

**Міністерство освіти і науки України
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного**

ВОВК О.Ю.

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Мелітополь, 2020

Міністерство освіти і науки України
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

ВОВК О.Ю.

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

*Рекомендовано Вченою радою
факультету енергетики і комп'ютерних технологій
Таврійського державного агротехнологічного університету
імені Дмитра Моторного
як навчальне видання для підготовки здобувачів
ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» денної форми навчання
на основі повної загальної середньої освіти*

Мелітополь, 2020

УДК 621.3
В-61

Укладач:

Вовк О.Ю., доцент кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В.В. Овчарова Таврійського ДАТУ

Дозвіл до впровадження та видання надано Вченою радою факультету енергетики і комп'ютерних технологій Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (протокол № 10 від «28» травня 2020 р.)

Рецензенти:

Сосницька Н.Л., д.пед.н., проф., зав. кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

Лобода О.І., к.т.н., ст.викл. кафедри електроенергетики і автоматизації Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

Вовк О.Ю.

В-61 Електротехніка: Методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми навчання на основі повної загальної середньої освіти / О.Ю. Вовк. – Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. – 101 с.

Методичні вказівки призначенні для вивчення та закріплення матеріалу з електричних і магнітних кіл постійного та змінного синусоїдного струмів, а також електричних машин і трансформаторів. У методичних вказівках на базі експериментальних електроустановок розглянуто основні поняття електротехніки, закони електричних кіл, одиниці вимірювання електричних та магнітних величин, умовні графічні та літерні позначення елементів в електричних колах, методи розрахунків лінійних кіл постійного струму, однофазного та трифазного змінних струмів, будови та принципи дій електричних машин і трансформаторів, основні методи вимірювання електричних величин.

© Вовк О.Ю.

© Таврійський державний агротехнологічний університет, імені Дмитра Моторного, 2020 рік

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота № 1	8
Лабораторна робота № 2	13
Лабораторна робота № 3	20
Лабораторна робота № 4	26
Лабораторна робота № 5	31
Лабораторна робота № 6	34
Лабораторна робота № 7	41
Лабораторна робота № 8	47
Лабораторна робота № 9	55
Лабораторна робота № 10	63
Лабораторна робота № 11	71
Лабораторна робота № 12	78
Лабораторна робота № 13	84
Лабораторна робота № 14	92
Додаток А	99
Критерії оцінювання лабораторних робіт	100
Список літератури	101

ВСТУП

Дисципліна «Електротехніка», є дисципліною за вибором студента у підготовці фахівців зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» ОКР «Бакалавр», а лабораторні заняття з цієї дисципліни, які проводяться в спеціалізованих лабораторіях кафедри електротехніки і електромеханіки в аудиторіях 1.015, 1.016, є одним з основних видів навчальних занять студентів при її вивченні.

Метою лабораторних робіт з дисципліни «Електротехніка», є навчання студентів основним поняттям електротехніки, законам електричних кіл, одиницям вимірювання електричних та магнітних величин, умовним графічним та літерним позначенням елементів в електричних колах, методам розрахунків лінійних кіл постійного струму, однофазного та трифазного змінних струмів, будовам та принципам дій електричних машин, будовам та принципам дій електровимірювальних приладів, основним методам вимірювання електричних величин, побудовам та принципам дій електронних приладів.

В результаті виконання лабораторних робіт з вказаної дисципліни студент повинен знати: суть фізичних явищ електротехніки, основні закони електротехніки та їх математичний запис; одиниці вимірювання електричних та магнітних величин, співвідношення між ними; умовні графічні та літерні позначення в електричних колах; методи аналізу електричних кіл; будови та принципи дії електричних машин, області їх застосування; методи вимірювання електричних величин; будови та принципи дії електронних пристроїв, області їх застосування.

Після проведення даних лабораторних робіт студент повинен уміти: складати принципovu і розрахункovu схеми кола або електротехнічного пристрою; вимірювати основні електричні величини; розрахувати лінійні електричні кола, аналізувати роботу електричних машин.

Внаслідок опанування матеріалу наведених лабораторних робіт студент отримує навички застосування фізичних явищ при аналізі фізичних процесів в електричних колах та застосування законів електротехніки при розрахунку струму, напруги, потужності, електричної енергії, електричних кіл.

Перед початком лабораторних занять студенти зобов'язані вивчити правила техніки безпеки в лабораторії, розписатись в журналі інструктажу та дотримуватись їх під час перебування в лабораторії. Студенти, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, до виконання лабораторних робіт не допускаються.

До початку лабораторної роботи студент повинен підготуватись до її виконання. Підготовка складається з виконання певних завдань самостійної роботи студента, зазначених у кожній лабораторній роботі. Ці завдання полягають у вивченні відповідного теоретичного матеріалу з використан-

ням рекомендованої літератури, виконанні навчаюче-контролюючих завдань, вивченні опису лабораторної роботи та заготовленні форми звіту з лабораторної роботи, який обов'язково повинен містити наступне: найменування лабораторної роботи, принципову електричну схему експериментальної установки з розшифровкою літерних позначень, розрахункову схему електричного кола з розшифровкою літерних позначень, таблицю для зняття показань електровимірювальних приладів, алгоритм розрахунку шуканих величин, таблицю для занесення результатів розрахунку. Алгоритм розрахунку шуканих величин являє собою номер розрахункового пункту, його найменування та прямий математичний вираз для розрахунку.

Студенти, що незадовільно підготувались до виконання лабораторної роботи або значно спізнилися на лабораторне заняття, до роботи не допускаються.

Перевірку підготовки студентів до лабораторного заняття здійснює викладач, що його проводить, на початку заняття. Вона полягає у візуальному контролі наявності у студента заготовленої форми звіту з лабораторної роботи, та його усному опитуванні згідно контрольних запитань.

Після перевірки готовності студента до заняття студенти приступають до виконання лабораторної роботи згідно порядку виконання роботи, який наведено у методичних вказівках. Лабораторні роботи виконуються бригадами, що складаються з 3...4 студентів. Кожну роботу слід виконувати на певному робочому місці, використовуючи призначені для цієї роботи обладнання та апаратуру. Перед збиранням принципової електричної схеми експериментальної установки необхідно ознайомитись з приладами та апаратурою, їх описом та інструкціями до використання. Збирати, розбирати принципову електричну схему експериментальної установки та внести до неї будь-які зміни можна тільки з дозволу викладача, який проводить лабораторне заняття, при умові, якщо установка вимкнена. Після збирання принципової електричної схеми експериментальної установки необхідно переконатись в правильному положенні повзунків реостатів та автотрансформаторів. Включати експериментальну установку на робочу напругу необхідно тільки після дозволу викладача, який проводить лабораторне заняття. Експериментальну установку, на яку подано робочу напругу, не можна залишати без нагляду. При виконання робіт члени бригади повинні розподілити робочі функції між собою та змінювати їх кожної роботи для того, щоб у повному об'ємі засвоїти ці функції. У випадку виникнення будь-яких несправностей у роботі приладів та апаратури слід знеструмити установку та негайно повідомити викладача, який проводить лабораторне заняття. Студентам забороняється самостійно усувати несправності, що виникли. Після закінчення лабораторної роботи студент повинен знеструмити експериментальну установку, надати отримані результати викладачу, який проводить лабораторне заняття, і тільки після його дозволу

розібрати схему експериментальної установки, а робоче місце привести у порядок.

Після проведення лабораторної роботи студент здійснює обробку отриманих результатів по алгоритму розрахунку шуканих величин, який він склав до початку заняття, і оформлення звіту за структурою, наведеної у методичних вказівках. Звіт оформлюється індивідуально кожним членом бригади у спеціальному зошиті. Графічні зображення виконуються олівцем за допомогою креслярського приладдя. При побудові графіків масштаби, що відкладаються на осях координат, вибираються таким чином, щоб графік розмістився на площі не менш 100x100 мм.

Звіт оформлюється індивідуально кожним членом бригади на аркушах формату А4. Порядок оформлення звіту з лабораторної роботи вказаний у додатку А.

Наприкінці заняття відбувається захист лабораторної роботи кожним студентом у вигляді письмової роботи розрахункового характеру.

Основні правила техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт

1. Лабораторії живляться електроенергією: постійного струму - від джерела з напругою між затискачами "+" і "-" 220 В; та змінного струму - від симетричного трифазного джерела з напругами: лінійною - 220 В; фазною - 127 В.

2. Перед збиранням принципової електричної схеми досліджуваного кола переконайтеся, що автоматичний вимикач, встановлений на робочому місці, розімкнений, а лабораторний автотрансформатор, встановлений на робочому місці, знаходиться у нульовому положенні.

3. При збиранні схеми експериментальної установки додаткові прилади і апарати повинні бути розташовані на лабораторному столі таким чином, щоб робоча схема з'єднань вийшла найбільш простою і наочною, а виконання вимірювань і керування апаратами – найбільш зручним. Надійно приєднувати з'єднувальні проводи до клем та переконуватись в їх справності. Спостерігати, щоб з'єднувальні проводи не знаходились на шкалах вимірювальних приладів, обмотках реостатів та іншого електрообладнання, яке використовується у лабораторній роботі. Спостерігати, щоб з'єднувальні проводи не були розтягненими. Встановити номінальні або задані викладачем значення параметрів електрообладнання, яке використовується у лабораторній роботі.

4. Приєднання робочої схеми до мережі без дозволу викладача чи лаборанта категорично забороняється.

5. Огляд, підтяжку контактів, заміну елементів експериментальної установки робити тільки при знятій напрузі, для чого необхідно вимкнути автоматичний вимикач, через який подається живлення.

6. Після приєднання робочої схеми до мережі забороняється дотор-

катися до оголених струмоведучих частин.

7. Забороняється робити будь-які переключення в робочій схемі, що знаходиться під напругою.

8. При включенні автоматичних вимикачів особливу увагу слід звертати на показання амперметрів й інших вимірювальних приладів. У випадку різкого руху стрілок приладів до кінця їх шкал робочу схему необхідно негайно відключити від мережі

9. При проведенні експерименту контролювати, щоб параметри електрообладнання, яке використовується в лабораторній роботі, не перевищували номінальних або заданих викладачем значень.

10. Після будь-якої зміни в робочій схемі включення її знову під напругу може виконуватися тільки з дозволу викладача або лаборанта.

11. Категорично забороняється залишати без нагляду лабораторну установку, що знаходиться під напругою.

12. Перевірку наявності напруги, підведеної до схеми, дозволяється робити тільки за допомогою відповідних приладів.

13. При виявленні несправного стану устаткування, апаратів, вимірювальних приладів, з'єднувальних провідників необхідно негайно відключити схему від мережі і сповістити про це викладачу або лаборанту.

14. У випадку припинення досліду чи перерви в роботі необхідно обов'язково відключити установку від електричної мережі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема. Дослідження ділянки кола постійного струму без електрорушійної сили

Мета: придбання практичних навичок при визначенні сили струму, опору, потужності та енергії ділянки лінійного електричного кола постійного струму без електрорушійної сили

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 1 «Лінійні нерозгалужені електричні кола постійного струму» п.п.1.1 – 1.7 [1, с. 7–19].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 1.1 – 1.5 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 6.1 – 6.5 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить генератор постійного струму G_1 , реостат RR_1 , який призначений для регулювання напруги на затискачах кола, реостат RR_2 , що імітує навантаження, амперметр PA_1 , вольтметр PV_1 , включений на затискачі навантаження. Для комутації кола передбачено вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 1.1.

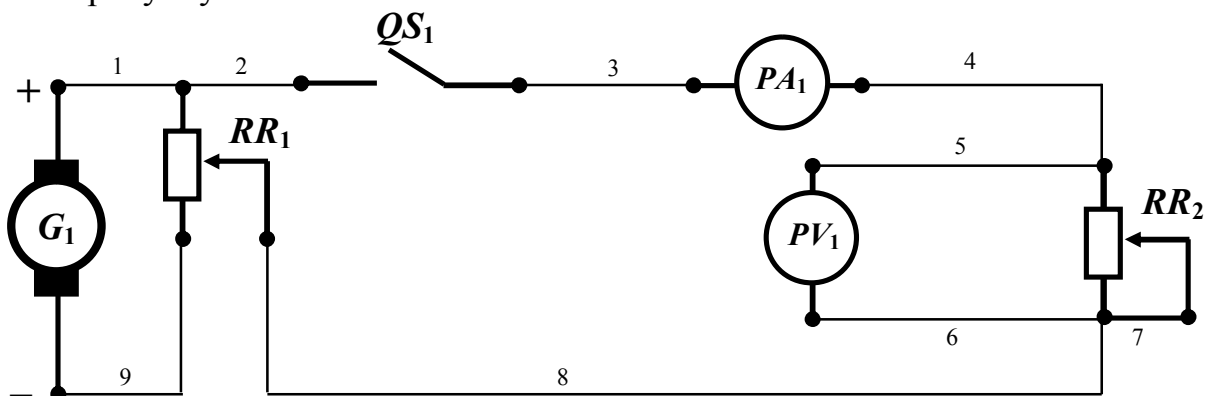


Рисунок 1.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 9 провідників (на схемі позначені номерами 1-9).

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- фізичними явищами в джерелі нехтують;
- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикача дорівнюють нулю;
- опір обмотки амперметра дорівнює нулю;
- опір обмотки вольтметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у ньому не протікає.

Тоді розрахункова схема ділянки електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 1.2.

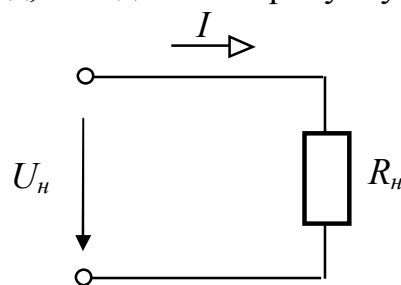


Рисунок 1.2 – Розрахункова схема ділянки електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

U_n – напруга на затискачах навантаження, B ;

R_n – опір навантаження, Om ;

I – сила струму в колі (на ділянці навантаження), A .

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

5.1 Зібрати схему експериментальної установки.

5.2 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

5.3 Зняти показання приладів при різних положеннях повзуна реостата RR_1 , результати занести в таблицю 1.1, зняти напругу.

Таблиця 1.1 – Показання приладів

Умови проведення експериментів	Показання приладів	
	I, A	U, B
Вимикач QS_1 розімкнений		
Вимикач QS_1 замкнений (перше положення реостату RR_1)		
Вимикач QS_1 замкнений (друге положення реостату RR_1)		
Вимикач QS_1 замкнений (третє положення реостату RR_1)		

5.4 Визначити за допомогою експериментальних даних опір навантаження (для вказаного викладачем експерименту), використовуючи рівняння закону Ома для ділянки кола:

$$I = \frac{U_n}{R_n} \quad (1.1)$$

5.5 Визначити потужність, спожиту навантаженням (для вказаного викладачем експерименту), трьома способами, використовуючи рівняння:

$$P_n = U_n \cdot I; \quad (1.2)$$

$$P_n = R_n \cdot I^2; \quad (1.3)$$

$$P_n = \frac{U_n^2}{R_n} \quad (1.4)$$

5.6 Визначити електричну енергію у джоулях, спожиту навантаженням (для вказаного викладачем експерименту) за _____ годин роботи (час вказує викладач), використовуючи рівняння:

$$Q_n = P_n \cdot t, \quad (1.5)$$

де t – час роботи навантаження, c .

5.7 Визначити електричну енергію у кіловат-годинах, спожиту навантаженням (для вказаного викладачем експерименту) за _____ годин роботи (час вказує викладач), використовуючи рівняння:

$$W_n = P_n \cdot t, \quad (1.6)$$

де t – час роботи електроосвітлювального пристрою, $год.$;

P_n – потужність, споживана електроосвітлювальним пристроєм, $кВт$.

5.8 Побудувати вольт-амперну характеристику навантаження.

5.9 Занести отримані значення в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Фізичні величини, що характеризують ділянку кола

$R_n, Ом$	$P_n, Вт$	$Q_n, Дж$	$W_n, кВт \cdot год$

5.9 Підтвердити за допомогою експериментальних даних закон Ома для ділянки кола без електрорушійної сили, використовуючи його рівняння (1.1) для досліджуваної ділянки кола.

5.10 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, що таке елемент електричного кола, на які види поділяються елементи кола, дати їх визначення;
- 2) пояснити, від чого і як залежить сила струму на ділянці кола без електрорушійної;
- 3) пояснити, від чого і як залежить потужність ділянці кола без електрорушійної сили;
- 4) пояснити, від чого і як залежить електроенергія, яку споживає ділянка кола без електрорушійної сили;
- 5) пояснити, які одиниці електричної енергії застосовують у системі СІ та у технічній системі, яка одиниця зручніша і чому.

6 СТРУКТУРА ЗВІТУ

6.1 Тема лабораторної роботи.

6.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).

6.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

6.4 Розрахункова схема ділянки електричного кола експериментальної установки.

6.5 Таблиця 1.1.

6.6 Алгоритм розрахунку шуканих величин.

6.7 Розрахунок шуканих величин.

6.8 Вольт-амперна характеристика елемента кола.

6.9 Таблиця 1.2.

6.10 Підтвердження закону Ома для ділянки кола без е.р.с.

6.11 Висновок по роботі.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

7.1 У чому суть явища електричного струму?

7.2 Дайте визначення електрорушійної сили.

7.3 Запишіть визначальну формулу електрорушійної сили.

7.4 Отримайте одиницю електрорушійної сили з її визначальної формули.

7.5 Дайте визначення сили електричного струму.

7.6 Запишіть визначальну формулу сили електричного струму.

7.7 Отримайте одиницю сили електричного струму з її визначальної формули.

7.8 Що таке потенціал електричного поля? Якою літерою він позначається? Яка його одиниця?

7.9 Що така напруга електричного поля?

7.10 Запишіть визначальну формулу напруги електричного поля.

7.11 Отримайте одиницю напруги електричного поля з її визначальної формули.

- 7.12 Запишіть формулу для розрахунку опору провідника через його конструктивні розміри.
- 7.13 Отримайте одиницю опору провідника електричному струму з його визначальної формули.
- 7.14 Сформулюйте закон Ома для ділянки кола без електрорушійної сили.
- 7.15 Виконайте математичний запис закону Ома для ділянки кола без електрорушійної сили.
- 7.16 У чому суть явища теплової дії струму?
- 7.17 Сформулюйте закон теплової дії струму.
- 7.18 Виконайте математичний запис закону Джоуля–Ленца.
- 7.19 Дайте визначення потужності електричного струму.
- 7.20 Запишіть визначальну формулу потужності електричного струму.
- 7.21 Отримайте одиницю потужності електричного струму з її визначальної формули.
- 7.22 Запишіть розрахункові формули потужності електричного струму.
- 7.23 Що є одиницею електричної енергії у системі СІ та у технічній системі?
- 7.24 Як розрахувати кількість спожитої пристроєм електроенергії?
- 7.25 Дайте визначення електричного кола.
- 7.26 Що таке елемент електричного кола?
- 7.27 Які елементи електричного кола є основними?
- 7.28 Яке призначення джерела електричної енергії?
- 7.29 Які існують типи джерел електричної енергії за видом первинної енергії?
- 7.30 Яке призначення приймача електричної енергії (навантаження)?
- 7.31 Які існують типи приймачів електричної енергії (навантажень) за видом вторинної енергії?
- 7.32 Які елементи електричного кола є допоміжними?
- 7.33 Дайте визначення принципової електричної схеми кола.
- 7.34 Що є приймачем (навантаженням) у електричному колі, зображеному на рис.1.1?
- 7.35 Яке призначення вольтметра у електричному колі, зображеному на рис.1.1?
- 7.36 Що таке межа вимірювання вольтметра?
- 7.37 Що таке ціна поділки вольтметра?
- 7.38 Що таке показання вольтметра, як його визначити?
- 7.39 Яке призначення амперметра у електричному колі, зображеному на рис.1.1?
- 7.40 Що таке межа вимірювання амперметра?
- 7.41 Що таке ціна поділки амперметра?
- 7.42 Що таке показання амперметра, як його визначити?
- 7.43 Дайте визначення розрахункової схеми електричного кола.
- 7.44 Перелічте фізичні явища, які спостерігаються на ділянці електричного кола, зображеного на рис.1.2.

- 7.45 Як на розрахунковій схемі (рис.1.2) позначено явище електричного струму?
- 7.46 Як на розрахунковій схемі (рис.1.2) позначено явище теплової дії струму у навантаженні?
- 7.47 Як на розрахунковій схемі (рис.1.2) позначено напругу на навантаженні?
- 7.48 Як розрахувати опір ділянки електричного кола без електрорушійної сили за показаннями вольтметра та амперметра?
- 7.49 Що таке вольт-амперна характеристика елемента електричного кола?
- 7.50 Яка вольт-амперна характеристика називається лінійною?
- 7.51 Яка вольт-амперна характеристика називається нелінійною?
- 7.52 Як побудувати вольт-амперну характеристику?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема. Дослідження нерозгалуженого кола постійного струму з однією електрорушійною силою

Мета: придбання практичних навичок при визначенні електрорушійної сили, опорів, сили струму, потужностей, коефіцієнтів корисної дії лінійного нерозгалуженого електричного кола постійного струму з однією електрорушійною силою

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 1 «Лінійні нерозгалужені електричні кола постійного струму п.п. 1.5 – 1.8 [1, с. 17–23].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 1.6 – 1.7 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 6.1 – 6.5 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі холостого ходу.
- 2.5 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.6 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.7 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить генератор постійного струму G_1 , два резистори R_1 і R_2 з однаковими опорами, що імітують прямий та зворотний проводи лінії електропередачі, реостат RR_1 , що імітує наванта-

ження, амперметр PA_1 , два вольтметри PV_1 і PV_2 , включені на початку та наприкінці лінії електропередачі, вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 1.1.

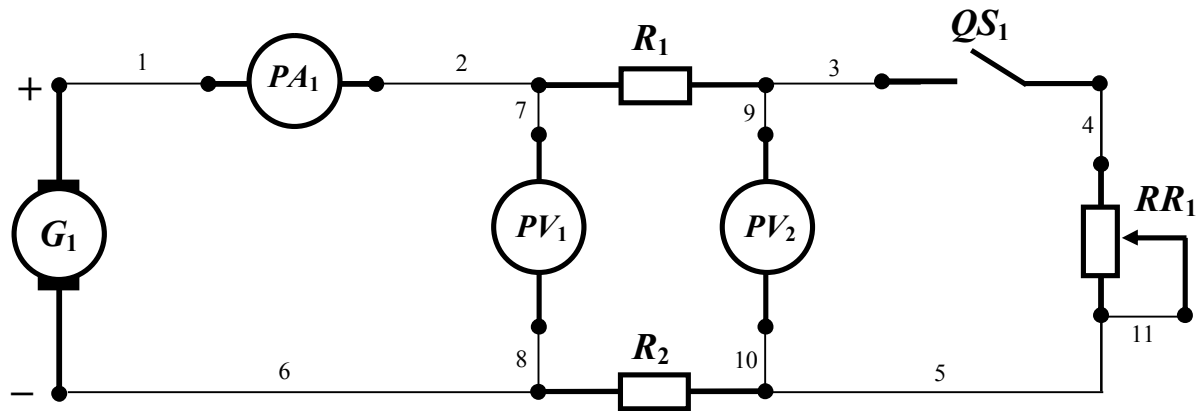


Рисунок 1.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 10 провідників (на схемі позначені номерами 1-10).

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикача дорівнюють нулю;
- опір обмотки амперметра дорівнює нулю;
- опори обмоток вольтметрів дорівнюють нескінченності, тобто електричний струм у них не протікає;
- опір проводів лінії електропередачі зосереджений в одному місці.

Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 1.2.

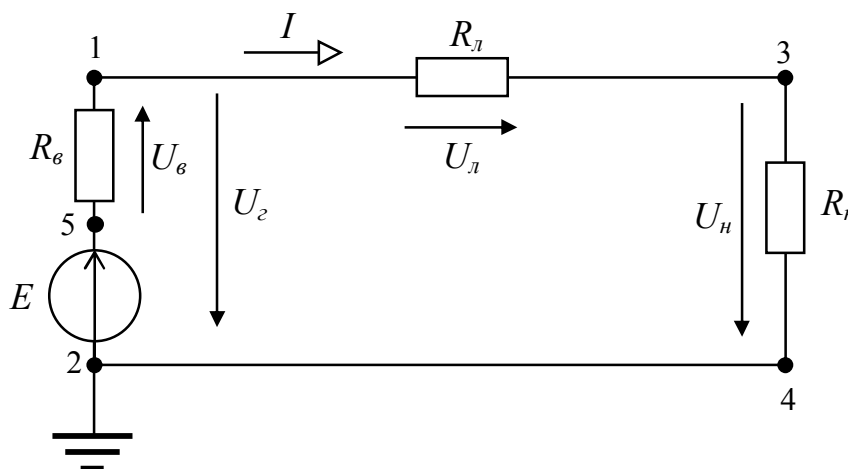


Рисунок 1.2 – Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

E – електрорушійна сила генератора, B ;

R_g – внутрішній опір генератора, Om ;

R_l – опір проводів лінії електропередачі, Om ;

R_n – опір навантаження, Om ;

U_g – спадання напруги на внутрішньому опорі генератора, B ;

U_l – спадання напруги у проводах лінії електропередачі, B ;

U_2 – напруга на затискачах генератора, B ;

U_n – напруга на затискачах навантаження, B ;

I – сила струму в колі, A .

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

5.1 Зібрати схему експериментальної установки.

5.2 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

5.3 Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 1.1, зняти напругу.

Таблиця 1.1 – Показання приладів

Умови проведення експериментів	Показання приладів		
	I, A	U_1, B	U_2, B
1 Вимикач QS_1 розімкнений			
2 Вимикач QS_1 замкнений			

5.4 Визначити електрорушійну силу генератора, використовуючи показання приладів у досліді холостого ходу (перший експеримент) і рівняння зовнішньої характеристики генератора:

$$U_2 = E - R_g \cdot I . \quad (2.1)$$

5.5 Визначити спадання напруги на внутрішньому опорі генератора, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння зовнішньої характеристики генератора:

$$U_2 = E - U_g . \quad (2.2)$$

5.6 Визначити внутрішній опір генератора, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння закону Ома для ділянки кола з внутрішнім опором генератора:

$$I = \frac{U_6}{R_6} \quad (2.3)$$

5.7 Визначити спадання напруги в лінії електропередачі, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння спадання напруги в лінії:

$$U_n = U_2 - U_n \quad (2.4)$$

5.8 Визначити загальний опір лінії електропередачі, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння закону Ома для ділянки кола з лінією електропередачі:

$$I = \frac{U_n}{R_n} \quad (2.5)$$

5.9 Визначити за допомогою експериментальних даних опір навантаження, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння закону Ома для ділянки кола споживача:

$$I = \frac{U_n}{R_n} \quad (2.6)$$

5.10 Визначити потужність, що розвивається генератором при навантаженні, використовуючи експериментальні й розрахункові дані та рівняння:

$$P = E \cdot I \quad (2.7)$$

5.11 Визначити потужність, що втрачається в генераторі при навантаженні, використовуючи експериментальні й розрахункові дані та рівняння:

$$P_6 = R_6 \cdot I^2 \quad (2.8)$$

5.12 Визначити потужність, що віддається генератором при навантаженні в лінію електропередачі, використовуючи експериментальні дані та рівняння:

$$P_2 = U_2 \cdot I \quad (2.9)$$

5.13 Визначити потужність, що втрачається в лінії електропередачі при навантаженні, використовуючи експериментальні й розрахункові дані та рівняння:

$$P_l = R_l \cdot I^2. \quad (2.10)$$

5.14 Визначити потужність, спожиту навантаженням, використовуючи експериментальні й розрахункові дані та рівняння:

$$P_n = R_n \cdot I^2. \quad (2.11)$$

5.15 Скласти та перевірити баланс потужностей, використовуючи розрахункові дані та рівняння:

$$P = P_e + P_l + P_n. \quad (2.12)$$

5.16 Визначити кількість електричної енергії (у одиницях технічної системи), яку споживе навантаження за _____ год. (вказує викладач), використовуючи розрахункові дані та рівняння:

$$W_n = P_n \cdot t. \quad (2.13)$$

5.17 Визначити коефіцієнт корисної дії генератора при навантаженні двома способами, використовуючи розрахункові дані та рівняння:

$$\eta_z = \frac{P_z}{P}; \quad (2.14)$$

$$\eta_z = \frac{U_z}{E}. \quad (2.15)$$

5.18 Визначити коефіцієнт корисної дії лінії електропередачі двома способами, використовуючи розрахункові дані та рівняння:

$$\eta_l = \frac{P_n}{P_z}; \quad (2.16)$$

$$\eta_l = \frac{U_n}{U_z}. \quad (2.17)$$

5.19 Визначити коефіцієнт корисної дії електричного кола двома способами, використовуючи розрахункові дані та рівняння:

$$\eta_{\text{кола}} = \frac{P_n}{P}, \quad (2.18)$$

$$\eta_{\text{кола}} = \frac{U_n}{E}, \quad (2.19)$$

$$\eta_{\text{кола}} = \eta_z \cdot \eta_l. \quad (2.20)$$

5.20 Занести отримані значення в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Фізичні величини, що характеризують коло

$E,$ B	$U_{\text{в}},$ B	$U_{\text{л}},$ B	$R_{\text{в}},$ Ом	$R_{\text{л}},$ Ом	$R_{\text{н}},$ Ом	$P,$ Вт	$P_{\text{в}},$ Вт	$P_{\text{з}},$ Вт	$P_{\text{л}},$ Вт	$P_{\text{н}},$ Вт	η_z	η_l	$\eta_{\text{кола}}$

5.21 Підтвердити за допомогою розрахункових даних закон Ома для замкненого кола з однією електрорушійною силою, використовуючи його рівняння для досліджуваного кола:

$$I = \frac{E}{R_{\text{в}} + R_{\text{л}} + R_{\text{н}}}. \quad (2.21)$$

5.22 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, що таке електричне коло;
- 2) пояснити, з яких елементів складається електричне коло, яке їх призначення;
- 3) пояснити, яке електричне коло є нерозгалуженим;
- 4) пояснити, що таке еквівалентний опір електричного кола і як він визначається у нерозгалуженому колі;
- 5) пояснити, від чого і як залежить сила струму в нерозгалуженому електричному колі;
- 6) пояснити, від чого і як залежить напруга на затискачах джерела;
- 7) пояснити, від чого і як залежить потужність, яку розвиває джерело;
- 8) пояснити, від чого і як залежить потужність, яку віддає джерело;
- 9) пояснити, що таке баланс потужностей кола і як його скласти;
- 10) пояснити, як впливають втрати потужності в джерелі на його коефіцієнт корисної дії;

- 11) пояснити, як впливають втрати потужності в лінії електропередачі на її коефіцієнт корисної дії;
- 12) пояснити, як впливають коефіцієнти корисної дії окремих елементів електричного кола на коефіцієнт корисної дії всього кола.

6 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 6.1 Тема лабораторної роботи.
- 6.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).
- 6.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 6.4 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.
- 6.5 Таблиця 1.1.
- 6.6 Алгоритм розрахунку шуканих величин.
- 6.7 Розрахунок шуканих величин.
- 6.8 Таблиця 1.2.
- 6.9 Перевірка закону Ома для замкненого кола з однією е.р.с.
- 6.10 Висновок по роботі.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 7.1 Дайте визначення електричного кола.
- 7.2 Що таке елемент електричного кола?
- 7.3 Які елементи електричного кола є основними?
- 7.4 Яке призначення джерела електричної енергії?
- 7.5 Яке призначення приймача електричної енергії?
- 7.6 Яке призначення лінії електропередачі?
- 7.7 Які елементи електричного кола є допоміжними?
- 7.8 Дайте визначення принципової електричної схеми кола.
- 7.9 Що є джерелом у електричному колі, зображеному на рис.2.1? Яке його призначення як перетворювача енергії?
- 7.10 Що є приймачем у електричному колі, зображеному на рис.2.1?
- 7.11 Яке електричне коло називають нерозгалуженим?
- 7.12 Яке призначення вольтметрів у електричному колі, зображеному на рис.2.1?
- 7.13 Яке призначення амперметра у електричному колі, зображеному на рис.2.1?
- 7.14 Яке призначення вимикача у електричному колі, зображеному на рис.2.1?
- 7.15 Дайте визначення розрахункової схеми електричного кола.
- 7.16 Перелічіть умови виникнення електричного струму у колі.
- 7.17 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються у основних елементах електричного кола, зображеного на рис.2.1, 2.2.

- 7.18 Сформулюйте закон Ома для замкненого кола з однією електрорушійною силою.
- 7.19 Виконайте математичний запис закону Ома для замкненого кола з однією електрорушійною силою.
- 7.20 Як розрахувати сумарний опір нерозгалуженого кола?
- 7.21 Що таке зовнішня характеристика джерела?
- 7.22 Як розрахувати напругу на затискачах джерела?
- 7.23 Що таке режим холостого ходу генератора?
- 7.24 Як експериментально визначити електрорушійну силу джерела?
- 7.25 Що таке режим навантаження генератора?
- 7.26 Як розрахувати спадання напруги в джерелі?
- 7.27 Як розрахувати спадання напруги в лінії електропередачі?
- 7.28 Як розрахувати напругу на навантаженні?
- 7.29 Як розрахувати потужність, що розвивається джерелом?
- 7.30 Як розрахувати втрати потужності в джерелі?
- 7.31 Як розрахувати потужність, що віддається джерелом?
- 7.32 Як розрахувати втрати потужності в лінії електропередачі?
- 7.33 Як розрахувати потужність приймача?
- 7.34 Що таке баланс потужностей електроустановки?
- 7.35 Як скласти баланс потужностей електроустановки?
- 7.36 Як розрахувати енергію, яку споживає приймач?
- 7.37 Що є одиницею електричної енергії у системі СІ та у технічній системі?
- 7.38 Як розрахувати коефіцієнт корисної дії лінії електропередачі?
- 7.39 Як розрахувати коефіцієнт корисної дії джерела?
- 7.40 Як розрахувати коефіцієнт корисної дії електроустановки?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема. Дослідження лінійного розгалуженого електричного кола постійного струму з однією електрорушійною силою

Мета: придбання практичних навичок при визначенні еквівалентного опору лінійного розгалуженого електричного кола постійного струму та сил струмів у лінійному розгалуженому електричному колі постійного струму методом шляхом еквівалентних перетворень

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 2 «Лінійні розгалужені електричні кола постійного струму» п.п.2.1 – 2.3 [1, с. 40–46].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 2.1 – 2.3 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 6.1 – 6.5 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі холостого ходу.
- 2.5 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.6 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.7 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить генератор постійного струму G_1 , три резистори, які включені змішано: два резистори R_2 і R_3 – паралельно, а послідовно з ними – резистор R_1 . Для вимірювання сил електричних струмів у вітках електричного кола передбачені амперметри PA_1 , PA_2 і PA_3 . Для вимірювання напруги на затискачах генератора передбачено вольтметр PV_1 , а на ділянках кола передбачено вольтметри PV_2 і PV_3 . Для комутації кола передбачений вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 3.1.

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

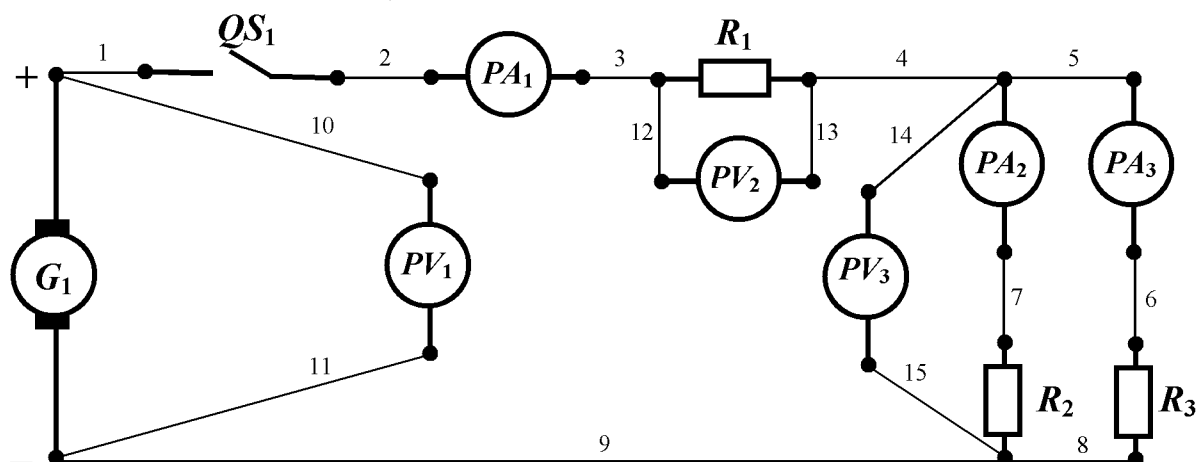


Рисунок 3.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикача дорівнюють нулю;
- опори обмоток амперметрів дорівнюють нулю;
- опори обмоток вольтметрів дорівнюють нескінченності, тобто електричний струм у них не протікає.

Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 3.2.

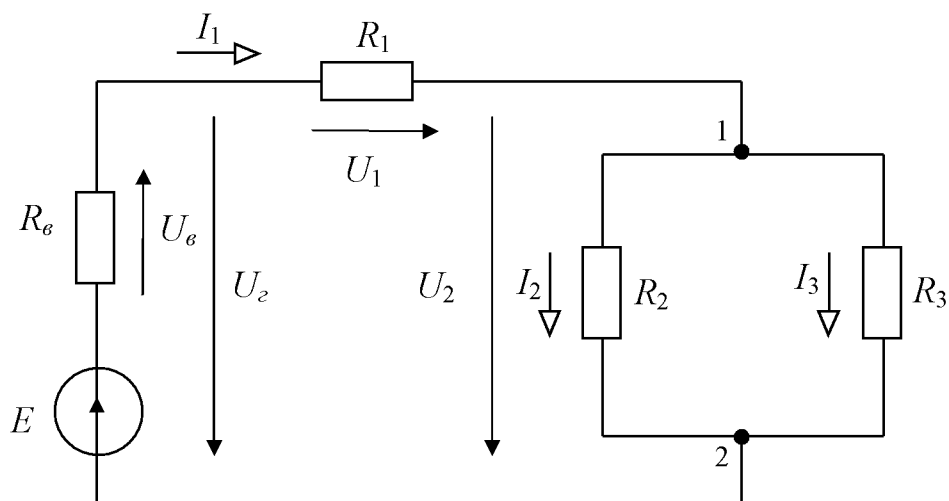


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

- E – електрорушійна сила генератора, B ;
- R_g – внутрішній опір генератора, $Ом$;
- R_1 – опір першого резистора, $Ом$;
- R_2 – опір другого резистора, $Ом$;
- R_3 – опір третього резистора, $Ом$;
- U_2 – напруга на затискачах генератора, B ;
- U_g – спадання напруги на внутрішньому опорі генератора, B ;
- U_1 – напруга на затискачах першого резистора, B ;
- U_2 – напруга на затискачах другого і третього резисторів, B ;
- I_1 – сила струму в першому резисторі, A ;
- I_2 – сила струму в другому резисторі, A ;
- I_3 – сила струму в третьому резисторі, A .

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 5.1 Зібрати схему експериментальної установки.
- 5.2 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.
- 5.3 Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 3.1, зняти напругу.

Таблиця 3.1 – Показання приладів

Умови проведення експериментів	Показання приладів					
	I_1, A	I_2, A	I_3, A	U_1, B	U_2, B	U_3, B
1 Вимикач QS_1 розімкнений						
2 Вимикач QS_1 замкнений						

5.4 Визначити електрорушійну силу генератора, використовуючи показання приладів у досліді холостого ходу (перший експеримент) і рівняння зовнішньої характеристики генератора:

$$U_2 = E - R_e \cdot I. \quad (3.1)$$

5.5 Визначити внутрішній опір генератора, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння (3.1) зовнішньої характеристики генератора.

5.6 Визначити еквівалентний опір всього кола, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння закону Ома для замкненого кола з однією електрорушійною силою:

$$I_1 = \frac{E}{R_e}, \quad (3.2)$$

де R_e – еквівалентний опір всього кола, Ом.

5.7 Визначити за допомогою експериментальних даних опір першого резистора, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння закону Ома для ділянки кола:

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}. \quad (3.3)$$

5.8 Визначити за допомогою експериментальних даних опір другого резистора, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння закону Ома для ділянки кола:

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2}. \quad (3.4)$$

5.9 Визначити за допомогою експериментальних даних опір третього резистора, використовуючи показання приладів при навантаженні генератора (другий експеримент) і рівняння закону Ома для ділянки кола:

$$I_3 = \frac{U_2}{R_3}. \quad (3.5)$$

5.10 Визначити потужність, що розвивається генератором при навантаженні, використовуючи експериментальні й розрахункові дані та рівняння:

$$P = E \cdot I_1. \quad (4.6)$$

5.11 Визначити потужність, що втрачається в генераторі при навантаженні, використовуючи експериментальні й розрахункові дані та рівняння:

$$P_6 = R_6 \cdot I_1^2. \quad (3.7)$$

5.12 Визначити потужність, що віддається генератором при навантаженні, використовуючи експериментальні дані та рівняння:

$$P_2 = U_2 \cdot I_1. \quad (3.8)$$

5.13 Визначити потужність, спожиту першим резистором, використовуючи експериментальні дані та рівняння:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1. \quad (3.9)$$

5.14 Визначити потужність, спожиту другим резистором, використовуючи експериментальні дані та рівняння:

$$P_2 = U_2 \cdot I_2. \quad (3.10)$$

5.15 Визначити потужність, спожиту третім резистором, використовуючи експериментальні дані та рівняння:

$$P_3 = U_2 \cdot I_3. \quad (3.11)$$

5.16 Скласти та перевірити баланс потужностей, використовуючи розрахункові дані, згідно рівняння:

$$P = P_6 + P_1 + P_2 + P_3. \quad (3.12)$$

5.17 Занести отримані значення в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Фізичні величини, що характеризують коло

$E,$ B	$R_e,$ Om	$R_6,$ Om	$R_1,$ Om	$R_2,$ Om	$R_3,$ Om	$P,$ Bm	$P_B,$ Bm	$P_\Gamma,$ Bm	$P_1,$ Bm	$P_2,$ Bm	$P_3,$ Bm

5.18 Підтвердити за допомогою експериментальних даних значення еквівалентного опору кола:

$$R_e = R_e + R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}, \quad (3.13)$$

порівняти отримане значення зі значенням, отриманим у пункті 5.6.

5.19 Скласти та перевірити рівняння за першим законом Кірхгофа для вузлів кола.

5.20 Скласти та перевірити рівняння за другим законом Кірхгофа для незалежних контурів кола (вказавши напрям обходу відповідного контуру).

5.19 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, яке електричне коло є розгалуженим;
- 2) пояснити, що таке вузол, вітка та контур розгалуженого електричного кола.
- 3) перелічити, сформулювати та математично записати закони, що діють у розгалуженому електричному колі;
- 4) пояснити, що таке еквівалентний опір електричного кола і як він визначається у разі паралельного з'єднання двох елементів кола та трьох елементів кола;
- 5) пояснити, що таке баланс потужностей електричного кола та як його скласти.

6 СТРУКТУРА ЗВІТУ

6.1 Тема лабораторної роботи.

6.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).

6.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

6.4 Розрахункова схема експериментальної установки.

6.5 Таблиця 3.1.

6.6 Алгоритм розрахунку шуканих величин.

6.7 Розрахунок шуканих величин.

6.8 Таблиця 3.2.

6.9 Перевірка розрахунку еквівалентного опору кола.

6.10 Перевірка за законами Кірхгофа.

6.11 Висновок по роботі.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

7.1 Що таке вузол розгалуженого електричного кола?

7.2 Що таке вітка розгалуженого електричного кола?

7.3 Сформулюйте перший закон Кірхгофа.

7.4 Запишіть математично перший закон Кірхгофа.

7.5 Що таке умовно позитивний напрям струму?

7.6 Коли умовно позитивний напрям струму є дійсним напрямом струму?

- 7.7 Сформулюйте другий закон Кірхгофа.
- 7.8 Запишіть математично другий закон Кірхгофа.
- 7.9 Приведіть послідовність аналізу електричного кола за допомогою законів Кірхгофа.
- 7.10 Скільки незалежних рівнянь за першим законом Кірхгофа можна записати для розрахункової схеми розгалуженого електричного кола?
- 7.11 Скільки незалежних рівнянь за другим законом Кірхгофа можна записати для розрахункової схеми розгалуженого електричного кола?
- 7.12 Яке з'єднання елементів електричного кола називають послідовним?
- 7.13 Якою є сила струму у всіх послідовно з'єднаних елементах електричного кола?
- 7.14 Яке з'єднання елементів електричного кола називають паралельним?
- 7.15 Якою є напруга на всіх паралельно з'єднаних елементах електричного кола?
- 7.16 Дайте визначення провідності елемента кола.
- 7.17 Запишіть визначальну формулу провідності елемента кола. Що є одиницею провідності?
- 7.18 Для чого виконується еквівалентне перетворення схеми з'єднання елементів електричного кола?
- 7.19 Яка умова еквівалентного перетворення схеми з'єднання елементів електричного кола?
- 7.20 Як розрахувати еквівалентний опір послідовно з'єднаних опорів?
- 7.21 Як розрахувати еквівалентний опір паралельно з'єднаних опорів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема. Дослідження магнітного кола при постійній намагнічуючій силі

Мета: придбання практичних навичок при визначенні фізичних величин, що характеризують магнітне коло при постійній намагнічуючій силі

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 3 «Магнітні кола при постійних намагнічуючих силах» п.п.3.1 – 3.6 [1, с. 165–172].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 3.1 – 3.5 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 6.1 – 6.5 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.

2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.

2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить ідеальний генератор постійного струму G_1 , з'єднувальні проводи та котушку індуктивності K_1 з феромагнітним осердям, для якої відомі кількість витків w та індуктивність L . Феромагнітне осердя має прямокутний поперечний переріз. Довжина перерізу осердя дорівнює a , ширина перерізу осердя дорівнює b . Довжина середньої магнітної силової лінії осердя дорівнює l . Для вимірювання сили струму передбачений амперметр PA_1 . Для комутації кола передбачений вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 4.1.

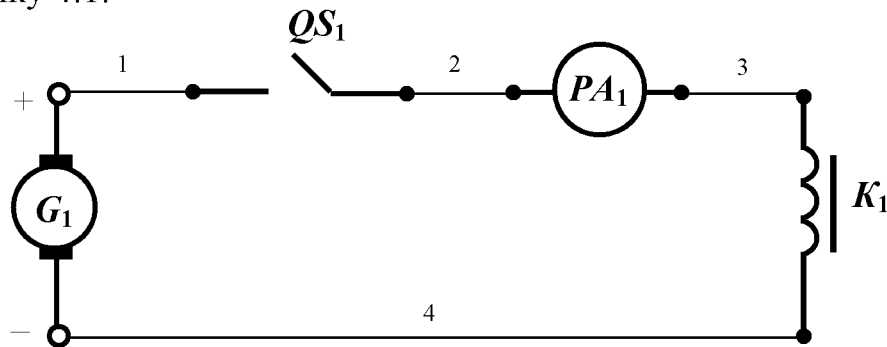


Рисунок 4.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 4 провідника (на схемі позначені номерами 1-4).

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

4.1 Зібрати схему експериментальної установки.

4.2 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

4.3 Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 4.1, зняти напругу.

Таблиця 4.1 – Показання приладів

Умови проведення експерименту	Показання приладів					
	w	L , мГн	I , А	a , см	b , см	l , см
Вимикач SA замкнений						

4.4 Визначити за допомогою експериментальних даних магнітний потік у осерді котушки, використовуючи рівняння закону електромагнетизму:

$$w \cdot \Phi = L \cdot I . \quad (4.1)$$

4.5 Визначити за допомогою експериментальних даних площу поперечного перерізу осердя котушки, використовуючи рівняння:

$$S = a \cdot b . \quad (4.2)$$

4.5 Визначити за допомогою розрахункових даних магнітну індукцію поля у осерді котушки, використовуючи рівняння:

$$\Phi = B \cdot S . \quad (4.3)$$

4.6 Визначити за допомогою експериментальних і розрахункових даних потокозчеплення котушки, використовуючи рівняння:

$$\psi = w \cdot \Phi . \quad (4.4)$$

4.7 Визначити за допомогою експериментальних даних намагнічуючу силу котушки, використовуючи рівняння:

$$F = w \cdot I . \quad (4.5)$$

4.8 Визначити за допомогою експериментальних даних напруженість магнітного поля у осерді котушки, використовуючи рівняння закону повного струму:

$$F = w \cdot I = H \cdot l . \quad (4.6)$$

4.9 Визначити за допомогою експериментальних даних енергію магнітного поля котушки, використовуючи рівняння:

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2} . \quad (4.7)$$

4.10 Занести отримані значення в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Фізичні величини, що характеризують магнітне коло

Φ , Вб	B , Тл	ψ , Вб	F , А	H , А/м	W , Дж

4.11 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, що таке магнітне коло;
- 2) пояснити, з яких елементів складається магнітне коло, яке їх призначення, які вони мають конструктивні параметри;

- 3) перелічити основні фізичні величини, які характеризують магнітне коло;
- 4) пояснити, що таке магнітна індукція поля котушки зі струмом, від чого і як вона залежить;
- 5) пояснити, що таке магнітний потік і потокозчеплення котушки зі струмом, від чого і як вони залежать;
- 6) пояснити, що таке намагнічуюча сила котушки зі струмом, від чого і як вона залежить;
- 7) перелічити, сформулювати та математично записати основні закони, що діють у магнітному колі;
- 8) пояснити, від чого і як залежить енергія магнітного поля котушки зі струмом.

5 СТРУКТУРА ЗВІТУ

5.1 Тема лабораторної роботи.

5.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).

5.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.4 Таблиця 4.1.

5.5 Алгоритм розрахунку шуканих величин.

5.6 Розрахунок шуканих величин.

5.7 Таблиця 4.2.

5.8 Висновок по роботі.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 6.1 У чому суть явища електромагнетизму?
- 6.2 Сформулюйте правило «правого гвинта».
- 6.3 Дайте визначення магнітної індукції.
- 6.4 Запишіть визначальну формулу магнітної індукції.
- 6.5 Отримайте одиницю магнітної індукції з визначальної формули.
- 6.6 Що таке однорідне магнітне поле?
- 6.7 Дайте визначення магнітного потоку.
- 6.8 Запишіть визначальну формулу магнітного потоку.
- 6.9 Отримайте одиницю магнітного потоку з визначальної формули.
- 6.10 Дайте визначення індуктивності.
- 6.11 Запишіть визначальну формулу індуктивності.
- 6.12 Отримайте одиницю індуктивності з визначальної формули.
- 6.13 Яку конструкцію має індуктивна котушка?
- 6.14 Які речовини називають парамагнітними?
- 6.15 Які речовини називають діамагнітними?
- 6.16 Які речовини називають феромагнітними?
- 6.17 Що таке відносна магнітна проникність середовища?

- 6.18 Запишіть визначальну формулу відносної магнітної проникності середовища.
- 6.19 Що таке магнітна постійна? Чому вона дорівнює?
- 6.20 Як розрахувати індуктивність котушки?
- 6.21 Сформулюйте закон електромагнетизму.
- 6.22 Запишіть математично і розшифруйте закон електромагнетизму.
- 6.23 Дайте визначення потокозчепленню котушки.
- 6.24 Запишіть визначальну формулу потокозчеплення котушки.
- 6.25 Одержіть одиницю потокозчеплення котушки з її визначальної формули.
- 6.26 Дайте визначення напруженості магнітного поля.
- 6.27 Запишіть визначальну формулу напруженості магнітного поля.
- 6.28 Отримайте одиницю напруженості магнітного поля з визначальної формули.
- 6.29 Дайте визначення намагнічуючій силі котушки.
- 6.30 Запишіть визначальну формулу намагнічуючої сили котушки.
- 6.31 Одержіть одиницю намагнічуючої сили котушки з її визначальної формули.
- 6.32 Сформулюйте закон повного струму.
- 6.33 Запишіть математично і розшифруйте закон повного струму.
- 6.34 Запишіть математично і поясніть закон повного струму для загального випадку.
- 6.35 Сформулюйте правило «правої руки».
- 6.36 Що являє собою крива намагнічування?
- 6.37 Зобразіть графічно криву намагнічування та поясните її.
- 6.38 Як відбувається намагнічування магнітопроводу котушки?
- 6.39 Коли настає насичення магнітопроводу котушки?
- 6.40 Зобразіть графічно петлю гістерезису та поясніть її.
- 6.41 Що таке залишкова магнітна індукція?
- 6.42 Що таке коерцитивна сила?
- 6.43 Яким явищем супроводжується перемагнічування магнітопроводу?
- 6.44 Від чого залежать втрати енергії на перемагнічування?
- 6.45 На які групи поділяють феромагнітні матеріали?
- 6.46 Які матеріали називають магнітом'якими?
- 6.47 Які матеріали називають магнітотвердими?
- 6.48 Що розуміється під магнітним колом?
- 6.49 Назвіть основні елементи магнітного кола.
- 6.50 Укажіть призначення магнітопроводу.
- 6.51 З яких матеріалів виготовляються магнітопроводи?
- 6.52 Перелічіть феромагнітні матеріали.
- 6.53 Приведіть приклад конструктивної схеми найпростішого магнітного кола.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Тема. Дослідження параметрів змінного синусоїдного струму

Мета: придбання практичних навичок при визначенні фізичних величин, що характеризують змінний синусоїдний струм

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 4 «Нерозгалужені електричні кола змінного синусоїдного струму» п.п.4.1, 4.2 [1, с. 55–66].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 4.1 – 4.6 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 5.1 – 5.3 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить лабораторний автотрансформатор T_1 , до вторинних затискачів якого підключений навантажувальний резистор $R_{н1}$. У вторинному колі автотрансформатора включено амперметр PA_1 , послідовно з яким включений додатковий резистор $R_{д1}$. Напругу з додаткового резистора подано на вхід осцилографа. Для комутації кола передбачений вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 5.1.

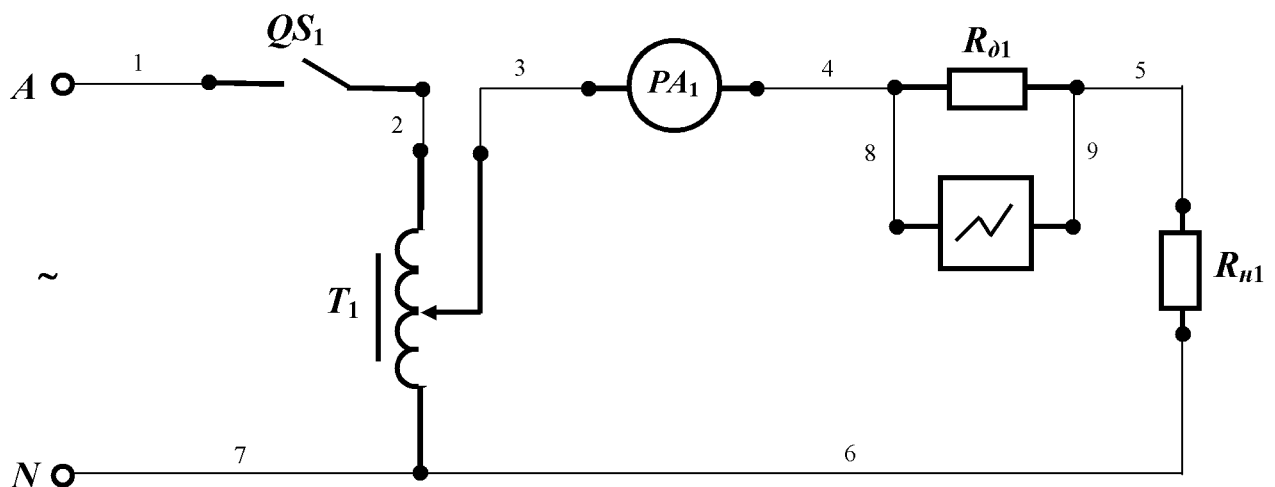


Рисунок 5.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 9 провідників (на схемі позначені номерами 1-9).

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 4.1 Зібрати схему експериментальної установки.
- 4.2 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.
- 4.3 Записати показання амперметра (I).
- 4.4 Здійснити візуальне спостереження миттєвого струму.
- 4.5 Зобразити у масштабі криву струму (синусоїду), зняти напругу.
- 4.6 Визначити з кривої струму амплітуду сили струму (I_m).
- 4.7 Визначити з кривої струму період струму (T).
- 4.8 Визначити частоту струму, використовуючи рівняння:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (5.1)$$

- 4.9 Визначити кругову (циклічну) частоту струму, використовуючи рівняння:

$$\omega = 2\pi \cdot f. \quad (5.2)$$

- 4.10 Визначити з кривої струму початкову фазу струму.
- 4.11 Записати вираз поточної фази струму.
- 4.12 Записати рівняння миттєвого струму, використовуючи його рівняння у загальному вигляді:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i). \quad (5.3)$$

- 4.13 Побудувати в обраному масштабі вектор амплітуди сили струму.
- 4.14 Визначити миттєве значення сили струму у початковий момент часу, використовуючи вектор струму та криву струму. Порівняти їх між собою.
- 4.15 Визначити діюче значення сили струму, використовуючи його амплітудне значення та рівняння:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (5.4)$$

- 4.16 Занести отримані значення в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Фізичні величини, що характеризують коло

T, c	$f, Гц$	$\omega, рад.$	I_m, A	$\omega t + \psi_i$	i, A	I, A

4.17 Порівняти діюче значення сили струму, отримане у п.4.15, з показанням амперметра з п.4.5.

4.18 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, що таке змінний синусоїдний струм і чим він відрізняється від постійного струму;
- 2) перелічити та охарактеризувати параметри змінного синусоїдного струму;
- 3) навести вирази взаємозв'язку між окремими параметрами змінного синусоїдного струму.

5 СТРУКТУРА ЗВІТУ

5.1 Тема лабораторної роботи.

5.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).

5.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.4 Крива струму (синусоїда).

5.5 Алгоритм розрахунку шуканих величин.

5.6 Розрахунок шуканих величин.

5.7 Вектор амплітуди струму.

5.8 Таблиця 5.1.

5.9 Результат порівняння діючих значень сили струму.

5.10 Висновок по роботі.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

6.1 У чому суть явища електромагнетизму?

6.2 Сформулюйте закон електромагнетизму.

6.3 Математично запишіть і розшифруйте закон електромагнетизму.

6.4 У чому суть явища електромагнітної індукції?

6.5 Сформулюйте закон електромагнітної індукції.

6.6 Математично запишіть і розшифруйте закон електромагнітної індукції.

6.7 Поясніть фізичну суть знака «мінус».

6.8 Наведіть приклад використання явища електромагнітної індукції в техніці.

6.9 Складіть і опишіть конструктивну схему фізичної моделі машинного генератора змінного синусоїдного струму.

6.10 Опишіть принцип дії фізичної моделі машинного генератора змінного синусоїдного струму.

6.11 Поясніть, чому у фізичній моделі генератора наводиться синусоїдна електрорушійна сила, запишіть і розшифруйте її математичний вираз.

6.12 Що являє собою повне колювання е.р.с.?

6.13 Запишіть і розшифруйте математичний вираз миттєвої напруги на затискачах ідеального генератора.

- 6.14 Що таке амплітуда е.р.с.? Що є її одиницею?
- 6.15 Що характеризує початкова фаза е.р.с.?
- 6.16 Що характеризує поточна фаза е.р.с.?
- 6.17 Як отримати синусоїдний струм?
- 6.18 Запишіть і розшифруйте математичний вираз миттєвого синусоїдного струму.
- 6.19 Що таке повне коливання струму?
- 6.20 Що таке амплітуда струму? Що є її одиницею?
- 6.21 Що таке період струму? Що є його одиницею?
- 6.22 Що таке частота струму? Що є її одиницею?
- 6.23 Запишіть формулу взаємозв'язку між періодом і частотою струму.
- 6.24 Що таке кругова (циклічна) частота струму? Що є її одиницею?
- 6.25 Запишіть математичний вираз кругової (циклічної) частоти струму.
- 6.26 Що характеризує початкова фаза струму?
- 6.27 Що характеризує миттєва фаза струму?
- 6.28 Що розуміється під діючим значенням змінного синусоїдного струму?
- 6.29 Запишіть вираз діючого значення змінного струму.
- 6.30 Як розрахувати діюче значення змінного синусоїдного струму через амплітудне значення струму?
- 6.31 Як розрахувати діюче значення електрорушійної сили через амплітудне значення?
- 6.32 Як розрахувати діюче значення напруги через амплітудне значення?
- 6.33 Як розрахувати середнє значення змінного синусоїдного струму через амплітудне значення струму?
- 6.34 Як зобразити струм за допомогою радіус-вектора?
- 6.35 Як знайти миттєве значення струму, використовуючи радіус-вектор струму?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема. Дослідження кола синусоїдного струму з реальною котушкою

Мета: придбання практичних навичок при визначенні опорів, амплітудних та миттєвих значень напруг та струму, потужностей у лінійному електричному колі синусоїдного струму з реальною котушкою

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 3 «Нерозгалужені електричні кола змінного синусоїдного струму» пп.4.3, 4.4 [1, с. 66–70; 75–79].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 4.7 – 4.10 [4].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 6.1 – 6.5 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить лабораторний автотрансформатор T_1 , до вторинних затискачів якого підключений вольтметр PV_1 . У вторинному колі автотрансформатора включено амперметр PA_1 послідовно з котушкою індуктивності K_1 , і ватметр PW_1 . Для комутації кола передбачений вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 6.1.

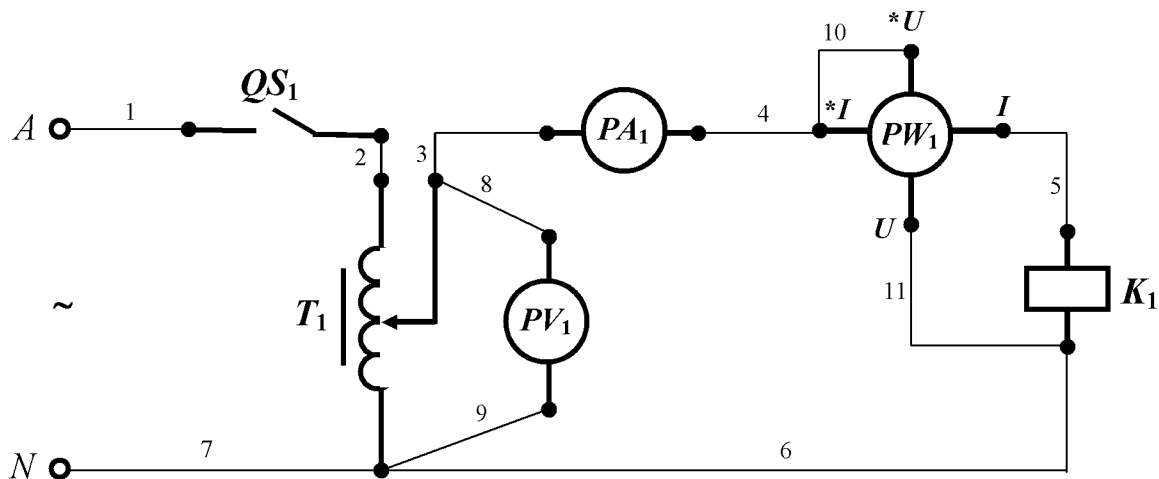


Рисунок 6.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

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

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів, обмотки амперметра, струмової обмотки ватметра і контактів вимикача дорівнюють нулю;
- опори обмотки вольтметра і обмотки напруги ватметра дорівнюють нескінченності.

Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 6.2.

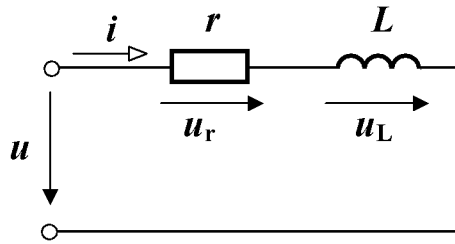


Рисунок 6.2 – Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:
 u – миттєва напруга на затискачах кола, B ;
 i – миттєвий струм в електричному колі, A ;
 r – активний опір котушки, Om ;
 L – індуктивність котушки, $Гн$;
 u_r – миттєва напруга на активному опорі котушки, B ;
 u_L – миттєва напруга на індуктивності котушки, B .

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 5.1 Зібрати принципову електричну схему кола.
- 5.2 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.
- 5.3 Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 6.1, зняти напругу.

Таблиця 6.1 – Показання приладів

Умова проведення експерименту	Показання приладів		
	U, B	I, A	$P, Вт$
Вимикач QS_1 замкнений			

- 5.4 Записати за допомогою експериментальних даних діюче значення напруги на затискачах котушки.
- 5.5 Записати за допомогою експериментальних даних діюче значення сили струму в котушці.
- 5.6 Записати за допомогою експериментальних даних активну потужність, споживану котушкою.
- 5.7 Визначити за допомогою експериментальних даних активний опір котушки, використовуючи рівняння:

$$P = r \cdot I^2 . \quad (6.1)$$

- 5.8 Визначити за допомогою експериментальних даних повний опір котушки, використовуючи математичний запис закону Ома для замкненого кола (для діючих значень):

$$I = \frac{U}{z}. \quad (6.2)$$

5.9 Визначити за допомогою розрахункових даних індуктивний опір котушки, використовуючи рівняння:

$$z = \sqrt{r^2 + x_L^2}. \quad (6.3)$$

5.10 Побудувати в обраному масштабі трикутник опорів котушки.

5.11 Визначити індуктивність котушки, прийнявши, що частота струму дорівнює 50 Гц, використовуючи рівняння:

$$x_L = 2\pi \cdot f \cdot L. \quad (6.4)$$

5.12 Визначити за допомогою розрахункових даних кут зсуву фаз між прикладеною напругою і струмом котушки, використовуючи рівняння:

$$\varphi = \arccos \frac{r}{z}. \quad (6.5)$$

5.13 Визначити амплітудне значення синусоїдного електричного струму в котушці, використовуючи експериментальні дані та рівняння:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (6.6)$$

5.14 Записати рівняння миттєвого струму в котушці, прийнявши, що його початкова фаза $\psi_i = \text{_____}$ (задає викладач), використовуючи його рівняння у загальному вигляді:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i). \quad (6.7)$$

5.15 Визначити за допомогою експериментальних і розрахункових даних діюче значення напруги на активному опорі котушки, використовуючи математичний запис закону Ома для ділянки кола (для діючих значень):

$$I = \frac{U_r}{r}. \quad (6.8)$$

5.16 Визначити за допомогою експериментальних і розрахункових даних діюче значення напруги на індуктивності котушки, використовуючи математичний запис закону Ома для ділянки кола (для діючих значень):

$$I = \frac{U_L}{x_L}. \quad (6.9)$$

5.17 Визначити за допомогою експериментальних і розрахункових даних реактивну потужність котушки, використовуючи рівняння:

$$Q_L = x_L \cdot I^2. \quad (6.10)$$

5.18 Визначити за допомогою експериментальних даних повну потужність котушки, використовуючи рівняння:

$$S = U \cdot I. \quad (6.11)$$

5.19 Побудувати в обраному масштабі трикутник потужностей котушки.

5.20 Визначити коефіцієнт потужності котушки, використовуючи рівняння:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}. \quad (6.12)$$

5.21 Побудувати в обраному масштабі векторну діаграму діючих значень сили струму і напруг котушки.

5.22 Занести отримані значення в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Фізичні величини, що характеризують коло

$z,$ <i>Ом</i>	$r,$ <i>Ом</i>	$x_L,$ <i>Ом</i>	$L,$ <i>мГн</i>	$\varphi,$ <i>град</i>	$\psi_i,$ <i>град.</i>	$I_m,$ <i>A</i>	$i,$ <i>A</i>

Продовження таблиці 6.2

U_r, B	U_L, B	$P, Вт$	$Q_L, ВАр$	$S, ВА$	$\cos \varphi$

5.23 Перевірити взаємозв'язок між потужностями котушки, використовуючи дані з табл.6.2 та рівняння:

$$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2}, \quad (6.13)$$

та порівняти отримане значення зі значенням, отриманим у п.5.18.

5.24 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) перелічити, якими опорами володіє індуктивна котушка у колі змінного синусоїдного струму; пояснити, чим обумовлено наявність кожного з них;
- 2) пояснити, від чого і як залежать опори індуктивної котушки у колі змінного синусоїдного струму;
- 3) сформулювати та математично записати закон Ома для кола змінного синусоїдного струму (для діючих значень);
- 4) пояснити, що таке кут зсуву фаз котушки, і як на нього впливає індуктивний опір котушки;
- 5) перелічити, які потужності споживає індуктивна котушка у колі змінного синусоїдного струму; пояснити, чим обумовлено наявність кожної з них;
- 6) пояснити, від чого і як залежать потужності індуктивної котушки у колі змінного синусоїдного струму;
- 7) пояснити, що таке коефіцієнт потужностей індуктивної котушки, і як на нього впливає індуктивна потужність котушки.

6 СТРУКТУРА ЗВІТУ

6.1 Тема лабораторної роботи.

6.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).

6.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

6.4 Розрахункова схема електричного кола.

6.5 Таблиця 6.1.

6.6 Алгоритм розрахунку шуканих величин.

6.7 Розрахунок шуканих величин.

6.8 Трикутник опорів котушки.

6.9 Трикутник потужностей котушки.

6.10 Векторна діаграма струму і напруг котушки.

6.11 Таблиця 6.2.

6.12 Перевірка взаємозв'язку потужностей котушки.

6.13 Висновок по роботі.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

7.1 Опишіть фізичні явища, які спостерігаються в резисторі в колі синусоїдного струму.

7.2 Що таке поверхневий ефект? Чому він виникає?

7.3 Чи відрізняється опір провідника постійному струму від опору провідника змінному синусоїдному струму? Чому?

- 7.4 Складіть розрахункову схему кола з ідеальним генератором і резистором.
- 7.5 Запишіть математичний зв'язок між миттєвою напругою, миттєвим струмом і активним опором.
- 7.6 Сформулюйте та математично запишіть закон Ома для максимальних і діючих значень напруги й струму на ділянці кола з резистором.
- 7.7 Запишіть математичний вираз миттєвої напруги на активному опорі, прийнявши, що її початкова фаза дорівнює нулю.
- 7.8 Запишіть математичний вираз миттєвого струму в активному опорі для зазначеної вище напруги.
- 7.9 Побудуйте графічно оригінали миттєвої напруги та миттєвого струму на ділянці кола з резистором.
- 7.10 Зобразіть напругу та струм за допомогою векторів.
- 7.11 Що таке кут зсуву фаз? Чому він дорівнює на ділянці кола з резистором?
- 7.12 Наведіть математичний вираз миттєвої потужності в резисторі. З якою частотою коливається миттєва потужність у резисторі?
- 7.13 Що розуміється під активною потужністю? Як її розрахувати в резисторі? Укажіть її одиницю.
- 7.14 Який електровимірювальний прилад застосовують для вимірювання активної потужності? Як він вмикається у коло? Як визначити ціну його поділки?
- 7.15 Опишіть фізичні явища, які спостерігаються в реальній котушці в колі синусоїдного струму.
- 7.46 Складіть розрахункову схему кола з ідеальним генератором і реальною котушкою.
- 7.17 Поясніть фізичну суть індуктивного опору. Як розрахувати індуктивний опір котушки?
- 7.18 Складіть рівняння електричної рівноваги кола синусоїдного струму з реальною котушкою.
- 7.19 Запишіть вираз миттєвого струму в колі, прийнявши, що його початкова фаза дорівнює нулю.
- 7.20 Одержіть вираз миттєвої напруги на затискачах кола, підставивши в рівняння електричної рівноваги вираз миттєвого струму в колі.
- 7.21 Побудуйте векторну діаграму струму та напруг кола (для діючих значень) та поясніть її.
- 7.22 Запишіть вираз миттєвої напруги на затискачах кола, використовуючи векторну діаграму, з урахуванням кута зсуву фаз.
- 7.23 Одержіть з векторної діаграми та побудуйте трикутник діючих значень напруг котушки.
- 7.24 Перетворіть трикутник напруг у трикутник опорів, використовуючи закон Ома.

- 7.25 Встановіть зв'язок між параметрами реальної котушки, використовуючи трикутник опорів.
- 7.26 Як розрахувати кут зсуву фаз реальної котушки за допомогою її параметрів?
- 7.27 Одержіть із трикутника опорів трикутник потужностей і побудуйте його.
- 7.28 Встановіть зв'язок між потужностями реальної котушки, використовуючи трикутник потужностей.
- 7.29 Дайте визначення коефіцієнта потужності реальної котушки.
- 7.30 Запишіть і розшифруйте визначальну формулу коефіцієнта потужності котушки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Тема. Дослідження роботи симетричного трифазного генератора, з'єданого зіркою, у режимі холостого ходу

Мета: придбання практичних навичок при визначенні комплексів фазних і лінійних напруг симетричного трифазного генератора, з'єданого зіркою, у режимі холостого ходу

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 5 «Симетричні трифазні кола синусоїдного струму», пп.5.1 – 5.3 [1, с. 134–142].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 5.1 – 5.2 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 6.1 – 6.5 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі холостого ходу.
- 2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить трифазний генератор змінного струму G_1 , у якого обмотки статора з'єдані за схемою «зірка», переносний вольтметр зі щупами PV_1 та вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 7.1.

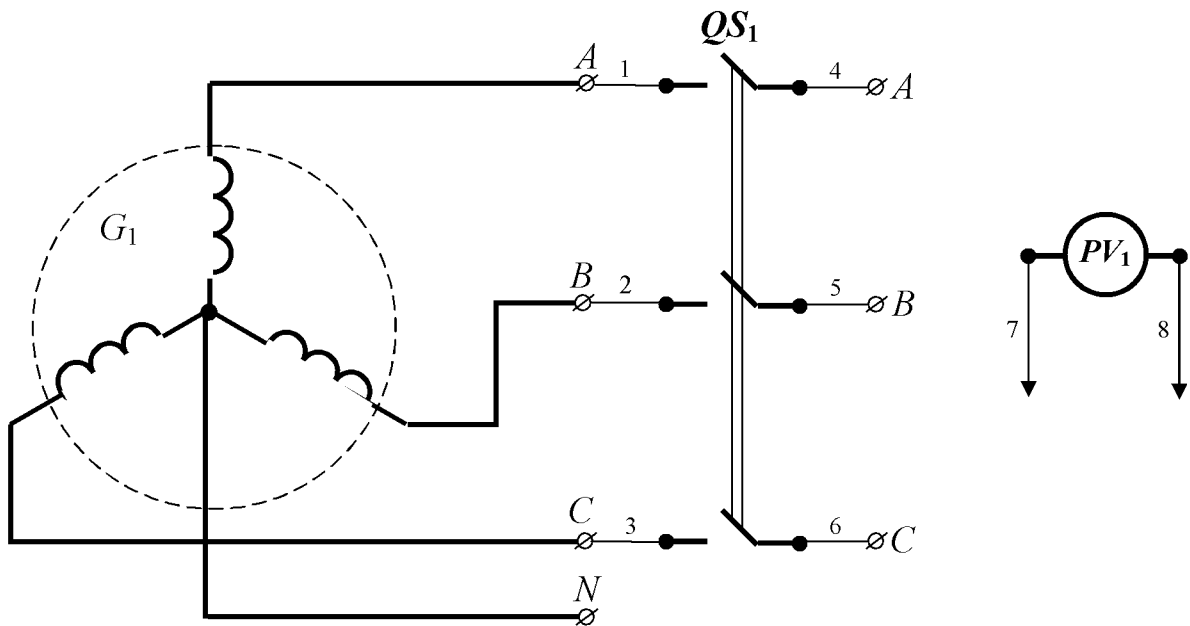


Рисунок 7.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

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

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки в комплексній формі має вигляд, наведений на рисунку 7.2.

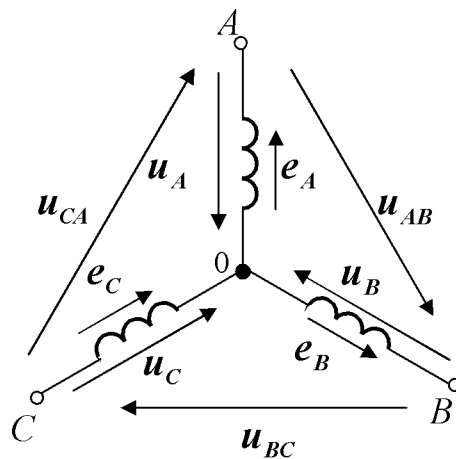


Рисунок 7.2 – Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі наведені наступні умовні позначення:
 e_A – миттєве значення електрорушійної сили у фазі A генератора, B ;
 e_B – миттєве значення електрорушійної сили у фазі B генератора, B ;
 e_C – миттєве значення електрорушійної сили у фазі C генератора, B ;
 u_A – миттєве значення напруги фази A генератора, B ;

u_B – миттєве значення напруги фази B генератора, B ;
 u_C – миттєве значення напруги фази C генератора, B ;
 u_{AB} – миттєве значення лінійної напруги на затискачах фаз A - B генератора, B ;
 u_{BC} – миттєве значення лінійної напруги на затискачах фаз B - C генератора, B ;
 u_{CA} – миттєве значення лінійної напруги на затискачах фаз C - A генератора, B ;

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

5.1 Зібрати схему експериментальної установки.

5.2 Замкнути вимикач QS_1 .

5.3 Виміряти діючі значення лінійних і фазних напруг генератора, результати занести в таблицю 7.1, розімкнути вимикач QS_1 .

Таблиця 7.1 – Показання приладів

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

5.4 Визначити за допомогою експериментальних даних середнє діюче значення фазної напруги трифазного генератора, використовуючи рівняння:

$$U_\phi = \frac{U_A + U_B + U_C}{3}. \quad (7.1)$$

5.5 Визначити за допомогою експериментальних даних середнє діюче значення лінійної напруги трифазного генератора, використовуючи рівняння:

$$U_\lambda = \frac{U_{AB} + U_{BC} + U_{CA}}{3}. \quad (7.2)$$

5.6 Визначити співвідношення між діючими значеннями лінійної та фазної напруги трифазного генератора, використовуючи їх середні значення з п.5.4 і п.5.5, та порівняти його із $\sqrt{3}$.

5.7 Визначити початкові фази фазних напруг генератора, прийнявши, що початкова фаза напруги на фазі A генератора $\psi_{uA} = \underline{\hspace{2cm}}$ (задає викладач), використовуючи рівняння:

$$\psi_{uB} = \psi_{uA} - 120^\circ; \quad (7.3)$$

$$\psi_{uC} = \psi_{uA} - 240^\circ. \quad (7.4)$$

5.8 Визначити амплітуду фазної напруги генератора, використовуючи рівняння:

$$\frac{U_{\phi m}}{U_{\phi}} = \sqrt{2}. \quad (7.5)$$

5.9 Записати рівняння миттєвих значень фазних напруг генератора, використовуючи рівняння:

$$u_A = U_{\phi m} \sin(\omega t + \psi_{uA}); \quad (7.6)$$

$$u_B = U_{\phi m} \sin(\omega t + \psi_{uB}); \quad (7.7)$$

$$u_C = U_{\phi m} \sin(\omega t + \psi_{uC}). \quad (7.8)$$

5.10 Визначити початкові фази лінійних напруг генератора, використовуючи рівняння:

$$\psi_{uAB} = \psi_{uA} + 30^\circ; \quad (7.9)$$

$$\psi_{uBC} = \psi_{uAB} - 120^\circ; \quad (7.10)$$

$$\psi_{uCA} = \psi_{uAB} - 240^\circ. \quad (7.11)$$

5.11 Визначити амплітуду лінійної напруги генератора, використовуючи рівняння:

$$\frac{U_{\text{лн}}}{U_{\text{л}}} = \sqrt{2}. \quad (7.12)$$

5.12 Записати рівняння миттєвих значень лінійних напруг генератора, використовуючи рівняння:

$$u_{AB} = U_{\text{лн}} \sin(\omega t + \psi_{uAB}); \quad (7.13)$$

$$u_{BC} = U_{\text{лн}} \sin(\omega t + \psi_{uBC}); \quad (7.14)$$

$$u_{CA} = U_{\text{лн}} \sin(\omega t + \psi_{uCA}). \quad (7.15)$$

5.13 Побудувати на комплексній площині в обраному масштабі векторну діаграму діючих значень фазних напруг і лінійних напруг (які отримані через вектори фазних напруг) трифазного генератора.

5.14 Результати розрахунків занести в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 – Фізичні величини, що характеризують трифазний генератор

u_A, B	u_B, B	u_C, B

Продовження таблиці 7.2

u_{AB}, B	u_{BC}, B	u_{CA}, B

5.15 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, який пристрій називають трифазним генератором, та який трифазний генератор називають симетричним;
- 2) перелічити фізичні явища, які спостерігаються у трифазному генераторі при його роботі, та розкрити суть кожного з них;
- 3) пояснити, яку схему з'єднання фаз трифазного генератора називають зіркою;
- 4) пояснити, які напруги діють на затискачах трифазного генератора, дати їх визначення;
- 5) пояснити, як співвідносяться діючі значення напруг, які діють на затискачах симетричного трифазного генератора, з'єданого зіркою;
- 6) пояснити, як співвідносяться між собою за фазою напруги, які діють на затискачах симетричного трифазного генератора, з'єданого зіркою.

6 СТРУКТУРА ЗВІТУ

6.1 Тема лабораторної роботи.

6.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).

6.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

6.4 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

6.5 Таблиця 7.1.

6.6 Алгоритм розрахунку шуканих величин.

6.7 Розрахунок шуканих величин.

6.8 Векторна діаграма напруг генератора.

6.9 Таблиця 7.2.

6.10 Висновок по роботі.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

7.1 Опишіть конструкцію трифазного генератора.

7.2 Що таке фаза трифазного генератора?

7.3 Чому генератор називають трифазним?

- 7.4 Який трифазний генератор називають симетричним?
- 7.5 Які фізичні явища покладені в основу принципу дії трифазного генератора?
- 7.6 Опишіть фізичні явища, які покладені в основу принципу дії трифазного генератора.
- 7.7 Опишіть принцип дії трифазного генератора.
- 7.8 Як співвідносяться за фазою е.р.с. у фазах трифазного симетричного генератора? Чому?
- 7.9 Як співвідносяться амплітудні значення е.р.с. у фазах трифазного симетричного генератора? Чому?
- 7.10 Запишіть рівняння миттєвих е.р.с. фаз трифазного симетричного генератора, прийнявши, що початкова фаза е.р.с. фази A дорівнює нулю.
- 7.11 Як співвідносяться амплітудне та діюче значення е.р.с. окремої фази трифазного симетричного генератора?
- 7.12 Як співвідносяться діючі значення е.р.с. у фазах трифазного симетричного генератора? Чому?
- 7.13 Побудуйте якісно на площині векторну діаграму діючих значень е.р.с. трифазного симетричного генератора.
- 7.14 Чому дорівнює сума миттєвих значень е.р.с. трифазного симетричного генератора?
- 7.15 Як з'єднують фази трифазного генератора за схемою зірки?
- 7.16 Складіть розрахункову схему трифазного генератора при з'єднанні його фаз зіркою у режимі холостого ходу.
- 7.17 Що таке фазна напруга трифазного генератора?
- 7.18 Як вимірити діюче значення фазної напруги трифазного генератора?
- 7.19 Як співвідносяться за фазою миттєві значення фазних напруг трифазного симетричного генератора?
- 7.20 Запишіть рівняння миттєвих значень фазних напруг при холостому ході трифазного симетричного генератора і з'єднанні його фаз зіркою, якщо початкова фаза напруги на фазі A дорівнює нулю.
- 7.21 Чому дорівнює сума комплексів фазних напруг трифазного симетричного генератора?
- 7.22 Що таке лінійна напруга трифазного генератора?
- 7.23 Як вимірити діюче значення лінійної напруги трифазного генератора?
- 7.24 Як співвідносяться діючі значення лінійної та фазної напруги трифазного симетричного генератора при з'єднанні його фаз зіркою?
- 7.25 Як співвідносяться за фазою напруга на фазі A і напруга між затискачами фаз A і B трифазного симетричного генератора при з'єднанні його фаз зіркою?
- 7.26 Як співвідносяться за фазою миттєві значення лінійних напруг трифазного симетричного генератора?

7.27 Запишіть рівняння миттєвих значень лінійних напруг при холостому ході трифазного симетричного генератора і з'єднанні його фаз зіркою для фазних напруг з п.7.20.

7.28 Побудуйте якісно на площині векторну діаграму фазних і лінійних напруг трифазного генератора.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Тема. Дослідження роботи симетричного трифазного навантаження, з'єданого трикутником

Мета: придбання практичних навичок при визначенні комплексів фазних і лінійних напруг, фазних і лінійних струмів, потужностей симетричного трифазного навантаження, з'єданого трикутником

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 8 «Симетричні трифазні кола синусоїдного струму», пп.5.4, 5.5 [1, с. 142–145].

1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблиці 5.3 [2].

1.3 Відповісти на контрольні запитання.

1.4 Виконати пункти 6.1 – 6.5 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.

2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.

2.3 Зібрати схему експериментальної установки.

2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.

2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.

2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить трифазне навантаження, фази якого з'єдані трикутником. Фази навантаження складаються з індуктивних котушок K_1 , K_2 , K_3 з однаковими параметрами. Трифазне навантаження підключено до трифазного джерела, затискачі якого позначено літерами A , B , C .

У лінійні проводи включені три амперметри PA_1 , PA_2 , PA_3 , у фази навантаження включені три амперметри PA_4 , PA_5 , PA_6 , також є переносний вольтметр зі щупами PV_1 . Для комутації кола передбачений вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 8.1.

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

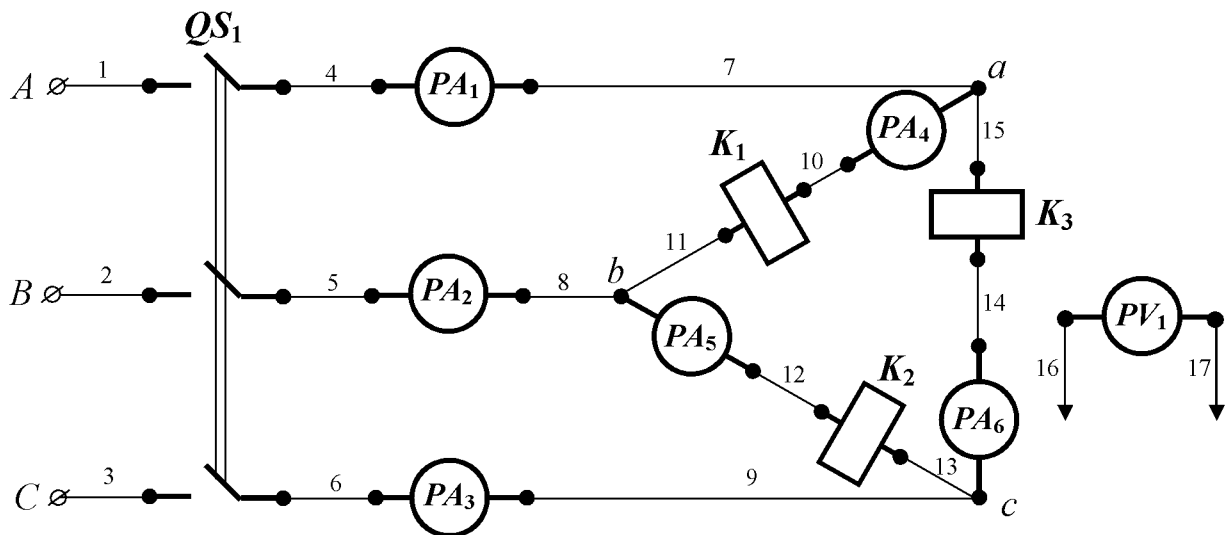


Рисунок 8.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикача дорівнюють нулю;
- опори обмоток амперметрів дорівнюють нулю;
- опір обмотки вольтметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у ній не протікає.

Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки має вигляд, наведений на рисунку 8.2.

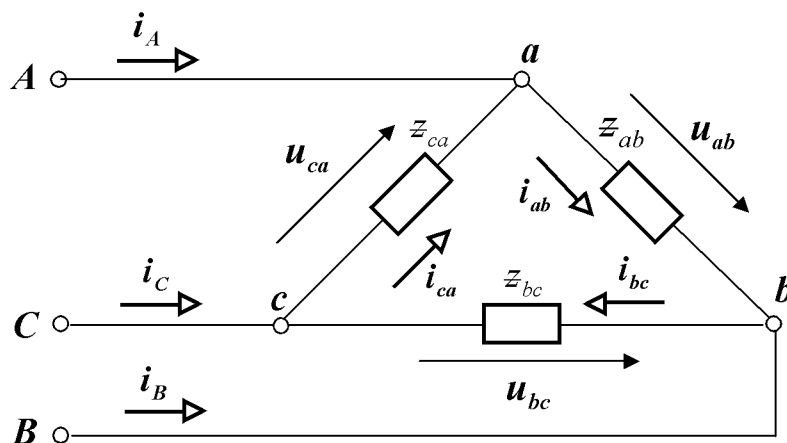


Рисунок 8.2 – Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

- i_A – миттєве значення сили лінійного струму у фазі A , A ;
- i_B – миттєве значення сили лінійного струму у фазі B , A ;
- i_C – миттєве значення сили лінійного струму у фазі C , A ;

u_{ab} – миттєве значення лінійної напруги на затискачах фази ab навантаження, B ;

u_{bc} – миттєве значення лінійної напруги на затискачах фази bc навантаження, B ;

u_{ca} – миттєве значення лінійної напруги на затискачах фази ca навантаження, B ;

z_{ab} – повний опір фази ab навантаження, $Ом$;

z_{bc} – повний опір фази bc навантаження, $Ом$;

z_{ca} – повний опір фази ca навантаження, $Ом$.

i_{ab} – миттєве значення сили струму у фазі ab навантаження, A ;

i_{bc} – миттєве значення сили струму у фазі bc навантаження, A ;

i_{ca} – миттєве значення сили струму у фазі ca навантаження, A .

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

5.1 Зібрати схему експериментальної установки.

5.2 Замкнути вимикач QS_1 .

5.3 Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 8.1, розімкнути вимикач QS_1 .

Таблиця 8.1 – Показання приладів

$U_{ab},$ B	$U_{bc},$ B	$U_{ca},$ B	$I_A,$ A	$I_B,$ A	$I_C,$ A	$I_{ab},$ A	$I_{bc},$ A	$I_{ca},$ A	$r_{ab},$ $Ом$	$x_{ab},$ $Ом$

5.4 Визначити за допомогою експериментальних даних середнє діюче значення фазного струму трифазного навантаження, використовуючи рівняння:

$$I_{\phi} = \frac{I_{ab} + I_{bc} + I_{ca}}{3}. \quad (8.1)$$

5.5 Визначити за допомогою експериментальних даних середнє діюче значення лінійного струму трифазного навантаження, використовуючи рівняння:

$$I_L = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}. \quad (8.2)$$

5.6 Визначити співвідношення між діючими значеннями лінійного та фазного струмів трифазного навантаження, використовуючи їх середні значення з п.5.4 і п.5.5, та порівняти його із $\sqrt{3}$.

5.7 Визначити за допомогою експериментальних даних середнє діюче значення фазної (лінійної) напруги трифазного навантаження, використовуючи рівняння:

$$U_{\phi} = \frac{U_{ab} + U_{bc} + U_{ca}}{3}. \quad (8.3)$$

5.8 Визначити повний опір фази ab навантаження у показовій формі, використовуючи рівняння:

$$\bar{z}_{ab} = \sqrt{r_{ab}^2 + x_{ab}^2}. \quad (8.4)$$

5.9 Визначити кут зсуву фаз між напругою і струмом фази ab навантаження, використовуючи рівняння:

$$\varphi_{ab} = \arccos \frac{r_{ab}}{\bar{z}_{ab}}. \quad (8.5)$$

5.10 Визначити початкові фази фазних (лінійних) напруг навантаження, прийнявши, що початкова фаза напруги на фазі ab навантаження $\psi_{uab} = \underline{\hspace{2cm}}$ (задає викладач), використовуючи рівняння:

$$\psi_{ubc} = \psi_{uab} - 120^\circ; \quad (8.6)$$

$$\psi_{uca} = \psi_{uab} - 240^\circ. \quad (8.7)$$

5.11 Визначити амплітуду фазної (лінійної) напруги навантаження, використовуючи рівняння:

$$\frac{U_{\phi m}}{U_{\phi}} = \sqrt{2}. \quad (8.8)$$

5.12 Записати рівняння миттєвих значень фазних (лінійних) напруг навантаження, використовуючи рівняння:

$$u_{ab} = U_{\phi m} \sin(\omega t + \psi_{uab}); \quad (8.9)$$

$$u_{bc} = U_{\phi m} \sin(\omega t + \psi_{ubc}); \quad (8.10)$$

$$u_{ca} = U_{\phi m} \sin(\omega t + \psi_{uca}). \quad (8.11)$$

5.13 Визначити початкові фази фазних струмів навантаження, використовуючи рівняння:

$$\psi_{iab} = \psi_{uab} - \varphi_{ab}; \quad (8.12)$$

$$\psi_{ibc} = \psi_{iab} - 120^\circ; \quad (8.13)$$

$$\psi_{ica} = \psi_{iab} - 240^\circ. \quad (8.14)$$

5.14 Визначити амплітуду фазного струму навантаження, використовуючи рівняння:

$$\frac{I_{\phi m}}{I_{\phi}} = \sqrt{2}. \quad (8.15)$$

5.15 Записати рівняння миттєвих значень фазних струмів навантаження, використовуючи рівняння:

$$i_{ab} = I_{\phi m} \sin(\omega t + \psi_{iab}); \quad (8.16)$$

$$i_{bc} = I_{\phi m} \sin(\omega t + \psi_{ibc}); \quad (8.17)$$

$$i_{ca} = I_{\phi m} \sin(\omega t + \psi_{ica}). \quad (8.18)$$

5.16 Визначити початкові фази лінійних струмів навантаження, використовуючи рівняння:

$$\psi_{iA} = \psi_{iab} - 30^\circ; \quad (8.19)$$

$$\psi_{iB} = \psi_{iA} - 120^\circ; \quad (8.20)$$

$$\psi_{iC} = \psi_{iAB} - 240^\circ. \quad (8.21)$$

5.17 Визначити амплітуду лінійного струму навантаження, використовуючи рівняння:

$$\frac{I_{\text{лм}}}{I_{\text{л}}} = \sqrt{2}. \quad (8.22)$$

5.18 Записати рівняння миттєвих значень лінійних струмів навантаження, використовуючи рівняння:

$$i_A = I_{lm} \sin(\omega t + \psi_{iA}); \quad (8.23)$$

$$i_B = I_{lm} \sin(\omega t + \psi_{iB}); \quad (8.24)$$

$$i_C = I_{lm} \sin(\omega t + \psi_{iC}). \quad (8.25)$$

5.19 Визначити за допомогою розрахункових даних активну потужність трифазного навантаження трьома способами, використовуючи рівняння:

$$P_n = 3 \cdot U_{ab} \cdot I_{ab} \cdot \cos \varphi_{ab}; \quad (8.26)$$

$$P_n = \sqrt{3} \cdot U_{ab} \cdot I_A \cdot \cos \varphi_{ab}; \quad (8.27)$$

$$P_n = 3 \cdot r_{ab} \cdot I_{ab}^2. \quad (8.28)$$

Отримані результати порівняти між собою.

5.20 Визначити за допомогою розрахункових даних реактивну потужність трифазного навантаження трьома способами, використовуючи рівняння:

$$Q_n = 3 \cdot U_{ab} \cdot I_{ab} \cdot \sin \varphi_{ab}; \quad (8.29)$$

$$Q_n = \sqrt{3} \cdot U_{ab} \cdot I_A \cdot \sin \varphi_{ab}; \quad (8.30)$$

$$Q_n = 3 \cdot x_{ab} \cdot I_{ab}^2. \quad (8.31)$$

Отримані результати порівняти між собою.

5.21 Визначити за допомогою розрахункових даних повну потужність трифазного навантаження трьома способами, використовуючи рівняння:

$$S_n = 3 \cdot U_{ab} \cdot I_{ab}; \quad (8.32)$$

$$S_n = \sqrt{3} \cdot U_{ab} \cdot I_A; \quad (8.33)$$

$$S_n = 3 \cdot z_{ab} \cdot I_{ab}^2; \quad (8.34)$$

$$S_n = \sqrt{P_n^2 + Q_n^2}. \quad (8.34)$$

Отримані результати порівняти між собою.

5.22 Побудувати на комплексній площині в обраному масштабі векторну діаграму комплексів діючих значень фазних (лінійних) напруг та фазних і лінійних струмів (які отримані через вектори фазних струмів) трифазного навантаження.

5.23 Результати розрахунків занести в таблицю 8.2.

Таблиця 8.2 – Фізичні величини, що характеризують навантаження

u_{ab}, B	u_{bc}, B	u_{ca}, B

Продовження таблиці 8.2

i_{ab}, A	i_{bc}, A	i_{ca}, A

Продовження таблиці 8.2

i_A, A	i_B, A	i_C, A

Продовження таблиці 8.2

$P_n, Вт$	$Q_n, ВАр$	$S_n, ВА$

5.24 Перевірити закон Ома для ділянки кола без е.р.с. (фази навантаження), використовуючи рівняння:

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{z_{ab}}. \quad (8.35)$$

5.25 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, яке трифазне навантаження є симетричним;
- 2) перелічити фізичні явища, які спостерігаються у трифазному навантаженні при його роботі, та розкрити суть кожного з них;
- 3) пояснити, яку схему з'єднання фаз трифазного навантаження називають трикутником;
- 4) пояснити, які напруги діють на затискачах трифазного навантаження, дати їх визначення;
- 5) пояснити, як співвідносяться діючі значення напруг, які діють на затискачах симетричного трифазного навантаження, з'єданого трикутником;
- 6) пояснити, як співвідносяться між собою за фазою напруги, які діють на затискачах симетричного трифазного навантаження, з'єданого трикутником;
- 7) пояснити, які струми споживає трифазне навантаження, дати їх визначення;
- 8) пояснити, як співвідносяться діючі значення струмів, які споживає симетричне трифазне навантаження, з'єдане трикутником;

- 9) пояснити, як співвідносяться між собою за фазою струми, які споживає симетричне трифазне навантаження, з'єднане трикутником;
- 10) перелічити, які потужності споживає симетричне трифазне навантаження у колі змінного синусоїдного струму; пояснити, чим обумовлено наявність кожної з них;
- 11) пояснити, від чого і як залежать потужності симетричного трифазного навантаження у колі змінного синусоїдного струму.

6 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 6.1 Тема лабораторної роботи.
- 6.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).
- 6.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 6.4 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.
- 6.5 Таблиця 8.1.
- 6.6 Алгоритм розрахунку шуканих величин.
- 6.7 Розрахунок шуканих величин.
- 6.8 Векторна діаграма напруг і струмів навантаження.
- 6.9 Таблиця 8.2.
- 6.10 Перевірка закону Ома для ділянки кола без е.р.с.
- 6.11 Висновок по роботі.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 7.1 Що таке фаза трифазного навантаження?
- 7.2 Як з'єднують фази трифазного навантаження за схемою трикутника?
- 7.3 Складіть розрахункову схему трифазного навантаження при з'єднанні його фаз трикутником.
- 7.4 Що таке фазна напруга трифазного навантаження?
- 7.5 Як вимірити діюче значення фазної напруги трифазного навантаження?
- 7.6 Як співвідносяться за фазою миттєві значення фазних напруг симетричного трифазного навантаження?
- 7.7 Запишіть рівняння миттєвих значень фазних напруг симетричного трифазного навантаження при з'єднанні його фаз трикутником, якщо початкова фаза напруги фази ab дорівнює нулю.
- 7.8 Що таке лінійна напруга трифазного навантаження?
- 7.9 Як співвідносяться діючі значення лінійної та фазної напруги симетричного трифазного навантаження при з'єднанні його фаз трикутником?
- 7.10 Як визначити повний опір фази навантаження?
- 7.11 Як визначити кут зсуву фаз трифазного навантаження через його опори?
- 7.12 Що таке фазний струм трифазного навантаження?
- 7.13 Як вимірити діюче значення фазного струму трифазного навантаження?

- 7.14 Як співвідносяться за фазою миттєві значення фазних струмів симетричного трифазного навантаження?
- 7.15 Як визначити початкову фазу фазного струму трифазного навантаження?
- 7.16 Запишіть рівняння миттєвих значень фазних струмів трифазного навантаження, які протікають під дією напруг з п.7.7, якщо кут зсуву фаз дорівнює 50° .
- 7.17 Що таке лінійний струм трифазного навантаження?
- 7.18 Як вимірити діюче значення лінійного струму трифазного навантаження?
- 7.19 Як співвідносяться за фазою миттєві значення лінійних струмів симетричного трифазного навантаження?
- 7.20 Як співвідносяться діючі значення лінійного та фазного струмів симетричного трифазного навантаження при з'єднанні його фаз трикутником?
- 7.21 Як співвідносяться за фазою струм у фазі ab симетричного трифазного навантаження і лінійний струм у проводі $A-a$ при з'єднанні фаз навантаження трикутником?
- 7.22 Запишіть рівняння миттєвих значень лінійних струмів трифазного навантаження, які протікають під дією напруг з п.7.7, якщо кут зсуву фаз дорівнює 50° .
- 7.23 Побудуйте якісно на площині векторну діаграму діючих значень напруг і струмів трифазного симетричного навантаження при з'єднанні його фаз трикутником.
- 7.24 Як визначити активну потужність трифазного симетричного навантаження трьома способами?
- 7.25 Як визначити реактивну потужність трифазного симетричного навантаження трьома способами?
- 7.26 Як визначити повну потужність трифазного симетричного навантаження трьома способами?
- 7.27 Як взаємозв'язана повна потужність з активною і реактивною потужністю трифазного навантаження?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Тема. Дослідження електричного кола з машинним генератором постійного струму

Мета: придбання практичних навичок при визначенні фізичних величин, що характеризують електричне коло з машинним генератором постійного струму

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 6 «Електричні машини постійного струму» п.п.6.1 – 6.7 [1, с.178–191].

- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 6.1 – 6.5 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 6.1 – 6.6 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі холостого ходу.
- 2.5 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.6 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.7 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить генератор постійного струму незалежного збудження, який приводиться в обертання асинхронним електродвигуном M . До затискачів обмотки якоря генератора приєднано навантаження, яке моделює реостат PH_1 .

У генератора передбачено регулювання струму збудження за допомогою регулювального реостата PZ_1 , спостереження за силою струму збудження за допомогою амперметра PA_1 , спостереження за струмом і напругою за допомогою амперметра PA_2 і вольтметра PV_1 . Для комутації навантаження передбачено вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 9.1.

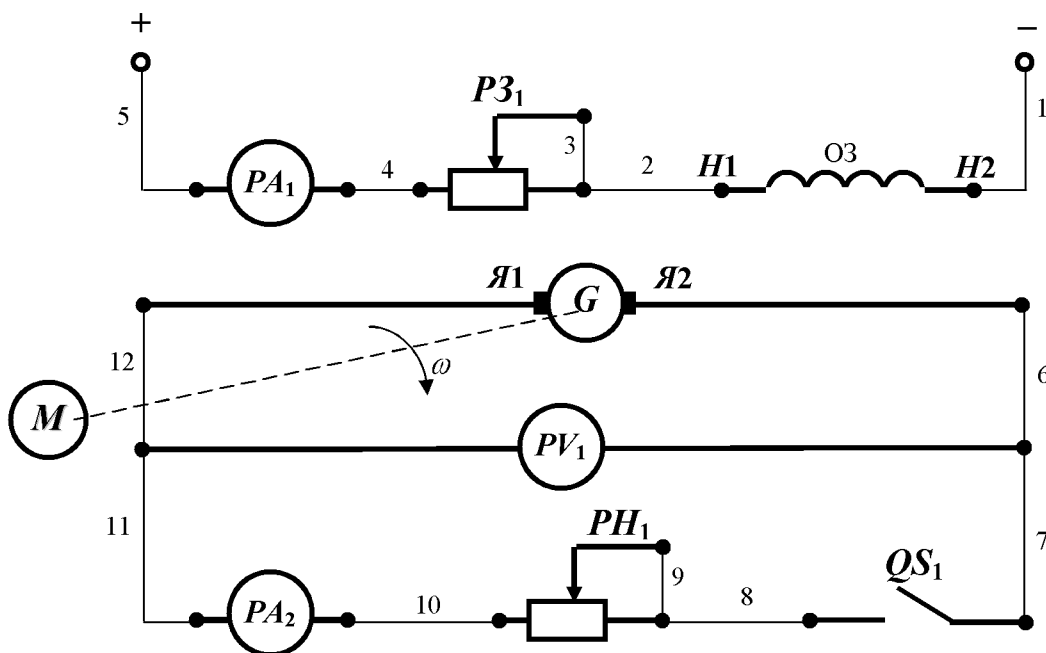


Рисунок 9.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 12 провідників (на схемі позначені номерами 1-12).

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:
 - опори з'єднувальних проводів і обмоток амперметрів дорівнюють нулю;
 - опір обмотки вольтметра дорівнює нескінченності.

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

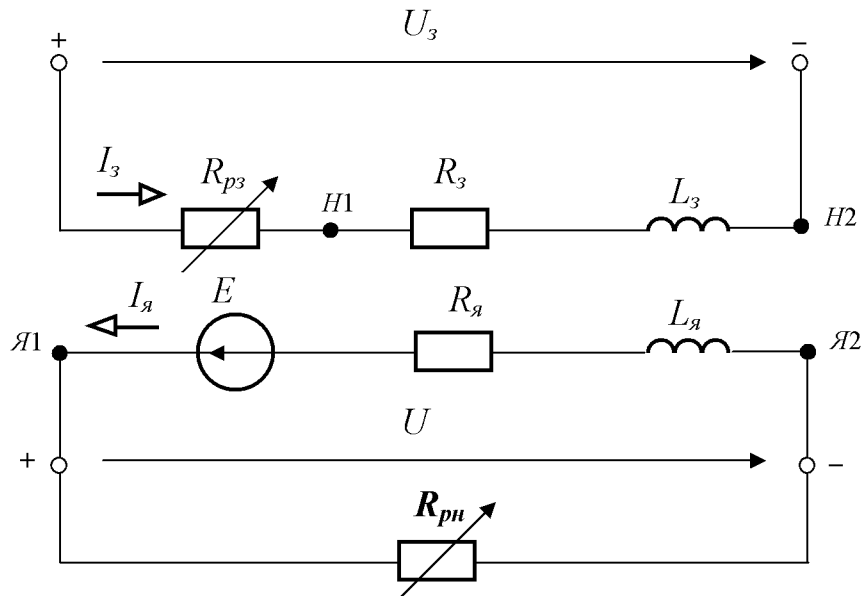


Рисунок 9.2 – Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

- R_3 – опір обмотки збудження, Ом;
- R_{pz} – опір реостата в колі збудження, Ом;
- L_3 – індуктивність обмотки збудження, Гн;
- I_3 – сила струму в колі збудження, А;
- U_3 – напруга на затискачах кола збудження, В.
- E – е.р.с., яка наводиться в обмотці якоря, В;
- $R_я$ – опір обмотки якоря, Ом;
- $L_я$ – індуктивність обмотки якоря, Гн;
- $I_я$ – сила струму в колі якоря, А;
- U – напруга на затискачах генератора, В.
- R_{pn} – опір реостата навантаження, Ом.

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

5.1 Розглянути конструкцію машини постійного струму та зобразити її конструктивну схему, зробивши на ній позиційні позначення окремих елементів та розшифрувавши їх.

- 5.2 Описати принцип дії генератора постійного струму незалежного збудження.
- 5.3 Записати перелік фізичних явищ, які спостерігаються при роботі генератора постійного струму, та вказати, у чому вони полягають.
- 5.4 Ознайомитись з паспортними даними генератора постійного струму і записати значення його коефіцієнта корисної дії у таблицю 9.1.
- 5.5 Запустити генератор на холостому ході (при розімкненому вимикачеві QS_1).
- 5.6 Встановити на затискачах генератора значення напруги за вказівкою викладача (за допомогою реостата $P3$) при холостому ході генератора.
- 5.7 Зняти показання електровимірювальних приладів при холостому ході генератора. Результати занести у таблицю 9.1.
- 5.8 Подати на генератор задане викладачем навантаження (замкнути вимикач QS_1 і встановити струм навантаження за вказівкою викладача за допомогою реостата PH).
- 5.9 Зняти показання електровимірювальних приладів в режимі навантаження. Результати занести у таблицю 9.1.
- 5.10 Відрегулювати напругу на затискачах генератора до значення, яке вкаже викладач (за допомогою реостата $P3$).
- 5.11 Зняти показання електровимірювальних приладів в режимі навантаження після регулювання. Результати занести у таблицю 9.1.
- 5.12 Перевести працюючий генератор у режим холостого ходу (розімкнути вимикач QS_1).
- 5.13 Зняти показання електровимірювальних приладів в режимі холостого ходу після регулювання. Результати занести у таблицю 9.1.
- 5.14 Зняти навантаження з генератора та вимкнути його.

Таблиця 9.1 – Показання приладів

Умови проведення експерименту	Значення величин		
	U, B	I_3, A	$I_{я}, A$
1 Холостий хід до регулювання			
2 Навантаження до регулювання			
3 Навантаження після регулювання			
4 Холостий хід після регулювання			

- 5.15 Визначити за допомогою експериментальних даних е.р.с. генератора до регулювання, використовуючи рівняння зовнішньої характеристики генератора і результати досліду холостого ходу до регулювання (перший експеримент):

$$U = E - R_{я} I_{я} . \quad (9.1)$$

5.16 Записати значення напруги на затискачах генератора і силу струму в колі якоря в досліді навантаження до регулювання (другий експеримент).

5.17 Визначити за допомогою експериментальних даних опір обмотки якоря генератора, використовуючи рівняння зовнішньої характеристики генератора (9.1) і результати досліді навантаження до регулювання (другий експеримент).

5.18 Визначити за допомогою експериментальних даних опір реостата навантаження, використовуючи математичний запис закону Ома для ділянки кола і результати досліді навантаження до регулювання (другий експеримент):

$$I_{я} = \frac{U}{R_{рн}} . \quad (9.2)$$

5.19 Визначити за допомогою експериментальних даних потужність, що віддає генератор при навантаженні до регулювання, використовуючи результати досліді навантаження до регулювання (другий експеримент) і рівняння:

$$P_{ел} = U \cdot I_{я} . \quad (9.3)$$

5.20 Визначити за допомогою експериментальних і паспортних даних потужність, що розвиває генератор при навантаженні до регулювання, використовуючи результати досліді навантаження до регулювання (другий експеримент) і рівняння:

$$\eta = \frac{P_{ел}}{P_{мх}} . \quad (9.4)$$

5.21 Визначити за допомогою експериментальних даних суму втрат потужності у генераторі при навантаженні до регулювання, використовуючи результати досліді навантаження до регулювання (другий експеримент) і рівняння:

$$P_{мх} = P_{ел} + \Delta P_{\Sigma} . \quad (9.5)$$

5.22 Визначити за допомогою експериментальних даних е.р.с. генератора після регулювання, використовуючи рівняння зовнішньої характеристики

генератора (9.1) і результати досліду холостого ходу після регулювання (четвертий експеримент).

5.23 Записати значення напруги на затискачах генератора і силу струму в колі якоря в досліді навантаження після регулювання (третій експеримент).

5.24 Визначити за допомогою експериментальних даних опір обмотки якоря генератора, використовуючи рівняння зовнішньої характеристики генератора (9.1) і результати досліду навантаження після регулювання (третій експеримент).

5.25 Визначити за допомогою експериментальних даних опір реостата навантаження, використовуючи математичний запис закону Ома для ділянки кола (9.2) і результати досліду навантаження після регулювання (третій експеримент).

5.26 Визначити за допомогою експериментальних даних потужність, що віддає генератор при навантаженні після регулювання, використовуючи результати досліду навантаження після регулювання (третій експеримент) і рівняння (9.3).

5.27 Визначити за допомогою експериментальних і паспортних даних потужність, що розвиває генератор при навантаженні після регулювання, використовуючи результати досліду навантаження після регулювання (третій експеримент) і рівняння (9.4).

5.28 Визначити за допомогою експериментальних даних суму втрат потужності у генераторі при навантаженні після регулювання, використовуючи результати досліду навантаження після регулювання (третій експеримент) і рівняння (9.5).

5.29 Занести отримані результати у таблицю 9.2.

Таблиця 9.2 – Фізичні величини, що характеризують режим роботи генератора

Навантаження генератора	Значення фізичних величин							
	$E,$ B	$U,$ B	$I_a,$ A	$R_a,$ Ом	$R_{рн},$ Ом	$P_{мх},$ Вт	$P_{ел},$ Вт	$\Delta P_{\Sigma},$ Вт
1 До регулювання								
2 Після регулювання								

5.30 Побудувати на одній площині робочі ділянки зовнішніх характеристик генератора до регулювання та після регулювання. Над кожною робочою ділянкою написати силу струму збудження, за якої вона була знята.

5.31 Пояснити вигляд робочих ділянок зовнішніх характеристик генератора (чому вони є похилими лініями).

5.32 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, який пристрій називають генератором постійного струму;

- 2) пояснити, з яких основних елементів складається генератор постійного струму, та для чого вони призначені;
- 3) пояснити, на якому фізичному явищі ґрунтується принцип дії генератора постійного струму, та у чому його суть;
- 4) пояснити, у чому полягають режими холостого ходу та навантаження генератора постійного струму;
- 5) пояснити, де і чому виникає е.р.с. в генераторі постійного струму; від чого і як вона залежить;
- 6) пояснити, що таке коефіцієнт корисної дії генератора постійного струму, та як на нього впливають втрати потужності в елементах конструкції генератора;
- 7) пояснити, що таке зовнішня характеристика генератора постійного струму; записати її рівняння;
- 8) пояснити, від чого і як залежить напруга на затискачах генератора постійного струму;
- 9) назвати та пояснити спосіб регулювання напруги на затискачах генератора постійного струму, застосований у роботі;
- 10) пояснити, як можна регулювати напругу на затискачах генератора постійного струму, окрім способу, застосованого у роботі.

6 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 6.1 Тема лабораторної роботи.
- 6.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).
- 6.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 6.4 Розрахункова схема електричного кола.
- 6.5 Конструктивна сема генератора постійного струму з описанням.
- 6.6 Принцип дії генератора постійного струму незалежного збудження.
- 6.7 Перелік та суть фізичних явищ, які спостерігаються при роботі генератора постійного струму.
- 6.8 Таблиця 9.1.
- 6.9 Алгоритм розрахунку шуканих величин.
- 6.10 Розрахунок шуканих величин.
- 6.11 Таблиця 9.2.
- 6.12 Робочі ділянки зовнішніх характеристик генератора та їх пояснення.
- 6.13 Висновок по роботі.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 7.1 У чому суть явища електромагнетизму?
- 7.2 Сформулюйте закон електромагнетизму.
- 7.3 Запишіть математично та розшифруйте закон електромагнетизму.
- 7.4 У чому суть явища електромагнітної індукції?

- 7.5 Сформулюйте закон електромагнітної індукції.
- 7.6 Запишіть математично та розшифруйте закон електромагнітної індукції.
- 7.7 Яка електрична машина називається генератором постійного струму?
- 7.8 Складіть і опишіть конструктивну схему генератора постійного струму.
- 7.9 Опишіть принцип дії генератора постійного струму.
- 7.10 Яке призначення колектора та щіткового механізму в генератора постійного струму?
- 7.11 Сформулюйте правило «правої руки».
- 7.12 Як визначити електрорушійну силу, яку розвиває генератор?
- 7.13 Що таке незалежне збудження генератора постійного струму?
- 7.14 Що таке самозбудження генератора постійного струму?
- 7.15 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в механічній системі генератора постійного струму.
- 7.16 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в колі збудження генератора постійного струму.
- 7.17 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в колі якоря генератора постійного струму.
- 7.18 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в магнітопроводі генератора постійного струму.
- 7.19 Складіть енергетичну діаграму генератора постійного струму з розшифровкою літерних позначень.
- 7.20 Запишіть і розшифруйте рівняння механічних втрат.
- 7.21 Запишіть і розшифруйте рівняння електричних втрат.
- 7.22 Запишіть і розшифруйте рівняння втрат у магнітопроводі якоря.
- 7.23 Які ще види втрат виникають у генераторі постійного струму?
- 7.24 Запишіть і розшифруйте формулу механічної потужності на валу генератора постійного струму.
- 7.25 Запишіть і розшифруйте формулу електричної потужності, що віддається генератором постійного струму в мережу.
- 7.26 Як визначити коефіцієнт корисної дії генератора постійного струму?
- 7.27 Складіть розрахункову схему генератора постійного струму незалежного збудження та розшифруйте літерні позначення.
- 7.28 Запишіть і розшифруйте вираз зовнішньої характеристики генератора.
- 7.29 Зобразіть якісно зовнішню характеристику генератора.
- 7.30 Перелічіть шляхи поліпшення зовнішньої характеристики генератора.
- 7.31 Перелічіть способи регулювання напруги на затисках генератора, укажіть технічні засоби для їх реалізації.
- 7.32 Складіть принципову електричну схему керування генератором постійного струму незалежного збудження.
- 7.33 Поясніть, як регулюється напруга на затисках генератора при зміні навантаження, використовуючи зовнішню характеристику генератора та принципову електричну схему керування.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

Тема. Дослідження електричного кола з електродвигуном постійного струму

Мета: придбання практичних навичок при визначенні фізичних величин, що характеризують електричне коло з електродвигуном постійного струму

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 6 «Електричні машини постійного струму» пп.6.8 – 6.15 [1, с.191–201].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 6.6 – 6.11 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 6.1 – 6.5 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить електродвигун постійного струму паралельного збудження, який приводить в обертання робочу машину PM . У електродвигуна передбачено регулювання струму збудження за допомогою регульовального реостата PZ_1 , спостереження за силою струму збудження за допомогою амперметра PA_1 , спостереження за струмом і напругою двигуна за допомогою амперметра PA_2 і вольтметра PV_2 . Для обмеження пускового струму та регулювання передбачено пусковий реостат PP_1 . Передбачено контроль напруги на затискачах реостата PZ_1 за допомогою вольтметра PV_1 , на затискачах реостата PP_1 за допомогою вольтметра PV_3 . Для комутації кола передбачено автоматичний вимикач QF_1 . Для вимірювання швидкості обертання електродвигуна передбачено тахометр.

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 10.1. Для складання схеми необхідно мати 16 провідників (на схемі позначені номерами 1-16).

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

- При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:
- опори з'єднувальних проводів, обмоток амперметрів дорівнюють нулю;
 - опір обмотки вольтметра дорівнює нескінченності.

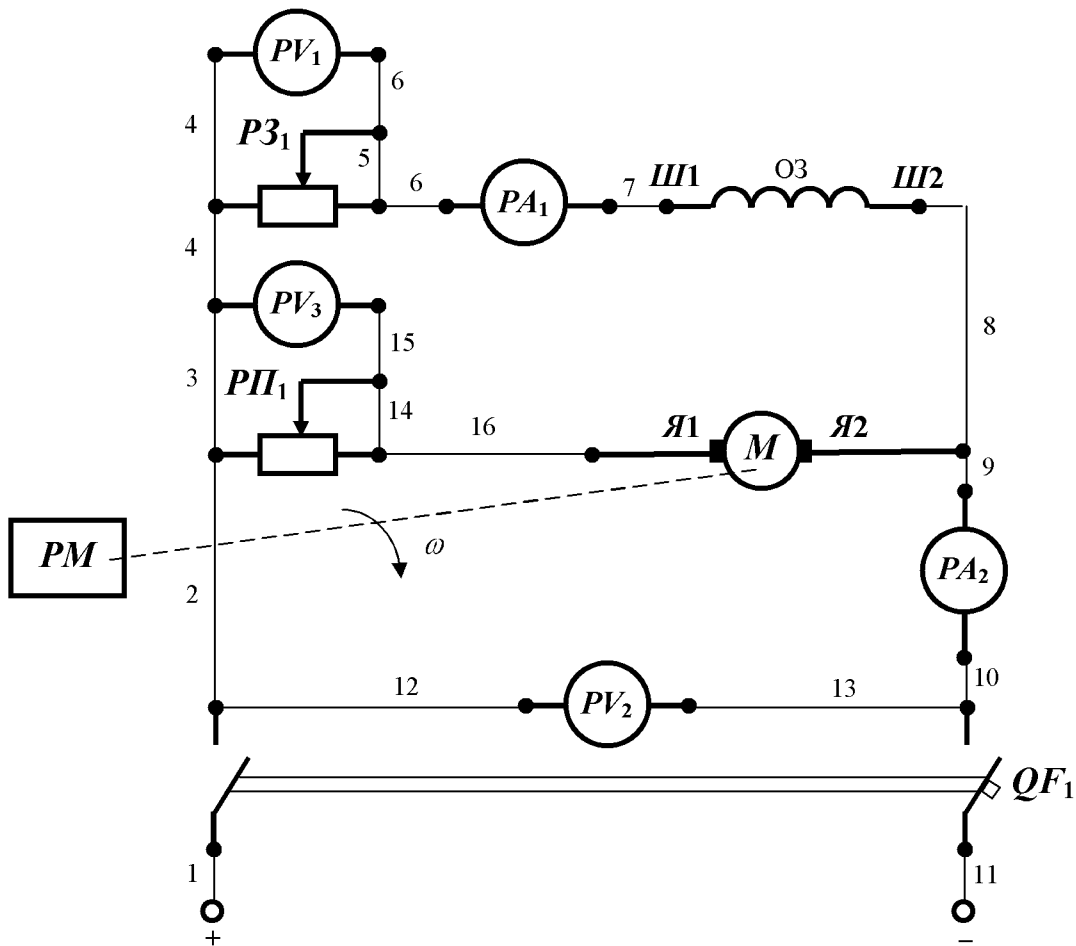


Рисунок 10.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

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

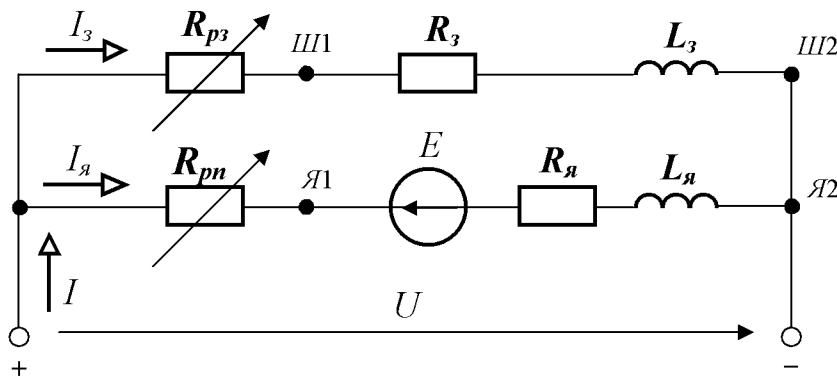


Рисунок 10.2 – Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі (рис.10.2) позначено:

- $R_з$ – опір обмотки збудження, Ом;
- $L_з$ – індуктивність обмотки збудження, Гн;
- R_{pz} – опір реостата збудження, Ом;

- I_3 – сила струму збудження, A ;
- $R_{я}$ – опір обмотки якоря, $Ом$;
- $L_{я}$ – індуктивність обмотки якоря, $Гн$;
- E – противо-е.р.с. в обмотці якоря, B ;
- $R_{рп}$ – опір пускового реостата, $Ом$;
- $I_{я}$ – сила струму в обмотці якоря, A ;
- I – сила струму, що споживає електродвигун з мережі, A ;
- U – напруга на затискачах електродвигуна, B .

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

5.1 Описати принцип дії електродвигуна постійного струму паралельного збудження.

5.2 Записати перелік фізичних явищ, які спостерігаються при роботі електродвигуна постійного струму, та вказати, у чому вони полягають.

5.3 Ознайомитись з паспортними даними електродвигуна і записати значення опору обмотки якоря у таблицю 10.1.

5.4 Виставити реостати РЗ і РП у необхідні перед пуском положення. Замкнути автоматичний вимикач QF.

5.5 Встановити значення швидкості обертання електродвигуна, яке вкаже викладач, за допомогою реостата РП. Зняти показання приладів, занести їх у таблицю 10.1.

5.6 Зменшити швидкість обертання електродвигуна на 20 % у порівнянні з п.5.5 за допомогою реостата РП.

5.7 Збільшити швидкість обертання електродвигуна на 30 % у порівнянні з п.5.6 за допомогою реостата РЗ. Розімкнути автоматичний вимикач QF.

Таблиця 10.2 – Експериментальні дані

Умови проведення експерименту	$U_1,$ B	$U_2,$ B	$U_3,$ B	$I_1,$ A	$I_2,$ A	$n,$ <i>об./хв.</i>	$R_{я},$ $Ом$
Перше положення реостата РП ₁							

5.8 Записати значення наступних фізичних величин експерименті:

– напруги на затискачах реостата РЗ₁:

$$U_{рз} = U_1; \tag{10.1}$$

– напруги на затискачах електродвигуна:

$$U = U_2; \tag{10.2}$$

– напруги на затискачах реостата РП₁:

$$U_{pn} = U_3; \quad (10.3)$$

– сили струму в обмотці збудження:

$$I_3 = I_1; \quad (10.4)$$

– сили струму, яку споживає електродвигун:

$$I = I_2. \quad (10.5)$$

5.9 Визначити силу струму в обмотці якоря електродвигуна, склавши рівняння за першим законом Кірхгофа для одного з вузлів розрахункової схеми кола електродвигуна.

5.10 Визначити опір реостата РП, склавши рівняння закону Ома для ділянки кола з цим реостатом.

5.11 Визначити опір реостата РЗ, склавши рівняння закону Ома для ділянки кола з цим реостатом.

5.12 Визначити опір обмотки збудження, користуючись рівнянням, складеним за другим законом Кірхгофа для контуру кола збудження:

$$U = R_3 \cdot I_3 + R_{p3} \cdot I_3. \quad (10.6)$$

5.13 Визначити противо-е.р.с., що виникає в обмотці якоря електродвигуна, користуючись рівнянням, складеним за другим законом Кірхгофа для контуру кола якоря:

$$E = U - R_y \cdot I_y - R_{pn} \cdot I_y. \quad (10.7)$$

5.14 Визначити кутову швидкість обертання електродвигуна, користуючись рівнянням:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}. \quad (10.8)$$

5.15 Визначити магнітний потік ($k\Phi$) електродвигуна, користуючись рівнянням:

$$E = k\Phi \cdot \omega. \quad (10.9)$$

5.16 Визначити момент на валу електродвигуна, користуючись рівнянням:

$$M = k\Phi \cdot I_{я} . \quad (10.10)$$

5.17 Визначити потужність, яку споживає коло електродвигуна з мережі, користуючись рівнянням:

$$P_{ел(кол.)} = U \cdot I . \quad (10.11)$$

5.18 Визначити потужність на валу електродвигуна, користуючись рівнянням:

$$P_{мх} = M \cdot \omega . \quad (10.12)$$

5.19 Визначити сумарні втрати потужності в колі електродвигуна, користуючись рівнянням:

$$P_{ел(кол.)} = P_{мх} + \Delta P_{\Sigma(кол.)} . \quad (10.13)$$

5.20 Визначити коефіцієнт корисної дії кола електродвигуна, користуючись рівнянням:

$$\eta_{кол.} = \frac{P_{мх}}{P_{ел(кол.)}} . \quad (10.14)$$

5.21 Визначити кількість електроенергії, яку споживе коло електродвигуна за час роботи $t = \underline{\hspace{2cm}}$ год. (значення взяти за вказівкою викладача), користуючись рівнянням:

$$W = P_{ел(кол.)} \cdot t . \quad (10.15)$$

5.22 Визначити сумарні втрати потужності в реостатах, користуючись рівнянням:

$$\Delta P_p = R_{pz} \cdot I_z^2 + R_{pn} \cdot I_{я}^2 . \quad (10.16)$$

5.23 Визначити сумарні втрати потужності в електродвигуні, користуючись рівнянням:

$$\Delta P_{\Sigma(кол.)} = \Delta P_{\Sigma(дв.)} + \Delta P_p . \quad (10.17)$$

5.24 Визначити втрати потужності в обмотках електродвигуна, користуючись рівнянням:

$$\Delta P_{обм} = R_z \cdot I_z^2 + R_y \cdot I_y^2. \quad (10.18)$$

5.25 Визначити потужність, яку споживає електродвигун з мережі, користуючись рівнянням:

$$P_{ел(кол.)} = P_{ел(дв.)} + \Delta P_p. \quad (10.19)$$

5.26 Визначити коефіцієнт корисної дії електродвигуна, користуючись рівнянням:

$$\eta_{дв.} = \frac{P_{мх}}{P_{ел(дв.)}}. \quad (10.20)$$

5.27 Визначити опір пускового реостата, необхідний для забезпечення в початковий момент пуску такої сили струму в обмотці якоря електродвигуна, як в експерименті ($I_{я.п} = I_y$), користуючись рівнянням:

$$I_{я.п} = \frac{U}{R_y + R'_{pn}}. \quad (10.21)$$

5.28 Визначити кутову швидкість обертання електродвигуна при ідеальному холостому ході, користуючись рівнянням:

$$\omega_0 = \frac{U}{k\Phi}. \quad (10.22)$$

5.29 Визначити швидкість обертання електродвигуна при двох значеннях опору реостата РП, більших за значення у п.5.8, користуючись рівнянням швидкісної характеристики електродвигуна:

$$\omega = \frac{U - (R_y + R_{pn}) \cdot I_y}{k\Phi}. \quad (10.23)$$

5.30 Побудувати на одній площині робочі ділянки швидкісних характеристик електродвигуна для трьох значень опорів реостата РП. Над кожною робочою ділянкою написати значення опору пускового реостата, за якої вона була знята.

5.31 Пояснити вигляд робочих ділянок швидкісних характеристик електродвигуна (чому вони є похилими лініями).

5.32 Занести отримані значення фізичних величин в таблицю 10.2.

Таблиця 10.2 – Фізичні величини, що характеризують коло електродвигуна

$U_{pz},$ B	$U_{pn},$ B	$U,$ B	$I_3,$ A	$I,$ A	$I_я,$ A	$R_{pz},$ $Ом$	$R_{pn},$ $Ом$	$R_3,$ $Ом$	$R_я,$ $Ом$

Продовження таблиці 10.2

$P_{ел(кол.)},$ Bm	$\Delta P_{\Sigma(кол.)},$ Bm	$\Delta P_p,$ Bm	$\Delta P_{\Sigma(дв.)},$ Bm	$\Delta P_{обм},$ Bm	$P_{ел(дв.)},$ Bm	$P_{мх},$ Bm	$\eta_{кол.}$	$\eta_{дв.}$

Продовження таблиці 10.2

$E,$ B	$k\Phi,$ $Bб$	$M,$ $H\cdot m$	$W,$ $кВm \cdot го$ δ	$R'_{pn},$ $Ом$	$\omega_0,$ $рад/c$	$\omega,$ $рад/c$	$\omega',$ $рад/c$	$\omega'',$ $рад/c$

5.33 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, який пристрій називають електродвигуном постійного струму, і для чого його застосовують;
- 2) пояснити, з яких основних елементів складається електродвигун постійного струму, та для чого вони призначені;
- 3) пояснити, на якому фізичному явищі ґрунтується принцип дії електродвигуна постійного струму, та у чому його суть;
- 4) пояснити, у чому полягають режими холостого ходу та навантаження електродвигуна постійного струму;
- 5) пояснити, що таке противо-е.р.с.; де і чому вона виникає в електродвигуні постійного струму; від чого і як вона залежить; на що та як вона впливає;
- 6) пояснити, від чого та як залежить момент на валу електродвигуна постійного струму;
- 7) пояснити, що таке коефіцієнт корисної дії електродвигуна постійного струму, та як на нього впливають втрати потужності в елементах конструкції електродвигуна;
- 8) пояснити, як (якісно і кількісно) та чому коефіцієнт корисної дії електродвигуна відрізняється від коефіцієнта корисної дії кола електродвигуна;
- 9) пояснити, що таке швидкісна характеристика електродвигуна постійного струму; записати її рівняння;
- 10) пояснити, від чого і як залежить швидкість обертання електродвигуна постійного струму;

- 11) назвати та пояснити спосіб регулювання швидкості електродвигуна постійного струму, застосований у роботі;
- 12) пояснити, як можна регулювати швидкість обертання електродвигуна постійного струму, окрім способу, застосованого у роботі.

6 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 6.1 Тема лабораторної роботи.
- 6.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).
- 6.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 6.4 Розрахункова схема електричного кола.
- 6.5 Принцип дії електродвигуна постійного струму паралельного збудження.
- 6.6 Перелік та суть фізичних явищ, які спостерігаються при роботі електродвигуна постійного струму.
- 6.7 Таблиця 10.1.
- 6.8 Алгоритм розрахунку шуканих величин.
- 6.9 Розрахунок шуканих величин.
- 6.10 Таблиця 10.2.
- 6.11 Робочі ділянки швидкісних характеристик електродвигуна та їх пояснення.
- 6.12 Висновок по роботі.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 7.1 У чому суть явища електромагнітної сили?
- 7.2 Сформулюйте закон електромагнітної сили.
- 7.3 Запишіть математично та розшифруйте закон електромагнітної сили.
- 7.4 Яка електрична машина називається двигуном постійного струму?
- 7.5 Що розуміється під оборотністю електричної машини?
- 7.6 Складіть і опишіть конструктивну схему двигуна постійного струму.
- 7.7 опишіть принцип дії двигуна постійного струму.
- 7.8 Яке призначення колектора та щіткового механізму у двигуна постійного струму?
- 7.9 Сформулюйте правило «лівої руки».
- 7.10 Що таке незалежне збудження двигуна постійного струму?
- 7.11 Що таке самозбудження двигуна постійного струму?
- 7.12 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в колі збудження двигуна постійного струму.
- 7.13 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в колі якоря двигуна постійного струму.
- 7.14 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в магнітопроводі двигуна постійного струму.

- 7.15 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в механічній системі двигуна постійного струму.
- 7.16 Складіть енергетичну діаграму двигуна постійного струму з розшифровкою літерних позначень.
- 7.17 Запишіть і розшифруйте рівняння механічних втрат.
- 7.18 Запишіть і розшифруйте рівняння електричних втрат.
- 7.19 Запишіть і розшифруйте рівняння втрат у магнітопроводі якоря.
- 7.20 Які ще види втрат виникають у двигуні постійного струму?
- 7.21 Запишіть і розшифруйте вираз моменту, що розвивається електродвигуном постійного струму.
- 7.22 Запишіть і розшифруйте вираз механічної потужності на валу електродвигуна постійного струму.
- 7.23 Запишіть і розшифруйте вираз електричної потужності, яку споживає електродвигун постійного струму.
- 7.24 Як визначити коефіцієнт корисної дії двигуна постійного струму?
- 7.25 Складіть розрахункову схему двигуна постійного струму паралельного збудження та розшифруйте літерні позначення.
- 7.26 Запишіть і розшифруйте вираз швидкісної характеристики двигуна.
- 7.27 Зобразіть якісно швидкісну характеристику двигуна.
- 7.28 Перелічіть та поясніть способи регулювання швидкості двигуна постійного струму, укажіть технічні засоби для їх реалізації.
- 7.29 Як змінити напрям обертання двигуна постійного струму?
- 7.30 Складіть принципову електричну схему керування двигуном постійного струму паралельного збудження.
- 7.31 Поясніть, як запустити двигун постійного струму, використовуючи швидкісну характеристику двигуна та принципову схему керування.
- 7.32 Поясніть, як змінити напрям обертання вала двигуна постійного струму, використовуючи швидкісну характеристику двигуна й принципову схему керування.
- 7.33 Поясніть, як регулюється швидкість вала двигуна постійного струму, використовуючи швидкісну характеристику двигуна й принципову схему керування.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Тема. Дослідження електричного кола з трифазним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором

Мета: придбання практичних навичок при визначенні фізичних величин, що характеризують електричне коло з трифазним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 7 «Електричні машини змінного струму» п.7.1 [1, с.220–230; по конспекту лекцій п.7.1, с.1–11].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 7.1 – 7.3 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 5.1 – 5.7 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором M_1 , з'єднаний зіркою, який отримує живлення від симетричного трифазного джерела електричної енергії частотою 50 Гц . Електродвигун приводить в обертання робочу машину PM . У силовому колі встановлені: трифазний автоматичний вимикач QF_1 (для комутації і захисту) і магнітний пускач KM_1 (для комутації). У колі керування встановлені: плавкий запобіжник FU_1 (для захисту), кнопки «Пуск» $SB1$ і «Стоп» $SB2$ (для керування). Для вимірювань передбачені: сили фазного (лінійного) струму електродвигуна – амперметр PA_1 , фазної напруги електродвигуна – вольтметр PV_1 , споживаної фазою електродвигуна активної потужності – ватметр PW_1 , частоти обертання електродвигуна – тахометр.

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 11.1. Для складання схеми необхідно мати 21 провідник (на схемі позначені номерами 1-21).

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 4.1 Розглянути конструкцію трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором та зобразити його конструктивну схему, зробивши на ній позиційні позначення окремих елементів та розшифрувавши їх.
- 4.2 Описати принцип дії трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.
- 4.3 Записати перелік фізичних явищ, які спостерігаються при роботі електродвигуна, та вказати, у чому вони полягають.
- 4.4 Розглянути паспортні дані електродвигуна, вказані на заводському щитку. Записати у таблицю 11.1 кількість пар полюсів та коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

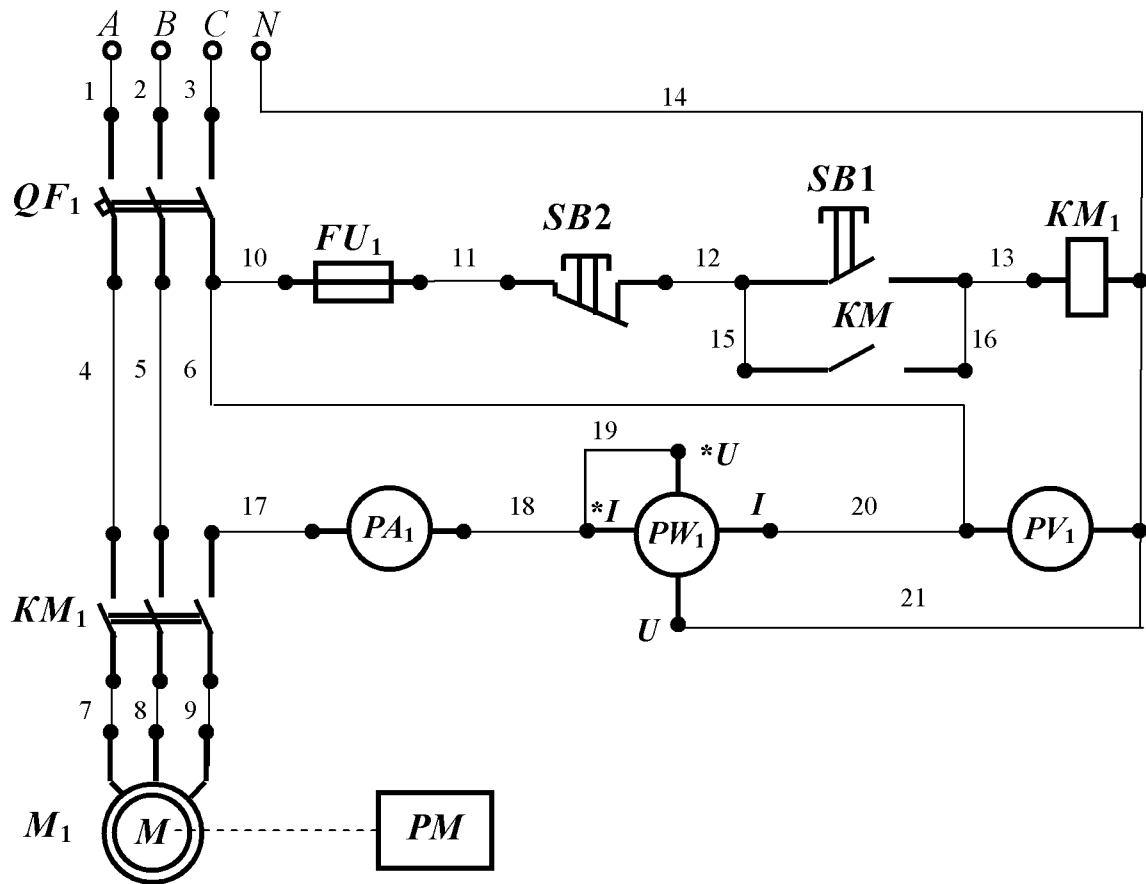


Рисунок 11.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

- 4.5 Зібрати схему експериментальної установки. Запустити електродвигун.
 4.6 Виміряти наступне: швидкість обертання електродвигуна; силу фазного (лінійного) струму електродвигуна; фазну напругу електродвигуна; споживану фазою електродвигуна активну потужність. Результати записати у таблицю 11.1. Зупинити електродвигун.
 4.7 Виконати переключення в силовому колі для зміни напрямку обертання електродвигуна. Запустити електродвигун і переконатися у тому, що напрям обертання електродвигуна змінився. Зупинити електродвигун.

Таблиця 11.1 – Експериментальні та розрахункові дані

p	$n, \text{об/хв}$	I, A	U, B	$P_{\phi}, \text{Вт}$	η

- 4.8 Визначити синхронну частоту обертання електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$n_0 = \frac{60f}{p} \quad (11.1)$$

4.9 Визначити абсолютне ковзання електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$\Delta n = n_0 - n. \quad (11.2)$$

4.10 Визначити відносне ковзання електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$s = \frac{\Delta n}{n_0}. \quad (11.3)$$

4.11 Визначити активну потужність, споживану електродвигуном, використовуючи рівняння:

$$P_1 = 3 \cdot P_\phi. \quad (11.4)$$

4.12 Визначити повну потужність, споживану електродвигуном, використовуючи рівняння:

$$S_1 = 3 \cdot U \cdot I. \quad (11.5)$$

4.13 Визначити реактивну потужність, якою електродвигун обмінюється з мережею, використовуючи рівняння:

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2}. \quad (11.6)$$

4.14 Побудувати в масштабі трикутник потужностей електродвигуна.

4.15 Визначити коефіцієнт потужності електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{S_1}. \quad (11.7)$$

4.16 Визначити потужність на валу електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}. \quad (11.8)$$

4.17 Визначити втрати активної потужності в електродвигуні, використовуючи рівняння:

$$P_2 = P_1 - \Delta P . \quad (11.9)$$

4.18 Визначити кількість активної електричної енергії, яку споживе електродвигун за $t = \underline{\hspace{2cm}}$ год. роботи в режимі навантаження (значення часу задає викладач), використовуючи рівняння:

$$W = P_1 \cdot t . \quad (13.8)$$

4.19 Визначити кутову швидкість обертання електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} . \quad (11.10)$$

4.20 Визначити момент на валу електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$P_2 = M \cdot \omega . \quad (11.11)$$

4.21 Занести отримані значення в таблицю 11.2.

Таблиця 11.2 – Фізичні величини, що характеризують електродвигун

$n_0, \text{об./хв.}$	$\Delta n, \text{б./хв.}$	s	$P_1, \text{Вт}$	$Q_1, \text{ВАр}$	$S_1, \text{ВА}$	$\cos \varphi$

Продовження таблиці 11.2

$P_2, \text{Вт}$	$\Delta P, \text{Вт}$	$W, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$\omega, \text{рад/с}$	$M, \text{Н}\cdot\text{м}$

4.22 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, який пристрій називають трифазним асинхронним електродвигуном, і для чого його застосовують;
- 2) пояснити, з яких основних елементів складається трифазний асинхронний електродвигун, та для чого вони призначені;
- 3) пояснити, чим відрізняється короткозамкнений ротор трифазного асинхронного електродвигуна від фазного;

- 4) пояснити, на якому фізичному явищі ґрунтується принцип дії трифазного асинхронного електродвигуна, та у чому його суть;
- 5) пояснити, що таке синхронна швидкість обертання трифазного асинхронного електродвигуна, від чого і як вона залежить;
- 6) пояснити, що таке ковзання трифазного асинхронного електродвигуна, від чого і як воно залежить;
- 7) пояснити, у чому полягають режими холостого ходу та навантаження трифазного асинхронного електродвигуна;
- 8) перелічити, які потужності споживає трифазний асинхронний електродвигун; пояснити, чим обумовлено наявність кожної з них;
- 9) пояснити, що таке коефіцієнт потужності трифазного асинхронного електродвигуна, та як на нього впливає реактивна потужність електродвигуна;
- 10) пояснити, що таке коефіцієнт корисної дії трифазного асинхронного електродвигуна, та як на нього впливають втрати потужності в елементах конструкції електродвигуна;
- 11) пояснити, від чого та як залежить момент на валу трифазного асинхронного електродвигуна.

5 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 5.1 Тема лабораторної роботи.
- 5.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).
- 5.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 5.4 Конструктивна схема електродвигуна з описанням.
- 5.5 Принцип дії електродвигуна.
- 5.6 Перелік та описання фізичних явищ у електродвигуні.
- 5.7 Таблиця 11.1.
- 5.8 Алгоритм розрахунку шуканих величин.
- 5.9 Розрахунок шуканих величин.
- 5.10 Таблиця 11.2.
- 5.11 Висновок по роботі.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 6.1 Для чого призначений трифазний асинхронний електродвигун?
- 6.2 На якому явищі заснована робота трифазного асинхронного електродвигуна?
- 6.3 Опишіть будову та принцип дії фізичної моделі трифазного асинхронного електродвигуна.
- 6.4 Опишіть будову трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.

- 6.5 Опишіть принцип дії трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.
- 6.6 Чому асинхронний електродвигун отримав таку назву?
- 6.7 Що розуміється під обертовим магнітним полем?
- 6.8 За яких умов утворюється обертове магнітне поле?
- 6.9 Що розуміється під синхронною швидкістю обертання асинхронного електродвигуна?
- 6.10 Як визначити синхронну швидкість обертання асинхронного електродвигуна?
- 6.11 Які значення може мати синхронна швидкість обертання асинхронного електродвигуна при частоті 50 Гц?
- 6.12 Що розуміється під абсолютним ковзанням трифазного асинхронного електродвигуна?
- 6.13 Як визначити відносне ковзання трифазного асинхронного електродвигуна?
- 6.14 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в обмотці статора
- 6.15 трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.
- 6.16 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в обмотці ротора трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.
- 6.17 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в магнітопроводі трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.
- 6.18 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в механічній системі трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.
- 6.19 Складіть енергетичну діаграму трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, розшифруйте літерні позначення.
- 6.20 Перелічіть втрати потужності в елементах конструкції трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, назвіть причини їх виникнення.
- 6.21 Що таке постійні втрати потужності в трифазному асинхронному електродвигуні?
- 6.22 Що таке змінні втрати потужності в трифазному асинхронному електродвигуні?
- 6.23 Запишіть і розшифруйте вирази втрат потужності в обмотках трифазного асинхронного електродвигуна.
- 6.24 Як визначити коефіцієнт корисної дії трифазного асинхронного електродвигуна? Коли він має максимальне значення?
- 6.25 Як визначити коефіцієнт потужності трифазного асинхронного електродвигуна?
- 6.26 Як впливають втрати потужності в елементах конструкції трифазного асинхронного електродвигуна на його роботу?
- 6.27 Як розрахувати силу струму в обмотках статора асинхронного електродвигуна?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

Тема. Дослідження механічної характеристики трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

Мета: придбання практичних навичок при розрахунку механічної характеристики трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 7 «Електричні машини змінного струму» п.7.1 [1, с.230–237; по конспекту лекцій п.7.1, с.11–25; п.7.2].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 7.4 – 7.9 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 5.1 – 5.4 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором M_1 з двома парами полюсів, який отримує живлення від симетричного трифазного джерела електричної енергії частотою 50 Гц та приводить в обертання робочу машину PM з лінійно-зростаючою механічною характеристикою. У силовому колі передбачені: трифазний автоматичний вимикач QF_1 і магнітний пускач KM_1 (для комутації). У колі керування передбачені: плавкий запобіжник FU_1 (для захисту), кнопки «Пуск» $SB1$ і «Стоп» $SB2$ (для керування).

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 12.1. Для складання схеми необхідно мати 16 провідників (на схемі позначені номерами 1-16).

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 4.1 Встановити типорозмір електродвигуна за його заводським щитком.
- 4.2 Встановити значення паспортних даних електродвигуна (номінальну потужність P_n , номінальну напругу U_n , кількість пар полюсів p , номінальну частоту обертання n_n , кратність критичного моменту $m_{кр}$, кратність мінімального моменту при пуску m_{min} , кратність пускового моменту m_n , критичне ковзання $s_{кр}$, ковзання при мінімальному моменті s_{min} , користуючись відповідною літературою. Результати занести у таблицю 12.1.

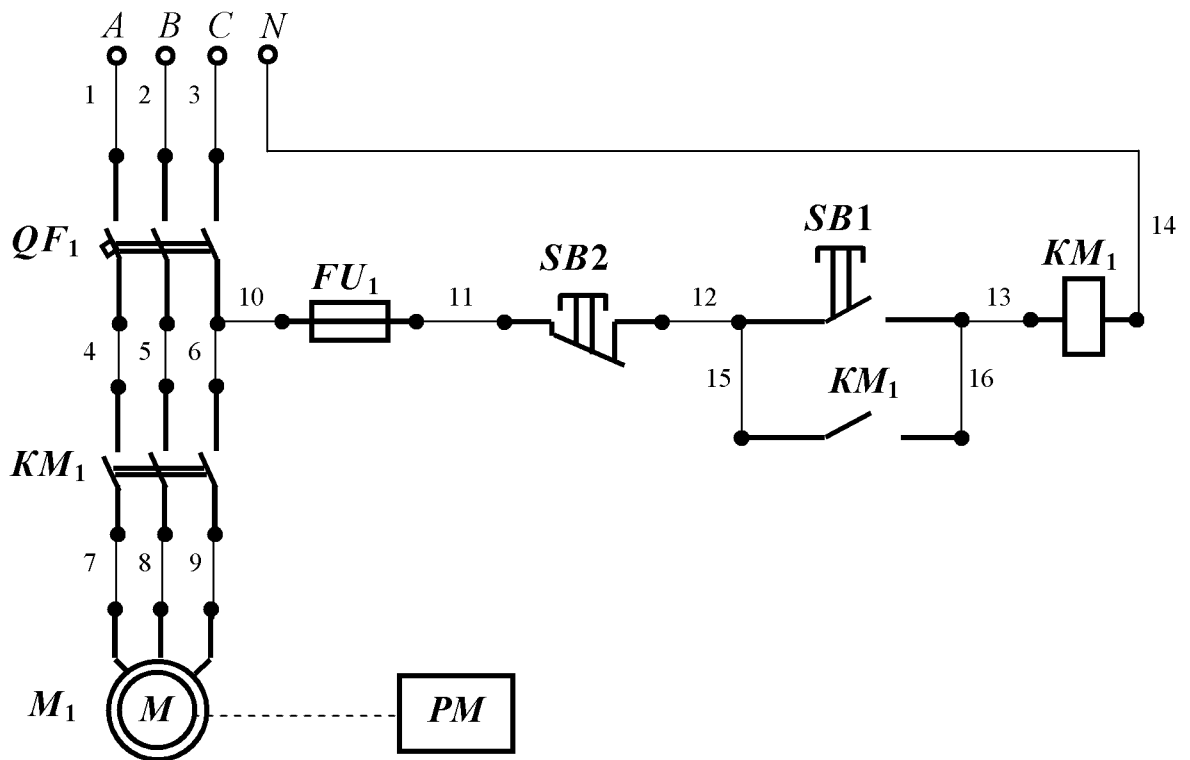


Рисунок 12.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

Таблиця 12.1 – Паспортні дані асинхронного електродвигуна

P_n , кВт	U_n , В	p	n_n , об./хв.	$m_{кр}$	m_{min}	m_n	$s_{кр}$	s_{min}

4.3 Визначити синхронну частоту обертання електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$n_0 = \frac{60f}{p}. \quad (12.1)$$

4.4 Визначити синхронну кутову швидкість обертання електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot n_0}{60}. \quad (12.2)$$

4.5 Визначити номінальну кутову швидкість обертання електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$\omega_n = \frac{2\pi \cdot n_n}{60}. \quad (12.3)$$

4.6 Визначити номінальний момент електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$P_n = M_n \cdot \omega_n . \quad (12.4)$$

4.7 Визначити критичну кутову частоту обертання електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$s_{кр} = \frac{\omega_0 - \omega_{кр}}{\omega_0} . \quad (12.5)$$

4.8 Визначити критичний момент електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$m_{кр} = \frac{M_{кр}}{M_n} . \quad (12.6)$$

4.9 Визначити кутову частоту обертання електродвигуна при мінімальному моменті, використовуючи рівняння:

$$s_{min} = \frac{\omega_0 - \omega_{min}}{\omega_0} . \quad (12.7)$$

4.10 Визначити мінімальний момент електродвигуна при пуску, використовуючи рівняння:

$$m_{min} = \frac{M_{min}}{M_n} . \quad (12.8)$$

4.11 Визначити пусковий момент електродвигуна, використовуючи рівняння:

$$m_n = \frac{M_n}{M_n} . \quad (12.9)$$

4.12 Занести отримані значення в таблицю 12.2.

4.13 Визначити момент зрушення робочої машини (M_0), прийнявши, що він дорівнює ____ % від номінального моменту електродвигуна (M_n).

4.14 Визначити номінальний момент опору робочої машини ($M_{он.н}$), прийнявши, що він дорівнює ____ % від номінального моменту електродвигуна (M_n).

4.15 Визначити номінальну кутову швидкість обертання робочої машини ($\omega_{он.н}$), прийнявши, що вона дорівнює ____ % від номінальної кутової швидкості електродвигуна (ω_n).

4.16 Задавшись двома значеннями кутової швидкості обертання робочої машини ($\omega_{он(1)}$; $\omega_{он(2)}$), визначити моменти опору робочої машини ($M_{он(1)}$; $M_{он(2)}$), використовуючи рівняння:

$$M_{он} = M_0 + (M_{он.н} - M_0) \left(\frac{\omega_{он}}{\omega_{он.н}} \right)^x, \quad (12.10)$$

де x – показник, що характеризує робочу машину (див. опис експериментальної установки).

4.17 Занести отримані значення в таблицю 12.3.

4.18 Визначити кратність поточного значення напруги на затискачах обмоток статора по відношенню до номінального значення у разі зниження напруги на ____ % по відношенню до номінального значення, використовуючи рівняння:

$$k_U = \frac{U'}{U_n}. \quad (12.11)$$

де U' – діюче значення зниженої напруги на затискачах обмоток статора, В.

4.19 Визначити моменти на валу електродвигуна у відповідних точках його механічної характеристики при зниженні напруги, використовуючи рівняння:

$$M' = M \cdot k_U^2, \quad (12.13)$$

де M – момент на валу електродвигуна при номінальній напрузі у відповідній точці його механічної характеристики (номінальний, критичний, мінімальний при пуску, пусковий), Н·м.

4.20 Занести отримані значення в таблицю 12.2.

Таблиця 12.2 – Фізичні величини, що характеризують електродвигун

Значення напруги	ω_0 , рад/с	ω_n , рад/с	M_n , Н·м	$\omega_{кр}$, рад/с	$M_{кр}$, Н·м	ω_{min} , рад/с	M_{min} , Н·м	M_n , Н·м
номінальне								
знижене ($k_U = \underline{\hspace{1cm}}$)								

Таблиця 12.3 – Фізичні величини, що характеризують робочу машину

$M_0,$ <i>H·m</i>	$M_{оп.н},$ <i>H·m</i>	$\omega_{оп.н},$ <i>рад/с</i>	$M_{оп(1)},$ <i>H·m</i>	$\omega_{оп(1)},$ <i>рад/с</i>	$M_{оп(2)},$ <i>H·m</i>	$\omega_{оп(2)},$ <i>рад/с</i>

4.21 Побудувати в масштабі на одній площині механічні характеристики електродвигуна при номінальній напрузі та при зниженій напрузі, а також механічну характеристику робочої машини. Позначити робочі точки при номінальній і зниженій напругах.

4.22 Визначити кутову швидкість обертання електродвигуна та момент на його валу при номінальній та зниженій напругах, використовуючи механічні характеристики з п.4.21. Що відбулось зі швидкістю обертання електродвигуна при зниженні напруги?

4.23 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, що таке механічна характеристика трифазної асинхронної машини; які вона має ділянки та чим вони характеризуються;
- 2) пояснити, що таке механічна характеристика робочої машини; на які види вона поділяється та чим ці види характеризуються;
- 3) пояснити, що таке робоча точка системи «електродвигун – робоча машина»;
- 4) перелічити та охарактеризувати головні п'ять точок ділянки двигуна механічної характеристики трифазної асинхронної машини;
- 5) пояснити, як момент на валу трифазного асинхронного електродвигуна залежить від прикладеної до його затискачів напруги;
- 6) пояснити, внаслідок чого і як може змінюватись швидкість обертання трифазного асинхронного електродвигуна;
- 7) пояснити, на що впливає зниження напруги при пуску електродвигуна; коли і чому застосовують такий пуск;
- 8) пояснити, що відбудеться у випадку, якщо момент опору робочої машини перевищить момент на валу працюючого електродвигуна; до чого це призведе.

5 СТРУКТУРА ЗВІТУ

5.1 Тема лабораторної роботи.

5.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).

5.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.4 Таблиця 12.1.

5.5 Алгоритм розрахунку шуканих величин.

5.6 Розрахунок шуканих величин.

5.7 Таблиця 12.2.

5.8 Таблиця 12.3.

5.9 Механічні характеристики електродвигуна і робочої машини з позначеними робочими точками.

5.10 Значення швидкостей і моментів електродвигуна у робочих точках. Висновок щодо швидкості обертання при зниженні напруги.

5.11 Висновок по роботі.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

6.1 Що розуміється під механічною характеристикою трифазного асинхронного електродвигуна?

6.2 Зобразіть якісно механічну характеристику трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором і покажіть на ній ділянки, які відповідають режимам генератора, двигуна, і електромагнітного гальма.

6.3 Поясніть суть цих режимів роботи.

6.4 Запишіть і розшифруйте рівняння механічної характеристики робочої машини.

6.5 Зобразіть якісно механічні характеристики робочих машин.

6.6 Зобразіть якісно на одній площині механічну характеристику трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором і механічну характеристику робочої машини. Покажіть робочу точку.

6.7 Що таке робоча точка механічної характеристики?

6.8 Як залежить момент на валу трифазного асинхронного електродвигуна від напруги, прикладеної до затискачів обмоток статора?

6.9 Запишіть і розшифруйте рівняння кутової швидкості ротора трифазного асинхронного електродвигуна.

6.10 Як залежить кутова швидкість ротора трифазного асинхронного електродвигуна від напруги, прикладеної до затискачів обмоток статора?

6.11 Зобразіть якісно на одній площині механічну характеристику трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором при номінальній і зниженій напругах і механічну характеристику робочої машини. Покажіть робочі точки.

6.12 Зобразіть якісно механічну характеристику трифазного асинхронного електродвигуна, покажіть на ній п'ять основних точок.

6.13 Охарактеризуйте координати п'яти точок механічної характеристики трифазного асинхронного електродвигуна.

6.14 Перелічіть паспортні та каталожні дані, які необхідні для розрахунку координат п'яти точок механічної характеристики.

6.15 Що розуміється під кратностями моментів трифазного асинхронного електродвигуна?

6.16 Приведіть алгоритм розрахунку координат п'яти точок механічної характеристики трифазного асинхронного електродвигуна за паспортними і каталожними даними.

- 6.17 Як визначають координати п'яти точок механічної характеристики трифазного асинхронного електродвигуна за паспортними і каталожними даними у разі зниження напруги на затискачах електродвигуна?
- 6.18 Зобразіть схематично клемну коробку електродвигуна і покажіть на ній як з'єднати обмотки статора трифазного асинхронного електродвигуна за схемою зірки та за схемою трикутника, а також підключення електродвигуна до мережі.
- 6.19 Поясніть, чому при пуску трифазний асинхронний електродвигун споживає з мережі значний струм.
- 6.20 Перелічіть і поясніть способи пуску трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.
- 6.21 Перелічіть і поясніть способи регулювання швидкості обертання трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.
- 6.22 Як змінити напрям обертання трифазного асинхронного електродвигуна?
- 6.23 Перелічіть і поясніть способи гальмування трифазного асинхронного електродвигуна.
- 6.24 Перелічіть апаратуру керування та захисту трифазного асинхронного електродвигуна, указавши її елементи та призначення.
- 6.25 Що розуміється під силовим колом і колом керування трифазного асинхронного електродвигуна?
- 6.26 Складіть принципову електричну схему керування трифазним асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором, розшифруйте літерні позначення.
- 6.27 Опишіть пуск трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, використовуючи складену принципову електричну схему керування.
- 6.28 Опишіть відключення трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, використовуючи складену принципову електричну схему керування.
- 6.29 Опишіть захист трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором від аварійних режимів роботи, використовуючи складену принципову електричну схему керування.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

Тема. Дослідження електричного кола з однофазним трансформатором

Мета: придбання практичних навичок при визначенні фізичних величин, що характеризують нерозгалужене електричне коло змінного синусоїдного струму з однофазним трансформатором

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 8 «Трансформатори. Основи електропостачання» пп.8.1, 8.2 [1, с.249–256].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 8.1 – 8.5 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 5.1 – 5.7 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі холостого ходу.
- 2.5 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.6 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.7 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить однофазний трансформатор T_1 , первинна обмотка якого підключена до мережі частотою 50 Гц. До затисків вторинної обмотки трансформатора приєднано активно-індуктивне навантаження, яке моделює індуктивна котушка K_1 .

У первинному колі трансформатора для захисту і комутації передбачений однофазний автоматичний вимикач SF_1 . У вторинному колі трансформатора для комутації передбачений вимикач QS_1 . Для вимірювання первинної і вторинної напруг передбачені вольтметри PV_1 і PV_2 . Для вимірювання первинного і вторинного струмів передбачені амперметри PA_1 і PA_2 . Для вимірювання споживаних активних потужностей трансформатора і навантаження передбачені ватметри PW_1 і PW_2 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 13.1. Для складання схеми необхідно мати 19 провідників (на схемі позначені номерами 1-19).

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 4.1 Розглянути конструкцію трансформатора та зобразити його конструктивну схему, зробивши на ній позиційні позначення окремих елементів та розшифрувавши їх.
- 4.2 Описати принцип дії однофазного силового трансформатора.
- 4.3 Записати перелік фізичних явищ, які спостерігаються при роботі однофазного силового трансформатора, та вказати, у чому вони полягають.
- 4.4 Розглянути паспортні дані трансформатора, вказані на заводському щитку. Записати у таблицю 13.1 кількість витків первинної обмотки трансформатора.
- 4.5 Зібрати схему експериментальної установки.

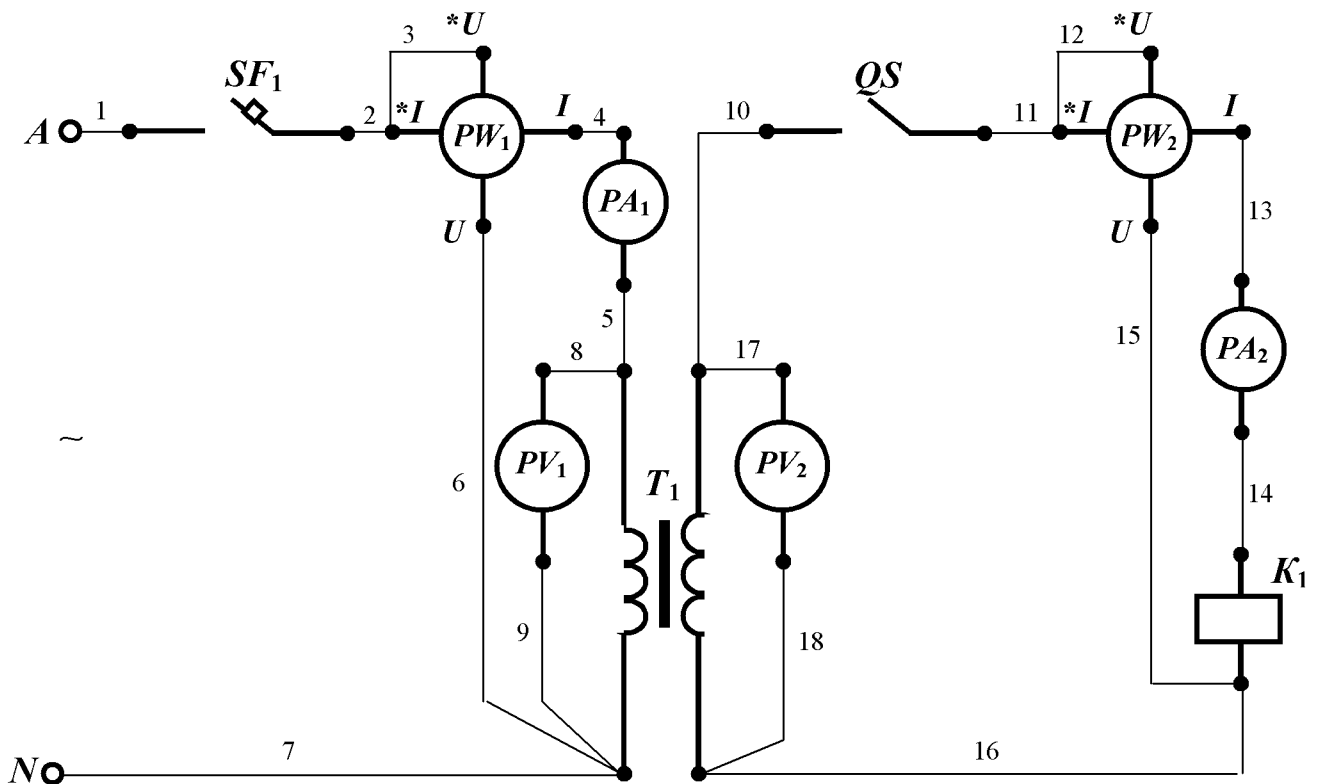


Рисунок 13.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

4.6 Включити трансформатор на холостому ході (вимикач SF_1 замкнений, вимикач QS_1 розімкнений).

4.7 Виміряти напруги на затискачах первинної та вторинної обмоток (U_{1x} , U_{2x}). Результати записати у таблицю 13.1.

4.8 Виключити трансформатор (розімкнути вимикач SF_1).

4.9 Підключити до трансформатора навантаження (замкнути вимикач QS_1).

4.10 Включити трансформатор у режимі навантаження (замкнути вимикач SF_1).

4.11 Виміряти напруги на затискачах первинної та вторинної обмоток (U_1 , U_2), сили струмів у первинній і вторинній обмотках (I_1 , I_2), споживані активні потужності трансформатора і навантаження (P_1 , P_2). Результати записати у таблицю 13.1.

4.12 Виключити трансформатор (розімкнути вимикач SF_1).

Таблиця 13.1 – Показання приладів

Умови проведення експерименту	Значення величин						
	w_1	$U_1,$ B	$I_1,$ A	$P_1,$ Bm	$U_2,$ B	$I_2,$ A	$P_2,$ Bm
1 Вимикач SF замкнений; вимикач QS розімкнений							
2 Вимикач SF замкнений; вимикач QS замкнений							

4.13 Визначити коефіцієнт трансформації трансформатора за експериментальними даними першого експерименту, використовуючи рівняння:

$$k_T = \frac{U_{1x}}{U_{2x}}. \quad (13.1)$$

4.14 Визначити кількість витків вторинної обмотки трансформатора, використовуючи рівняння:

$$k_T = \frac{w_1}{w_2}. \quad (13.2)$$

4.15 Визначити діюче значення е.р.с. у вторинній обмотці трансформатора за експериментальними даними першого експерименту, використовуючи рівняння:

$$E_2 = U_{2x}. \quad (13.3)$$

4.16 Визначити втрату напруги трансформатора в режимі навантаження за експериментальними даними, використовуючи рівняння:

$$\Delta U = E_2 - U_2. \quad (13.4)$$

4.17 Записати значення активної потужності, яку трансформатор споживає з мережі, за експериментальними даними другого експерименту.

4.19 Визначити споживану повну потужність трансформатора в режимі навантаження за експериментальними даними другого експерименту, використовуючи рівняння:

$$S_1 = U_1 \cdot I_1. \quad (13.5)$$

4.20 Визначити реактивну потужність трансформатора в режимі навантаження за експериментальними та розрахунковими даними, використовуючи рівняння:

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2}. \quad (13.6)$$

4.22 Визначити коефіцієнт потужності трансформатора в режимі навантаження за експериментальними та розрахунковими даними, використовуючи рівняння:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S_1} . \quad (13.7)$$

4.24 Визначити кількість активної електричної енергії, яку споживе трансформатор за $t = \underline{\hspace{2cm}}$ год. роботи в режимі навантаження (значення часу задає викладач) за експериментальними даними другого експерименту, використовуючи рівняння:

$$W_1 = P_1 \cdot t . \quad (13.8)$$

4.25 Визначити споживану повну потужність навантаження за експериментальними даними другого експерименту, використовуючи рівняння:

$$S_2 = U_2 \cdot I_2 . \quad (13.9)$$

4.26 Визначити реактивну потужність навантаження за експериментальними та розрахунковими даними, використовуючи рівняння:

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} . \quad (13.10)$$

4.27 Визначити коефіцієнт потужності навантаження за експериментальними та розрахунковими даними, використовуючи рівняння:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} . \quad (13.11)$$

4.28 Визначити кількість активної електричної енергії, яку віддасть трансформатор за $t = \underline{\hspace{2cm}}$ год. роботи в режимі навантаження (значення часу задає викладач) за експериментальними даними другого експерименту, використовуючи рівняння:

$$W_2 = P_2 \cdot t . \quad (13.12)$$

4.29 Визначити коефіцієнт корисної дії трансформатора в режимі навантаження за експериментальними даними другого експерименту, використовуючи рівняння:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} . \quad (13.13)$$

4.30 Визначити втрати активної потужності в трансформаторі в режимі навантаження за експериментальними даними другого експерименту, використовуючи рівняння:

$$P_2 = P_1 - \Delta P . \quad (13.14)$$

4.32 Побудувати в єдиному масштабі трикутники потужностей трансформатора і навантаження. Пояснити, відмінності сторін трикутників потужностей (відмінності потужностей трансформатора і навантаження).

4.33 Занести отримані значення в таблицю 13.2.

Таблиця 13.2 – Фізичні величини, що характеризують установку

w_1	k_T	w_2	$\frac{\Delta U,}{B}$	$\frac{S_1,}{BA}$	$\frac{Q_1,}{BAp}$	$\cos \varphi_1$	$\frac{W_1,}{кВм \cdot год}$

Продовження таблиці 13.2

$\frac{S_2,}{BA}$	$\frac{Q_2,}{BAp}$	$\cos \varphi_2$	$\frac{W_1,}{кВм \cdot год}$	η	$\frac{\Delta P,}{Вт}$

4.34 Побудувати в масштабі робочу ділянку зовнішньої характеристики трансформатора та пояснити її (чому вона є похилою лінією).

4.35 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, який пристрій називають трансформатором, і для чого його застосовують;
- 2) пояснити, з яких основних елементів складається однофазний силовий трансформатор, та для чого вони призначені;
- 3) пояснити, на якому фізичному явищі ґрунтується принцип дії трансформатора, та у чому його суть;
- 4) пояснити, що таке первинна і вторинна напруги трансформатора, та на які види відносно їх значень поділяються трансформатори;
- 5) пояснити, що таке коефіцієнт трансформації трансформатора, та як його можна визначити дослідним шляхом;
- 6) пояснити, у чому полягають режими холостого ходу та навантаження однофазного силового трансформатора;
- 7) перелічити, які потужності споживає однофазний силовий трансформатор; пояснити, чим обумовлено наявність кожної з них;

- 8) пояснити, що таке коефіцієнт потужності однофазного силового трансформатора, та як на нього впливає реактивна потужність трансформатора;
- 9) пояснити, що таке коефіцієнт корисної дії однофазного силового трансформатора, та як на нього впливають втрати потужності в елементах конструкції трансформатора.

5 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 5.1 Тема лабораторної роботи.
- 5.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).
- 5.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 5.4 Конструктивна схема трансформатора з описанням.
- 5.5 Принцип дії трансформатора.
- 5.6 Перелік та описання фізичних явищ у трансформаторі.
- 5.7 Таблиця 13.1.
- 5.8 Алгоритм розрахунку шуканих величин.
- 5.9 Розрахунок шуканих величин.
- 5.10 Таблиця 11.2.
- 5.11 Робоча ділянка зовнішньої характеристики трансформатора та її пояснення.
- 5.12 Висновок по роботі.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 6.1 Для чого призначений трансформатор?
- 6.2 У чому суть явища електромагнітної індукції?
- 6.3 Сформулюйте і математично запишіть закон електромагнітної індукції.
- 6.4 Складіть і опишіть конструктивну схему однофазного трансформатора.
- 6.5 Перелічте та опишіть види магнітопроводів трансформатора.
- 6.6 Як розподіляються трансформатори за кількістю обмоток?
- 6.7 опишіть принцип дії однофазного трансформатора.
- 6.8 Що таке коефіцієнт трансформації однофазного трансформатора?
- 6.9 Як визначити коефіцієнт трансформації однофазного трансформатора
- 6.10 дослідним шляхом?
- 6.11 Який однофазний трансформатор називають понижувальним?
- 6.12 Який однофазний трансформатор називають підвищувальним?
- 6.13 Перелічіть режими роботи однофазного трансформатора.
- 6.14 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в первинній обмотці однофазного трансформатора.
- 6.15 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються у вторинній обмотці однофазного трансформатора.

- 6.16 Перелічіть фізичні явища, які спостерігаються в магнітопроводі однофазного трансформатора.
- 6.16 Складіть енергетичну діаграму однофазного трансформатора з розшифровкою літерних позначень.
- 6.17 Перелічте втрати потужності в елементах конструкції трансформатора, назвіть причини їх виникнення.
- 6.18 Що таке постійні втрати потужності в трансформаторі?
- 6.19 Що таке змінні втрати потужності в трансформаторі?
- 6.20 Як визначити втрати потужності в обмотках однофазного трансформатора?
- 6.21 Як визначити сумарні втрати потужності в однофазному трансформаторі?
- 6.22 Як впливають втрати потужності в елементах конструкції однофазного трансформатора на його роботу?
- 6.23 Як визначити коефіцієнт корисної дії однофазного трансформатора? Коли він має максимальне значення?
- 6.24 Як визначити коефіцієнт потужності однофазного трансформатора?
- 6.25 Як розрахувати силу струму, який трансформатор споживає з мережі?
- 6.26 Дайте визначення зовнішній характеристиці трансформатора.
- 6.27 Складіть та поясніть розрахункову схему вторинного кола однофазного трансформатора.
- 6.28 Запишіть і розшифруйте вираз зовнішньої характеристики трансформатора.
- 6.29 Зобразіть якісно зовнішню характеристику трансформатора.
- 6.30 Чому зовнішня характеристика трансформатора є похилою лінією?
- 6.31 Що відбувається з напругою на затискачах трансформатора при збільшенні навантаження? Чому?
- 6.32 Як розрахувати струм короткого замикання однофазного трансформатора.
- 6.33 Як експериментально визначити е.р.с. у вторинній обмотці трансформатора?
- 6.34 Дайте визначення втраті напруги трансформатора.
- 6.35 Запишіть рівняння втрати напруги трансформатора.
- 6.36 Наведіть умовне графічне та літерне позначення однофазного силового трансформатора на принциповій електричній схемі кола.
- 6.36 Наведіть та поясніть принципову електричну схему кола з однофазним силовим трансформатором і приєднаним до нього навантаженням.
- 6.37 Перелічте номінальні параметри однофазного трансформатора.
- 6.38 Складіть і опишіть конструктивну схему трифазного силового трансформатора.
- 6.39 Перелічте схеми з'єднань первинних і вторинних обмоток трифазного силового трансформатора.
- 6.40 Опишіть принцип дії трифазного силового трансформатора.

- 6.41 Як взаємозв'язані між собою номінальні напруги трифазного силового трансформатора?
- 6.42 Перелічте фізичні явища, які спостерігаються в елементах конструкції трифазного силового трансформатора при його роботі.
- 6.43 Складіть енергетичну діаграму трифазного силового трансформатора з розшифровкою літерних позначень.
- 6.44 Перелічте номінальні параметри трифазного силового трансформатора.
- 6.45 Приведіть зображення трифазного силового трансформатора на принциповій електричній схемі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

Тема. Дослідження електричного кола із використанням вимірювальних трансформаторів

Мета: придбання практичних навичок при визначенні електричних величин з використанням вимірювальних трансформаторів

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 8 «Трансформатори. Основи електропостачання» пп.8.3 – 8.6 [1, с.249–256].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 8.6 – 8.10 [2].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 5.1 – 5.5 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Прозвітувати про виконання завдань для самостійної роботи студента.
- 2.2 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.3 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.4 Зняти експериментальні дані установки в режимі навантаження.
- 2.5 Розрахувати фізичні величини, що характеризують коло.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Трифазна електроенергетична система містить гідроелектростанцію, трансформаторну підстанцію 20/220 кВ, лінію електропередачі 220 кВ, трансформаторну підстанцію 220/35 кВ, лінію електропередачі 35 кВ, трансформаторну підстанцію 35/10 кВ, лінію електропередачі 10 кВ, трансформаторну підстанцію 10/0,4 кВ, лінію електропередачі 0,4 кВ – асинхронний електродвигун та індуктивну котушку.

Експериментальна установка моделює кінцеву ділянку електроенергетичної системи і містить джерело однофазної змінної напруги частотою

50 Гц, до якого приєднаний однофазний автотрансформатор T_1 зі змінним коефіцієнтом трансформації. До вторинних затискачів автотрансформатора приєднана індуктивна котушка K_1 , у коло якої включені амперметр PA_1 , вольтметр PV_1 і ватметр PW_1 через відповідні вимірювальні трансформатори струму і напруги TA_1 і TV_1 . Для комутації і захисту кола передбачений однополюсний автоматичний вимикач SF_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 14.1. Для складання схеми необхідно мати 13 провідників (на схемі позначені номерами 1-13).

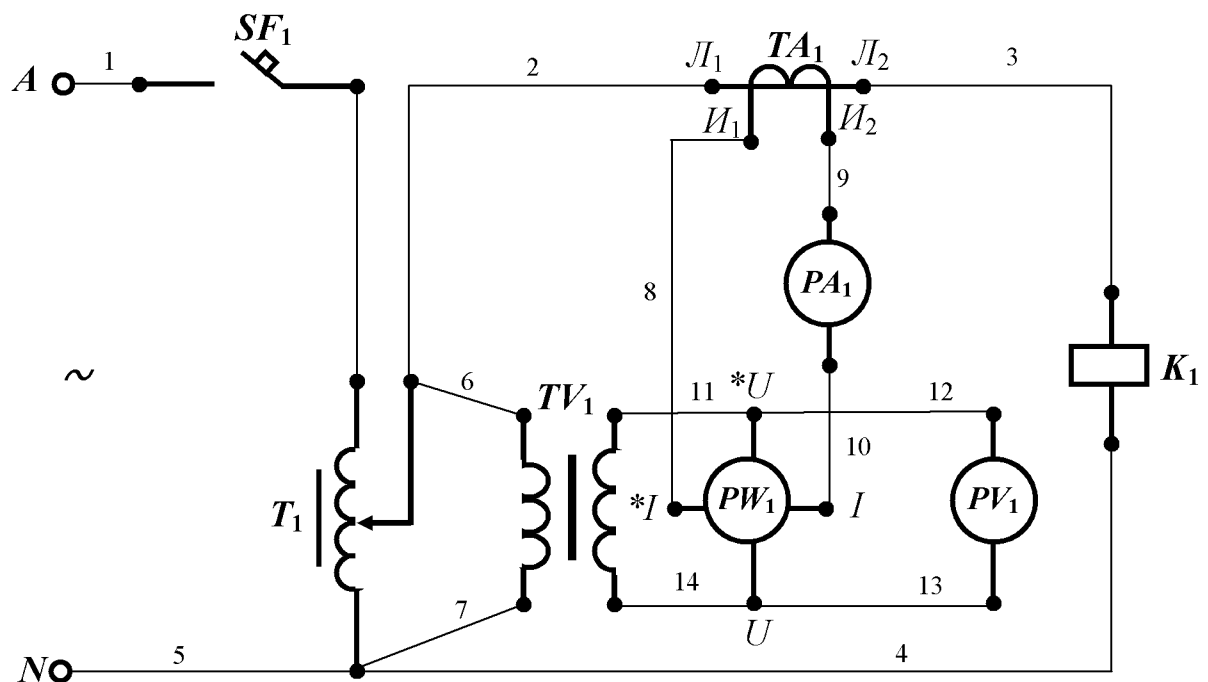


Рисунок 14.1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 4.1 Скласти однолінійну схему трифазної електроенергетичної системи та розшифрувати літерні позначення.
- 4.2 Описати роботу трифазної електроенергетичної системи.
- 4.3 Розглянути конструкцію однофазного автотрансформатора зі змінним коефіцієнтом трансформації та зобразити його конструктивну схему, зробивши на ній позиційні позначення окремих елементів та розшифрувавши їх.
- 4.4 Описати принцип дії однофазного автотрансформатора зі змінним коефіцієнтом трансформації.
- 4.5 Розглянути паспортні дані вимірювального трансформатора напруги, вказані на заводському щитку, та записати у таблицю 14.1 його номінальні напруги ($U_{1н}$, $U_{2н}$). Вказати, для чого призначений вимірювальний трансформатор напруги.

4.6 Розглянути паспортні дані вимірювального трансформатора струму, вказані на заводському щитку, та записати у таблицю 14.1 його номінальні струми ($I_{1н}$, $I_{2н}$). Вказати, для чого призначений вимірювальний трансформатор струму.

4.7 Зібрати схему експериментальної установки.

4.8 Замкнути вимикач SF_1 , зняти показання приладів, результати записати у таблицю 14.1, після чого розімкнути вимикач SF_1 .

Таблиця 14.1 – Паспортні дані та показання приладів

Умови проведення експерименту	Значення величин						
	$U_{1н},$ B	$U_{2н},$ B	$I_{1н},$ A	$I_{2н},$ A	$U_2,$ B	$I_2,$ A	$P_2,$ Bm
Вимикач SF_1 замкнений							

4.9 Визначити коефіцієнт трансформації вимірювального трансформатора напруги, використовуючи рівняння:

$$k_{TV} = \frac{U_{1н}}{U_{2н}}. \quad (14.1)$$

4.10 Визначити коефіцієнт трансформації вимірювального трансформатора струму, використовуючи рівняння:

$$k_{TA} = \frac{I_{1н}}{I_{2н}}. \quad (14.2)$$

4.11 Визначити діюче значення напруги на затискачах котушки, використовуючи рівняння:

$$k_{TV} = \frac{U_1}{U_2}. \quad (14.3)$$

4.12 Визначити діюче значення сили струму у котушці, використовуючи рівняння:

$$k_{TA} = \frac{I_1}{I_2}. \quad (14.4)$$

4.13 Визначити активну потужність, яку споживає котушка, використовуючи рівняння:

$$k_{TV} \cdot k_{TA} = \frac{P_1}{P_2}. \quad (14.5)$$

4.14 Визначити повний опір котушки, використовуючи математичний запис закон Ома для діючих значень:

$$I_1 = \frac{U_1}{z}. \quad (14.6)$$

4.15 Визначити активний опір котушки, використовуючи рівняння:

$$P_1 = r \cdot I_1^2. \quad (14.7)$$

4.16 Визначити реактивний опір котушки, використовуючи рівняння:

$$z = \sqrt{r^2 + x_L^2}. \quad (14.8)$$

4.17 Побудувати в масштабі трикутник опорів котушки.

4.18 Визначити кут зсуву фаз котушки, використовуючи рівняння:

$$\varphi = \arccos \frac{r}{z}. \quad (14.9)$$

4.19 Визначити повну потужність, яку споживає котушка, використовуючи рівняння:

$$S_1 = U_1 \cdot I_1. \quad (14.10)$$

4.20 Визначити реактивну потужність котушки, використовуючи рівняння:

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2}. \quad (14.11)$$

4.21 Побудувати в масштабі трикутник потужностей котушки.

4.22 Визначити коефіцієнт потужності котушки, використовуючи рівняння:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{S_1}. \quad (14.12)$$

4.23 Визначити кількість активної електричної енергії, яку споживе котушка за $t = \underline{\hspace{2cm}}$ год. роботи (значення часу задає викладач), використовуючи рівняння:

$$W = P_1 \cdot t. \quad (14.13)$$

4.24 Занести отримані значення в таблицю 14.2.

Таблиця 14.2 – Фізичні величини, що характеризують коло

k_{TA}	k_{TV}	$U_1,$ B	$I_1,$ A	$P_1,$ Bm	$r,$ Om	$z,$ Om	$x_L,$ Om	$\varphi,$ <i>градус</i>	$Q_L,$ BAp	$S,$ BA	$\cos \varphi$	$W,$ $кВм \cdot год$

4.25 Зробити висновок по роботі, розкривши наступні питання:

- 1) пояснити, що таке трифазна електроенергетична система, та з яких основних елементів вона складається;
- 2) пояснити, як зменшують технологічні втрати потужності у високовольтних лініях електропередачі;
- 3) чому передачу електроенергії від електростанції до кінцевого споживача не здійснюють на одній напрузі;
- 4) пояснити, який пристрій називають автотрансформатором, і для чого його застосовують;
- 5) пояснити, з яких основних елементів складається однофазний автотрансформатор, та для чого вони призначені;
- 6) пояснити, для чого і як застосовують вимірювальні трансформатори.

5 СТРУКТУРА ЗВІТУ

5.1 Тема лабораторної роботи.

5.2 Виконані завдання для домашньої підготовки з пункту 1.2 (завдання інформаційно-репродуктивного характеру – скорочено, завдання практично-стереотипного характеру – розгорнуто).

5.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

5.4 Однолінійна схема трифазної електроенергетичної системи з розшифровкою літерних позначень.

5.5 Описання роботи трифазної електроенергетичної системи.

5.6 Конструктивна схема автотрансформатора з описанням.

5.7 Принцип дії автотрансформатора.

5.8 Таблиця 14.1.

5.9 Алгоритм розрахунку шуканих величин.

5.10 Розрахунок шуканих величин.

5.11 Таблиця 14.2.

5.12 Висновок по роботі.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 6.1 Для чого призначений вимірювальний трансформатор напруги?
- 6.2 Як визначити коефіцієнт трансформації вимірювального трансформатора напруги?
- 6.3 Складіть і опишіть принципову електричну схему включення вольтметра у високовольтну мережу за допомогою вимірювального трансформатора напруги.
- 6.4 Як враховується коефіцієнт трансформації вимірювального трансформатора напруги при вимірюваннях?
- 6.5 Для чого призначений вимірювальний трансформатор струму?
- 6.6 У якому режимі працює вимірювальний трансформатор струму?
- 6.7 Як визначити коефіцієнт трансформації вимірювального трансформатора струму?
- 6.8 Складіть і опишіть принципову електричну схему включення амперметра у високовольтну мережу за допомогою вимірювального трансформатора струму.
- 6.9 Як враховується коефіцієнт трансформації вимірювального трансформатора струму при вимірюваннях?
- 6.10 Складіть і опишіть конструктивну схему автотрансформатора.
- 6.11 Опишіть принцип дії автотрансформатора.
- 6.12 Чому дорівнює коефіцієнт трансформації автотрансформатора?
- 6.13 Для чого використовуються автотрансформатори?
- 6.14 Приведіть зображення автотрансформатора на принциповій електричній схемі.
- 6.15 Що розуміється під трифазною енергетичною системою?
- 6.16 Перелічіть складові частини трифазної енергетичної системи.
- 6.17 Що розуміється під електростанцією?
- 6.18 Що є основним елементом більшості електростанцій, яке його призначення?
- 6.19 Перелічіть типи електростанцій, указавши види енергії, які вони перетворюють.
- 6.20 Що розуміється під трансформаторною підстанцією?
- 6.21 Що є основними елементами трансформаторної підстанції, яке їх призначення?
- 6.22 Як поділяються трансформаторні підстанції?
- 6.23 Що розуміється під лінією електропередачі?
- 6.24 Як поділяються лінії електропередачі? Охарактеризуйте їх.
- 6.25 Чому в лініях електропередачі виникають втрати потужності? Як їх визначити?
- 6.26 Від чого залежать втрати потужності в лінії електропередачі?
- 6.27 Які існують способи зниження втрат потужності в лінії електропередачі? Який з них найбільш енергоефективний?
- 6.28 Яке призначення підвищувальних трансформаторних підстанцій?

6.29 Яке призначення понижувальних трансформаторних підстанцій?

6.30 Приведіть приклад однолінійної схеми трифазної енергосистеми в складі:

генератор – ТП 20/330 кВ – лінія електропередачі 330 кВ – ТП 330/35 кВ – лінія електропередачі 35 кВ – ТП 35/10 кВ – лінія електропередачі 10 кВ – ТП 10/0,4 кВ – лінія 0,4 кВ – споживач електричної енергії,
опишіть її роботу.

6.31 Як знизити втрати потужності в низьковольтній лінії електропередачі?

6.32 Як виконати ввід електроенергії у будівлю?

6.33 Як виконують проводку усередині будівлі?

Додаток А

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт з лабораторної роботи оформлюється на аркушах формату А4 рукописним шляхом або шляхом комп'ютерного набору наступним чином: першим аркушем є титульний аркуш, на якому взують:

«Лабораторна робота з електротехніки на тему «...».
Виконав студент 11-ЕЕ групи П.І.Б.»

Далі йде сам звіт, на початку якого наводять виконані завдання СРС. При написанні відповідей на тести інформаційно-репродуктивного характеру вказують:

- номер таблиці;
- номер запитання (завдання) з таблиці;
- номер відповіді на запитання (завдання) з таблиці.

Тобто, табл.1.1: 1 – 5, 2 – 8 і так далі.

При написанні відповідей на тести практично-стереотипного характеру вказують:

- номер таблиці;
- наводять розв'язання задачі з цієї таблиці у такій послідовності:
 - ✓ стисло записують дано;
 - ✓ вказують номер завдання з таблиці;
 - ✓ записують формулу для розрахунку;
 - ✓ підставляють у неї значення фізичних величин;
 - ✓ знаходять результат;
- номер завдання з таблиці;
- номер відповіді на завдання з таблиці.

Після виконаних завдань СРС наводять виконані пункти звіту (дивись розділ 6 «Структура звіту» до лабораторної роботи): необхідні схеми, формули, розрахунки, таблиці та рисунки.

Звіт до лабораторної роботи починають готувати, виконуючи всі завдання, вказані у розділі 1 «Завдання самостійної роботи студента». Студенти, які не виконують завдання цього розділу, до лабораторної роботи не допускаються.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

За виконання лабораторних робіт 1 і 4 максимально можна отримати 3 бали, за виконання лабораторних робіт 2, 3, 5 – 8 максимально можна отримати 4 бали, за виконання лабораторних робіт 9 – 14 максимально можна отримати 5 балів. Кількісна оцінка визначається за наступними показниками:

- 1) вхідний контроль у лабораторну роботу, за який максимально можна отримати 30 % від максимального балу;
- 2) підготовка та оформлення звіту з лабораторної роботи, за який максимально можна отримати 20 % від максимального балу;
- 3) вихідний контроль з лабораторної роботи (захист лабораторної роботи), за який максимально можна отримати 50 % від максимального балу.

Вхідний контроль у лабораторну роботу здійснюється шляхом усного опитування студента на початку заняття. Отримана кількість балів за нього визначається пропорційно вірно наданим відповідям.

Підготовка та оформлення звіту з лабораторної роботи здійснюється студентом безпосередньо на лабораторному занятті. Отримана кількість балів за нього визначається пропорційно вірно виконаним пунктам звіту.

Вихідний контроль з лабораторної роботи здійснюється шляхом письмового опитування студента наприкінці заняття, тобто шляхом письмового розв'язання ним певної задачі. Отримана кількість балів за нього визначається пропорційно вірно наданим відповідям.

Лабораторна робота вважається виконаною позитивно, якщо студент у підсумку отримав не менше, ніж 60 % від максимального балу. У протилежному випадку студент зобов'язаний підвищити бал за лабораторну роботу у відведений термін на консультації викладача, який її проводив. Підвищення рейтингу полягає у виконанні певних завдань щодо лабораторної роботи: вхідний контроль, підготовка та оформлення звіту, вихідний контроль. Підвищити рейтинг з лабораторної роботи можна не більше, ніж до 60 % від максимального балу.

У разі пропуску лабораторного заняття студент повинен його відпрацювати у відведений термін на консультації викладача, який його проводив. Якщо лабораторне заняття пропущено з поважної причини, то студент може отримати за результатами відпрацювання максимальний бал. Якщо лабораторне заняття пропущено без поважної причини, то студент може отримати за результатами відпрацювання не більше, ніж 60 % від максимального балу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Овчаров В.В. Загальна електротехніка / В.В. Овчаров, О.Ю. Вовк. – Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2018. – 310 с.
2. Вовк О.Ю. Завдання для самостійної роботи студентів з дисципліни «Електротехніка»: Методичні вказівки для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка» денної форми навчання / О.Ю. Вовк. – Мелітополь : ТДАТУ, 2020. – 124 с.
3. Паначевний Б.І. Загальна електротехніка: теорія і практикум: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Б.І. Паначевний, Ю.Ф. Свєргун. – Київ : Каравела, 2003. – 440 с.
4. Будіщев М.С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.С. Будіщев. – Львів : Афіша, 2001. – 424 с.