення споживача пониженою напругою використовують однофазний двох-обмотковий трансформатор із природним повітряним охолодженням, що експлуатується в номінальному режимі. Трансформа-

тор 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 $U_{\text{л}}$, 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 $\cos \varphi$. Обертальні моменти, що розвиває двигун: номінальний $M_{\text{н}}$, максимальний $M_{\text{м}}$. Перевантажувальна здатність двигуна $\frac{M_{\text{м}}}{M_{\text{н}}}$. Частота обертового магнітного потоку статора (синхронна швидкість) n_1 , частота обертання валу ротора n_2 . Ковзання ротора двигуна при номінальному навантаженні $s_{\text{н}}$.

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

Таблиця 12

№ задачі	$U_{л},$ В	$I_{н},$ А	$P_1,$ кВт	$P_2,$ кВт	η	$\Sigma P,$ кВт	$\cos\varphi$	$M_{н}$ н·м	$M_{м}$ н·м	$\frac{M_{м}}{M_{н}}$	$n_1,$ об/хв	$n_2,$ об/хв	$s_{н}$	$\frac{I_{п}}{I_{н}}$
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

4 ПРИКЛАД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ КОНТРОЛЬНОЇ (МОДУЛЬНОЇ) РОБОТИ №1

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.

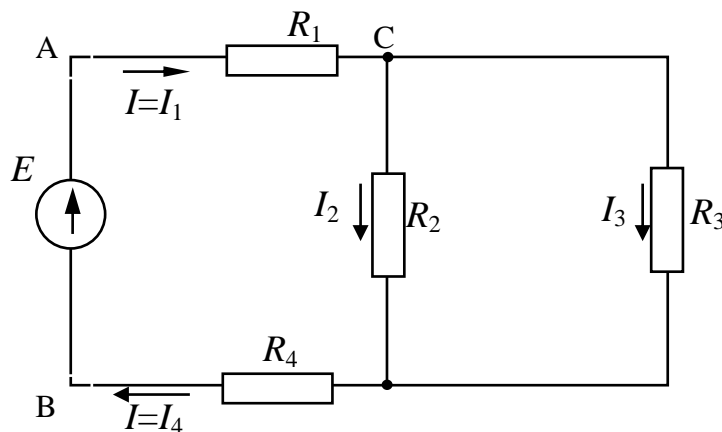


Рис. 8

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:

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:

$$U_{AB} = E = 110 \text{ В.}$$

Знайдемо загальний (еквівалентний) опір кола. Метод розрахунку загального (еквівалентного) опору кола зі змішаним з'єднанням резисторів зводиться до послідовного спрощення схеми. Резистори 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 спроститься та прийме вигляд рис. 9:

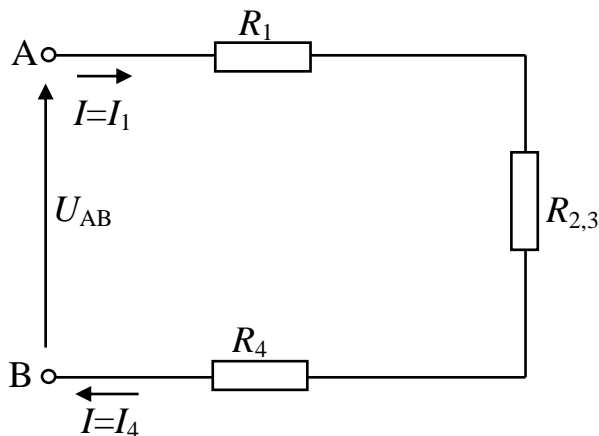


Рис. 9

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

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

Остаточно схема набуде вигляду рис. 10:

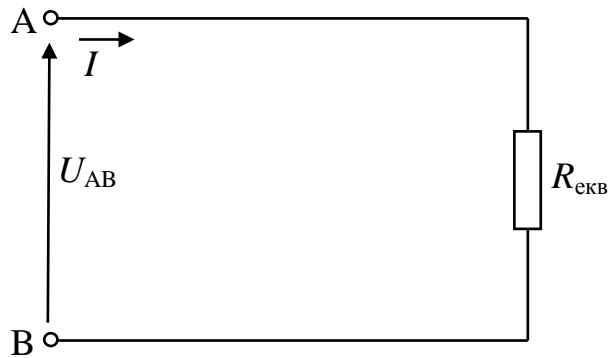


Рис. 10

За законом Ома для ділянки кола знайдемо силу струму:

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

Знайдемо сили струмів, що проходять через кожний резистор.

Через резистор R_1 та через резистор R_4 проходять струми $I_1 = I_4 = I = 11 \text{ А}$ (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

$$U_2 = U_3 = U_{AB} - I \cdot (R_1 + R_4) = U_{AB} - I \cdot (R_1 + R_4) = 110 - 11 \cdot (3 + 1) = 66 \text{ В.}$$

За законом Ома для ділянки кола знайдемо:

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{66}{10} = 6,6 \text{ А.}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{66}{15} = 4,4 \text{ А.}$$

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:

$$I_1 = I_2 + I_3; \quad 11 = 6,6 + 4,4.$$

Знайдемо загальну потужність кола:

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

Визначимо кількість тепла, що виділилося в резисторах кола за час $t=10$ год.:

$$Q = I^2 \cdot R_{\text{екв}} \cdot t = P \cdot t = 11^2 \cdot 10 \cdot 36000 = 43560 \text{ кДж.}$$

Перевірку правильності розв'язання задачі зробимо за допомогою розрахунку балансу 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.

Відповідь: $I_1=11 \text{ А}$, $I_2=6,6 \text{ А}$, $I_3=4,4 \text{ А}$, $I_4=11 \text{ А}$, $P=1210 \text{ Вт}$, $Q=43560 \text{ кДж}$.

Приклад розв'язання задач 11-20

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

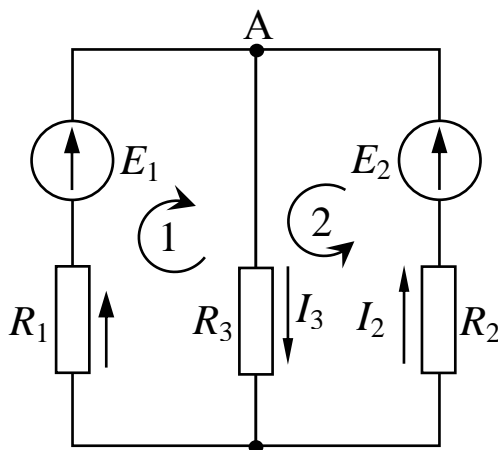


Рис. 11

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

Визначити: I_1 , I_2 , I_3 .

Розв'язання:

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

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

Складаємо одне вузлове рівняння (для вузла А) та два контурних рівняння (для контурів 1 та 2):

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 \\ E_2 = I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 \end{cases}$$

Підставимо значення ЕРС та опорів у вище наведені формули:

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

Розв'язуючи отриману лінійну неоднорідну систему алгебраїчних рівнянь або методом Крамера або методом виключення змінних, відомими з курсу вищої математики, 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.

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

Приклад розв'язання задач 21-30

З умови і даних розв'язання задачі 1 (рис. 8) визначити величину силу струму, що проходить через резистор R_1 , і напруги на резисторі R_4 . 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: за підсумками розв'язання задачі 1 визначено $I_1=11 \text{ А}$, $U_4 = I_4 \cdot R_4 = 11 \cdot 1 = 11 \text{ В}.$

Підібрати амперметр та вольтметр та визначити $\gamma_A, \gamma_V.$

Розв'язання:

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

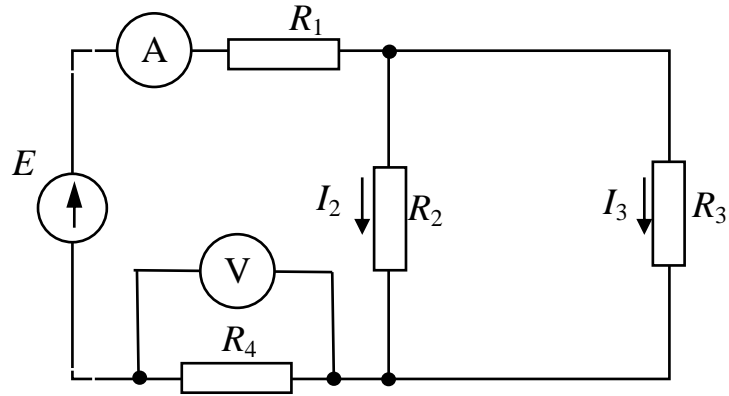


Рис. 12

Для виміру сили струму, що проходить через резистор R_1 , доцільно, на перший погляд, використовувати амперметр № 12 з таблиці 7. Амперметр має клас точності $\gamma_{\text{прА}} = 2,5 \%$ та верхню межу виміру $I_{\text{н}} = 15 \text{ А}$. При цьому похибка виміру буде дорівнювати

$$\gamma_{\text{А}} = \gamma_{\text{прА}} \cdot \frac{I_{\text{н}}}{I_1} = 2,5 \cdot \frac{15}{11} = 3,41 \%$$

але не буде мінімальною.

Для виміру сили струму, що проходить через резистор R_1 , будемо використовувати амперметр № 15 з таблиці 7. Амперметр має клас точності $\gamma_{\text{прА}} = 1,0 \%$ та верхню межу виміру $I_{\text{н}} = 20 \text{ А}$. При цьому похибка виміру буде мінімальною та дорівнювати

$$\gamma_{\text{А}} = \gamma_{\text{прА}} \cdot \frac{I_{\text{н}}}{I_1} = 1,0 \cdot \frac{20}{11} = 1,82 \%$$

Для виміру напруги на резисторі R_4 , будемо використовувати вольтметр № 10 з таблиці 6. Вольтметр має клас точності $\gamma_{\text{прV}} = 1,5 \%$ та верхню межу виміру $U_{\text{н}} = 15 \text{ В}$. При цьому похибка виміру буде мінімальною та дорівнювати

$$\gamma_{\text{V}} = \gamma_{\text{прV}} \cdot \frac{U_{\text{н}}}{U_4} = 1,5 \cdot \frac{15}{11} = 2,05 \%$$

Відповідь: Для виміру сили струму, що проходить через резистор R_1 , будемо використовувати амперметр № 15. Для виміру напруги на резисторі R_4 , будемо використовувати вольтметр № 10.

Приклад розв'язання задач 31-40 для нерозгалужених кіл

У нерозгалуженому колі змінного струму (рис. 13) дано: $r = 5 \text{ Ом}$, $X_L = 9 \text{ Ом}$, $X_C = 6 \text{ Ом}$. До затискачів кола підведена напруга $U = 220 \text{ В}$. Визначи-

ти: повний опір кола Z , силу струму у колі I , повну споживану потужність S , активну споживану потужність P , реактивну споживану потужність Q , коефіцієнт потужності $\cos\varphi$. Побудувати в масштабі векторну діаграму.

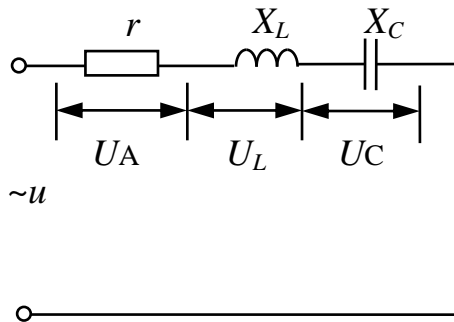


Рис. 13

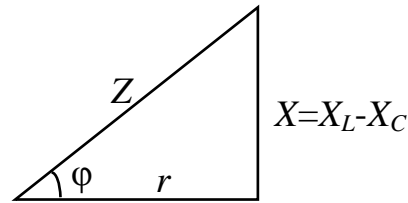


Рис. 14

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

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

Розв'язання:

Знаходимо повний опір кола:

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

За законом Ома знаходимо силу струму у колі:

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

З трикутника опорів (рис. 14) визначаємо:

$$\cos\varphi = \frac{r}{Z} = \frac{5}{5,83} = 0,858, \quad \sin\varphi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{9 - 6}{5,83} = 0,515.$$

Зсув фаз між напругою і силою струму $\varphi = \arccos 0,858 = \arcsin 0,515 = 34^\circ$.

Визначаємо потужності, споживані колом:

повна потужність: $S = U \cdot I = 220 \cdot 37,7 = 8294$ ВА;

активна потужність: $P = S \cdot \cos\varphi = 8294 \cdot 0,858 = 7116,3$ Вт;

реактивна потужність: $Q = S \cdot \sin\varphi = 8294 \cdot 0,515 = 4271,4$ ВАр.

Побудуємо векторну діаграму.

Випишуємо, а за необхідності визначаємо, значення сили струму і напруг на опорах кола.

У нерозгалуженому колі струм однаковий у будь-якій ділянці кола $I=37,7$ 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

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

Виходячи з розмірів аркуша паперу, на якому буде побудовано векторну діаграму, приймаємо наступний масштаб:

- для сили струму $M_I=9$ А/см

- для напруги $M_U=60$ 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:

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

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

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

Виконуємо побудову діаграми в наступній послідовності:

1) за початковий вектор приймаємо вектор сили струму, оскільки струм є однаковою величиною для всіх ділянок кола. Будуємо цей вектор в масштабі спрямованим на цифру 3 умовного циферблату годиннику(рис. 15);

2) напруга на активному опорі збігається за фазою зі струмом. Вектор цієї напруги \vec{U}_a відкладаємо в масштабі спрямованим на цифру 3 умовного циферблату годиннику;

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

Оскільки позитивне обертання векторів прийняте проти стрілки умовного годинника, вектор напруги \vec{U}_L відкладається спрямованим на цифру 12 умовного циферблату годиннику;

4) напруга на ємності відстає по фазі від струму на кут $\varphi = 90^\circ$. Отже, вектор цієї напруги відкладаємо спрямованим на цифру 6 умовного циферблату годиннику;

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

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

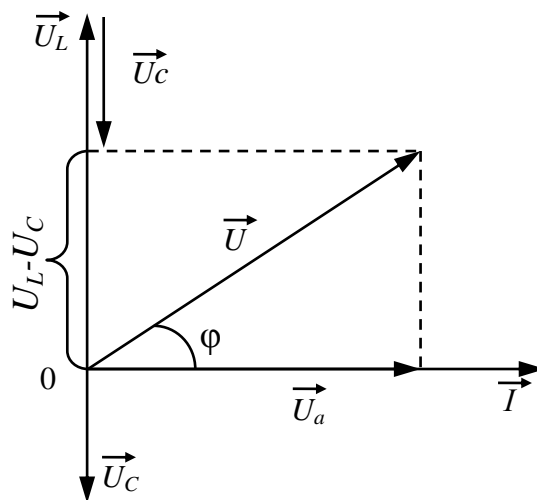


Рис. 15

Перевірка правильності побудови векторної діаграми.

Виміряти на діаграмі кут φ за допомогою транспортира і порівняти отриману величину кута з розрахованим значенням ($\varphi=31^\circ$).

Порівняти величини прикладеної напруги.

За діаграмою вектор \vec{U} має довжину $\ell = 3,7$ см. Тому з урахуванням масштабу величина напруги $U = \ell \cdot M_U = 3,7 \cdot 60 \approx 220$ В, що відповідає умові задачі.

Відповідь: $Z=5,83$ Ом, $I=37,7$ А, $S=8294$ ВА, $P=7116,3$ Вт, $Q=4271,4$ ВАр, $\cos \varphi=0,858$.

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 , 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 .

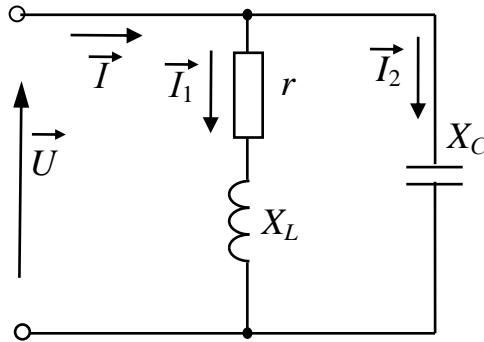


Рис. 16

Розв'язання:

Визначимо активну і реактивну провідність першої вітки:

$$g_1 = \frac{r}{r^2 + X_L^2} = \frac{6}{6^2 + 8^2} = \frac{6}{36 + 64} = 0,06 \text{ См},$$
$$b_1 = \frac{X_L}{r^2 + X_L^2} = \frac{8}{6^2 + 8^2} = \frac{8}{36 + 64} = 0,08 \text{ См}.$$

Визначимо повну провідність першої вітки:

$$y_1 = \sqrt{g_1^2 + b_1^2} = \sqrt{0,06^2 + 0,08^2} = \sqrt{0,0036 + 0,0064} = 0,1 \text{ См}.$$

Визначимо кут зсуву фаз між силою струму та напругою у першій вітці:

$$\cos \varphi_1 = \frac{g_1}{y_1} = \frac{0,06}{0,1} = 0,6, \quad \sin \varphi_1 = \frac{b_1}{y_1} = \frac{0,08}{0,1} = 0,8 \text{ тому}$$
$$\varphi_1 = \arccos 0,6 = \arcsin 0,8 = 59,0^\circ.$$

Знаходимо за законом Ома силу струму у першій вітці:

$$I_1 = U \cdot y_1 = 220 \cdot 0,1 = 22 \text{ А}.$$

Активна складова сили струму у першій вітці:

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

реактивна складова сили струму у першій вітці:

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

Визначимо активну і реактивну провідність другої вітки:

$$g_2 = \frac{r}{r^2 + X_C^2} = \frac{0}{0^2 + 5^2} = 0,$$
$$b_2 = \frac{1}{X_C} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ См.}$$

Визначимо повну провідність другої вітки:

$$y_2 = \sqrt{g_2^2 + b_2^2} = \sqrt{0^2 + 0,2^2} = 0,2 \text{ См.}$$

Визначимо кут зсуву фаз між силою струму та напругою у другій вітці:

$$\cos\varphi_2 = \frac{g_2}{y_2} = \frac{0}{0,2} = 0, \text{ тому } \varphi_2 = \arccos 0 = 90^\circ.$$

Знаходимо за законом Ома силу струму у другій вітці:

$$I_2 = U \cdot y_2 = 220 \cdot 0,4 = 44 \text{ А.}$$

Активна складова сили струму у другій вітці:

$$I_{a2} = 0 \text{ А;}$$

Реактивна складова сили струму у другій вітці:

$$I_{p2} = I_2 = 44 \text{ А.}$$

Визначимо загальні активну і реактивну провідність кола:

$$g = g_1 + g_2 = 0,06 + 0 = 0,06 \text{ См,}$$
$$b = b_2 - b_1 = 0,2 - 0,08 = 0,12 \text{ См.}$$

Визначимо повну провідність кола:

$$y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{0,06^2 + 0,12^2} = \sqrt{0,0036 + 0,0144} = 0,134 \text{ См.}$$

Визначимо $\cos\varphi, \sin\varphi$:

$$\cos\varphi = \frac{g}{y} = \frac{0,06}{0,134} = 0,448, \quad \sin\varphi = \frac{b}{y} = \frac{0,12}{0,134} = 0,896.$$

Визначимо кут зсуву фаз між силою струму та напругою у нерозгалуженій частині кола:

$$\varphi = \arccos 0,448 \approx \arcsin 0,896 \approx 70,5^\circ.$$

Визначимо повний опір кола:

$$Z = \frac{1}{y} = \frac{1}{0,134} = 7,46 \text{ Ом.}$$

Визначимо за законом Ома струм у нерозгалуженій частині:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{7,46} = 29,50 \text{ А.}$$

Визначимо потужності:

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

активна потужність – $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 220 \cdot 29,5 \cdot 0,448 = 2907,5 \text{ Вт}$;

реактивна потужність – $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = 220 \cdot 29,5 \cdot 0,896 = 5815,50 \text{ ВАр}$.

Побудуємо векторну діаграму.

Випишемо значення прикладеної напруги і складових сил струмів віток:

$$U=220 \text{ В, } I_{a1}=13,2 \text{ А, } I_{p1}=17,6 \text{ А, } I_2=44 \text{ А.}$$

Приймаємо масштаб:

- по напрузі $M_U=50 \text{ В/см}$;

- по силі струму $M_I=10 \text{ А/см}$.

Визначаємо довжини векторів.

Довжина вектора напруги:

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

Довжини векторів сил струмів:

$$\ell_{I_{a1}} = \frac{I_{a1}}{M_I} = \frac{13,2}{10} = 1,32 \text{ см;}$$

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

$$\ell_{I_2} = \frac{I_2}{M_I} = \frac{44}{10} = 4,4 \text{ см.}$$

Виконуємо побудову векторної діаграми в такій послідовності:

- 1) у напрямку на 3 години умовного циферблату годиннику в масштабі відкладаємо вектор \vec{U} (рис. 17);
- 2) будуємо вектори сил струмів I_{a1} , I_{p1} , I_1 та I_2 ;
- 3) геометричним додаванням векторів сил струмів одержимо вектор загальної сили струму (струму в нерозгалуженій частині кола).

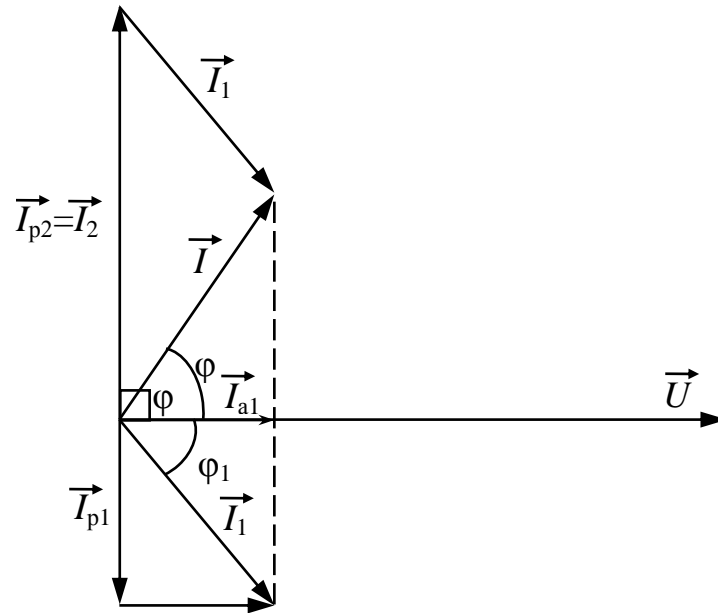


Рис. 17

Для перевірки правильності побудови вимірюємо лінійкою довжину вектору \vec{I} ($\ell_I = 3$ см) та, враховуючі масштаб по силі струму $M_I = 10$ А/см, визначаємо величину струму $I = \ell_I \cdot M_I \approx 3 \cdot 10 \approx 30$ А. Отримане значення приблизно співпадає з розрахованим значенням сили струму у нерозгалуженій частині кола $I = 29,5$ А.

Відповідь: $I_1 = 22$ А, $I_2 = 44$ А, $I = 29,5$ А, $Z = 7,46$ Ом, $\cos \phi = 0,448$, $S = 6490$ ВА, $P = 2907,5$ Вт, $Q = 5815,5$ ВАр.

5 ПРИКЛАД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ КОНТРОЛЬНОЇ (МОДУЛЬНОЇ) РОБОТИ №2

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

У трипровідну мережу трифазного струму з лінійною напругою $U_{\text{л}}=220$ 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 $r_{\phi}=r_1=r_2=r_3=20$ Ом та індуктивні $X_{\phi}=X_{L1}=X_{L2}=X_{L3}=40$ Ом опори.

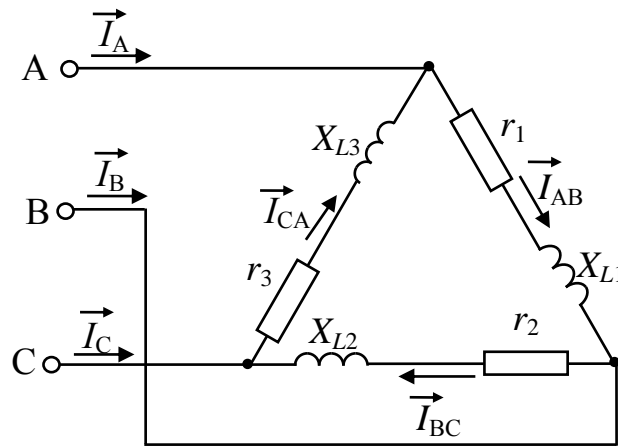


Рис. 18

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

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

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

Розв'язання:

Визначимо фазну напругу при з'єднанні «трикутником»:

$$U_{\phi}=U_{\text{л}}=220 \text{ В.}$$

Розрахуємо повний опір однієї фази:

$$Z_{\phi} = \sqrt{r^2 + X_L^2} = \sqrt{20^2 + 40^2} = 44,7 \text{ Ом.}$$

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

$$\cos \varphi = \frac{r}{Z_{\phi}} = \frac{20}{44} \approx 0,45.$$

Кут зсуву фаз між векторами фазних сил струмів та напруг:

$$\varphi = \arccos(\cos \varphi) = \arccos 0,45 \approx 63,3^{\circ}.$$

Споживач електричної енергії є симетричним:

- опори фаз рівні: $Z_{\phi} = Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{AC}$;
- лінійні напруги однакові.

Тому фазні струми однакові.

Визначимо струм в одній фазі за законом Ома:

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}} = \frac{220}{44,7} \approx 4,9 \text{ А.}$$

Фазні струми:

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_{\phi} = 4,9 \text{ А.}$$

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

$$I_{л} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi} = \sqrt{3} \cdot 4,9 = 8,5 \text{ А.}$$

Лінійні струми:

$$I_A = I_B = I_C = I_{л} = 8,5 \text{ А.}$$

Визначимо активну потужність трифазної системи:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{л} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 8,5 \cdot 0,45 \approx 1457 \text{ Вт.}$$

З трикутника опорів знайдемо:

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

Визначимо реактивну потужність трифазної системи:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{л} \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 8,5 \cdot 0,91 \approx 2947 \text{ ВАр.}$$

Визначимо повну потужність трифазної системи:

$$S = \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 8,5 \approx 3239 \text{ ВА}.$$

Побудуємо топографічну діаграму.

Необхідно спочатку виписати величини сил струмів і напруг:

$$\begin{aligned} I_{\phi} &= I_{\text{AB}} = I_{\text{BC}} = I_{\text{CA}} = 5 \text{ А}, \\ U_{\phi} &= U_{\text{AB}} = U_{\text{BC}} = U_{\text{CA}} = 220 \text{ В}. \end{aligned}$$

Приймаємо масштаб:

- по напрузі $M_U = 50 \text{ В/см}$,

- по силі струму $M_I = 2,5 \text{ А/см}$.

Визначаємо довжину векторів сил струмів і напруг.

$$\begin{aligned} \ell_{U_{\text{AB}}} = \ell_{U_{\text{BC}}} = \ell_{U_{\text{CA}}} &= \frac{U_{\phi}}{M_U} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ см}, \\ \ell_{I_{\text{AB}}} = \ell_{I_{\text{BC}}} = \ell_{I_{\text{CA}}} &= \frac{I_{\phi}}{M_I} = \frac{4,9}{2,5} \approx 2,0 \text{ см}; \end{aligned}$$

Кут зсуву фаз між векторами фазних сил струмів та напруг $\varphi \approx 63^\circ$.

Відкладаємо фазні напруги та сили струмів на діаграмі.

Після цього шляхом додавання векторів знаходимо лінійні сили струмів:

$$\begin{aligned} \vec{I}_A &= \vec{I}_{\text{AB}} - \vec{I}_{\text{CA}}, \\ \vec{I}_B &= \vec{I}_{\text{BC}} - \vec{I}_{\text{AB}}, \\ \vec{I}_C &= \vec{I}_{\text{CA}} - \vec{I}_{\text{BC}}. \end{aligned}$$

Топографічна діаграма побудована на рис. 19.

Перевіряємо правильність побудови топографічної діаграми. Для цього вимірюємо лінійкою довжини лінійних сил струмів ($\ell_{I_A} = \ell_{I_B} = \ell_{I_C} \approx 3,4 \text{ см}$), знаючі масштаб по силі струму ($M_I = 2,5 \text{ А/см}$) визначаємо їх величини:

$$I_A = I_B = I_C = \ell_{I_A} \cdot M_I = 3,4 \cdot 2,5 = 8,5 \text{ А}$$

та порівнюємо з розрахованим значенням $I_{\text{л}}: 8,5 \text{ А} = 8,5 \text{ А}$.

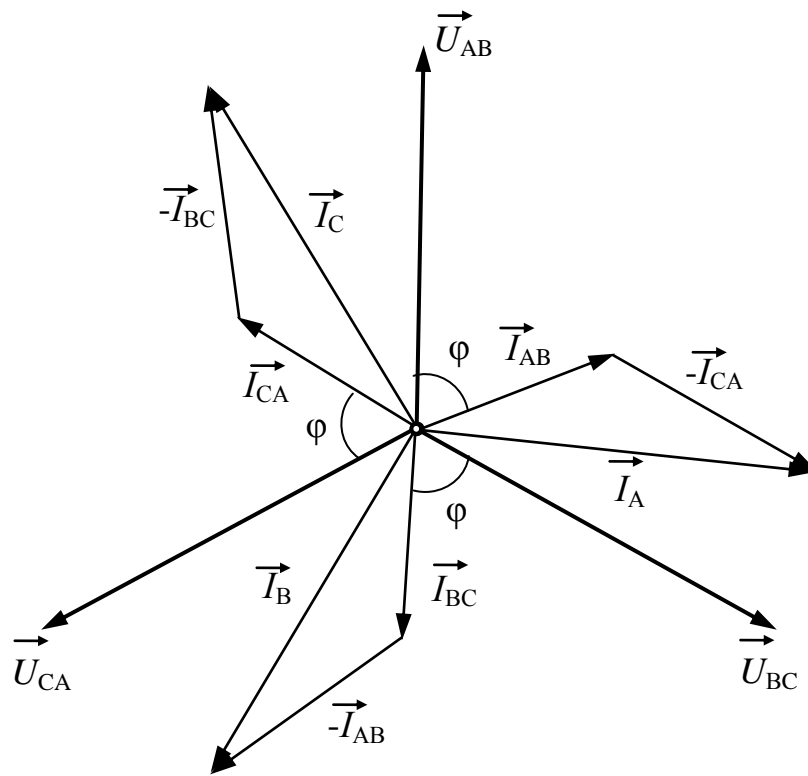


Рис. 19

Відповідь: $Z_{\phi}=44,7 \text{ Ом}$, $\cos\varphi=0,45$, $I_{\phi}=4,9 \text{ А}$, $I_{\text{л}}=8,5 \text{ А}$, $P=1457 \text{ Вт}$, $Q=2947 \text{ ВАр}$, $S=3239 \text{ ВА}$.

**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 $r_{\phi}=r_1=r_2=r_3$ та індуктивні $X_{\phi}=X_{L1}=X_{L2}=X_{L3}=4 \text{ Ом}$ опори. Фазні струми $I_{\phi}=30 \text{ А}$.

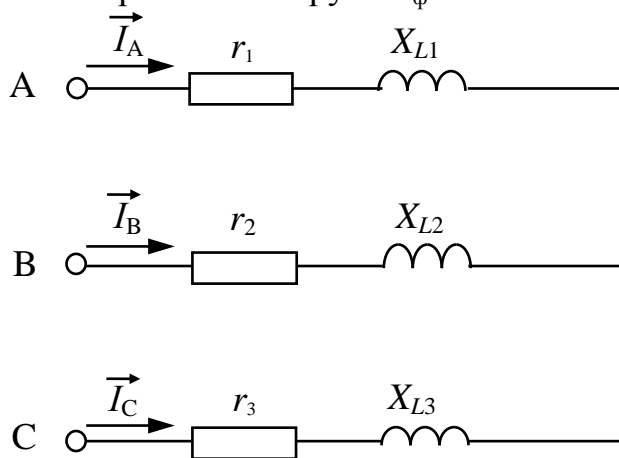


Рис. 20

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, $X_{\phi}=X_{L1}=X_{L2}=X_{L3}=4$ Ом, $I_{\phi}=30$ А.

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

Розв'язання:

Визначимо фазну напругу при з'єднанні «зіркою»:

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

Лінійний струм дорівнює:

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

Визначимо повний опір у кожній фазі:

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

Знайдемо кут зсуву фаз φ між фазною напругою U_{ϕ} і фазним струмом I_{ϕ} :

$$\sin \varphi = \frac{X_L}{Z_{\phi}} = \frac{4}{7,3} \approx 0,55,$$

$$\varphi = \arcsin(\sin \varphi) = \arcsin 0,55 \approx 33,4^{\circ}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \cos 33,4^{\circ} = 0,83.$$

Активний опір фази:

$$r_{\phi} = Z_{\phi} \cdot \cos \varphi = 7,3 \cdot 0,83 \approx 6,1 \text{ Ом.}$$

Визначимо повну потужність трифазної системи:

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

Визначимо активну потужність трифазної системи:

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

Визначимо реактивну потужність трифазної системи:

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

Будуємо топографічну діаграму (рис. 21).

Приймаємо масштаб:

- по напрузі $M_U=50 \text{ В/см}$,

- по силі струму $M_I=10 \text{ А/см}$.

Визначаємо довжину векторів напруг і сил струмів.

$$l_{U_{AB}} = l_{U_{BC}} = l_{U_{CA}} = \frac{U_{\text{л}}}{M_U} = \frac{380}{50} = 7,6 \text{ см},$$

$$l_{U_A} = l_{U_B} = l_{U_C} = \frac{U_{\phi}}{M_U} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ см},$$

$$l_{I_A} = l_{I_B} = l_{I_C} = \frac{I_{\phi}}{M_I} = \frac{30}{10} = 3 \text{ см}.$$

Кут зсуву фаз між векторами фазних сил струмів та напруг $\varphi \approx 33^\circ$.

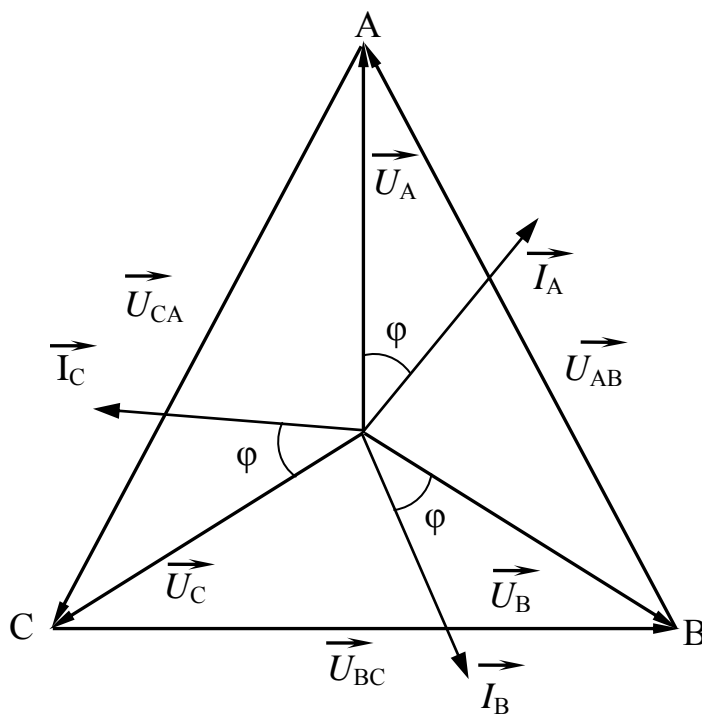


Рис. 21

Відповідь: $Z_{\phi}=7,3 \text{ Ом}$, $\cos\varphi=0,84$, $r_{\phi}=6,1 \text{ Ом}$, $I_{\text{л}}=30 \text{ А}$, $P=16586 \text{ Вт}$,
 $Q=10860 \text{ ВАр}$, $S=19745 \text{ ВА}$.

Приклад розв'язання задач 51-60

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

Визначити: фазні струми I_{ϕ} , силу струму у нейтральному проводі I_N , активну P , реактивну Q і повну S потужності кола. Побудувати в масштабі топографічну діаграму.

Дано: $U_{\text{л}}=380 \text{ В}$, $f=50 \text{ Гц}$, $r_B=8 \text{ Ом}$, $r_C=5 \text{ Ом}$, $X_A=10 \text{ Ом}$, $X_B=6 \text{ Ом}$.
 Визначити: I_A , I_B , I_C , I_N , P , Q , S .

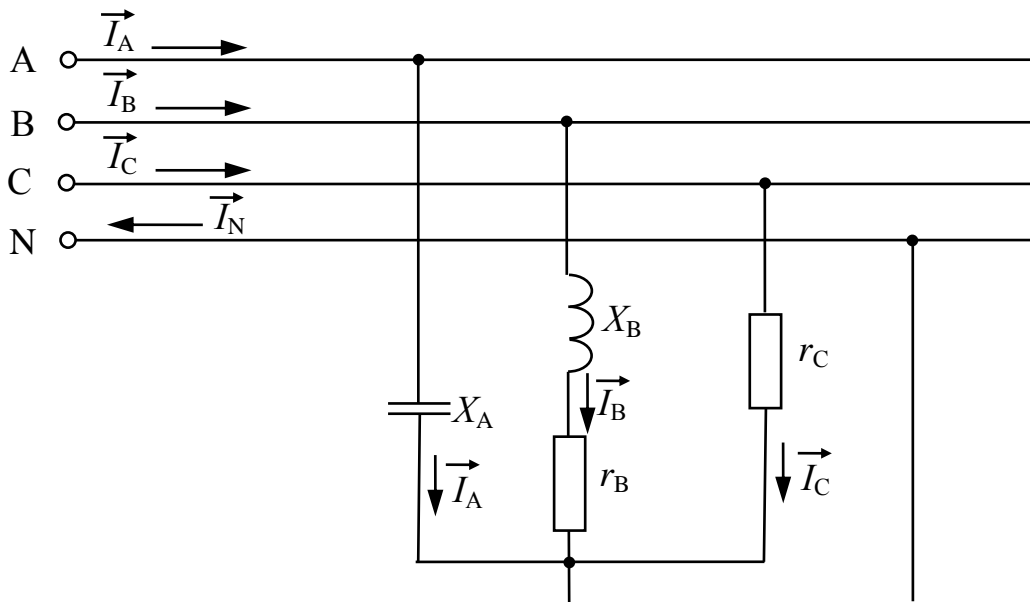


Рис. 22

Розв'язання:

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

Визначимо повні опори фаз:

$$Z_A = X_A = 10 \text{ Ом},$$

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

$$Z_C = 5 \text{ Ом}.$$

Фазні струми визначимо за законом Ома:

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

$$I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A},$$

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

Визначимо коефіцієнти потужностей кожної з фаз:

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

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

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

Визначимо кути між векторами струму та напруги у фазах:

$$\varphi_A = \arccos \cos \varphi_A = \arccos 0 = -90^\circ,$$

$$\varphi_B = \arccos \cos \varphi_B = \arccos 0,8 = 36,9^\circ,$$

$$\varphi_C = \arccos \cos \varphi_C = \arccos 1 = 0^\circ.$$

Визначимо повні потужності:

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

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

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

$$S = S_A + S_B + S_C = 4840 + 4840 + 9680 = 19360 \text{ ВА}.$$

Визначимо активні потужності:

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

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

$$P_C = S_C \cdot \cos \varphi_C = 4840 \cdot 1 = 4840 \text{ Вт},$$

$$P = P_A + P_B + P_C = 0 + 3872 + 4840 = 8712 \text{ Вт}.$$

Визначимо реактивні потужності:

$$Q_A = S_A \cdot \sin \varphi_A = S_A \cdot \frac{X_A}{Z_A} = 4840 \cdot \frac{10}{10} = 4840 \text{ Вар},$$

$$Q_B = S_B \cdot \sin \varphi_B = S_B \cdot \frac{X_B}{Z_B} = 4840 \cdot \frac{6}{10} = 2904 \text{ Вар},$$

$$Q_C = S_C \cdot \sin \varphi_C = S_C \cdot \frac{X_C}{Z_C} = 9680 \cdot \frac{0}{5} = 0,$$

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = 4840 + 2904 + 0 = 7744 \text{ ВАр.}$$

Будуємо топографічну діаграму (рис. 23).

Приймаємо масштаб:

- по напрузі $M_U = 50 \text{ В/см}$,

- по силі струму $M_I = 11 \text{ А/см}$.

Визначаємо довжину векторів напруг і сил струмів.

$$\ell_{U_{AB}} = \ell_{U_{BC}} = \ell_{U_{CA}} = \frac{U_{\text{л}}}{M_U} = \frac{380}{50} = 7,6 \text{ см,}$$

$$\ell_{U_A} = \ell_{U_B} = \ell_{U_C} = \frac{U_{\phi}}{M_U} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ см,}$$

$$\ell_{I_A} = \frac{I_A}{M_I} = \frac{22}{11} = 2 \text{ см,}$$

$$\ell_{I_B} = \frac{I_B}{M_I} = \frac{22}{11} = 2 \text{ см,}$$

$$\ell_{I_C} = \frac{I_C}{M_I} = \frac{44}{11} = 4 \text{ см.}$$

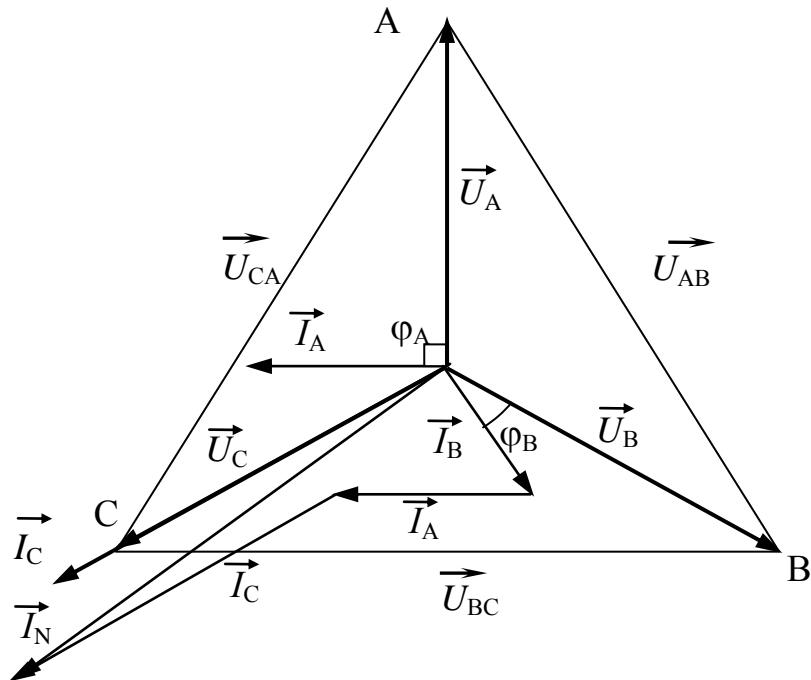


Рис. 23

Вимірюємо лінійкою довжину вектору \vec{I}_N ($\ell_I = 5,5 \text{ см}$) та, враховуючі масштаб по силі струму $M_I = 11 \text{ А/см}$, визначаємо величину струму $I_N = \ell_I \cdot M_I = 5,5 \cdot 11 = 60,5 \text{ А}$.

Відповідь: $I_A=22$ А, $I_B=22$ А, $I_C=44$ А, $I_N = 60,5$ А, $P=8712$ Вт, $Q=7744$ ВАр, $S=19360$ ВА.

Приклад розв'язання задач 61-70

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

Визначити: $I_{1\text{ном}}$, U_2 , $Z_{\text{н}}$, P_1 , P_2 , $r_{\text{н}}$, $X_{\text{н}}$, β .

Розв'язання:

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 $I_{1\text{ном}}$:

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

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

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

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

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

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

$$r_{\text{н}} = Z_{\text{н}} \cdot \cos \varphi_2 = 2,1 \cdot 0,95 = 1,99 \text{ Ом,}$$

$$X_{\text{H}} = \sqrt{Z_{\text{H}}^2 - r_{\text{H}}^2} = \sqrt{4,41 - 3,96} = 0,67 \text{ Ом.}$$

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

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

Визначимо споживану активну потужність P_2 :

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

Знайдемо споживану активну потужність з мережі P_1 :

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

Визначимо коефіцієнт завантаження трансформатора β :

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

Відповідь: $I_{1\text{НОМ}} = 0,8 \text{ А}$, $U_2 = 28,5 \text{ В}$, $Z_{\text{H}} = 2,1 \text{ Ом}$, $P_1 = 388 \text{ Вт}$, $P_2 = 376,3 \text{ Вт}$, $r_{\text{H}} = 1,99 \text{ Ом}$, $X_{\text{H}} = 0,67 \text{ Ом}$, $\beta = 0,99$.

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 валу ротору $n_2=2850 \text{ об/хв}$, струм обмотки статора $I_{\text{H}}=3,7 \text{ А}$, коефіцієнт корисної дії $\eta=81,5\%$, кратність пускового струму $\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{H}}} = 6$, кратність пускового мо-

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

Визначити для номінального режиму роботи двигуна наступні дані: ковзання ротора двигуна s_{H} , споживана потужність з мережі P_1 , корисна потужність на валу двигуна P_2 , номінальний M_{H} і пусковий $M_{\text{п}}$ обертальні моменти, сумарні втрати в двигуні ΣP , сила струму при пуску двигуна $I_{\text{п}}$.

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

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

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

Розв'язання:

Визначимо ковзання:

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

Визначимо споживану двигуном потужність:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 3,7 \cdot 0,87 = 2119 \text{ Вт} \approx 2,12 \text{ кВт}.$$

Корисну потужність P_2 і сумарні втрати ΣP в двигуні визначимо за формулою:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} \cdot 100\%,$$

тоді

$$P_2 = P_1 \cdot \eta = 2,12 \cdot 0,815 = 1,73 \text{ кВт},$$
$$\Sigma P = P_1 - P_2 = 2,12 - 1,73 = 0,39 \text{ кВт}.$$

Номінальний обертальний момент M_H визначаємо за формулою:

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

Так як за умовою задачі $\frac{M_{\Pi}}{M_H} = 1,2$, тоді:

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

Визначимо пусковий струм:

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

Відповідь: $s = 0,05$, $P_1 = 2,12 \text{ кВт}$, $P_2 = 1,73 \text{ кВт}$, $M_H = 5,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$,
 $M_{\Pi} = 6,96 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\Sigma P = 0,39 \text{ кВт}$, $I_{\Pi} = 22,2 \text{ А}$.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

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

Додаткова

2. Гудим В. І., Семерак М.М. Рудик Ю.І. Загальна електротехніка. Теорія електричних і магнітних кіл: навч. посібник – Львів: ЛДУ БЖД, 2006. – 210 с .

3. Малинівський С.М. Загальна електротехніка: навч. посібник. – Львів: Львівська політехніка. 2001. – 594 с.

4. Паначевний Б.І., Свєргун Ю.Ф. Загальна електротехніка: теорія і практика. – Київ: Каравела, 2003. – 438 с.

5. Перхач В.С. Теоретична електротехніка – К : Вища школа, 1992. – 440 с.

6. Теоретичні основи електротехніки: Підручник: У 3 т. / В.С.Бойко, В.В.Бойко, Ю.Ф.Видолоб та ін.; За заг. ред. І.М.Чиженка, В.С.Бойка. – К.: Видавництво «Політехніка», 2004. – Т. 1: Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами. – 272 с.

7. Торяник О. І. Електротехніка: навч. посібник. О. І. Торяник, О. Г. Дьяков, М. А. Чеканов. – Харків: ДОДХДУХТ, 2012. – 143 с.

Навчальне видання

**ЗАГАЛЬНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА.
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК**

Методичні вказівки до виконання контрольних (модульних) робіт

Підписано до друку 19.11.19. Формат 60x84 1/16.

Умовн.-друк. арк.2,5.

Вид. № 67/19.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

www.nuczu.edu.ua