

**НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ
КАФЕДРА АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ТА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри автоматичних систем
безпеки та електроустановок

Володимир ОЛІЙНИК

«____» серпня 2025 року

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання контрольної роботи

**з навчальної дисципліни «Електротехніка та безпека електроустановок»
здобувачами вищої освіти за освітньо-професійними програмами «Цивільний
захист» та «Охорона праці» підготовки за першим (бакалаврським) рівнем
вищої освіти в галузі знань 26 "Цивільна безпека" (заочна форми навчання)**

Розглянуто та ухвалено засіданням кафедри
автоматичних систем безпеки та електроустановок,
протокол № 1 від 25.08.2025 року

Черкаси 2025

Електротехніка та безпека електроустановок: Методичні вказівки для виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни «Електротехніка та безпека електроустановок» здобувачами вищої освіти за освітньо-професійними програмами «Цивільний захист» та «Охорона праці» підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти в галузі знань 26 "Цивільна безпека" (заочна форми навчання) / Олійник В.В., Землянський О.М., Кальченко Я. Ю., Борсук О. В., Зобенко О.О. – Черкаси: НУЦЗ України, 2025. – 38 с.

Укладачі:

- начальник кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок, д.т.н., доцент Олійник Володимир Вікторович;
- заступник начальника кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок, д.т.н., професор Землянський Олег Миколайович;
- доцент кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок, доктор філософії Кальченко Ярослав Юрійович;
- викладач кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок, к.т.н. Борсук Олена Валентинівна;
- викладач кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок, доктор філософії Зобенко Олександр Олександрович;

Методичні вказівки розроблені відповідно до навчальної програми дисципліни «Електротехніка та безпека електроустановок» та призначені для підготовки здобувачів вищої освіти заочної форми навчання за першим (бакалаврським) рівнем за освітньо-професійними програмами «Цивільний захист» та «Охорона праці» для самостійного виконання контрольної роботи.

ЗМІСТ

1 Загальні вказівки	4
2 Задачі для виконання контрольної (модульної) роботи	7
3 Запитання для виконання контрольної (модульної) роботи	9
4 Приклад розв'язання завдань контрольної (модульної) роботи №1	12
Література	20
Додаток 1	21

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

При вивченні навчальної дисципліни «Електротехніка та безпека електроустановок» виконується контрольна (модульна) робота. Контрольна (модульна) робота містить 3 задачі та 3 теоретичні питання.

Кожна контрольна (модульна) робота виконується за індивідуальним варіантом. Варіант завдання визначають дві останні цифри порядкового номера залікової книжки. Наприклад, повний номер залікової книжки – 23.04.14 – варіант 14. По таблиці 1 обираються задачі – 5: 9, 14, а по таблиці 2 обираються питання – 1, 29, 41. 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.

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. За результатами розрахунків у масштабі викреслити необхідні діаграми, графіки тощо (за необхідності).

Відповіді на питання контрольної модульної роботи мають бути логічно побудовані та лаконічні. Спочатку слід чітко і конкретно викласти основну думку, потім надати коротке пояснення або обґрунтування. У відповіді здобувач повинен розкрити суть питання.

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 або зниження кількості балів.

Виконана контрольна робота в форматі pdf прикріплюється у відповідну вкладку завдання (Модульна контрольна робота) у Google Class з дисципліни «Електротехніка та безпека електроустановок». Оформлення контрольної роботи при комп'ютерному наборі виконується інтервалом 1,5, із розрахунку не більш 30 рядків на сторінці за умов рівномірного її заповнення (по ширині) та висотою літер і цифр не менш, ніж 1,8 мм (кегель 14). Текст слід набирати, витримуючи параметри сторінок: верхнє, нижнє поля – не менше 20 мм, ліве – 30, праве – 15 мм; відступ абзацу – 1,25.

Таблиця 1 – Варіанти вибору задач для контрольної (модульної) роботи

		Остання цифра номеру залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передостання цифра номеру залікової книжки	0	4, 15, 27	5, 14, 29	3, 14, 23	8, 16, 29	4, 19, 23	4, 15, 29	6, 17, 24	5, 16, 26	7, 14, 30	2, 15, 21
	1	9, 12, 24	2, 13, 25	7, 11, 29	1, 11, 26	5, 9, 14	3, 19, 24	1, 13, 30	9, 11, 29	3, 20, 22	8, 11, 27
	2	3, 19, 29	8, 16, 22	1, 19, 28	5, 14, 28	2, 16, 25	7, 11, 26	8, 15, 23	4, 20, 21	10, 12, 24	3, 20, 26
	3	7, 14, 26	1, 20, 28	9, 15, 24	9, 19, 25	10, 13, 27	2, 13, 28	5, 20, 29	1, 15, 23	1, 13, 23	7, 14, 23
	4	2, 18, 23	7, 12, 26	4, 20, 27	4, 12, 30	7, 15, 24	5, 18, 23	2, 11, 27	7, 18, 24	6, 18, 28	5, 18, 29
	5	6, 11, 30	9, 19, 23	6, 17, 21	3, 15, 22	5, 18, 30	8, 12, 25	9, 12, 22	8, 13, 22	4, 15, 25	10, 16, 25
	6	8, 13, 28	4, 15, 21	2, 16, 30	7, 13, 24	1, 14, 22	9, 20, 27	4, 16, 25	3, 12, 30	2, 16, 26	1, 19, 28
	7	5, 16, 21	3, 18, 27	8, 12, 25	2, 17, 21	3, 20, 26	1, 14, 30	3, 18, 26	2, 17, 28	9, 11, 21	6, 12, 22
	8	1, 20, 25	6, 17, 24	10, 13, 22	10, 20, 27	6, 17, 21	6, 17, 22	10, 19, 21	10, 19, 25	5, 19, 27	9, 17, 24
	9	10, 17, 22	10, 11, 30	5, 18, 26	6, 18, 23	9, 11, 29	10, 16, 21	7, 14, 28	6, 14, 27	8, 17, 29	4, 13, 30

Таблиця 2 – Варіанти вибору запитань для контрольної (модульної) роботи

		Остання цифра номеру залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передостання цифра номеру залікової книжки	0	11, 19, 45	6, 17, 24	5, 16, 26	7, 14, 30	2, 15, 21	12, 23, 43	6, 32, 45	14, 24, 47	10, 25, 42	3, 26, 38
	1	2, 22, 38	1, 13, 30	9, 11, 29	3, 20, 22	1, 29, 41	14, 31, 49	8, 28, 39	3, 31, 38	13, 29, 34	8, 22, 47
	2	7, 16, 42	8, 15, 23	4, 20, 21	10, 12, 24	3, 20, 26	9, 21, 36	15, 22, 34	5, 19, 40	4, 18, 44	14, 20, 44
	3	10, 25, 48	5, 20, 29	1, 15, 23	1, 13, 23	7, 14, 23	3, 33, 48	2, 25, 42	9, 30, 43	1, 21, 40	5, 30, 39
	4	1, 33, 40	2, 11, 27	7, 18, 24	6, 18, 28	5, 18, 29	7, 17, 44	13, 31, 50	1, 20, 36	5, 30, 37	10, 28, 35
	5	14, 31, 46	9, 12, 22	8, 13, 22	4, 15, 25	10, 16, 25	5, 20, 38	1, 16, 41	6, 28, 39	11, 24, 49	1, 19, 40
	6	5, 20, 47	4, 16, 25	3, 12, 30	2, 16, 26	1, 19, 28	1, 27, 39	7, 29, 36	11, 16, 35	7, 17, 43	7, 32, 43
	7	8, 18, 44	3, 18, 26	2, 17, 28	9, 11, 21	6, 12, 22	10, 19, 50	12, 17, 37	8, 33, 45	2, 16, 36	12, 17, 45
	8	13, 28, 50	10, 19, 21	10, 19, 25	5, 19, 27	9, 17, 24	4, 24, 40	4, 26, 44	7, 26, 44	9, 27, 45	4, 23, 50
	9	4, 21, 39	7, 14, 28	6, 14, 27	8, 17, 29	4, 13, 30	11, 16, 37	10, 21, 48	2, 22, 41	6, 33, 50	9, 25, 41

2. ЗАДАЧІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ (МОДУЛЬНОЇ) РОБОТИ

Задачі 1-10. Коло що складається з п'яти резисторів з опорами 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.

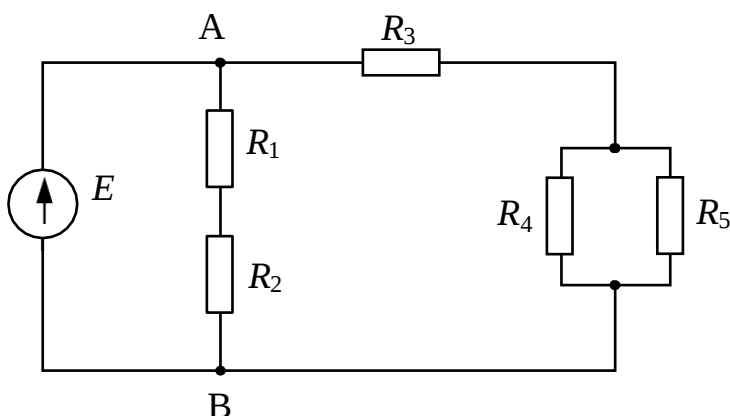


Рис. 1

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	?	?	?	?	?

Задачі 11-20. 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 4

№ задачі	$U_{\phi}, \text{В}$	$I_A, \text{А}$	$I_B, \text{А}$	$I_C, \text{А}$	$r_C, r_B, \text{Ом}$	$r_A, \text{Ом}$	$X_C, \text{Ом}$	$X_B, \text{Ом}$	P	Q	S
11	220	?	?	?	25	55	66	30	?	?	?
12	380	?	?	?	30	45	30	10	?	?	?
13	220	?	?	?	15	35	24	20	?	?	?
14	380	?	?	?	20	25	13	50	?	?	?
15	220	?	?	?	10	15	35	30	?	?	?
16	380	?	?	?	40	10	35	60	?	?	?
17	220	?	?	?	30	18	25	40	?	?	?
18	380	?	?	?	35	54	15	20	?	?	?
19	220	?	?	?	25	24	15	10	?	?	?
20	380	?	?	?	50	15	20	20	?	?	?

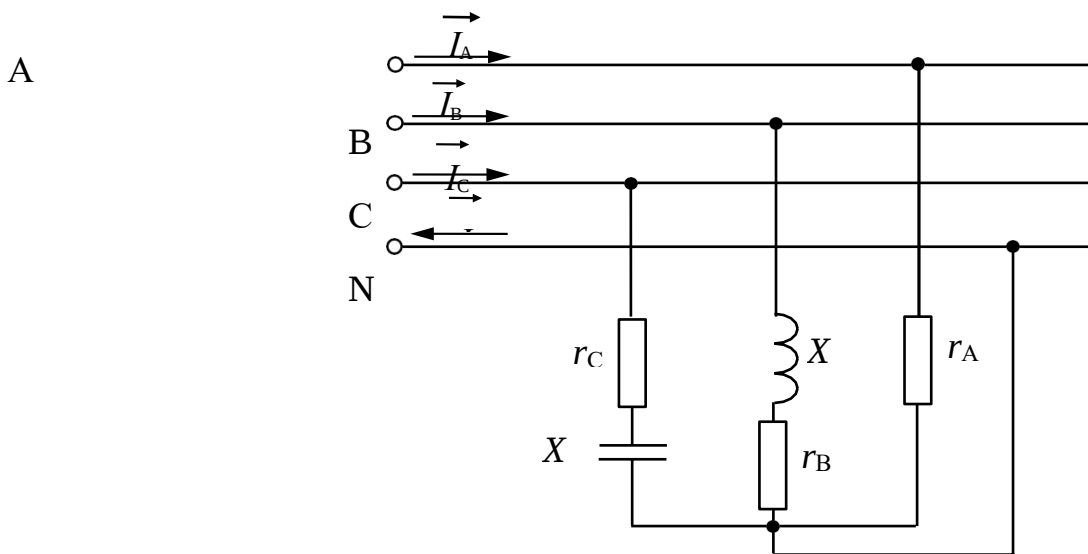


Рис. 7

Задачі 21-30. Для живлення споживача пониженою напругою використовують 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 корис-

ної 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 5

№ зада- чі	$S_{\text{ном}},$ 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	$r_n,$ Ом	$X_n,$ Ом	$Z_n,$ Ом	K	η	$\cos \varphi_2$	β
21	300	?	?	?	?	0,8	?	13,2	?	?	?	17	0,95	0,95	?
22	?	?	?	?	22	?	13,4	?	1,82	?	?	17,5	0,97	0,94	0,96
23	?	?	?	480	26,2	0,79	?	?	?	?	2,4	?	0,96	0,96	?
24	?	382,2	?	450	28,6	0,89	?	13,8	?	0,54	?	?	?	0,92	?
25	420	?	380	460	?	?	?	13,4	?	?	?	15,1	0,94	0,93	?
26	380	326,5	?	?	23,8	?	?	12,9	1,82	?	?	15,5	?	?	?
27	?	280	?	?	24,2	?	?	?	1,92	?	2,2	16	?	?	0,95
28	?	?	365	500	25,4	?	?	14,6	?	?	?	?	0,98	?	0,92
29	?	330	?	?	?	0,81	14,1	?	1,86	?	2,1	?	?	?	0,93
30	?	420	?	520	?	0,99	?	?	?	0,62	1,9	18	?	0,91	?

3. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ (МОДУЛЬНОЇ) РОБОТИ

- Надайте класифікацію класів зон приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
- Навести способи захисту енергетичної системи України від обстрілів.
- Пояснити суть та характеристику типових причин пожеж від електроустановок.
- Коротке замикання – основна причина пожеж від електроустановок.
- Навести джерела запалювання від теплових проявів електричної енергії.
- Привести основні нормативні документи, що стосуються пожежної безпеки електроустановок.
- Пояснити призначення, привести класифікацію та пояснити принципи дії апаратів захисту електромереж від аварійних режимів роботи.
- Навести призначення, будову, принцип дії та типи плавких запобіжників.
- Навести призначення, класифікацію, будову та технічні параметри автоматичних вимикачів.
- Привести класифікацію приміщень за умов навколишнього середовища за ПУЕ. Дати необхідні визначення.
- Привести класифікацію та дати визначення вибухо- та пожежонебезпечних зон за ПУЕ.

12. Привести класифікацію електрообладнання за ступенем захисту від впливу навколишнього середовища згідно ПУЕ.
13. Пояснити порядок маркування вибухозахищеного електрообладнання за ПУЕ.
14. Дати визначення видів та рівнів вибухозахисту електрообладнання за ПУЕ.
15. Навести методику вибору електрообладнання для вибухонебезпечних зон за ПУЕ.
16. Привести конструкцію та порядок маркування проводів, кабелів, шнурів.
17. Дайте визначення, види, призначення та будову заземлення.
18. Привести види електричних мереж за типом заземлення.
19. Привести методику експертного розрахунку штучного заземлювача.
20. Привести вимоги до експлуатації заземлювальних пристроїв.
21. Привести методику експертного розрахунку площі перерізу жил провідника розподільної силової мережі.
22. Пояснити принцип роботи та пожежну небезпеку світильників з люмінесцентними лампами.
23. Пояснити принцип дії та пожежну небезпеку електричних світильників з лампами ДРЛ.
24. Наведіть засоби боротьби з накопиченням зарядів статичної електрики та основні нормативні документи, що регламентують вимоги безпеки.
25. Як визначають ступені захисту оболонок електродвигунів?
26. Надайте класифікацію електричного освітлення?
27. Які вимоги існують до улаштування освітлення безпеки, евакуаційного, чергового освітлення до улаштування світлових показників "Вихід"?
28. Поясніть порядок маркування електричних світильників.
29. Поясніть конструкцію, принцип дії та розкрийте пожежну небезпеку світильників із лампами розжарювання.
30. Поясніть конструкцію, принцип дії та розкрийте пожежну небезпеку світильників із люмінесцентними лампами.
31. Поясніть конструкцію, принцип дії та розкрийте пожежну небезпеку світильників із лампами ДРЛ.
32. Поясніть конструкцію, принцип дії та розкрийте пожежну небезпеку світильників із світлодіодними лампами.
33. Вкажіть основні вимоги пожежної безпеки до електричних світильників.
34. Поясніть принцип дії та розкрийте пожежну небезпеку дугових плавильних печей. Вкажіть вимоги пожежної безпеки до їх улаштування та експлуатації.
35. Поясніть улаштування та розкрийте пожежну небезпеку електричних калориферних установок. Вкажіть вимоги пожежної безпеки до їх улаштування та експлуатації.
36. Розкрийте пожежну небезпеку електрозварювальних робіт. Вкажіть особливі вимоги пожежної безпеки при проведенні електрозварювальних робіт.

37. Надайте класифікацію електричних приладів побутового призначення.
38. Поясніть у чому полягає пожежна небезпека електричних приладів побутового призначення.
39. Поясніть порядок маркування силових електричних кабелів.
40. Поясніть порядок маркування електричних проводів (шнурів).
41. Як здійснюється експлуатація заземлювача?
42. Надайте класифікацію електричних мереж за типом заземлення.
43. Дайте визначення джерела запалювання. Надайте класифікацію джерел запалювання електричного походження.
44. Вкажіть методику вибору оболонки електрообладнання (марки вибухозахисту) для вибухонебезпечних зон.
45. Вкажіть методику вибору оболонки електрообладнання для пожежонебезпечних зон.
46. Вкажіть порядок маркування категорії розміщення електрообладнання.
47. Поясніть конструкцію та принцип дії пристрою захисного автоматичного вимикання живлення.
48. Вкажіть основні параметри та характеристики ПЗВД.
49. Вкажіть основні параметри та характеристики пристрою захисту від імпульсної перенапруги.
50. Поясніть, у чому полягає пожежна небезпека апаратів захисту.

4. ПРИКЛАД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАЧ КОНТРОЛЬНОЇ (МОДУЛЬНОЇ) РОБОТИ

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.

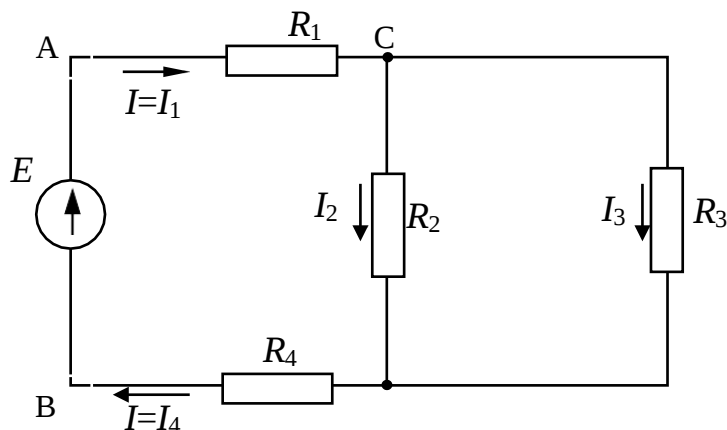


Рис. 8

Дано: $R_1=3$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=15$ Ом, $R_4=1$ 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:

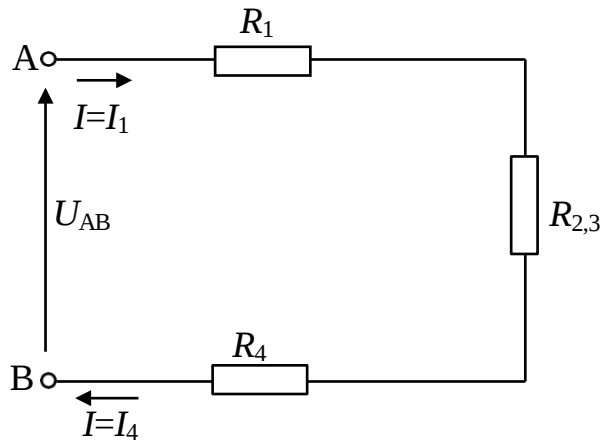


Рис. 9

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:

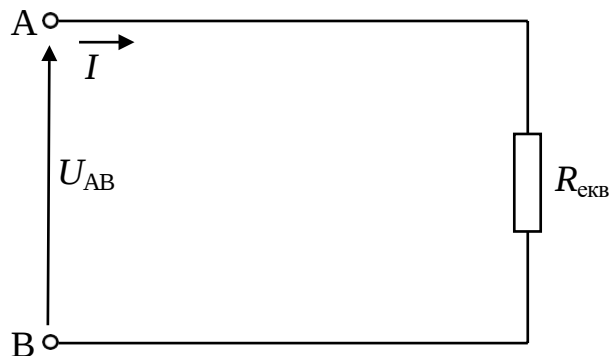


Рис. 10

За законом Ома для ділянки кола знайдемо силу струму:

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

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

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: 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: $U_\phi=380$ В, $f=50$ Гц, $r_B=8$ Ом, $r_C=5$ Ом, $X_A=10$ Ом, $X_B=6$ Ом.

Визначити: I_A , I_B , I_C , I_N , P , Q , S .

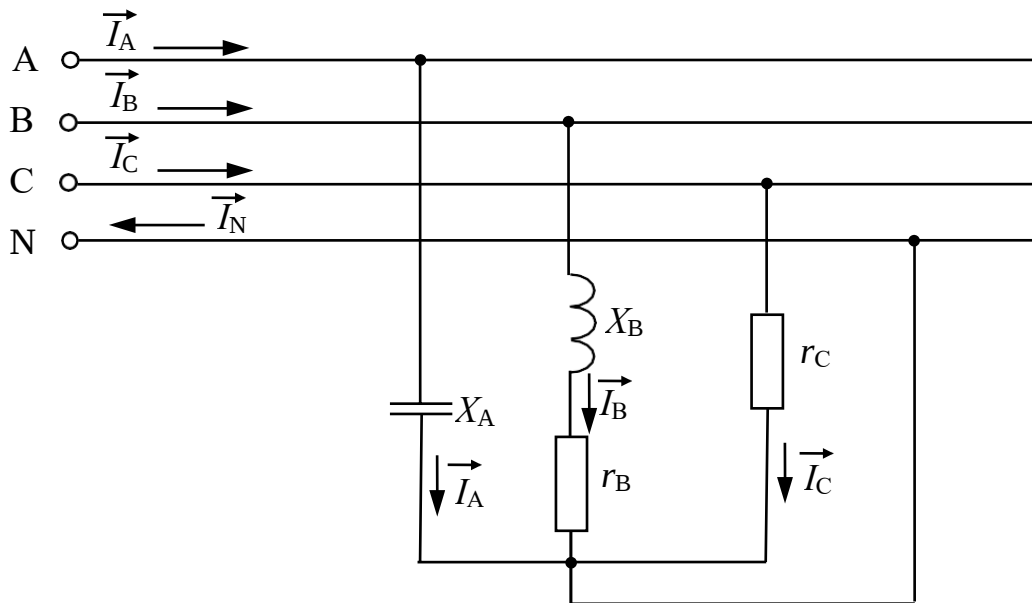


Рис. 22

Розв'язання:

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

Визначимо повні опори фаз:

$$\begin{aligned} Z_A &= X_A = 10 \text{ Ом}, \\ Z_B &= \sqrt{r_B^2 + X_B^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = 10 \text{ Ом}, \\ Z_C &= 5 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

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.

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

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

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

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

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

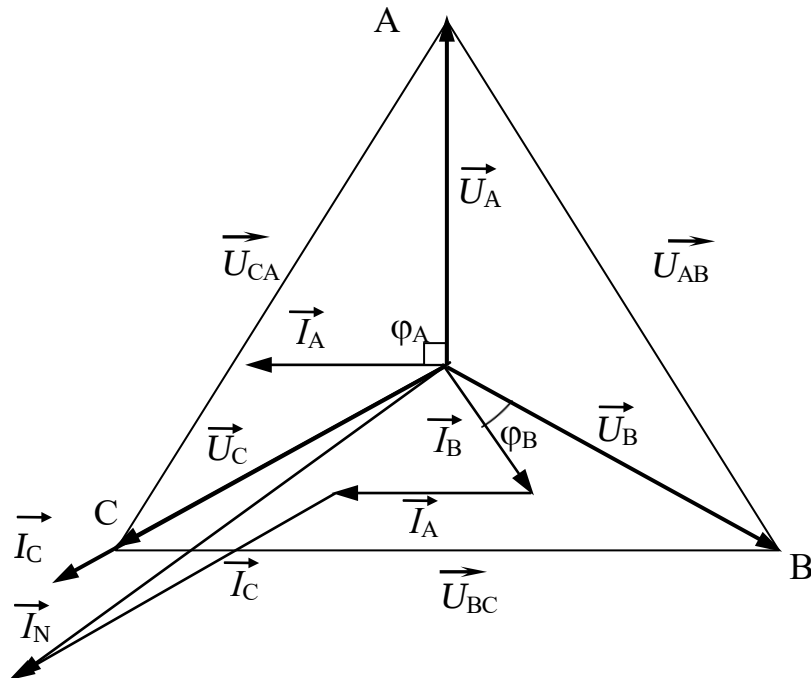


Рис. 23

Вимірюємо лінійкою довжину вектору 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: $I_A=22\text{ A}$, $I_B=22\text{ A}$, $I_C=44\text{ A}$, $I_N = 60,5\text{ A}$, $P=8712\text{ Вт}$,
 $Q=7744\text{ ВАр}$, $S=19360\text{ ВА}$.

Приклад розв'язання задач 21-30

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 $S_{\text{ном}}=400\text{ ВА}$; 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: $I_{1\text{ном}}$, 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: $I_{1\text{ном}} = 0,8 \text{ А}, \quad U_2 = 28,5 \text{ В}, \quad Z_{\text{H}} = 2,1 \text{ Ом}, \quad P_1 = 388 \text{ Вт},$
 $P_2 = 376,3 \text{ Вт}, \quad r_{\text{H}} = 1,99 \text{ Ом}, \quad X_{\text{H}} = 0,67 \text{ Ом}, \quad \beta = 0,99.$

ЛІТЕРАТУРА

1. Спеціальна електротехніка: навчальний посібник/ О.М. Землянський, К.І. Мигаленко. П.І. Заїка, В.І. Томенко, С.С. Тарасов, О.О. Зобенко, М.Г. Томенко – Черкаси: ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2022 – 540 с.
2. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417 зі змінами.
3. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
4. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджені Наказом № 2588 Міністерства палива та енергетики України від 25.07.2006 зі змінами.
5. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – Київ: Держнаглядхоронпраці, 1998.
6. Правила улаштування електроустановок. Наказ Міністерства
7. енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 № 476.
8. ДБН В.2.5-23 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

Кафедра автоматичних систем безпеки та електроустановок

МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА БЕЗПЕКА
ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

здобувачами вищої освіти
за першим (бакалаврським) рівнем
за освітньо-професійною програмою

_____ (назва освітньо-професійної програми)
(заочна форми навчання)
_____ навчальної групи

_____ (прізвище ім'я по батькові)

_____ (шифр індивідуального плану)