

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Факультет енергетики і комп'ютерних технологій

Кафедра електротехніки і електромеханіки
імені професора В.В. Овчарова

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ, ЧАСТИНА 3

Методичні вказівки до лабораторних робіт
для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»
денної форми навчання

Мелітополь
2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Факультет енергетики і комп'ютерних технологій

Кафедра електротехніки і електромеханіки
імені В.В. Овчарова

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ, ЧАСТИНА 3

Методичні вказівки до лабораторних робіт
для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»
денної форми навчання

Мелітополь
2019

Теоретичні основи електротехніки, частина 3. Методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» денної форми навчання /І.О. Попова. – Мелітополь : ТДАТУ, 2019. – 102 с.

Розробник: к.т.н., доцент кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В.В. Овчарова Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного **Попова І.О.**

Рецензент: д.т.н., професор, завідувач кафедри «Електроенергетика і автоматизація» Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного **В.Т. Діордієв**

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В.В. Овчарова
Протокол № 1 від 29. 09 2019 р.

Затверджено методичною комісією факультету енергетики і комп'ютерних технологій
Протокол № 2 від 23. 10. 2019 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота 1.	
Дослідження динамічного і статичного опору елементів нелінійних кіл постійного струму	9
Лабораторна робота 2.	
Дослідження нелінійних кіл постійного струму.....	12
Лабораторна робота № 3.	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 1. Дослідження нерозгалужених магнітних кіл при постійних магнітних потоках.....	22
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 2. Дослідження розгалужених магнітних кіл при постійних магнітних потоках.....	27
Лабораторна робота 4.	
Дослідження втрат активної потужності котушки з феромагнітним осердям.....	33
Лабораторна робота 5.	
Дослідження індуктивної котушки з феромагнітним осердям. Ферорезонанс напруги	41
Лабораторна робота 6.	
Дослідження трансформатора з феромагнітним осердям.....	55
Лабораторна робота 7.	
Дослідження перехідних процесів в котушці у лінійних колах з постійною ЕРС.....	63
Лабораторна робота 8.	
Дослідження перехідних процесів зарядження і розрядження конденсатора через резистор в лінійних колах з постійною ЕРС.....	71

Лабораторна робота 9.

Дослідження перехідних процесів у лінійному електричному колі з послідовно з'єднаними котушкою і конденсатором..... 79

Лабораторна робота 10.

Дослідження перехідних процесів в нерозгалуженому колі з котушкою при підключенні її до джерела синусоїдної напруги..... 85

Лабораторна робота 11.

Дослідження перехідних процесів зарядження і розрядження конденсатора через резистор в лінійних колах з синусоїдною ЕРС.... 92

Критерії оцінювання лабораторних робіт..... 99

Список рекомендованої літератури..... 101

ВСТУП

Дисципліна «Теоретичні основи електротехніки» є базовою у підготовці фахівців за напрямом підготовки 6.100101 «Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі», а лабораторні заняття з цієї дисципліни, які проводяться в спеціалізованих лабораторіях кафедри електротехніки і електромеханіки в аудиторіях 1.211, 1.212, є одним з основних видів навчальних занять студентів при її вивченні.

Метою лабораторних робіт з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» є навчання студентів методам розрахунку електромагнітних процесів і відповідних перетворень енергії, засвоєння основних понять та законів, пов'язаних з практичним використанням електричних та магнітних явищ, оволодіння методами аналізу електричних кіл постійного та змінного струмів

В результаті виконання лабораторних робіт з ТОЕ, ч.3 студент повинен знати: суть фізичних явищ електротехніки; основні закони електротехніки; математичні записи законів електротехніки; одиниці електричних та магнітних величин і співвідношення між цими величинами; сутність фізичних процесів, які відбуваються в електричних і магнітних колах постійного і змінного струмів; методи аналізу електричних кіл; умовні графічні позначення в електричних колах; фізичні явища електротехніки, які протікають в електротехнічних пристроях.

Після проведення даних лабораторних робіт студент повинен уміти: складати принципову і розрахункову схеми кола або електротехнічного пристрою; вимірювати основні електричні величини; розрахувати лінійні і нелінійні електричні кола.

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

До початку лабораторної роботи студент повинен підготуватись до виконання роботи. Перевірку підготовки студентів до лабораторного заняття здійснює викладач, що його проводить, на початку заняття. Перевірка полягає в усному опитуванні згідно контрольних запитань.

Після перевірки готовності 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 вносити в 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. 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, подати отримані результати викладачу, який проводить лабораторне заняття, і тільки після його дозволу розібрати схему експериментальної установки, а робоче місце необхідно 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 робочому зошиті. Графічні зображення виконуються олівцем за допомогою креслярського приладдя. При побудові графіків масштаби, що відкладаються на осях координат величин, вибираються таким чином, щоб графік розмістився на площі не менш 100x100 мм.

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

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.

Основні правила з технічної безпеки при виконанні лабораторних робіт з теоретичних основ електротехніки

1. При виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (ТОЕ) необхідно дотримуватись вимог викладених в «Правилах технічної експлуатації електроустановок споживачів» і «Правилах техніки безпеки при експлуатації електроспоживачів».

2. Лабораторії теоретичних основ електротехніки живляться електроенергією:

а) постійного струму - від джерела з напругою між затискачами "+" і "-" 30 В;

б) змінного струму - від симетричного трифазного джерела з напругами: лінійною - 52 В; фазною - 30 В.

3. При збиранні схеми експериментальної установки додаткові прилади і апарати повинні бути розташовані на лабораторному столі таким чином, щоб робоча схема з'єднань вийшла найбільше простою і наочною, а виконання вимірів і керування апаратами - найбільш зручним. 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.

6. Після приєднання робочої схеми до мережі забороняється доторкатися до оголених струмоведучих частин.

7. При включенні автоматичних вимикачів особливу увагу слід звернути на показання амперметрів й інших вимірювальних приладів.

8. У випадку різкого руху стрілок приладів до кінця їх шкали, 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 чи лаборанту.

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

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема: Дослідження динамічного і статичного опорів елементів нелінійних кіл постійного струму

МЕТА: придбання практичних навичок при визначенні динамічного і статичного опорів елементів нелінійних кіл постійного струму графо-аналітичним методом

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 13 «Нелінійні кола постійного струму [1, с.165-166].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 13.1 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.8 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.2 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.3 Зняти вольт-амперну характеристику лампи розжарювання.
- 2.4 Зняти вольт-амперну характеристику резистора
- 2.5 Розрахувати величини статичних і динамічних опорів елементів електричного кола графо-аналітичним методом.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка складається з генератора постійного струму G , регулятора напруги R_H , лампи розжарювання EL , резистора R , вимикачів QS_1 , QS_2 , амперметра PA , вольтметра PV .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 1.1.

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

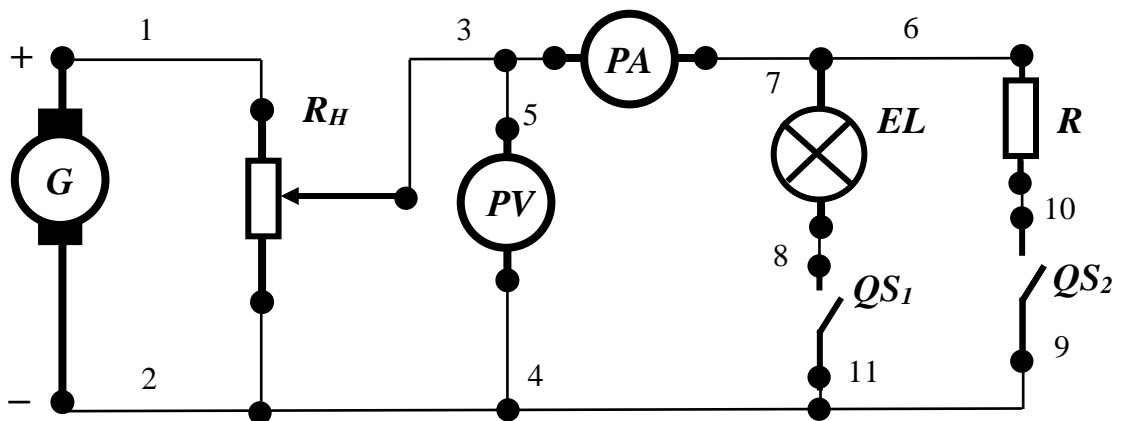


Рисунок 1.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикачів дорівнюють нулю;

- опір обмотки амперметра дорівнює нулю;

- опори обмотки вольтметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у ній не протікає. Тоді розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при включенні вимикачів QS_1 або QS_2 має вигляд, наведений на рисунку 1.2.

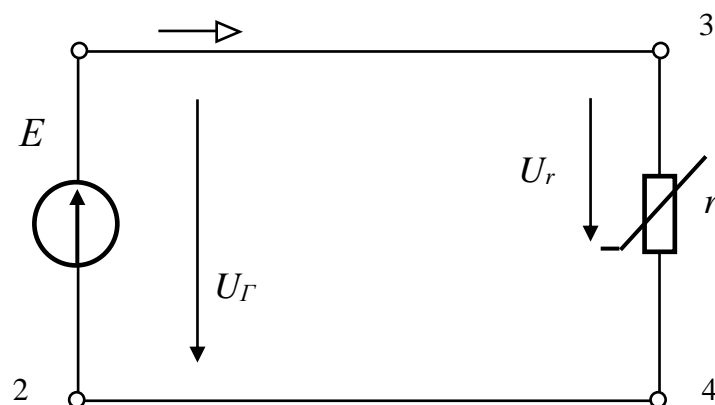


Рисунок 1.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

E – електрорушійна сила генератора, B ;

r – опір лампи розжарювання (при включенні QS_1) або резистора (при включенні QS_2), Om ;

U_r – спадання напруги на опорі лампи розжарювання або резистора, B ;

U_G – напруга на затискачах генератора, B ;

I – сила струму в колі, A .

U_r – напруга на нелінійному елементі кола, B .

r – опір нелінійного елементу кола, Om .

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.

5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола та пояснити її.

5.3 Уміти визначити статичний опір лампи розжарювання за допомогою експериментальних даних.

5.4 Уміти визначити динамічний опір лампи розжарювання за допомогою експериментальних даних.

5.3 Уміти визначити статичний опір резистора за допомогою експериментальних даних.

5.4 Уміти визначити динамічний опір резистора за допомогою експериментальних даних.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

6.1 Зібрати схему експериментальної установки.

6.2 Включити вимикач QS_1 і виключити вимикач QS_2 .

6.3 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

6.4 Змінюючи напругу за допомогою регулятора напруги від 0 до значення, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1А, зняти показання приладів у колі лампи розжарювання, результати занести в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати експериментальних досліджень вольт-амперної характеристики лампи розжарювання $U_L(I)$

Умови проведення експерименту	Показання приладів									
Вимикач QS_1 замкнений, вимикач QS_2 розімкнений	$U_L, В$	0								
	$I, А$									

6.5 Виключити вимикач QS_1 і включити вимикач QS_2 .

6.6 Змінюючи напругу за допомогою регулятора напруги від 0 до значення, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1А, зняти показання приладів у колі резистора, результати занести в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати експериментальних досліджень вольт-амперної характеристики резистора $U_p(I)$

Умови проведення експерименту	Показання приладів									
Вимикач QS_2 замкнений, вимикач QS_1 розімкнений	$U_p, В$	0								
	$I, А$									

6.7 Побудуйте за результатами експериментальних досліджень таблиці 1.1 вольт-амперну характеристику лампи розжарювання $U_L(I)$ в обраному масштабі.

6.8 Визначити графо-аналітичним методом:
– масштаб опору:

$$m_r = \frac{m_U}{m_I}, \quad (1.1)$$

де m_U – масштаб напруги, В/см;
 m_I – масштаб струму, А/см;

– динамічний опір лампи розжарювання $R_{\partial 1}$ при силі струму I_P , заданій викладачем;

$$r_{\partial 1} = m_r \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.2)$$

де α – кут між дотичною в робочій точці і вісью струму, градус.

– статичний опір лампи розжарювання R_{c1} при силі струму I_P , заданій викладачем:

$$r_{c1} = m_r \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (1.3)$$

де β – кут між прямою, що з'єднує нуль з робочою точкою, і вісью струму, градус.

6.9 Побудуйте за результатами експериментальних досліджень таблиці 1.2 вольт-амперну характеристику резистора $U_p(I)$ в обраному масштабі.

6.10 Визначити графо-аналітичним методом масштаб опору, використавши рівняння (1.1) і графіки вольт-амперних характеристик елементів електричного кола.

– динамічний опір резистора $r_{\partial 2}$ при силі струму I_P у робочій точці, заданій викладачем;

$$r_{\partial 2} = m_r \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad (1.4)$$

– статичний опір лампи розжарювання r_{c2} при силі струму I_P , у робочій точці, заданій викладачем.

$$r_{c2} = m_r \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (1.5)$$

6.11 Занести отримані значення статичного і динамічного опорів лампи розжарювання і резистора в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунків опорів

Величини опорів елементів кола					
Лампа розжарювання			Резистор		
I_P, A	$r_{\partial 1}, Ом$	$r_{c1}, Ом$	I_P, A	$r_{\partial 2}, Ом$	$r_{c2}, Ом$

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Мета лабораторної роботи.
- 7.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 7.4 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.
- 7.5 Графіки вольт-амперних характеристик лампи розжарювання і резистора.
- 7.6 Таблиця 1.1.
- 7.7 Таблиця 1.2.
- 7.8 Таблиця 1.3.
- 7.9 Висновок щодо порівняння величин статичного і динамічного опору лампи розжарювання і резистору.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 8.1. Що називається вольт-амперною характеристикою (ВАХ) елемента електричного кола?
- 8.2. Які елементи електричного кола називаються лінійними?
- 8.3. Які елементи електричного кола називаються нелінійними?
- 8.4. Приведіть приклади нелінійних елементів.
- 8.5. Які нелінійні елементи називають симетричними?
- 8.5. Які нелінійні елементи називають несиметричними?
- 8.6. Що називається статичним опором нелінійного елемента?
- 8.7. Як розрахувати статичний опір нелінійного елемента?
- 8.8. Що називається динамічним опором нелінійного елемента?
- 8.9. Як розрахувати динамічний опір нелінійного елемента?
- 8.10. Як розрахувати масштаб опору?
- 8.11. Який динамічний опір називають позитивним?
- 8.12. Який динамічний опір називають негативним?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема: Дослідження нелінійних кіл постійного струму

МЕТА: придбання практичних навичок при вивченні вольт-амперних характеристик нелінійного електричного кола при послідовному і паралельному з'єднанні елементів

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 13 «Нелінійні кола постійного струму [1, с.166-168].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 13.2-13.3 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.9 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.2 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.3 Зняти вольт-амперну характеристику нелінійного електричного кола при послідовному з'єднанні елементів кола.
- 2.4 Зняти вольт-амперну характеристику нелінійного електричного кола при паралельному з'єднанні елементів кола.
- 2.5 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка складається з генератора постійного струму G , регулятора напруги R_H , лампи розжарювання EL , резистора R , перемикач QS_1 , вимикач QS_2 , амперметра PA , вольтметра PV . Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 2.1.

Для складання схеми необхідно мати 14 провідників (на схемі позначені номерами 1-14).

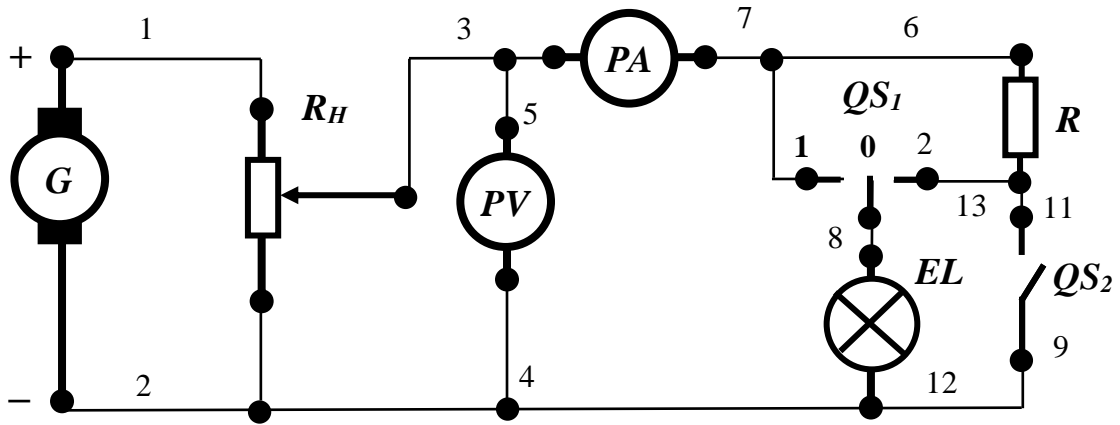


Рисунок 2.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

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

- Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при послідовному з'єднанні елементів кола (перемикач QS_1 у положення «2» і вимикач QS_2 розімкнений), наведена на рисунку 2.2.

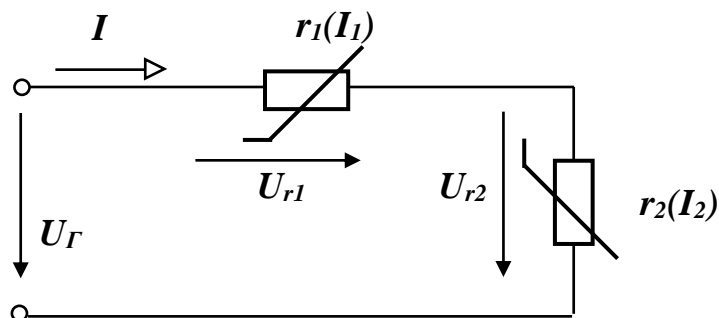


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при послідовному з'єднанні елементів кола

На розрахунковій схемі (рисунок 2.2) введені наступні умовні позначення:

E – електрорушійна сила генератора, B ;

$r_1(I_1)$ – опір лампи розжарювання, $Ом$;

$r_2(I_2)$ – опір резистора, $Ом$;

U_{r1} – спадання напруги на опорі лампи розжарювання, B ;

U_{r2} – спадання напруги на опорі резистора, B

U_G – напруга на затискачах генератора, B ;

I – сила струму в колі, A .

- Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при паралельному з'єднанні елементів кола (перемикач QS_1 у положення «1» і вимикач QS_2 замкнений), наведена на рисунку 2.3.

На розрахунковій схемі (рисунок 2.3) введені наступні умовні позначення:

E – електрорушійна сила генератора, B ;

$r_1(I_1)$ – опір лампи розжарювання, $Ом$;

$r_2(I_2)$ – опір резистора, $Ом$;

U_{r1} – спадання напруги на опорі лампи розжарювання, B ;

U_{r2} – спадання напруги на опорі резистора, B

U_G – напруга на затискачах генератора, B ;

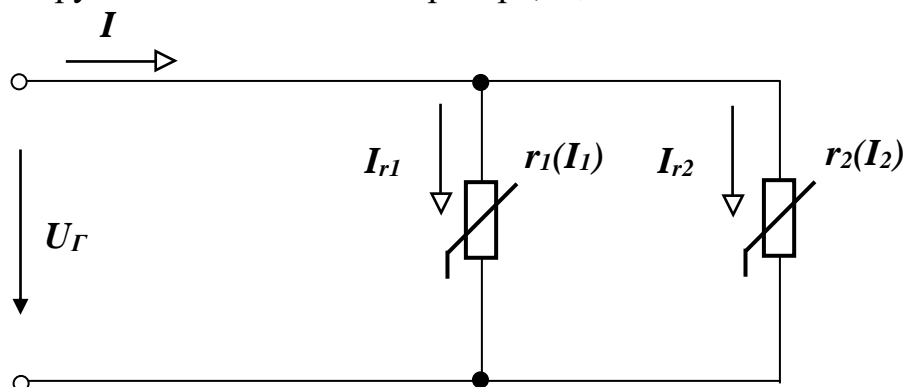


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при паралельному з'єднанні елементів кола

I – сила струму в колі, A ;

I_1 – сила струму в лампі розжарювання, A ;

I_2 – сила струму в резисторі, A ;

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

- 5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.
- 5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола та пояснити її.
- 5.3 Уміти за допомогою експериментальних даних дослідити коло з послідовно з'єднаними елементами і побудувати аналітично ВАХ електричного кола.
- 5.4 Уміти за допомогою експериментальних даних дослідити коло з паралельно з'єднаними елементами і побудувати аналітично ВАХ електричного кола.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 6.1 Зібрати схему експериментальної установки.
- 6.2 Включити перемикач S_1 к положення 1 і виключити вимикач S_2 .
- 6.4 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.
- 6.5 Змінюючи напругу за допомогою регулятора напруги від 0 до значення, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1А, зняти показання приладів у колі лампи розжарювання, результати занести в таблицю 2.1.
- 6.6 Включити перемикач QS_1 к положення 0 і включити вимикач QS_2 .

Таблиця 2.1 – Результати експериментальних досліджень вольт-амперної характеристики лампи розжарювання $U_L(I)$

Умови проведення експерименту	Показання приладів								
Вимикач QS_1 замкнений у положенні 1, вимикач QS_2 розімкнений	U_L , В	0							
	I , А								

- 6.7 Змінюючи напругу за допомогою регулятора напруги від 0 до значення, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1А, зняти показання приладів у колі резистора, результати занести в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати експериментальних досліджень вольт-амперної характеристики резистора $U_p(I)$

Умови проведення експерименту	Показання приладів									
Вимикач QS_1 замкнений у положенні 0, вимикач QS_2 замкнений	U_p , В	0								
	I , А									

6.8 Побудувати графіки вольт-амперних характеристик лампи розжарювання $U_l(I)$ і резистора $U_p(I)$ в одних осях.

6.9 Використовуючи ВАХ елементів електричного кола лампи розжарювання $U_l(I)$ і резистора $U_p(I)$ в цих же осях побудуйте ВАХ всього кола $U_I(I)$ при послідовному їхньому з'єднанні (аналітична ВАХ при послідовному з'єднанні).

6.9 Включити перемикач S_1 у положення «2» і виключити вимикач S_2 для дослідження кола з послідовно з'єднаними елементами.

6.10 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

6.11 Змінюючи напругу за допомогою регулятора напруги від 0 до значення, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1А, зняти показання приладів у колі з послідовно з'єднаними елементами, результати занести в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати експериментальних досліджень вольт-амперної характеристики з послідовно з'єднаними елементами $U_{посл}(I)$

Умови проведення експерименту	Показання приладів									
Вимикач QS_1 у положенні «2», вимикач QS_2 розімкнений	$U_{посл}$, В	0								
	$I_{посл}$, А									

6.12 Побудувати ВАХ електричного кола з послідовно з'єднаними елементами $U_{посл}(I)$ в тих же осях (пункт 6.9) і порівняти його з

розрахунковою ВАХ $U_1(I)$ при послідовному їхньому з'єднанні (експериментальна ВАХ при послідовному з'єднанні).

6.13 Визначити похибку напруги для робочої сили струму, вказаної викладачем, між аналітичною ВАХ і експериментальною ВАХ при послідовному з'єднанні за рівнянням:

$$\varepsilon_{U\%} = \frac{U_{\text{аналіт}} - U_{\text{експер}}}{U_{\text{аналіт}}} \cdot 100\% . \quad (2.1)$$

6.14 Використовуючи ВАХ елементів електричного кола лампи розжарювання $U_L(I)$ і резистора $U_P(I)$ в цих же осях побудуйте ВАХ всього кола $U_2(I)$ при паралельному їхньому з'єднанні.

6.15 Включити перемикач S_1 у положення «1» і включити вимикач S_2 для дослідження кола з паралельно з'єднаними елементами.

6.16 Змінюючи напругу за допомогою регулятора напруги від 0 до значення, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1А, зняти показання приладів у колі з паралельно з'єднаними елементами, результати занести в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати експериментальних досліджень вольт-амперної характеристики з паралельно з'єднаними елементами $U_{\text{парал}}(I)$

Умови проведення експерименту	Показання приладів									
Вимикач QS_1 у положенні «1», вимикач QS_2 замкнений	$U_1, \text{В}$	0								
	$I_1, \text{А}$									

6.17 Побудувати експериментальну ВАХ електричного кола з паралельно з'єднаними елементами $U_{\text{парал}}(I)$ в тих же осях (пункт 6.14) і порівняти його з аналітичною ВАХ $U_2(I)$ при паралельному їхньому з'єднанні.

6.18 Визначити похибку сили струму для робочої напруги, вказаної викладачем, між аналітичною ВАХ і експериментальною ВАХ (пункт 6.17) при паралельному з'єднанні за рівнянням:

$$\varepsilon_{U\%} = \frac{I_{\text{аналіт}} - I_{\text{експер}}}{U_{\text{аналіт}}} \cdot 100\% . \quad (2.2)$$

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Мета лабораторної роботи.
- 7.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 7.4 Розрахункові схеми електричного кола експериментальної установки.
- 7.5 Графіки вольт-амперних характеристик елементів електричного кола і електричного кола з послідовно і паралельно з'єднаними елементами.
- 7.6 Таблиця 1.1.
- 7.7 Таблиця 2.2.
- 7.8 Таблиця 2.3.
- 7.9 Таблиця 2.4.
- 7.10 Висновок щодо особливостей розрахунку струмів і напруг при послідовному і паралельному з'єднанні нелінійних елементів.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 8.1. Що називається ВАХ елемента електричного кола?
- 8.2. Які елементи електричного кола називаються лінійними?
- 8.3. Які елементи електричного кола називаються нелійними?
- 8.4. Яке з'єднання елементів кола називають послідовним?
- 8.5. Яке з'єднання елементів кола називають паралельним?
- 8.6. Наведіть алгоритм побудови ВАХ електричного кола при послідовно з'єднаних нелінійних резисторах, якщо задані у вигляді таблиці вольт-амперні характеристики елементів кола.
- 8.7. Наведіть алгоритм побудови ВАХ електричного кола при паралельно з'єднаних нелінійних резисторах, якщо задані у вигляді таблиці вольт-амперні характеристики елементів кола.
- 8.8. Як визначити силу струму електричного кола при послідовно з'єднаних нелінійних резисторах, якщо задані у вигляді таблиці вольт-амперні характеристики елементів кола і ЕРС джерела живлення?
- 8.9. Як визначити напругу на затискачах електричного кола при паралельно з'єднаних нелінійних резисторах, якщо задані у вигляді таблиці вольт-амперні характеристики елементів кола і силу струму ЕРС в нерозгалуженій частині кола?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 1

Тема: Дослідження магнітних кіл при постійних магнітних потоках

МЕТА: придбання практичних навичок при вивченні фізичних явищ, що мають місце у магнітному колі і величин, які характеризують магнітне коло при постійних магнітних потоках

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 14 «Нелінійні кола постійного струму [1, с.169-174].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 14.1-14.5 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.7 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.2 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.3 Провести експеримент і записати результати дослідження в таблицю 3.1.
- 2.4 Провести розрахунки і записати результати розрахунків фізичних величин, що характеризують магнітне коло в таблицю 3.2
- 2.5 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить ідеальний генератор постійного струму G , з'єднувальні проводи та котушку індуктивності K з феромагнітним осердям, для якої відомі кількість витків w та індуктивність L . Для вимірювання сили струму передбачений амперметр PA . Для комутації кола передбачений вимикач QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 3.1.

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

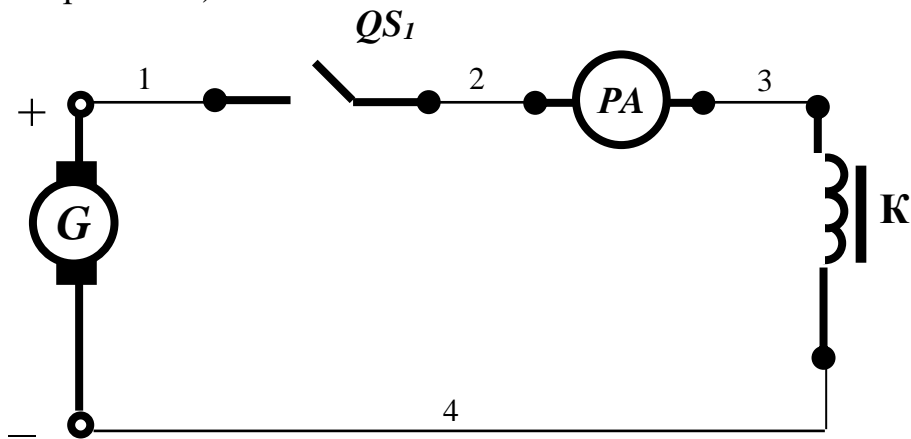


Рисунок 3.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

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

Розрахункова схема магнітного кола експериментальної установки при включенні вимикача QS_1 , наведена на рисунку 3.2.

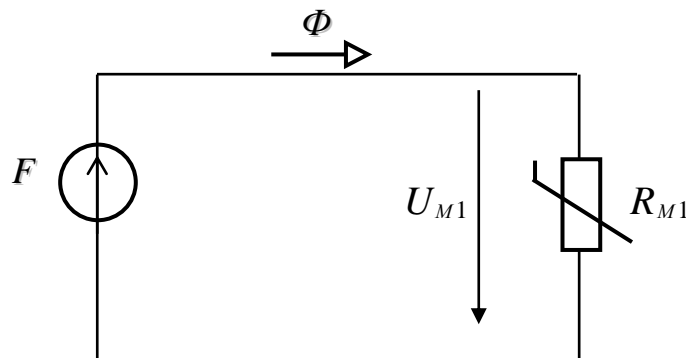


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема магнітного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

R_{M1} – магнітний опір резистора, 1/Гн;

F – магніторушійна сила, А;

Φ – магнітний потік, Вб;

U_{M2} – спадання магнітної напруги, А.

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.

5.2 Уміти скласти розрахункову схему магнітного кола та пояснити її.

5.3 Уміти за допомогою експериментальних даних дослідити магнітне коло.

5.4 Уміти за допомогою експериментальних даних визначити фізичні величини магнітного кола.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

6.1 Зібрати схему експериментальної установки.

6.2 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

6.3 Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1– Результати експериментальних досліджень

Умови проведення експерименту	Показання приладів		
	w	$L, Гн$	$I, А$
Вимикач QS_I замкнений			

6.4 Визначити за допомогою експериментальних даних магнітний потік усередині котушки, використовуючи рівняння закону електромагнетизму:

$$w \cdot \Phi = L \cdot I . \quad (3.1)$$

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

$$\psi = w \cdot \Phi . \quad (3.2)$$

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

$$F = w \cdot I . \quad (3.3)$$

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

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2} . \quad (3.4)$$

6.8 Занести отримані значення в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 Результати розрахунків фізичних величин

Фізичні величини, що характеризують магнітне коло			
$\Phi, \text{Вб}$	$\psi, \text{Вб}$	$F, \text{А}$	$W, \text{Дж}$

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Мета лабораторної роботи.
- 7.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 7.4 Розрахункова схема магнітного кола експериментальної установки.
- 7.6 Таблиця 3.1.
- 7.7 Таблиця 3.2.
- 7.8. Висновок щодо матеріалу магнітопроводу електричних машин.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 8.1 У чому суть явища електромагнетизму?
- 8.2 Сформулюйте правило «правого буравчика».

- 8.3 Яка фізична величина є силовою характеристикою магнітного поля?
- 8.4 Дайте визначення магнітної індукції.
- 8.5 Запишіть визначальну формулу магнітної індукції.
- 8.6 Одержите одиницю магнітної індукції з визначальної формули.
- 8.7 Що таке однорідне магнітне поле?
- 8.8. Дайте визначення магнітного потоку для однорідного магнітного поля.
- 8.9 Запишіть визначальну формулу магнітного потоку для однорідного магнітного поля.
- 8.10 Одержите одиницю магнітного потоку для однорідного магнітного поля з визначальної формули.
- 8.11 Сформулюйте закон електромагнетизму.
- 8.12 Запишіть математично і розшифруйте закон електромагнетизму.
- 8.13 Одержите одиницю потокозчеплення з математичного запису закону електромагнетизму.
- 8.14 Дайте визначення напруженості магнітного поля.
- 8.15 Запишіть визначальну формулу напруженості магнітного поля.
- 8.16 Одержите одиницю напруженості магнітного поля з визначальної формули.
- 8.17 Як визначити магнітну проникність середовища?
- 8.18 Що таке магнітна постійна?
- 8.19 Чому вона дорівнює магнітній постійній?
- 8.20 Що таке відносна магнітна проникність середовища?
- 8.20 Що характеризує відносна магнітна проникність матеріалу магнітопроводу?
- 8.21 Сформулюйте закон повного струму для однорідного магнітного поля.
- 8.22 Запишіть математично і розшифруйте закон повного струму для однорідного магнітного поля.
- 8.23 Що розуміється під намагнічуючою силою?
- 8.24 Запишіть визначальну формулу намагнічуючої сили.
- 8.25 Одержите одиницю намагнічуючої сили з визначальної формули.
- 8.26 Одержите напруженість магнітного поля з закону повного струму.
- 8.27 Як розрахувати магнітний опір ділянки магнітного кола?
- 8.28 Одержите одиницю виміру магнітного опору ділянки магнітного кола.
- 8.29 Що розуміють під магнітною напругою ділянки магнітного кола?
- 8.30 Одержите одиницю виміру магнітної напруги.
- 8.31. Назвіть основні елементи магнітного кола.
- 8.32 Яке призначення магнітопроводу?
- 8.32 Сформулюйте закон Ома для ділянки магнітного кола без МРС.

- 8.33 Запишіть математично і розшифруйте закон Ома для ділянки магнітного кола без МРС.
- 8.34 Сформулюйте закон Ома для замкненого магнітного кола з декількома МРС.
- 8.35 Запишіть математично і розшифруйте закон Ома для замкненого магнітного кола з декількома МРС.
- 8.36 Сформулюйте узагальнений закон Ома.
- 8.37 Запишіть математично і розшифруйте узагальнений закон Ома.
- 8.38 Запишіть математично і розшифруйте закон повного струму.
- 8.39 Запишіть визначальну формулу магнітного потоку.
- 8.40. Назвіть основні елементи магнітного кола.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 2

Тема: Дослідження розгалужених магнітних кіл при постійних магнітних потоках

МЕТА: придбання практичних навичок при складанні розрахункової схеми розгалуженого магнітного кола і вміти зробити розрахунок розгалуженого магнітного кола при постійних магнітних потоках з використанням законів Кірхгофа

1 ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 14 «Нелінійні кола постійного струму [1, с.174-178].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 14.3-14.4 [5]
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.6 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.2 Ознайомитися зі схемою експериментальної установки.
- 2.3 Скласти конструктивну схему пристрою.
- 2.4 Скласти розрахункову схему магнітного кола
- 2.5 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка містить пристрій, що має Ш-подібну форму магнітопроводу, на стрижні якого знаходиться котушка, для якої відомі кількість витків w , ідеальний генератор постійного струму G , з'єднувальні проводи, реостат R_H , амперметр PA і вольтметр PV . Для комутації кола передбачений вимикач QS_1 . Принципова схема експериментальної установки наведена на рисунку 3.3.

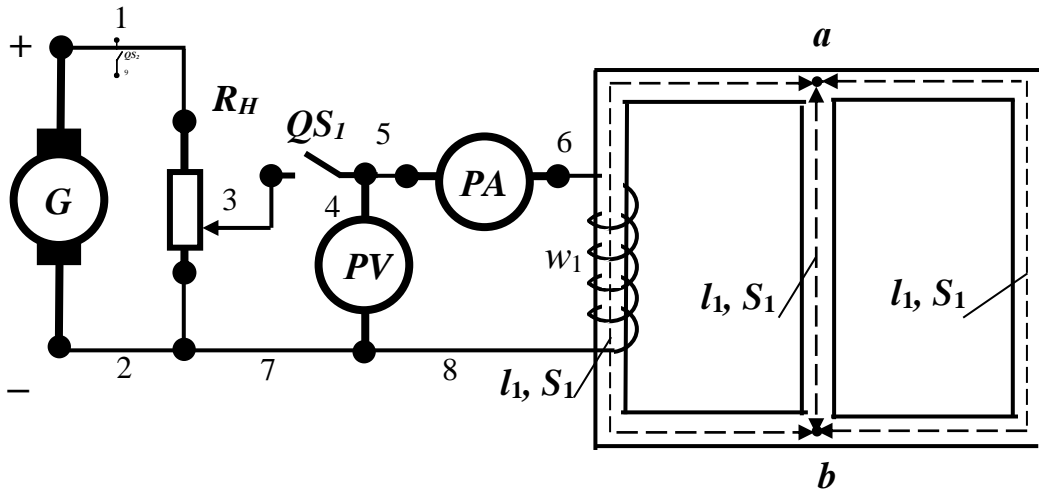


Рисунок.3.3 – Принципова схема експериментальної установки

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

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикачів дорівнюють нулю. Розрахункова схема магнітного кола експериментальної установки наведена на рисунку 3.4.

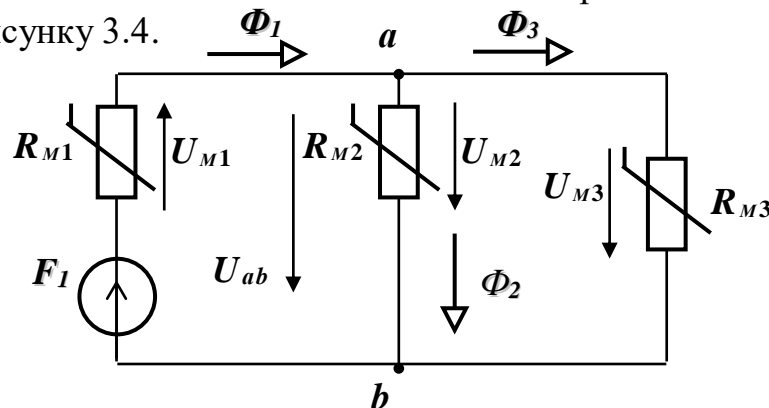


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема магнітного кола експериментальної установки

На конструктивній схемі введені наступні умовні позначення:

R_{M1}, R_{M2}, R_{M3} , – магнітні опори кола, 1/Гн;

F_1, F_2 , – магніторушійна сила, А;

Φ_1, Φ_2, Φ_3 , – магнітні потоки у стрижнях, Вб;

U_{M1}, U_{M2}, U_{M3} – спадання магнітної напруги на ділянках магнітного кола, А.

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Уміти скласти принципову схему електричного кола пристрою.

5.2 Уміти скласти розрахункову схему магнітного кола пристрою та пояснити її.

5.3 Уміти за допомогою першого і другого законів Кірхгофа скласти рівняння для розрахунку магнітних потоків у стрижнях.

5.4 Уміти визначити магнітні потоки у стрижнях розгалуженого магнітопроводу за допомогою експериментальних даних, кривої намагнічування, геометричних даних магнітопроводу і котушки.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Зібрати схему експериментальної установки.

2 Включити вимикач QS_1 експериментальної установки.

3 Подати напругу на затискачі експериментальної установки при якому струм у електричному колі не перевищує 1А і зняти покази приладів, результати занести в таблицю 3.3.

4 Занести в таблицю 4 довжини середніх магнітних ліній магнітопроводу l_1, l_2, l_3 , значення перерізів стрижнів S_1, S_2, S_3 , і кількість витків котушки w_1 .

Таблиця 3.3– Результати експериментальних досліджень

Умови проведення експерименту	Показання приладів і розміри магнітопроводу							
	I, A	$l_{1,м}$	$l_{2, м}$	$l_{3,м}$	$S_1, м^2$	$S_2, м^2$	$S_3, м^2$	w
Вимикач QS_1 замкнений								

Таблиця 3.4 – Крива намагнічування магнітопроводу

<i>B</i>	Тл	0	0,22	0,75	1,02	1,28	1,57
<i>H</i>	А/м	0	20	40	80	200	800

6.1 Скласти рівняння U_{mab1} для ділянки кола з середньою магнітною лінією l_1 за другим законом Кірхгофа.

$$F = H_1 \cdot l_1 + U_{mab1} . \quad (3.5)$$

6.2 Визначити намагнічуючу силу котушки за допомогою експериментальних даних і кількості витків.

6.3 Визначити магнітний потік Φ_1 у першому стрижні, задавшись значеннями магнітної індукції B (таблиця 3.4) і перерізом першого стрижня S_1 . Результати розрахунків занести у таблицю 3.5.

6.4. Визначити магнітну напругу на магнітному опорі першого стрижня U_{m1} , задавшись значеннями напруженості у магнітопроводі (таблиця 3.4) і довжиною середньої магнітної лінії l_1

$$U_{m1} = H_1 \cdot l_1. \quad (3.6)$$

Результати розрахунків занести у таблицю 3.5.

6.5 Визначити магнітну напругу U_{ab1} на ділянці кола з середньою магнітною лінією l_1 при різних магнітних напругах першого стрижня U_{m1} , задавшись значеннями таблиця 3.4 і магніторушійною силою F .

6.6 Визначити магнітний потік Φ_2 у другому стрижні, задавшись значеннями магнітної індукції B (таблиця 3.4) і перерізом другого стрижня S_2 . Результати розрахунків занести у таблицю 3.5.

6.7 Визначити магнітну напругу U_{ab2} на ділянці кола з середньою магнітною лінією l_2 при різних напруженостях магнітопроводу (таблиця 3.4). Результати розрахунків занести у таблицю 3.5

$$U_{mab2} = U_{m2} = H_2 \cdot l_2. \quad (3.7)$$

Таблиця 3.5 – Результати розрахунків магнітного кола

B	Тл	0	0,22	0,75	1,02	1,28	1,57
H	А/м	0	20	40	80	200	800
Φ_1	Вб						
$H_1 \cdot l_1$	А/м						
U_{mab1}	А						
Φ_2	Вб						
U_{mab2}	А						
Φ_3	Вб						
U_{mab3}	А						

6.8 Визначити магнітний потік Φ_3 у третьому стрижні, задавшись значеннями магнітної індукції B (таблиця 3.4) і перерізом третього стрижня S_3 . Результати розрахунків занести у таблицю 3.5

6.9 Визначити магнітну напругу U_{mab3} на ділянці кола з середньою магнітною лінією l_3 при різних напруженостях магнітопроводу (таблиця 3.4). Результати розрахунків занести у таблицю 3.5

$$U_{mab3} = U_{m3} = H_3 \cdot l_3. \quad (3.8)$$

6.10 Побудувати (в масштабі) в одній площині залежності $\Phi_1 = f(U_{mab1})$, $\Phi_2 = f(U_{mab2})$, $\Phi_3 = f(U_{mab3})$.

6.11 Побудувати в цій площині залежність $(\Phi_1 + \Phi_2) = f(U_{mab})$.

6.12 Позначити точку перетину залежностей $(\Phi_1 + \Phi_2) = f(U_{mab})$, $\Phi_1 = f(U_{mab1})$, $\Phi_2 = f(U_{mab2})$, $\Phi_3 = f(U_{mab3})$ як робочу точку «P», через неї провести пряму, паралельну вісі магнітного потоку.

6.13 Для робочої точки «P» визначити магнітні потоки у стрижнях Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 . Результати занести у таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати розрахунків магнітного кола

$U_{m\ ab}, A$	$\Phi_1, Bб$	$\Phi_2, Bб$	$\Phi_3, Bб$

6.13 Перевірити результати розрахунків магнітних потоків у стрижнях за першим законом Кірхгофа.

6.14 Скласти рівняння для незалежних магнітних контурів за другим законом Кірхгофа.

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

7.1 Назва лабораторної роботи.

7.2 Мета лабораторної роботи.

7.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

7.4 Розрахункова схема магнітного кола експериментальної установки.

7.5 Таблиця 1.

7.6 Таблиця 3.

7.7 Таблиця 4.

7.8 Графічні залежності $\Phi_1 = f(U_{m\ ab1})$, $\Phi_2 = f(U_{m\ ab2})$, $\Phi_3 = f(U_{m\ ab3})$ і $(\Phi_2 + \Phi_3) = f(U_{m\ ab})$, побудовані в одній площині (в масштабі).

7.9 Висновок щодо порядку розрахунку розгалужених магнітних кіл.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

8.1 Сформулюйте закон Ома для ділянки магнітного кола без МРС.

8.2 Запишіть математично і розшифруйте закон Ома для ділянки магнітного кола без МРС.

8.3 Сформулюйте закон Ома для замкненого магнітного кола з декількома МРС.

8.4 Запишіть математично і розшифруйте закон Ома для замкненого магнітного кола з декількома МРС.

8.5 Сформулюйте узагальнений закон Ома.

8.6 Запишіть математично і розшифруйте узагальнений закон Ома.

8.7 Сформулюйте 1-й закон Кірхгофа для розгалуженого магнітного кола.

8.8 Запишіть математично 1 закон Кірхгофа для розгалуженого магнітного кола.

8.9 Сформулюйте, запишіть математично і вкажіть фізичні величини, що входять до 2-го закону Кірхгофа для розгалуженого магнітного кола.

8.10 Дайте визначення напруженості магнітного поля.

8.11 Запишіть визначальну формулу напруженості магнітного поля.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема: Дослідження втрат активної потужності котушки з феромагнітним осередям

МЕТА: придбання практичних навичок при визначенні параметрів ідеальної котушки з феромагнітним осередям з урахуванням петлі гістерезису за експериментальними даними, вивчення фізичних процесів, що протікають в ідеальній котушці з феромагнітним осередям з урахуванням петлі

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 15 «Нелінійні кола змінного струму [1, с.178-183].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 15.1-15.3[5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.7 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.2 Зібрати схему експериментальної установки при підключенні котушки до джерела постійного струму.
- 2.3 Виконати експериментальне дослідження при підключенні котушки до джерела постійного струму і результати занести в таблицю 4.1.
- 2.4 Зібрати схему експериментальної установки при підключенні котушки до джерела змінного струму.
- 2.5 Виконати експериментальне дослідження при підключенні котушки до джерела змінного струму і занести в таблицю 4.2.
- 2.6 Виконати необхідні розрахунки по визначенню параметрів еквівалентної розрахункової схеми котушки з феромагнітним осередям з урахуванням петлі гістерезису і занести в таблицю 4.3.
- 2.7 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

1. Експериментальна установка складається з генератора постійного струму G , регулятора напруги R_H , амперметра PA , вольтметра PV , ватметра PW і котушки K з феромагнітним осердям.

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 4.1.

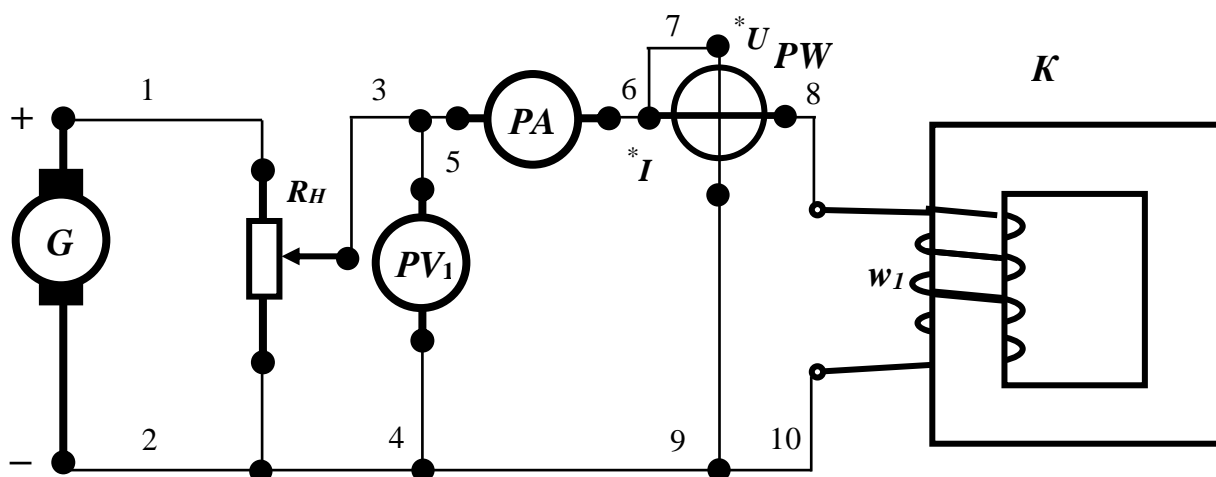


Рисунок 4.1 - Принципова схема експериментальної установки

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

2. Експериментальна установка складається з генератора змінного струму G , лабораторного автотрансформатора TV , амперметра PA , вольтметра PV , ватметра PW , котушки K з феромагнітним осердям.

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 4.2.

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

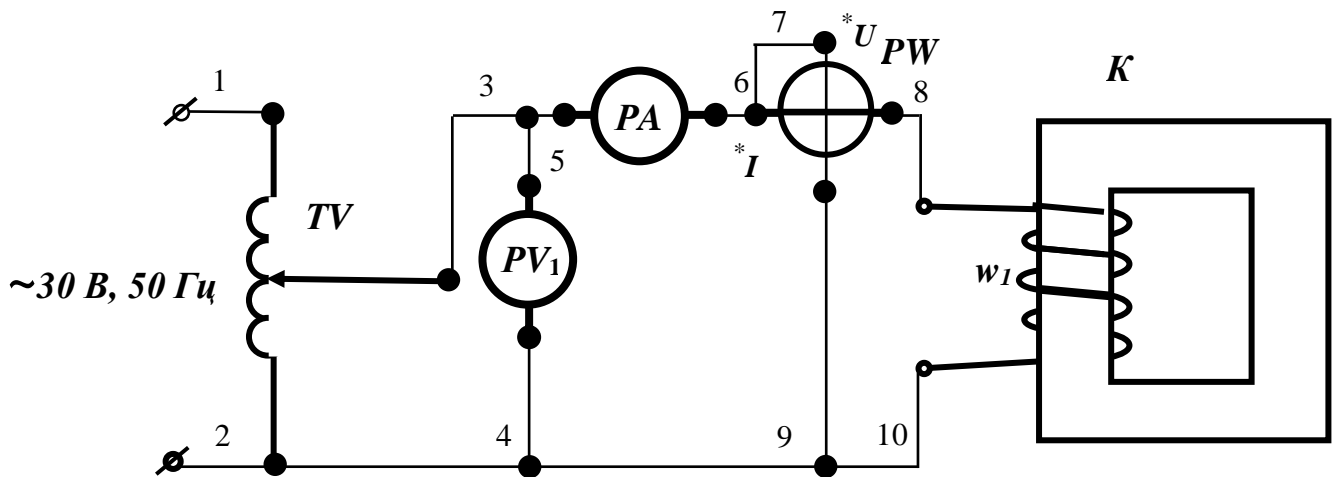


Рисунок 4.2 - Принципова схема експериментальної установки

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів дорівнюють нулю;
- опір обмотки амперметра і обмотки струму ватметра дорівнює нулю;
- опір обмотки вольтметра і обмотки напруги ватметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у них не протікає.

1. Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при підключенні котушки з феромагнітним осердям до джерела постійного струму, наведена на рисунку 4.3.

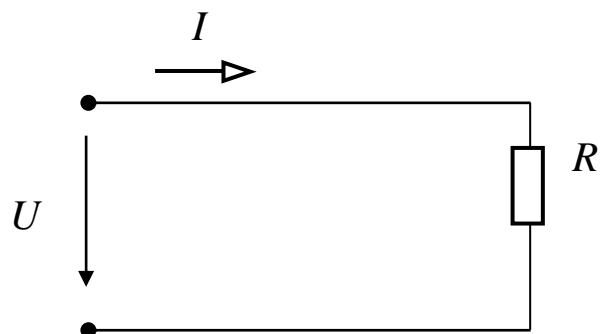


Рисунок 4.3 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при підключенні котушки з феромагнітним осердям до джерела постійного струму

На розрахунковій схемі (рисунок 4.3) введені наступні умовні позначення:

U – напруга на затискачах котушки з феромагнітним осердям, B ;

I – сила струму в електричному колі, A ;

R – опір проводу котушки, Om ;

2. Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при підключенні котушки з феромагнітним осердям до джерела змінного струму, наведена на рисунку 4.4.

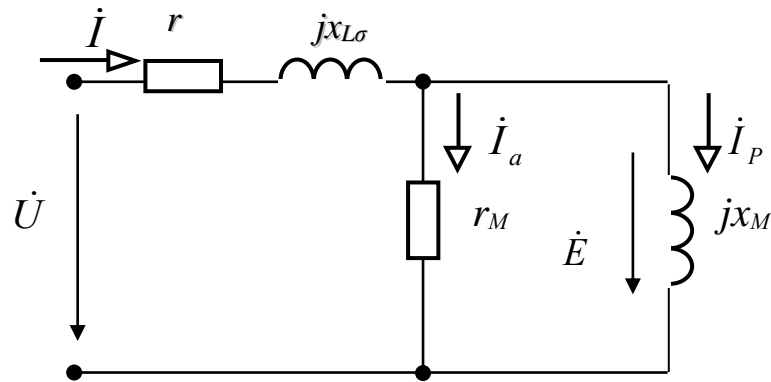


Рисунок 4.4 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при підключенні котушки з феромагнітним осердям до джерела змінного струму

На розрахунковій схемі (рисунок 4.4) введені наступні умовні позначення:

\dot{U} – напруга на затискачах котушки з феромагнітним осердям, B ;

\dot{I} – сила струму в електричному колі, A ;

\dot{I}_a – активна складова струму, A ;

\dot{I}_P – реактивна складова струму, A ;

r – активний опір проводу котушки, Om ;

$jX_{L\sigma}$ – реактивний опір котушки магнітному потоку розсіювання, Om ;

r_M – активний опір магнітопроводу котушки, Om ;

jX_M – реактивний опір магнітопроводу котушки, Om .

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

- 5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.
- 5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола та пояснити фізичні явища і процеси.
- 5.3 Уміти за допомогою експериментальних даних розрахувати активний опір проводу котушки з феромагнітним осердям.
- 5.4 Уміти за допомогою експериментальних даних розрахувати активний опір магнітопроводу котушки з феромагнітним осердям.
- 5.5 Уміти за допомогою експериментальних даних розрахувати втрати активної потужності у проводі, магнітопроводі котушки.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 6.1 Зібрати схему експериментальної установки при підключенні котушки з феромагнітним осердям до джерела постійного струму, наведена на рисунку 5.1.
- 6.2 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.
- 6.3 Встановити напругу за допомогою регулятора, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1А, зняти показання приладів у колі котушки з феромагнітним осердям, результати занести в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати експериментальних досліджень

Умови проведення експерименту	Показання приладів		
	I, A	U, B	$P, Вт$
Підключення котушки до джерела постійного струму			

- 6.4 Зібрати схему експериментальної установки при підключенні котушки з феромагнітним осердям до джерела постійного струму, наведена на рисунку 4.2.
- 6.5 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

6.6 Встановити напругу за допомогою регулятора, при якому струм у електричному колі не перевищує 1А, зняти показання приладів у колі котушки з феромагнітним осердям, результати занести в таблицю 4.2.

6.7 Визначити за допомогою експериментальних даних таблиці 4.1 активний опір проводу котушки з феромагнітним осердям:

$$r = R = \frac{U}{I}. \quad (4.1)$$

Таблиця 4.2 – Результати експериментальних досліджень

Умови проведення експерименту	Показання приладів		
	I, A	U, B	P, Bm
Підключення котушки до джерела змінного струму			

6.8 Визначити за допомогою експериментальних даних таблиці 4.2 активну потужність, що споживається проводом котушки з феромагнітним осердям на нагрів:

$$P_{\kappa} = r \cdot I^2. \quad (4.2)$$

6.9 Визначити за допомогою експериментальних даних таблиці 4.2 активну потужність, що споживається магнітопроводом котушки з феромагнітним осердям на нагрів, використовуючи рівняння:

$$P_{\text{м}} = P - P_{\kappa}. \quad (4.3)$$

6.10 Занести отримані значення в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку електричного кола

Фізичні величини, що характеризують коло			
$r, Ом$	P, Bm	P_{κ}, Bm	$P_{\text{м}}, Bm$

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Мета лабораторної роботи.
- 7.3 Принципові електричні схеми експериментальної установки.
- 7.4 Розрахункові схеми електричного кола експериментальної установки.
- 7.5 Таблиця 4.1.
- 7.6 Таблиця 4.2.
- 7.7 Таблиця 4.3.
- 7.8 Висновки що причин і наслідків гістерезису і вихрових струмів.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 8.1 Що таке ідеальна котушка з феромагнітним осердям у колі змінного синусоїдного струму?
- 8.2 Складіть конструктивну схему ідеальної котушки з феромагнітним осердям (зневажаючи магнітним потоком розсіювання, втратами на гістерезис і вихрові струми, приймаючи активний опір проводу котушки рівним нулю) при живленні від джерела змінного струму.
- 8.3 Запишіть математично і розшифруйте закон електромагнетизму для ідеальної котушки з феромагнітним осердям.
- 8.4 Одержіть вираз миттєвого магнітного потоку з виразу миттєвої напруги синусоїдного джерела прийнявши початкову фазу напруги рівною 90° .
- 8.5 Запишіть вираз миттєвого несинусоїдного струму для ідеальної котушки з феромагнітним осердям, замінивши його еквівалентним синусоїдним, прийняв початкову фазу магнітного потоку рівною нулю.
- 8.6 Запишіть вираз миттєвої ЕРС самоіндукції в ідеальній котушці з феромагнітним осердям, прийняв початкову фазу магнітного потоку рівною нулю.
- 8.7 Побудуйте векторну діаграму напруги, магнітного потоку, струму і ЕРС ідеальної котушки з феромагнітним осердям.
- 8.8 Складіть розрахункову схему ідеальної котушки з феромагнітним осердям.
- 8.9 Який вигляд буде мати крива струму з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми?

- 8.10 Запишіть вираз миттєвого значення магнітного потоку, прийняв початкову фазу магнітного потоку рівною нулю, у ідеальній котушці з феромагнітним осердям з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми.
- 8.11 Запишіть вираз миттєвого значення ЕРС самоіндукції у ідеальній котушці з феромагнітним осердям з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми, прийняв початкову фазу магнітного потоку рівною нулю.
- 8.12 Запишіть вираз миттєвого значення струму у ідеальній котушці з феромагнітним осердям з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми, прийняв початкову фазу магнітного потоку рівною нулю,
- 8.13 Побудуйте векторну діаграму напруги, магнітного потоку, струму і ЕРС ідеальної котушки з феромагнітним осердям з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми.
- 8.14 Складіть розрахункову схему ідеальної котушки з феромагнітним осердям з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми.
- 8.15 З яких складових складається намагнічуючий струм ідеальної котушки з феромагнітним осердям з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми, що вони показують?
- 8.16 Від чого і як залежать втрати активної потужності на гістерезис у магніто провіді котушки?
- 8.17 Від чого і як залежать втрати активної потужності на вихрові струми у магніто провіді котушки?
- 8.18 Які фізичні явища і процеси спостерігаються в в провіді і магніто провіді котушки з феромагнітним осердям при включенні до джерела постійного струму?
- 8.19 Які фізичні явища і процеси спостерігаються в провіді і магніто провіді котушки з феромагнітним осердям при включенні до джерела змінного струму?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 1

Тема: Дослідження індуктивної котушки з феромагнітним осердям

МЕТА: придбання практичних навичок при визначенні параметрів індуктивної котушки з феромагнітним осердям за експериментальними даними, вивчення фізичних процесів, що протікають в індуктивній котушці з феромагнітним осердям.

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 15 «Нелінійні кола змінного струму» до експериментальної частини 1 [1, с.185-186].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 15.4-15.6 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.6 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.2 Зібрати схему експериментальної установки.
- 2.3 Виконати експериментальне дослідження за допомогою експериментальної установки і результати занести в таблицю 5.1.
- 2.4 Виконати необхідні розрахунки по визначенню параметрів еквівалентної розрахункової схеми індуктивної котушки з феромагнітним осердям і результати розрахунків занести в таблицю 5.2.
- 2.5 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка складається з генератора змінного струму G , лабораторного автотрансформатора TV , амперметра PA , вольтметрів PV_1 , PV_2 , ватметра PW , котушки з феромагнітним осердям і вимірювальна котушка K .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 5.1.

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

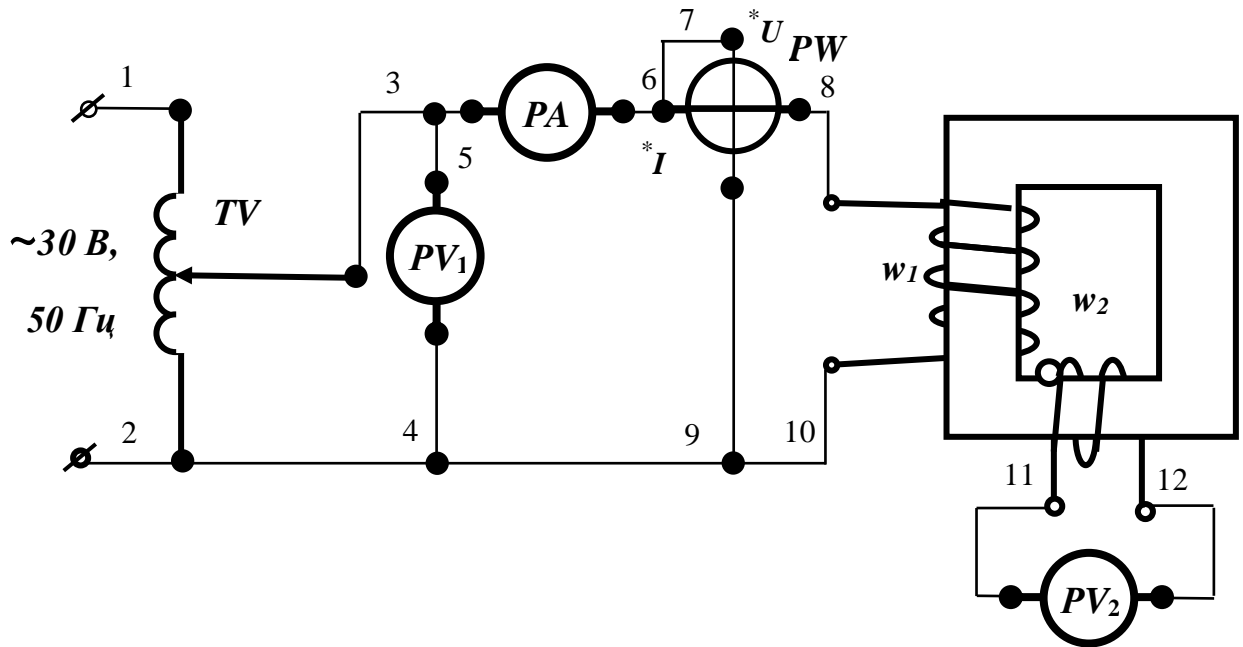


Рисунок 5.1 - Принципова схема експериментальної установки

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів дорівнюють нулю;
- опір обмотки амперметра і обмотки струму ватметра дорівнює нулю;
- опір обмоток вольтметрів і обмотки напруги ватметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у них не протікає.

Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при підключенні котушки з феромагнітним осердям до джерела змінного струму, наведена на рисунку 5.2.

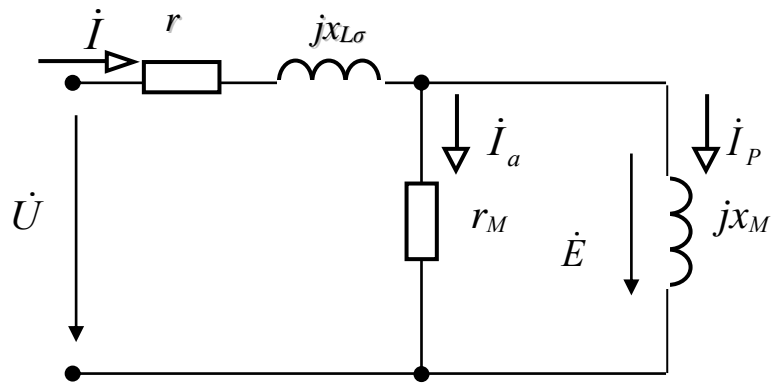


Рисунок 5.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при підключенні котушки з феромагнітним осердям до джерела змінного струму

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

\dot{U} – напруга на затискачах котушки з феромагнітним осердям, B ;

\dot{I} – сила струму в електричному колі, A ;

\dot{I}_a – активна складова струму, A ;

\dot{I}_P – реактивна складова струму, A ;

r – активний опір проводу котушки, Ω ;

$jx_{L\sigma}$ – реактивний опір котушки магнітному потоку розсіювання, Ω ;

r_M – активний опір магнітопроводу котушки, Ω ;

jx_M – реактивний опір магнітопроводу котушки, Ω .

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.

5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для постійного і змінного струму та пояснити основні фізичні явища і процеси, що виникають в цих колах.

5.3 Уміти за допомогою експериментальних даних розрахувати параметри розрахункової схеми котушки з феромагнітним осердям.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

6.1 Зібрати схему експериментальної установки при підключенні котушки з феромагнітним осердям до джерела змінного струму, наведена на рисунку 6.1.

6.2 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

6.3 Встановити напругу за допомогою регулятора, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1A , зняти показання приладів у колі котушки з феромагнітним осердям, результати занести в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати експериментальних досліджень котушки

Умови проведення експерименту	Показання приладів			
	I, A	U_1, B	U_2, B	P, Bm
Підключення котушки до джерела змінного струму				

6.4 Записати параметри досліджуваної індуктивної котушки з феромагнітним осердям:

активний опір проводу котушки $r = \underline{\hspace{2cm}}$ Ом.

число витків котушок: $w_1 = \underline{\hspace{2cm}}$;

і вимірювальної котушки $w_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

6.5 Визначити за допомогою експериментальних даних активну потужність, що споживається проводом котушки на нагрів:

$$P_k = r \cdot I^2 ; \quad (5.1)$$

де r – опір проводу котушки, Ом.

6.6 Записати активну потужність, що споживається котушкою з феромагнітним осердям.

6.7 Визначити за допомогою експериментальних даних активну потужність, що споживається магнітопроводом котушки з феромагнітним осердям на нагрів, використовуючи рівняння:

$$P = P_k + P_m ; \quad (5.2)$$

6.8 Визначити за допомогою експериментальних даних ЕРС взаємоіндукції у вимірювальній котушці, використовуючи рівняння:

$$U_2 = E_2 ; \quad (5.3)$$

6.9 Визначити амплітуду магнітного потоку у магнітопроводі котушки, використовуючи рівняння:

$$E_2 = 4,44 f \cdot w_2 \cdot \Phi_m. \quad (5.4)$$

6.10 Визначити ЕРС самоіндукції у котушці з феромагнітним осереддям, використовуючи рівняння:

$$E_1 = 4,44 f \cdot w_1 \cdot \Phi_m. \quad (5.5)$$

6.11 Визначити активну складову струму в котушці з феромагнітним осереддям, використовуючи рівняння:

$$I_a = \frac{P_m}{E_1}. \quad (5.6)$$

6.12 Визначити активний опір магнітопроводу котушки з феромагнітним осереддям, використовуючи рівняння:

$$P_m = r_m \cdot I_a^2. \quad (5.7)$$

6.13 Визначити реактивну складову струму в котушці з феромагнітним осереддям, використовуючи рівняння:

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2}. \quad (5.8)$$

6.14 Визначити активний опір магнітопроводу котушки з феромагнітним осереддям, використовуючи рівняння:

$$E_1 = x_m \cdot I_p. \quad (5.9)$$

6.15 Визначити реактивний опір котушки з феромагнітним осереддям потоку розсіювання, використовуючи рівняння:

$$\dot{U}_1 = r \cdot \dot{I} + jx_\sigma \cdot \dot{I} - \dot{E}_1. \quad (5.10)$$

6.16 Занести отримані значення в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку електричного кола котушки з феромагнітним магнітопроводом

Фізичні величини, що характеризують коло										
$r,$ <i>Ом</i>	$P,$ <i>Вт</i>	$P_K,$ <i>Вт</i>	$P_M,$ <i>Вт</i>	$\Phi_m,$ <i>Вб</i>	$E_1,$ <i>В</i>	$I_a,$ <i>А</i>	$I_p,$ <i>А</i>	$r_m,$ <i>Ом</i>	$x_m,$ <i>Ом</i>	$x_\sigma,$ <i>Ом</i>

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

7.1 Назва лабораторної роботи.

7.2 Мета лабораторної роботи.

7.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

7.4 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

7.5 Таблиця 5.1.

7.6 Таблиця 5.2.

7.7 Висновок щодо матеріалу і призначення магнітопроводу у котушці.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

8.1 Які фізичні явища і процеси спостерігаються в реальній котушці з феромагнітним осердям у колі змінного струму?

8.2 Складіть конструктивну схему реальної котушки, вказавши фізичні величини.

8.3 Як записується рівняння рівноваги напруги реальної котушки з феромагнітним осердям для миттєвих значень?

8.4 Складіть розрахункову схему реальної котушки з феромагнітним осердям.

8.5 Як записується рівняння рівноваги напруги реальної котушки з феромагнітним осердям в комплексній формі?

8.6 Як записати вираз ЕРС самоіндукції реальної котушки з феромагнітним осердям, задавшись миттєвим значенням магнітного потоку при початковій фазі рівній нулю?

- 8.7 Як розрахувати діюче значення ЕРС самоіндукції котушки з феромагнітним осердям?
- 8.8 Як визначити активний опір магнітопроводу котушки з феромагнітним осердям?
- 8.9 Як визначити активну потужність, яка виділяється в провідниках котушки?
- 8.10 Яка причина виникнення явища гістерезису в осерді котушки?
- 8.11 Який існує спосіб зменшення втрат потужності у котушці з феромагнітному осередді котушки від гістерезису?
- 8.12 Яке явище сприяє виникненню вихрових струмів в осерді котушки?
- 8.13 Від чого залежить втрата потужності на вихрові струми?
- 8.14 Які існують способи зменшення втрат потужності у феромагнітному осередді котушки від вихрових струмів?
- 8.15 Як визначити активну потужність, яка виділяється в осерді котушки
- 8.16 Які втрати потужності мають місце в котушці з феромагнітним осереддям і як вони відображаються на схемі заміщення?
- 8.17 Яким явищем обумовлений індуктивний опір феромагнітного магнітопроводу котушки?
- 8.18 Яким явищем обумовлений індуктивний опір потоку розсіювання котушки з феромагнітним осердям?

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 2

Тема: Ферорезонанс напруги

МЕТА: придбання практичних навичок при дослідженні режиму ферорезонансу напруги в електричних колах, що містять послідовно з'єднані конденсатор і індуктивну котушку з феромагнітним осердям

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 15 «Нелінійні кола змінного струму» [2, с.658-660].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 15.5 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.9 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.2 Зібрати схему експериментальної установки для дослідження вольт-амперної характеристики (ВАХ) котушки з феромагнітним осердям і ВАХ конденсатора.
- 2.3 Виконати експериментальне дослідження вольт-амперної характеристики котушки з феромагнітним осердям і результати занести в таблицю 5.3.
- 2.4 Виконати експериментальне дослідження вольт-амперної характеристики конденсатора і результати занести в таблицю 5.4.
- 2.5 Зібрати схему експериментальної установки для дослідження ферорезонансу напруги.
- 2.6 Виконати експериментальне дослідження електричного кола і результати занести в таблицю 5.5.
- 2.7 Виконати необхідні розрахунки і результати розрахунків занести в таблицю 5.6.
- 2.8 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

1. Експериментальна установка для дослідження ВАХ котушки з феромагнітним осердям і конденсатора наведена на рисунку 5.3.

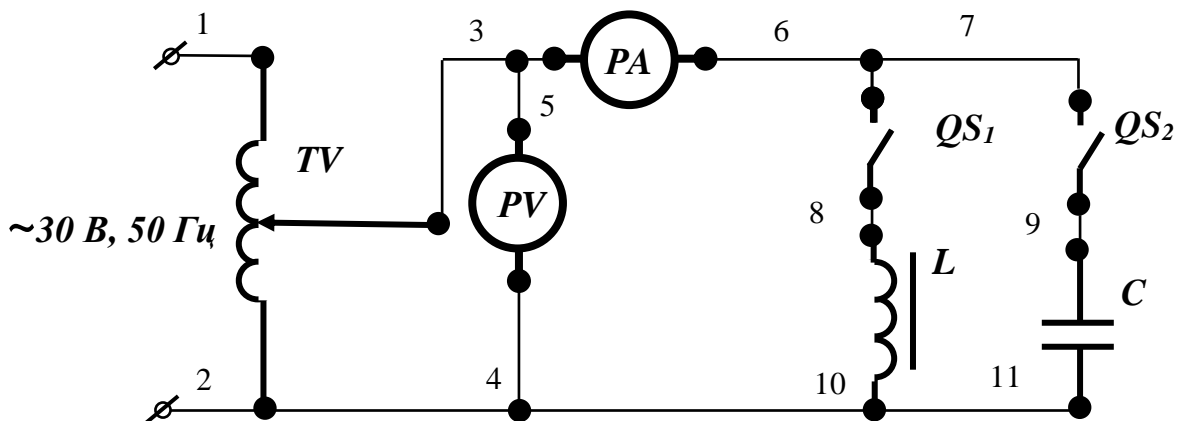


Рисунок 5.3 - Принципова схема експериментальної установки для дослідження ВАХ котушки з феромагнітним осердям і ВАХ конденсатора

Принципова електрична схема експериментальної установки для дослідження ВАХ котушки з феромагнітним осердям і конденсатора

складається з генератора змінного струму G , лабораторного автотрансформатора TV , амперметра PA , вольтметра PV , котушки з феромагнітним осердям і конденсатора.

Принципова електрична схема складається з 11 провідників (на схемі позначені номерами 1-11).

2. Експериментальна установка для дослідження ферорезонансу складається з генератора змінного струму G , лабораторного автотрансформатора TV , реостат R_H для обмеження сили струму, амперметра PA , вольтметрів PV_1 , PV_2 , PV_3 , котушки з феромагнітним K осердям і конденсатора C і вимикачі QS_1 , QS_2 .

Принципова електрична схема експериментальної установки для дослідження ферорезонансу напруги наведена на рисунку 5.4.

Для складання схеми необхідно мати 14 провідників (на схемі позначені номерами 1-14).

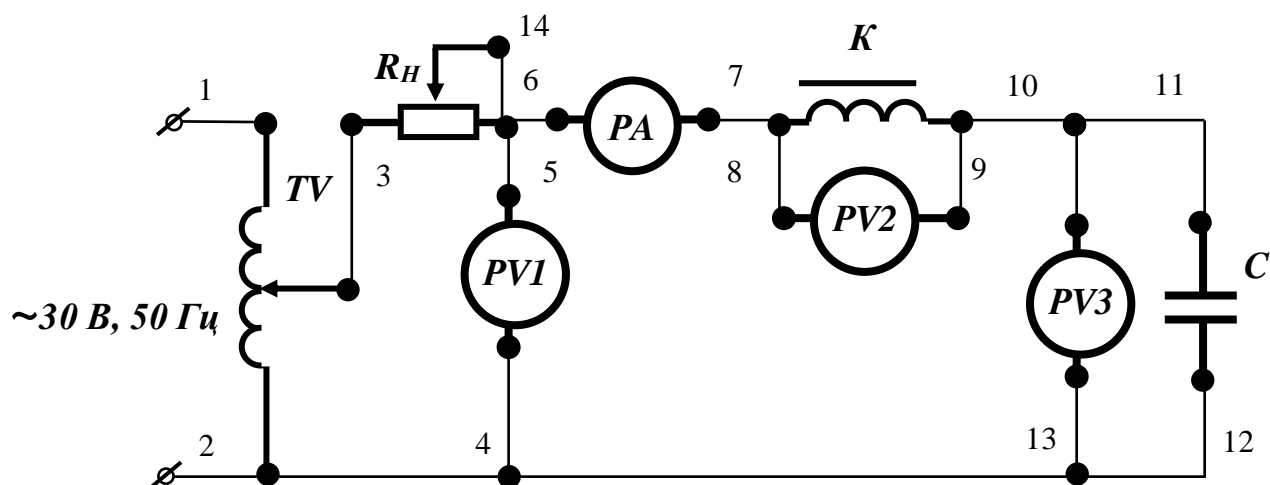


Рисунок 5.4 - Принципова електрична схема експериментальної установки для дослідження ферорезонансу напруги

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми електричного кола для дослідження ферорезонансу напруги прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів дорівнюють нулю;
- опір обмотки амперметра дорівнює нулю;

- опір обмоток вольтметрів дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у них не протікає;

активний опір котушки з феромагнітним осердям дорівнює нулю;

- активний опір конденсатора дорівнює нескінченності, тобто конденсатор ідеальний.

Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки для дослідження ферорезонансу напруги наведена на рисунку 5.5.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

\dot{U} – напруга на затискачах котушки з феромагнітним осердям, B ;

\dot{I} – сила струму в електричному колі, A ;

L – нелінійна індуктивність котушки з феромагнітним осердям, $Гн$;

C – ємність конденсатора, Φ .

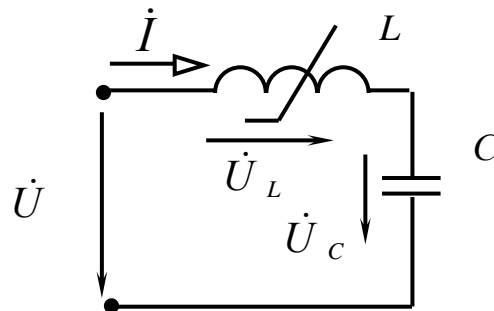


Рисунок 5.5 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки для дослідження ферорезонансу напруги

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола для дослідження ВАХ котушки з феромагнітним осердям і ВАХ конденсатора та зібрати її.

5.2 Уміти скласти принципову електричну схему кола для дослідження ферорезонансу напруги.

5.3 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола для дослідження ферорезонансу напруги та пояснити її.

5.4 Уміти підібрати ємність конденсатора для виникнення в електричному колі ферорезонансу напруги.

5.5 Уміти за допомогою експериментальних даних розрахувати параметри розрахункової схеми електричного кола для дослідження ферорезонансу напруги.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

6.1 Зібрати схему експериментальної установки для дослідження ВАХ котушки з феромагнітним осердям і ВАХ конденсатора, що наведена на рисунку 5.3.

6.2 Замкнути вимикач QS_1 , а вимикач QS_2 розімкнути.

6.3 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

6.4 Змінюючи напругу за допомогою регулятора напруги від 0 до значення, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1А , зняти показання приладів у колі котушки з феромагнітним осердям, результати занести в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати експериментальних досліджень ВАХ котушки з феромагнітним осердям $U_L(I_L)$

Умови проведення експерименту	Показання приладів									
Вимикач QS_2 замкнений, вимикач QS_1 розімкнений	$U_L, \text{В}$	0								
	$I_L, \text{А}$									

6.5 Встановити ємність конденсатора $50\dots70$ мкФ. Замкнути вимикач QS_2 , а вимикач QS_1 розімкнути.

6.6 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

6.7 Змінюючи напругу за допомогою регулятора напруги від 0 до значення, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує 1А , зняти показання приладів у колі конденсатора, результати занести в таблицю 5.4.

6.8 Побудувати графіки ВАХ котушки з феромагнітним осердям $U_L(I_L)$ і ВАХ конденсатора $U_C(I_C)$ в одних осях. Визначити: чи можливий режим ферорезонансу напруги у колі при обраній ємності конденсатора, для цього знайдіть точку перетину графіків ВАХ котушки і конденсатора.

6.9 Побудувати в тих же осях графік ВАХ електричного кола $U(I)$ при послідовному з'єднанні котушки з феромагнітним осердям і конденсатора, використовуючи рівняння:

$$U = |U_L - U_C|. \quad (5.11)$$

Таблиця 5.4 – Результати експериментальних досліджень ВАХ конденсатора $U_C(I_C)$

Умови проведення експерименту	Показання приладів									
Вимикач QS_2 замкнений, вимикач QS_1 розімкнений	$U_C, \text{В}$	0								
	$I_C, \text{А}$									

6.10 Визначити за допомогою графіка ВАХ електричного кола $U(I)$:

- напругу в колі $U_{СТР}$, при якій відбувається стрибок струму;
- силу струму на початку стрибка I_1 ;
- сила струму на при кінці стрибка I_2 ;
- визначити напругу на котушці з феромагнітним осердям при ферорезонансі напруги U_{LP} ;
- визначити напругу на конденсаторі при ферорезонансі напруги U_{CP} ;
- визначити силу струму при ферорезонансі напруги I_P ;
- визначити еквівалентну індуктивність котушки в момент ферорезонансу напруги, використовуючи рівняння:

$$L_e = \frac{U_{LP}}{\omega I_p}, \quad (5.12)$$

- визначити ємність конденсатора в момент ферорезонансу напруги, використовуючи рівняння:

$$x_C = \frac{U_{CP}}{I_p}, \quad (5.13)$$

$$C = \frac{I}{\omega \cdot x_C} \quad (5.14)$$

6.11 Результати розрахунку електричного кола при ферорезонансі напруги занести в таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку електричного кола

Фізичні величини, що характеризують коло							
U_{CTP}, B	I_1, A	I_2, A	I_P, A	U_{LP}, B	$L_e, Гн$	U_{CP}, B	$C, Ф$

6.12 Побудувати векторну діаграму напруги і струму для режиму ферорезонансу в масштабі.

6.13 Зібрати схему експериментальної установки для дослідження ферорезонансу напруги, що наведена на рисунку 5.4.

6.11 Ввести реостат R_H для обмеження сили струму.

6.12 Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

6.13 Змінюючи напругу за допомогою автотрансформатора від 0 до значення, при якому струм у електричному дослідному колі не перевищує **2А**, зняти експериментальну вольт-амперну характеристику $U_E(I_E)$ електричного кола, показання приладів у електричному колі занести в таблицю 5.6.

6.14 Побудувати в тих же осях графік експериментальних досліджень ВАХ електричного кола $U_E(I_E)$ при дослідженні ферорезонансу напруги.

Таблиця 5.6 – Результати експериментальних досліджень вольт-амперної характеристики кола $U_E(I_E)$

Умови проведення експерименту	Показання приладів									
Реостат R_H введений	U_E, B	0								
	I_E, A									

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Мета лабораторної роботи.
- 7.3 Принципові електричні схеми експериментальних установок.
- 7.4 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки для дослідження ферорезонансу напруги.
- 7.5 Таблиця 5.3.
- 7.6 Таблиця 5.4.
- 7.7 Таблиця 5.5.
- 7.8 Таблиця 5.6.
- 7.9 Векторна діаграма.
- 7.10 Графіки ВАХ електричного кола $U_E(I_E)$ при дослідженні ферорезонансу напруги згідно пунктів 6.8; 6.9; 6.11 експериментальної частини 2.
- 7.10 Висновок щодо причин, умов виникнення і наслідків ферорезонансу напруг.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 8.1 Що розуміється під резонансом напруг?
- 8.2 При яких умовах виникає резонанс напруг?
- 8.3 Що розуміється під ферорезонансом напруг?
- 8.4 Що загального і у чому різниця між резонансом напруг у лінійних колах і ферорезонансом?
- 8.5 Чому у нелінійних колах з послідовно з'єднаними котушкою з феромагнітним осердям і конденсатором при зміні напруги виникає ферорезонанс напруг?
- 8.6 За яких умов виникає резонанс напруги?
- 8.7 Чому дорівнює кут зсуву фаз при ферорезонансі напруг?
- 8.8 Що розуміється під явищем «перекидання фази»?
- 8.9 Що розуміється під «тригерним ефектом» у ферорезонансному колі?
- 8.10 Які фізичні процеси спостерігаються у електричному колі при резонансі напруги?
- 8.11 Який вигляд має векторна діаграма струму і напруг при резонансі напруг?
- 8.12 Як визначити напруги на індуктивності і ємності в електричному колі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема: Дослідження трансформатора з феромагнітним осердям

МЕТА: придбання практичних навичок визначення параметрів трансформатора з феромагнітним осердям вивчити фізичні явище і процеси у трансформаторі з феромагнітним осердям

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІНОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 15 «Нелінійні кола змінного струму» [1, с.186-191].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 15.8, 15.9 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.6 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитись з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
- 2.2 Зібрати схему експериментальної установки дослідження трансформатора з феромагнітним осердям.
- 2.3 Виконати експериментальне дослідження трансформатора з феромагнітним осердям і результати занести в таблицю 6.1.
- 2.4 Виконати необхідні розрахунки по визначенню параметрів і електричних величин еквівалентної розрахункової схеми трансформатора з феромагнітним осердям і результати занести в таблицю 6.2.
- 2.5 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка складається з генератора змінного синусоїдного струму G , лабораторного автотрансформатора TV , амперметрів PA_1 , PA_2 у первинній і вторинній обмотках, вольтметрів PV_1 , PV_2 у первинній і вторинній обмотках, ватметру PW , навантажувальної котушка K_H , вимикача QS_1 .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 6.1.

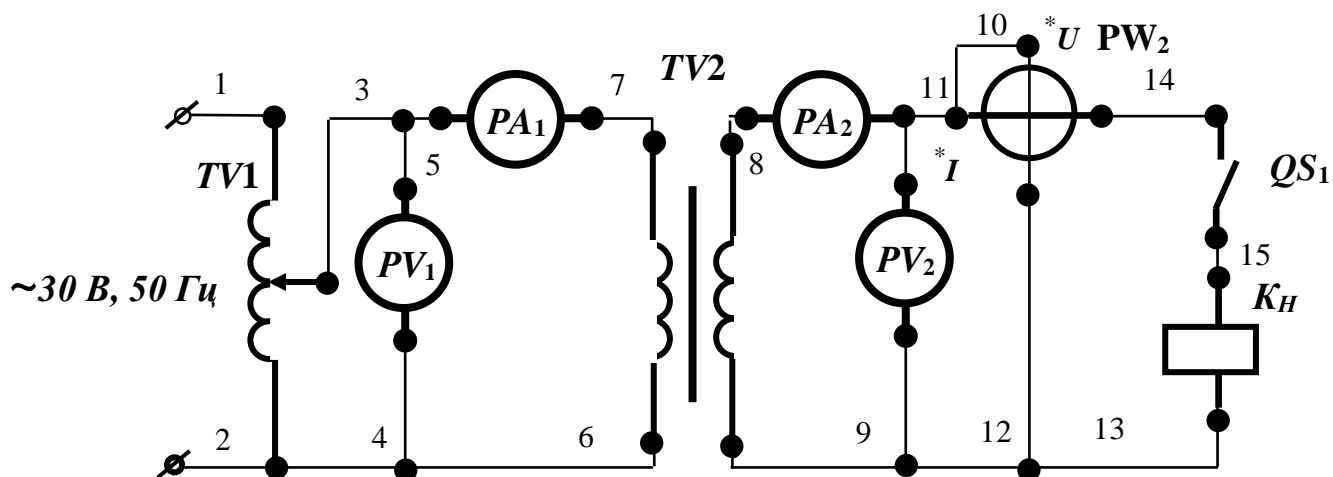


Рисунок 6.1 - Принципова схема експериментальної установки

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

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми (рисунок 6.2) прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів дорівнюють нулю;
- опір обмотки амперметра і обмотки струму ватметра дорівнює нулю;
- опір обмоток вольтметрів і обмотки напруги ватметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у них не протікає.

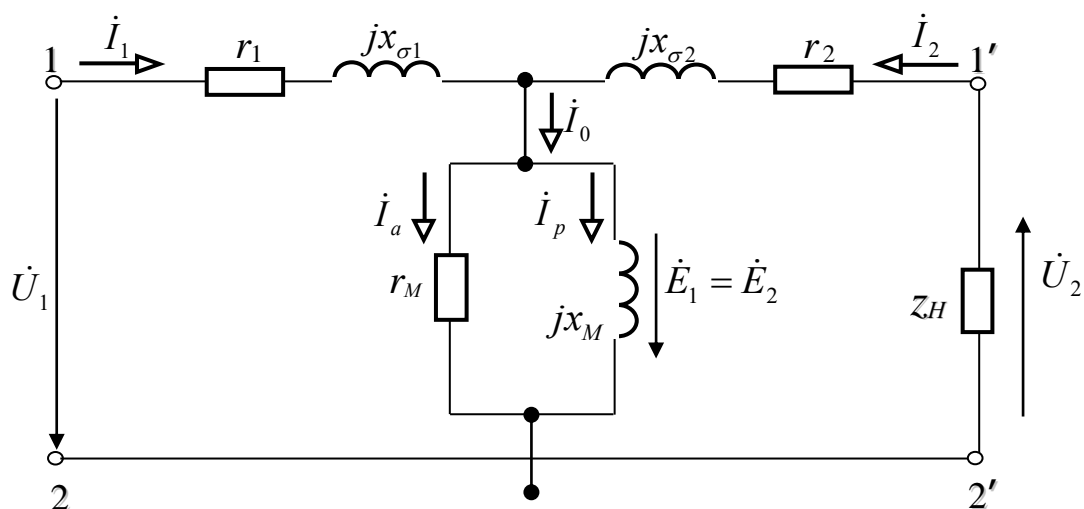


Рисунок 6.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при дослідженні трансформатора з феромагнітним осердям

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

\dot{U}_1 – напруга на затискачах первинної обмотки трансформатора, *B*;

\dot{I}_1 – сила струму в електричному колі первинної обмотки трансформатора, *A*;

\dot{U}_2 – напруга на затискачах вторинної обмотки трансформатора, *B*;

\dot{I}_2 – сила струму в електричному колі вторинної обмотки трансформатора, *A*;

r_1 – активний опір первинної обмотки, *Ом*;

$jx_{\sigma 1}$ – реактивний опір первинної обмотки магнітному потоку розсіювання, *Ом*;

r_2 – активний опір вторинної обмотки, *Ом*;

$jx_{\sigma 2}$ – реактивний опір вторинної обмотки магнітному потоку розсіювання, *Ом*;

r_m – активний опір магнітопроводу, *Ом*;

jx_m – реактивний опір магнітопроводу котушки, *Ом*.

\dot{I}_a – активна складова струму, *A*;

\dot{I}_p – реактивна складова струму, *A*;

Z_n – повний опір навантаження, *Ом*.

\dot{U}_1 – напруга на затискачах первинної обмотки, *B*;

\dot{U}_2 – напруга на затискачах вторинної обмотки, *B*;

\dot{I}_1 – сила струму в колі первинної обмотки, *A*;

\dot{I}_2 – сила струму в колі вторинної обмотки, *A*;

\dot{E}_1 – ЕРС самоіндукції первинної обмотки, *B*;

\dot{E}_2 – ЕРС взаємоіндукції вторинної обмотки, *B*;

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.

5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола та пояснити її.

5.3 Знати фізичні явища і процеси, що спостерігаються в обмотках і магнітопроводі трансформатора.

5.4 Знати принцип роботи однофазного трансформатора.

5.5 Уміти за допомогою експериментальних даних розрахувати параметри і фізичні величини розрахункової схеми трансформатора з феромагнітним осердям.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

6.1 Зібрати схему експериментальної установки при підключенні трансформатора з феромагнітним осердям до джерела змінного струму, наведена на рисунку 6.1.

6.2 Розімкнути вимикач QS_1 (режим холостого ходу трансформатора).

6.3.Подати напругу на затискачі експериментальної установки.

6.4 Встановити напругу за допомогою ЛАТР TV_1 , зняти показання приладів у колі котушки з феромагнітним осердям, результати занести в таблицю 6.1.

6.5 Навантажувальний реостат R_H повністю ввести.

6.6 Замкнути вимикач QS_1 (навантажувальний режим трансформатора), результати занести в таблицю 6.1.

6.7 Записати параметри досліджуваного трансформатора з феромагнітним осереддям:

число витків первинної обмотки: $w_1 = \underline{\hspace{2cm}}$;

число витків вторинної обмотки: $w_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

активний опір первинної обмотки: $r_1 = \underline{\hspace{2cm}}$;

активний опір вторинної обмотки: $r_2 = \underline{\hspace{2cm}}$;

Таблиця 6.1 – Результати експериментальних досліджень

Умови проведення експерименту	Показання приладів					
	U_1, B	I_1, A	P_1, Bm	U_2, B	I_2, A	P_2, Bm
1 Вимикач QS_1 розімкнений (режим холостого ходу)						
2 Вимикач QS_1 замкнений (навантажувальний режим)						

6.8 Визначити за допомогою експериментальних даних режиму холостого ходу ЕРС взаємоіндукції у вторинній обмотці трансформатора, використовуючи режим холостого ходу:

$$U_2 = E_2. \quad (6.1)$$

6.9 Визначити амплітуду магнітного потоку у магнітопроводі трансформатора, використовуючи рівняння (4.4):

6.10 Визначити ЕРС самоіндукції у трансформаторі з феромагнітним осердям, використовуючи рівняння (4.5):

6.13 Визначити втрати активної потужності у проводі первинної обмотки для режиму холостого ходу, використовуючи рівняння (4.2).

6.14 Визначити за допомогою розрахункових і експериментальних даних для режиму холостого ходу активну потужність, що споживається магнітопроводом котушки з феромагнітним осердям на нагрів, використовуючи рівняння (5.3).

6.15 Визначити за допомогою розрахункових даних активну складову струму, використовуючи рівняння (5.6).

6.16 Визначити за допомогою розрахункових даних активний опір магнітопроводу котушки з феромагнітним осердям, використовуючи рівняння (5.7).

6.17 Визначити за допомогою розрахункових даних реактивну складову струму, використовуючи рівняння (5.8).

6.18 Визначити за допомогою розрахункових даних реактивний опір магнітопроводу котушки з феромагнітним осердям, використовуючи рівняння (5.9).

6.19 Визначити за допомогою розрахункових і експериментальних даних для режиму холостого ходу ЕРС, що наводиться потоком розсіяння, яка складає 5% ЕРС самоіндукції первинної обмотки.

6.20 Визначити за допомогою розрахункових і експериментальних даних для режиму холостого ходу реактивний опір потоку розсіяння первинної обмотки, використовуючи рівняння:

$$x_{\sigma 1} = \frac{E_{\sigma 1}}{I_1}. \quad (6.2)$$

6.21 Визначити за допомогою розрахункових і експериментальних даних для режиму холостого ходу ЕРС, що наводиться потоком розсіяння, яка складає 5% ЕРС взаємоіндукції вторинної обмотки.

6.22. Визначити за допомогою розрахункових і експериментальних даних для режиму холостого ходу реактивний опір потоку розсіяння вторинної обмотки, використовуючи рівняння:

$$x_{\sigma 2} = \frac{E_{\sigma 2}}{I_2}. \quad (6.3)$$

6.23 Визначити повний опір навантаження, використовуючи закон Ома.

6.24 Визначити активний опір навантаження, використовуючи рівняння:

$$P_2 = r_n \cdot I_2^2. \quad (6.4)$$

6.25 Визначити повний опір навантаження за допомогою експериментальних даних для навантажувального режиму, використовуючи закон Ома.

6.26 Визначити реактивний опір навантаження за допомогою розрахункових даних для навантажувального режиму, використовуючи рівняння:

$$Z_n = \sqrt{r_n^2 + x_n^2}. \quad (6.5)$$

6.14 Визначити кут зсуву фаз навантаження за допомогою розрахункових даних для навантажувального режиму, використовуючи рівняння, використовуючи рівняння:

$$\varphi = \arccos \frac{r_n}{z_n}. \quad (6.6)$$

6.15 Визначити коефіцієнт трансформації трансформатора за допомогою рівняння:

$$K = \frac{w_1}{w_2}. \quad (6.7)$$

6.16 Результати розрахунку електричного кола занести в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати розрахунку електричного кола

Фізичні величини, що характеризують коло							
$\Phi_m, \text{Вб}$	$E_1, \text{В}$	$P_{np.1}$ Вт	$P_m, \text{Вт}$	$I_a, \text{А}$	$r_m, \text{Ом}$	$E_{\sigma 1}, \text{В}$	$x_{\sigma 1}, \text{Ом}$

Таблиця 6.2 – Продовження таблиці 6.2

Фізичні величини, що характеризують коло							
$E_2, \text{В}$	$E_{\sigma 2}, \text{В}$	$x_{\sigma 2}, \text{Ом}$	k	$r_n, \text{Ом}$	$x_n, \text{Ом}$	$z_n, \text{Ом}$	$\varphi_n,$ град

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

7.1 Назва лабораторної роботи.

7.2 Мета лабораторної роботи.

7.3 Принципова електрична схема експериментальної установки.

7.4 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

7.5 Таблиця 8.1.

7.6 Таблиця 8.2.

7.7 Висновок щодо явища, що лежить в основі принципу дії трансформатора і призначення трансформатора.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

8.1 Як побудований трансформатор з феромагнітним осердям?

8.2 Які явища спостерігаються в первинному контурі трансформатора з феромагнітним осердям?

8.3 Які явища спостерігаються у вторинному контурі трансформатора з феромагнітним осердям?

- 8.4 Які явища спостерігаються в магнітопроводі трансформатора з феромагнітним осердям?
- 8.5 Складіть конструктивну схему трансформатора з феромагнітним осердям та покажіть всі фізичні величини.
- 8.6 Яке призначення первинної обмотки трансформатора?
- 8.7 Яке призначення вторинної обмотки трансформатора?
- 8.8 Яке призначення феромагнітного осердя трансформатора?
- 8.9 Складіть розрахункову схему однофазного трансформатора з феромагнітним осердям.
- 8.10 Запишіть рівняння рівноваги напруги первинного контуру для миттєвих значень.
- 8.11 Запишіть рівняння рівноваги напруги первинного контуру в комплексній формі.
- 8.12 Запишіть рівняння рівноваги напруги вторинного контуру для миттєвих значень.
- 8.13 Запишіть рівняння рівноваги напруги вторинного контуру в комплексній формі.
- 8.14 Побудуйте якісно векторну діаграму трансформатора з феромагнітним осердям з однаковою кількістю витків первинної і вторинної обмоток, прийняв початкову фазу магнітного потоку рівною нулю.
- 8.15 Що таке коефіцієнт трансформації трансформатора, як його визначити?
- 8.16 Як визначити діюче значення ЕРС самоіндукції трансформатора?
- 8.17 Як визначити діюче значення ЕРС взаємоіндукції трансформатора?
- 8.18 Як визначити амплітуду магнітного потоку в магнітопроводі трансформатора?
- 8.19 Які втрати активної потужності мають місце в трансформаторі?
- 8.20 Чому при зміні струму у вторинному колі трансформатора автоматично змінюється і струм у первинному колі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Тема: Дослідження перехідних процесів в котушці у лінійних колах з постійною ЕРС

МЕТА: придбання практичних навичок при дослідженні перехідних процесів в котушці у лінійних колах з постійною ЕРС

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 16 «Перехідні процеси в лінійних колах [1, с.193-200].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 16.1-16.3 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.6 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитися з приладами та апаратурою експериментальної установки, у якій періодично за допомогою перемикача поляризованого реле, будуть чергуватися процеси підключення котушки до джерела постійної електрорушійної сили і короткого замикання.
- 2.2 Підключити експериментальну установку до джерела постійної напруги, а поляризоване реле до джерела змінної напруги із частотою 50 Гц.
- 2.3 Установити зазначені викладачем значення опорів зарядного резистора і розрядного резистора.
- 2.3 Включити осцилограф і подивитися на екрані криві зміни сили струму і напруги в колі з котушкою при включенні і короткому замиканні на резистор.
- 2.4 Змінити величини опорів резисторів у колі й подивитися на екрані змінені форми криві сили струму і напруги при включенні і короткому замиканні котушки на резистор.
- 2.5 Виконати експериментальне дослідження і результати занести в таблицю 9.1.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка складається з наступних елементів: джерела постійної напруги 4-6 В, джерела живлення змінної напруги 30 В, резистора R_3 в колі вмикання котушки і резистора R_P в колі короткого замикання котушки, однополюсного рубильника QS_1 , котушки індуктивності K , поляризованого реле KV , перемикача QS_2 , осцилографа, вольтметрів PV_1 , PV_2 , лабораторного автотрансформатора TV . Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 7.1.

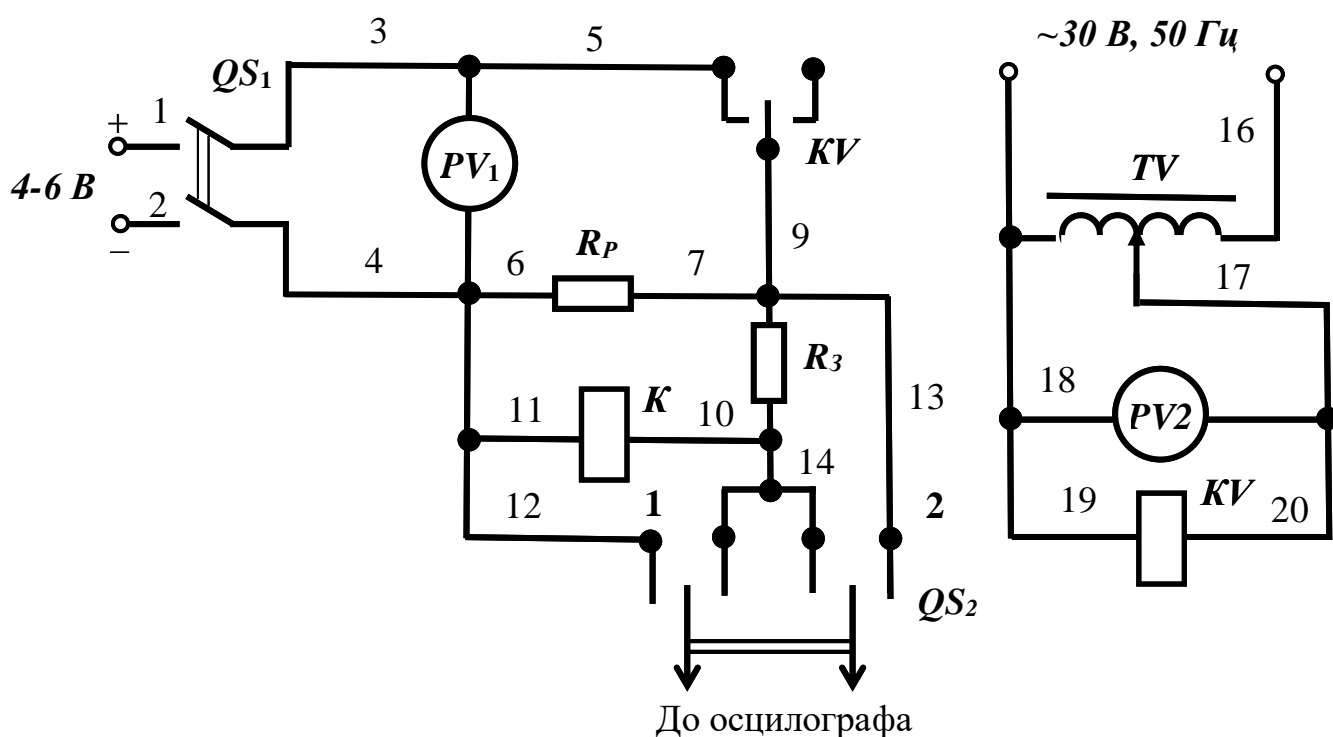


Рисунок 7.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 20 провідників (на схемі позначені номерами 1-20).

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикачів дорівнюють нулю;

- опір обмотки вольтметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у ньому не протікає.

Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при включенні перемикача QS_2 в положення **1** - рисунок 7.2а і при включенні перемикача QS_2 в положення **2** має вигляд, наведений на рисунку 7.2б.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

E – ЕРС джерела живлення, B ;

r – активний опір котушки, Om ;

L – індуктивність котушки, $Гн$,

r_3 – активний опір резистора при включенні котушки, Om ;

r_P – активний опір резистора при короткому замиканні котушки, Om ;

i – перехідний струм, A ;

u_r – напруга на активному опорі котушки, B ;

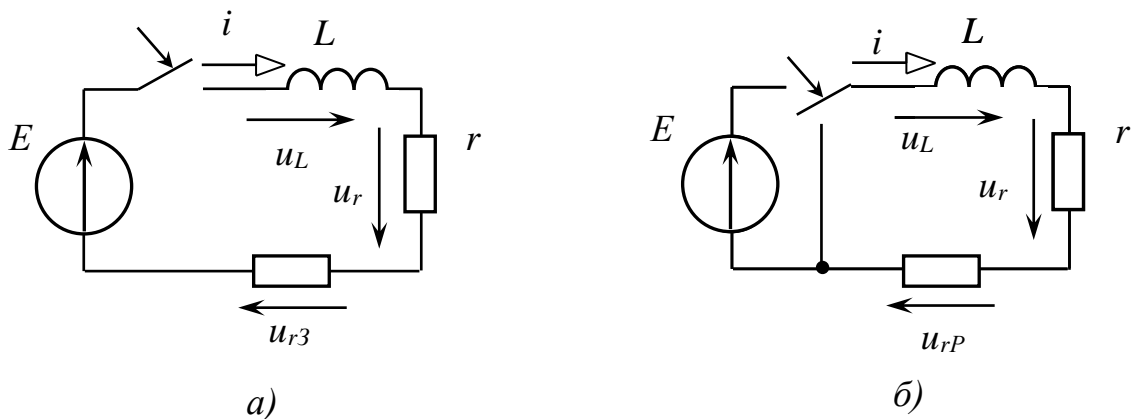


Рисунок 7.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

u_L – напруга на індуктивності котушки, B ;

u_{r3} – напруга на активному опорі резистора при включенні котушки, B ;

u_{rP} – напруга на активному опорі резистора при короткому замиканні котушки, B ;

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.

- 5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола та пояснити її.
- 5.3 Уміти визначити значення ЕРС акумуляторної батареї за допомогою експериментальних даних.
- 5.4. Уміти визначити постійну часу перехідного процесу при підключенні котушки до джерела постійного струму за допомогою експериментальних даних.
- 5.5. Уміти визначити корінь характеристичного рівняння за допомогою експериментальних даних.
- 5.6. Уміти визначити активний опір електричного кола при підключенні котушки до джерела постійного струму за допомогою експериментальних даних
- 5.7 Уміти визначити силу струму при підключенні котушки до джерела постійного струму за допомогою експериментальних даних
- 5.8 Уміти визначити початкові умови перехідного процесу за допомогою експериментальних даних.
- 5.9 Уміти визначити примусовий струм за допомогою експериментальних даних.
- 5.10 Уміти визначити вільний струм для $t = 0$ за допомогою експериментальних даних.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 6.1 Зібрати схему експериментальної установки.
- 6.2. Підключити експериментальну установку до джерела постійної напруги, а поляризоване реле до джерела змінної напруги із частотою 50 Гц.
- 6.3. Установити зазначені викладачем значення опорів резисторів R_3 , R_P .
- 6.4. Включити осцилограф і подивитися на екрані криві зміни сили струму і напруги в колі з котушкою при включенні.
- 6.5. Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1– Результати експериментальних досліджень

Умови проведення експерименту	Показання приладів		
	$r_3, Ом$	$r_P, Ом$	PV1, В
Перемикач <i>QS1</i> замкнений			

6.6. Запишіть параметри котушки: активний опір $r =$ _____, індуктивність $L =$ _____.

6.7. Визначити активний опір електричного кола, використовуючи рівняння:

- активний опір електричного кола при включенні котушки до джерела живлення:

$$r_B = r + r_3, \quad (7.1)$$

де r – активний опір котушки, $Ом$;

r_3 - опір реостату при заряді котушки, $Ом$;

6.8. Визначити за допомогою експериментальних даних ЕРС джерела живлення E , використовуючи рівняння:

$$U_1 = E; \quad (7.2)$$

6.9. Визначити постійну часу перехідного процесу τ_B при підключенні котушки до джерела постійної ЕРС, використовуючи рівняння:

$$\tau_B = \frac{L}{r_B}. \quad (7.3)$$

6.10. Визначити корінь характеристичного рівняння p_B за допомогою експериментальних даних, використовуючи рівняння:

$$p_B = -\frac{1}{\tau_B}. \quad (7.4)$$

6.11. Визначити примусовий струм $i_{пр}$ при підключенні котушки до джерела постійної ЕРС за допомогою експериментальних даних.

6.12. Визначити постійну інтегрування вільного струму при підключенні котушки до джерела постійної ЕРС за допомогою експериментальних даних.

6.13. Записати рівняння перехідного струму $i(t)$ при підключенні котушки до джерела постійної ЕРС

4.14 Занести отримані значення в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 - Результати розрахунку електричного кола при включенні котушки

Фізичні величини, що характеризують коло при включенні котушки						
$E,$ B	$\tau_B,$ c	$\rho_B,$ l/c	$r_B,$ Ом	$i_{np},$ A	$A,$ A	$i(t),$ A

6.15 Визначити активний опір електричного кола при короткому замиканні котушки, використовуючи рівняння:

- активний опір електричного кола при короткому замиканні котушки:

$$r_K = r + r_p, \quad (7.5)$$

де r_p - опір реостату при короткому замиканні котушки, Ом ;

6.16. Визначити постійну часу перехідного процесу τ_K при короткому замиканні котушки, використовуючи рівняння:

$$\tau_K = \frac{L}{r_K}. \quad (7.6)$$

6.17 Визначити корінь характеристичного рівняння p_K за допомогою експериментальних даних, використовуючи рівняння:

$$p_K = -\frac{1}{\tau_K}. \quad (7.7)$$

6.18. Визначити примусовий струм i_{np} при короткому замиканні котушки за допомогою експериментальних даних.

6.19 Визначити постійну інтегрування вільного струму при короткому замиканні котушки за допомогою експериментальних даних.

6.20. Записати рівняння перехідного струму $i(t)$ при короткому замиканні котушки.

6.21 Занести отримані значення в таблицю 7.3.

Таблиця 7.3 - Результати розрахунку електричного кола при короткому замиканні котушки

Фізичні величини, що характеризують коло при короткому замиканні котушки						
$E,$ B	$\tau_k,$ c	$\rho_k,$ l/c	$r_k,$ Ом	$i_{np},$ A	$A,$ A	$i(t),$ A

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

7.1 Назва лабораторної роботи.

7.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.

7.3 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

7.4 Таблиця 7.1.

7.5 Таблиця 7.2.

7.6 Таблиця 7.3.

7.7 Висновок щодо параметрів, від яких залежить час перехідного процесу у котушці при її включенні і короткому замиканні.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

8.1 Що розуміється під перехідними процесами?

8.2 Що розуміється під комутацією?

8.3 Якими величинами (миттєвими, діючими або максимальними) позначаються фізичні величини на розрахункових схемах електричного струму?

8.4 Сформулюйте 1-й закон комутації.

8.5 Яким математичний запис 1-го закону комутації?

8.6 Чому енергія, накоплена магнітним полем котушки не може змінитися миттєво?

8.7 Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу підключення котушки до джерела постійної ЕРС.

- 8.8 Складіть диференціальне рівняння електричного кола при включенні котушки до джерела постійної ЕРС в післякомутаційний період.
- 8.9 Складіть характеристичне рівняння кола при включенні котушки до джерела постійної ЕРС в післякомутаційний період.
- 8.10 Як розрахувати постійну часу при включенні котушки?
- 8.11 Вкажіть одиницю виміру постійну часу при включенні котушки.
- 8.12 Як визначити корінь характеристичного рівняння?
- 8.13 Вкажіть одиницю виміру кореня характеристичного рівняння при включенні котушки.
- 8.14 Запишіть рівняння для розрахунку примушеної складової струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.15 Вкажіть одиницю виміру примушеної складової струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.16 Запишіть рівняння вільної складової струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.17 Вкажіть одиницю виміру вільної складової струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.18 Які закони використовують для визначення незалежних початкових умов перехідного процесу в електричному колі?
- 8.19 Як знайти залежні початкові умови струму в колі котушки при включенні котушки до джерела постійної ЕРС?
- 8.20 Запишіть диференціальне рівняння напруги в електричному колі при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.21 Як визначити постійну інтегрування сили струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС, записавши початкові умови?
- 8.22 Вкажіть одиницю виміру постійну інтегрування сили струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.23 Запишіть рівняння перехідного струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.24 Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу при короткому замиканні котушки.
- 8.25 Складіть диференціальне рівняння напруг електричного кола при короткому замиканні котушки.
- 8.26 Як розрахувати постійну часу перехідного процесу при короткому замиканні котушки?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Тема: Дослідження перехідних процесів зарядження і розрядження конденсатора через резистор в лінійних колах з постійною ЕРС

МЕТА: придбання практичних навичок при дослідженні перехідних процесів зарядження і розрядження конденсатора через резистор в лінійних колах з постійною ЕРС

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 16 «Перехідні процеси в лінійних колах [1, с.201-203].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 16.4-16.6 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.6 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитися з експериментальною установкою, у якій періодично за допомогою перемикача поляризованого реле, будуть чергуватися процеси заряду і розряду конденсатора через резистори.
- 2.2 Підключити експериментальну установку до джерела постійної напруги, а поляризоване реле до джерела змінної напруги із частотою 50 Гц.
- 2.3 Установити зазначені викладачем значення ємності конденсатора, опорів зарядного резистора і розрядного резистора.
- 2.4 Включити осцилограф і подивитися на екрані криві зміни сили струму і напруги в колі з конденсатором при його заряді і розряді.
- 2.5 Змінити величини опорів резисторів у колі й подивитися на екрані змінені форми криві сили струму і напруги при заряді і розряді конденсатора.
- 2.6 Змінити величину ємності конденсатора і подивитися на екрані зміни форми криві сили струму і напруги при його заряді і розряді.
- 2.7 Виконати експериментальне дослідження і результати занести в таблицю 10.1.

2.8 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка складається з наступних елементів: постійної напруги 4-6 В, джерела живлення змінної напруги 30 В, конденсатора C , резистора R_3 в колі зарядження конденсатора і резистора R_P в колі розрядження конденсатора, однополюсного вимикача QS_1 , поляризованого реле KV , перемикачів QS_2 , QS_3 , осцилографа, вольтметрів PV_1 , PV_2 , лабораторного автотрансформатора TV .

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 8.1. джерела

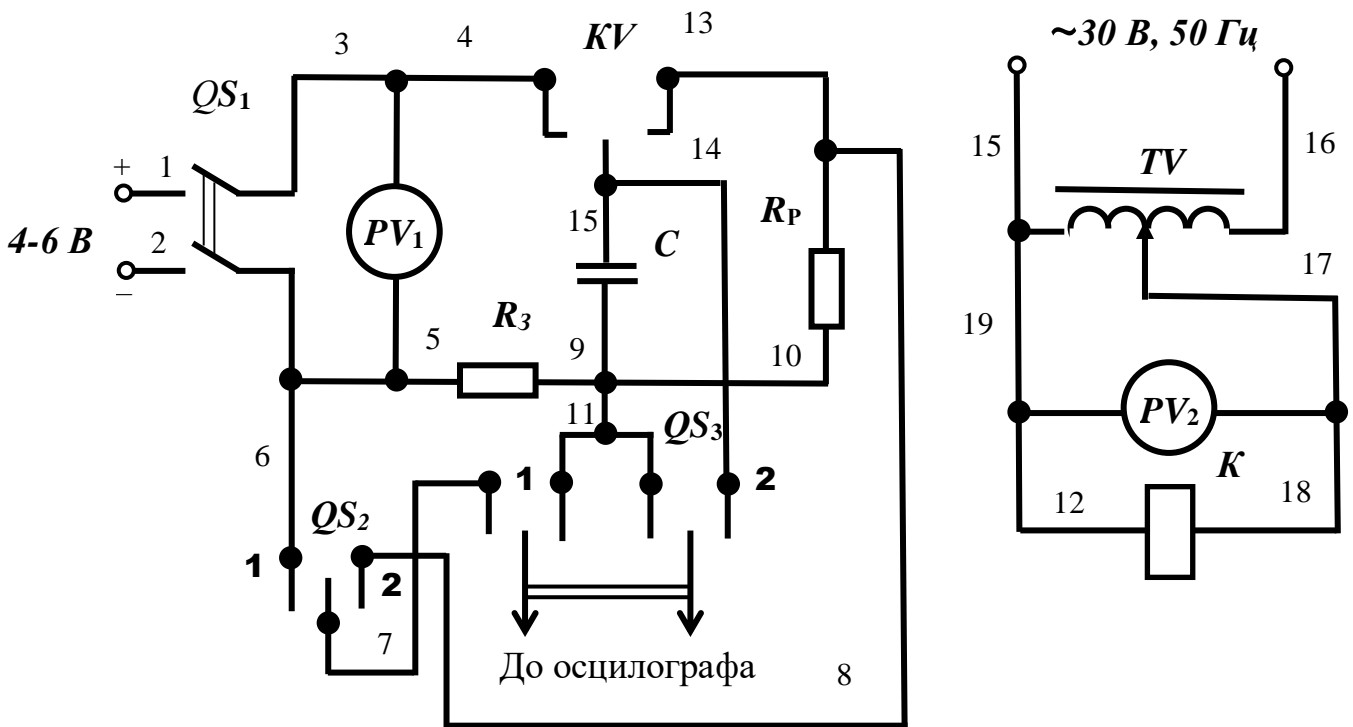


Рисунок 8.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 19 провідників (на схемі позначені номерами 1-19).

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при включенні вимикача QS_1 , перемикачів QS_2 , QS_3 в положення **1** (зарядження конденсатора) наведена на рисунку 8.2а і при включенні перемикачів QS_2 , QS_3 в положення **2** (розрядження конденсатора) наведена на рисунку 8.2б.

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикачів дорівнюють нулю;
- опір обмотки вольтметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у ньому не протікає.
- активний опір конденсатора дорівнює нескінченності, тобто конденсатор ідеальний.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

E – ЕРС джерела живлення, B ;

r_3 – активний опір резистора в колі зарядження конденсатора, Om ;

C – ємність конденсатора, Φ ,

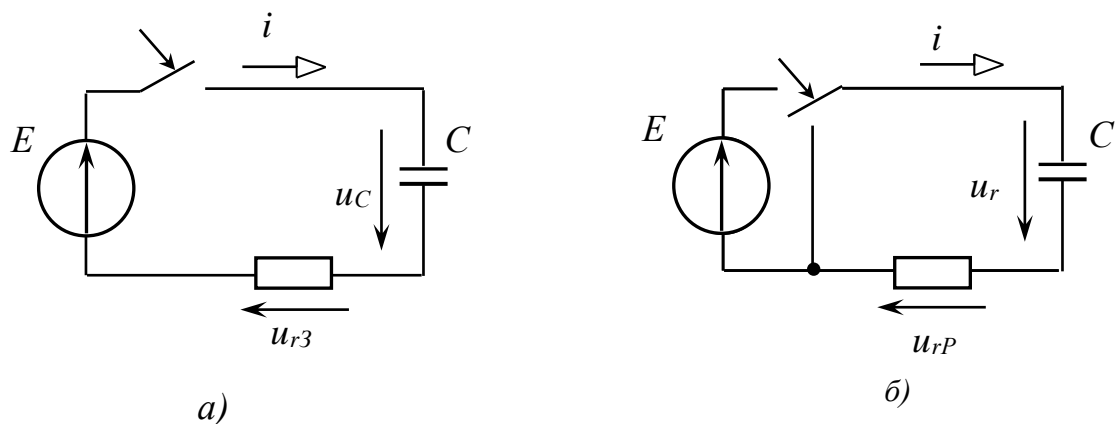


Рисунок 8.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

r_P – активний опір резистора в колі розрядження конденсатора, Om ;

i – перехідний струм, A ;

u_C – напруга на ємності конденсатора, B ;

u_{r3} – напруга на активному опорі резистора в колі зарядження конденсатора, B ;

u_{rP} – напруга на активному опорі резистора в колі розрядження конденсатора, B ;

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

- 5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.
- 5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола та пояснити її.
- 5.3 Уміти визначити значення ЕРС джерела живлення за допомогою експериментальних даних.
- 5.4. Уміти визначити постійну часу перехідного процесу при зарядженні конденсатора від джерела постійного струму за допомогою експериментальних даних.
- 5.5. Уміти визначити корінь характеристичного рівняння за допомогою експериментальних даних.
- 5.6. Уміти визначити активний опір електричного кола при зарядженні конденсатора від джерела постійного струму і розрядженні конденсатора за допомогою експериментальних даних.
- 5.7 Уміти визначити напругу на ємності при зарядженні конденсатора від джерела постійного струму за допомогою експериментальних даних
- 5.8 Уміти визначити початкові умови перехідного процесу за допомогою експериментальних даних.
- 5.9 Уміти визначити примушену напругу на ємності за допомогою експериментальних даних.
- 5.10 Уміти визначити вільну напругу на ємності для $t = 0$ за допомогою експериментальних даних.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 6.1 Зібрати схему експериментальної установки.
- 6.2 Підключити експериментальну установку до джерела постійної напруги, а поляризоване реле до джерела змінної напруги із частотою 50 Гц.
- 6.3. Установити зазначені викладачем значення опорів зарядного резистора.
- 6.4 Включити осцилограф і подивитися на екрані форми кривих сили струму і напруги при зарядженні і розрядженні конденсатора.

6.5 Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1 – Результати експериментальних досліджень при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС і його розрядженні

Умови проведення експерименту	Показання приладів		
	$r_3, \text{ Ом}$	$r_P, \text{ Ом}$	PV1, В
Вимикач QS_1 замкнений			

6.6 Запишіть ємність конденсатора $C = \underline{\hspace{2cm}}$..:

6.7 Визначити за допомогою експериментальних даних ЕРС джерела живлення E використовуючи рівняння (7.1).

6.8 Визначити постійну часу перехідного процесу τ_3 при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС, використовуючи рівняння:

$$\tau_3 = r_3 \cdot C, \quad (8.1)$$

де τ_3 – постійна часу при заряді конденсатора через резистор, с.

6.9 Визначити корінь характеристичного рівняння p_3 при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС, використовуючи рівняння:

$$p_3 = -\frac{1}{r_3 \cdot C}, \quad (8.2)$$

6.10 Визначити примушену напругу на ємності при зарядженні конденсатора через резистор від джерела постійної ЕРС за допомогою експериментальних даних.

6.11 Визначити постійну інтегрування вільної складової напруги на ємності при зарядженні конденсатора через резистор від джерела постійної ЕРС за допомогою експериментальних даних.

6.12 Записати рівняння перехідної напруги на ємності $u_C(t)$ при зарядженні конденсатора через резистор від джерела постійної ЕРС.

6.13 Занести отримані значення в таблицю 8.2.

Таблиця 10.2 –Результати розрахунку електричного кола при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС

Фізичні величини, що характеризують коло					
$E,$ B	$\tau_z,$ c	$p_z,$ $1/c$	$u_{C np},$ B	$A,$ B	$u_C(t), B$

6.14 Визначити постійну часу перехідного процесу τ_p при розрядженні конденсатора через резистор, відключений від джерела постійної ЕРС використовуючи рівняння:

$$\tau_p = r_p \cdot C. \quad (8.3)$$

6.15 Визначити корінь характеристичного рівняння p_p при розрядженні конденсатора через резистор, відключений від джерела постійної ЕРС, використовуючи рівняння:

$$p_p = -\frac{1}{r_p \cdot C}. \quad (8.4)$$

6.16 Визначити примушену напругу на ємності при розрядженні конденсатора через резистор за допомогою експериментальних даних.

6.17 Визначити постійну інтегрування вільної складової напруги на ємності при розрядженні конденсатора за допомогою експериментальних даних.

6.18 Записати рівняння перехідної напруги на ємності $u_C(t)$ при розрядженні конденсатора.

6.19 Занести отримані значення в таблицю 8.3.

Таблиця 8.3 – Результати розрахунку електричного кола при розрядженні конденсатора

Фізичні величини, що характеризують коло					
$E,$ B	$\tau_p,$ c	$p_p,$ $1/c$	$u_{C np},$ B	$A,$ B	$u_C(t), B$

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 7.3 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.
- 7.4 Таблиця 10.1.
- 7.5 Таблиця 10.2.
- 7.6 Таблиця 10.3.
- 7.7 Висновок щодо параметрів, від яких залежить час перехідного процесу зарядження і розрядження конденсатора через резистор.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 8.1 Що розуміється під перехідними процесами?
- 8.2 Що розуміється під комутацією?
- 8.3 Сформулюйте 2-й закон комутації.
- 8.4 Який математичний запис 2-го закону комутації?
- 8.5 Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС.
- 8.6 Складіть диференціальне рівняння електричного кола при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС в післякомутаційний період.
- 8.7 Складіть характеристичне рівняння кола при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС в післякомутаційний період.
- 8.8 Як розрахувати постійну часу при зарядженні конденсатора?
- 8.9 Як визначити корінь характеристичного рівняння при зарядженні конденсатора?
- 8.10 Як розрахувати примушену складову струму при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС?
- 8.11 Запишіть рівняння вільної складової струму при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС.
- 8.12 Як знайти початкові умови напруги на ємності в колі при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС?
- 8.13 Запишіть загальне рішення диференціального рівняння при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС джерела постійної ЕРС.

- 8.14 Як визначити постійну інтегрування напруги на ємності при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС, записавши початкові умови?
- 8.15 Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС.
- 8.16 Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу при розрядженні конденсатора.
- 8.17 Складіть диференціальне рівняння електричного кола при розрядженні конденсатора в післякомутаційний період.
- 8.18 Складіть характеристичне рівняння кола при розрядженні конденсатора в післякомутаційний період.
- 8.19 Як розрахувати постійну часу перехідного процесу при розрядженні конденсатора?
- 8.20 Як визначити корінь диференціального рівняння при розрядженні конденсатора?
- 8.21 Як розрахувати примушену складову напруги на ємності при розрядженні конденсатора?
- 8.22 Запишіть рівняння вільної складової напруги на ємності при розрядженні конденсатора.
- 8.23 Як знайти початкові умови напруги на ємності при розрядженні конденсатора?
- 8.24 Запишіть загальне рішення перехідного напруги на ємності при розрядженні конденсатора.
- 8.25 Як визначити постійну інтегрування напруги на ємності при розрядженні конденсатора, записавши початкові умови при розрядженні конденсатора?
- 8.26 Як розрахувати примушену складову струму в колі при розрядженні конденсатора?
- 8.22 Запишіть рівняння вільної складової струму в колі при розрядженні конденсатора.
- 8.23 Як знайти початкові умови струму в колі при розрядженні конденсатора?
- 8.24 Запишіть загальне рішення перехідного струму в колі при розрядженні конденсатора.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Тема: Дослідження перехідних процесів у лінійному електричному колі з послідовно з'єднаними котушкою і конденсатором

МЕТА: придбання практичних навичок при дослідженні перехідних процесів у лінійному електричному колі з послідовно з'єднаними котушкою і конденсатором

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 16 «Перехідні процеси в лінійних колах» [1, с.204-208].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 16.7– 16.9 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.4 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ

- 2.1 Ознайомитися з експериментальною установкою, у якій періодично за допомогою перемикача, будуть чергуватися процеси заряду конденсатора через резистор і розряду його на індуктивність і резистор.
- 2.2 Підключити експериментальну установку до джерела постійної напруги, а поляризоване реле до джерела змінної напруги із частотою 50 Гц.
- 2.3 Установити зазначені викладачем значення ємності конденсатора, опорів зарядного резистора і розрядного резистора для виникнення в електричному колі аперіодичного заряду і розряду конденсатора.
- 2.4 Включити осцилограф і подивитися на екрані криві зміни сили струму і напруги в колі при аперіодичному заряді і розряді конденсатора.
- 2.5 Змінити величину опору розрядного резистора для виникнення в електричному колі гранично аперіодичного розряду конденсатора і подивитися на екрані осцилографа форми кривих сили струму й напруги при заряді і розряді конденсатора.
- 2.6 Змінити величину опору розрядного резистора для виникнення в електричному колі періодичного розряду конденсатора і подивитися на

екрані осцилографа форми кривих сили струму й напруги при заряді і розряді конденсатора.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка складається з наступних елементів: акумуляторної батареї G , зарядного резистора R_3 , за допомогою якого задається процес заряду (аперіодичний, гранично аперіодичний, періодичний), розрядного резистора R_p , за допомогою якого задається процес розряду (аперіодичний, гранично аперіодичний, періодичний), однополюсного вимикача QS_1 , котушки індуктивності K , поляризованого реле KV , яке по чергово включає процес заряду і розряду конденсатора на котушку, двох перемикачів QS_2 , QS_3 , осцилографа і вольтметрів PV_1 (контролює напругу процесу заряду конденсатора через котушку) і PV_2 напругу на котушці поляризованого реле.

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 9.1.

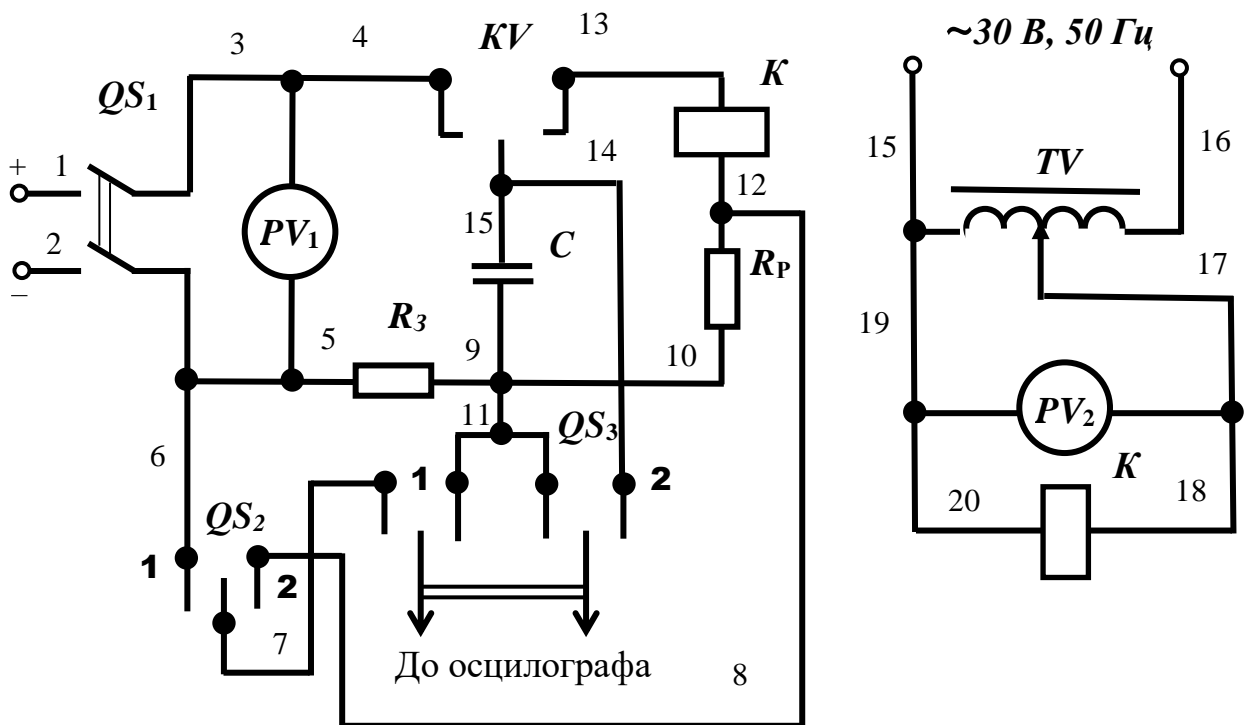


Рисунок 9.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 20 провідників (на схемі позначені номерами 1-20).

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикачів дорівнюють нулю;

- опір обмотки вольтметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у ньому не протікає.

- активний опір конденсатора дорівнює нескінченності, тобто конденсатор ідеальний.

Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при включенні перемикачів QS_2 , QS_3 в положення **1** (зарядження конденсатора) наведена на рисунку 9.2а і при включенні перемикачів QS_2 , QS_3 в положення **2** (розрядження конденсатора) наведена на рисунку 9.2б.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

E – ЕРС джерела живлення, B ;

r – активний опір котушки, Om ;

L – індуктивність котушки, Gn ;

C – ємність конденсатора, Φ ,

r_3 – активний опір зарядного резистора в електричному колі, Om ;

r_p – активний опір розрядного резистора в колі розрядження конденсатора, Om ;

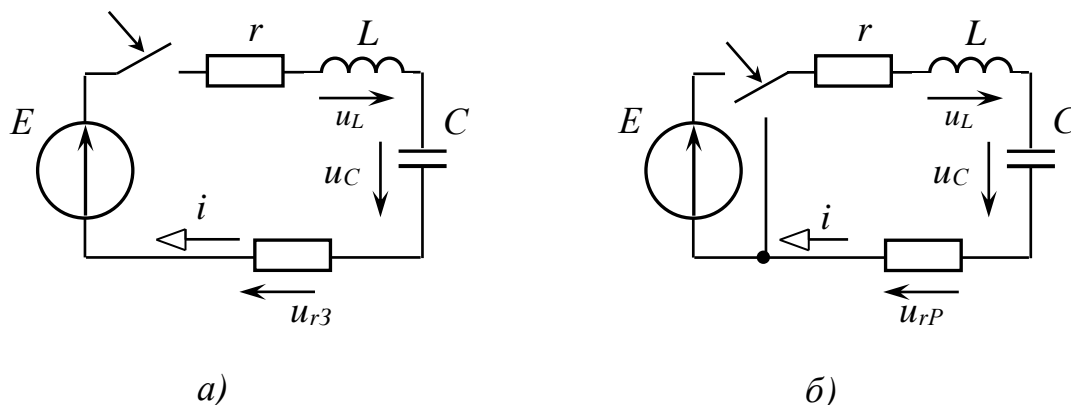


Рисунок 9.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

i – перехідний струм, A ;

u_r – напруга на активному опорі котушки, B ;

u_L – напруга на індуктивному опорі котушки, B ;

u_C – напруга на ємності конденсатора, B ;

u_{r3} – напруга на активному опорі зарядного резистора, B ;

u_{rP} – напруга на активному опорі розрядного резистора, B ;

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.

5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола та пояснити її.

5.3 Уміти визначити значення ЕРС джерела живлення за допомогою експериментальних даних.

5.4. Уміти визначити характер перехідного процесу в після комутаційному колі при підключенні котушки з конденсатором до джерела постійної ЕРС за допомогою експериментальних даних.

5.5 Уміти підібрати величини зарядного і розрядного резисторів для виникнення в електричному колі аперіодичного заряду і розряду конденсатора.

5.6 Уміти підібрати величину розрядного резистора для виникнення в електричному колі гранично аперіодичного розряду конденсатора.

5.7 Уміти підібрати величину розрядного резистора для виникнення в електричному колі періодичного розряду конденсатора.

5.8 Уміти визначити при періодичному характері перехідного процесу за допомогою експериментальних даних: коефіцієнт згасання; період власних коливань; частоту загасаючих коливань розрядного кола; незгасаючих коливань розрядного кола.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

6.1 Зібрати схему експериментальної установки.

6.2. Підключити експериментальну установку до джерела постійної напруги, а поляризоване реле до джерела змінної напруги із частотою 50 Гц.

- 6.3. Установити значення опорів зарядного R_3 і розрядного R_P резисторів для виникнення в електричному колі аперіодичного заряду і розряду конденсатора.
- 6.4. Включити осцилограф і подивитися на екрані криві сили струму і напруги в при аперіодичному режимі в електричному колі.
- 6.5. Установити значення опору розрядного резистора R_P для виникнення в електричному колі гранично аперіодичного розряду конденсатора.
- 6.6. Подивитися на екрані осцилографа криві сили струму і напруги в при гранично аперіодичному режимі в електричному колі.
- 6.7. Установити значення опору розрядного резистора R_P для виникнення в електричному колі періодичного розряду конденсатора.
- 6.8. Подивитися на екрані осцилографа криві сили струму і напруги при періодичному режимі в електричному колі.
- 6.9. Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 9.1.

Таблиця 9.1 – Результати експериментальних досліджень при періодичному розряді конденсатора

Умови проведення експерименту	Показання приладів		
	$r_3, \text{Ом}$	$r_P, \text{Ом}$	$U_1, \text{В}$
Аперіодичний характер перехідного процесу			
Гранично аперіодичний характер перехідного процесу			
Періодичний характер перехідного процесу			

6.10 Запишіть параметри котушки: активний опір $r_k =$ _____, індуктивність $L_k =$ _____ і ємність конденсатора $C =$ _____.

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 7.3 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.
- 7.4 Таблиця 11.1.

7.5 Висновок щодо умов виникнення періодичного, гранично аперіодичного і аперіодичного розряду конденсатора на резистор.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 8.1. Запишіть характеристичне рівняння для кола з послідовно з'єднаними індуктивною котушкою й конденсатором.
- 8.2. Що називають аперіодичним розрядом конденсатора, зарядженого до певної напруги, через резистор і індуктивну котушку?
- 8.3. При якій умові в колі з послідовно з'єднаними індуктивною котушкою й конденсатором виникає аперіодичний розряд конденсатора?
- 8.4. Які енергетичні процеси відбуваються в колі з послідовно з'єднаними індуктивною котушкою й конденсатором при аперіодичному розряді конденсатора?
- 8.5. Що називають періодичним розрядом конденсатора, зарядженого до певної напруги, через резистор і індуктивну котушку?
- 8.6. При якій умові в колі з послідовно з'єднаними індуктивною котушкою й конденсатором виникає періодичний розряд конденсатора?
- 8.7. Які енергетичні процеси відбуваються в колі з послідовно з'єднаними індуктивною котушкою й конденсатором при періодичному розряді конденсатора?
- 8.8. Як розрахувати критичний опір контуру з послідовно з'єднаними індуктивною котушкою й конденсатором?
- 8.9. При якій умові в колі з послідовно з'єднаними індуктивною котушкою й конденсатором спостерігається граничний випадок аперіодичного розряду конденсатора?
- 8.10. Від чого залежить кутова частота власних незатухаючих коливань контуру ω_0 ?
- 8.11 Як визначити примущену складову струму в колі?
- 8.12 Як визначити вільну складову струму в колі?
- 8.13 Запишіть рівняння перехідного струму в колі при розряді конденсатора?
- 8.14 Як визначити примущену складову напруги на ємності в колі при розряді конденсатора?
- 8.15 Як визначити вільну складову напруги на ємності в колі?
- 8.16 Запишіть рівняння перехідного напруги на ємності при розряді конденсатора?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

Тема: Дослідження перехідних процесів в нерозгалуженому колі з котушкою при підключенні її до джерела синусоїдної напруги

МЕТА: придбання практичних навичок при дослідженні перехідних процесів в котушці у лінійних колах з синусоїдною ЕРС

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 16 «Перехідні процеси в лінійних колах [1, с.208-209].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 16.10, 16.11 [4].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.6 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ:

- 2.1 Ознайомитися з з приладами та апаратурою експериментальної установки, у якій періодично за допомогою перемикача, будуть чергуватися процеси підключення котушки до джерела постійної електрорушійної сили і короткого замикання.
- 2.2 Підключити експериментальну установку до джерела синусоїдної напруги, а поляризоване реле до джерела змінної напруги із частотою 50 Гц.
- 2.3 Установити зазначені викладачем значення опорів зарядного резистора і розрядного резистора.
- 2.3 Включити осцилограф і подивитися на екрані криві зміни сили струму і напруги в колі з котушкою при включенні і короткому замиканні на резистор.
- 2.4 Змінити величини опорів резисторів у колі й подивитися на екрані змінені форми криві сили струму і напруги при включенні і короткому замиканні котушки на резистор.
- 2.5 Виконати експериментальне дослідження і результати експерименту занести в таблицю 12.1.
- 2.6 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка складається з наступних елементів: джерела живлення змінної напруги 30 В, резистора R_3 в колі вмикання котушки і резистора R_P в колі короткого замикання котушки, однополюсного вимикача QS_1 , котушки індуктивності K , поляризованого реле KV , діоду VD , конденсатору C , перемикача QS_2 , осцилографа PV_1 (контролює напругу процесу підключення котушки) і PV_2 (контролює напругу на котушці поляризованого реле), лабораторного автотрансформатора TV , що регулює напругу на котушці поляризованого реле.

Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 10.1.

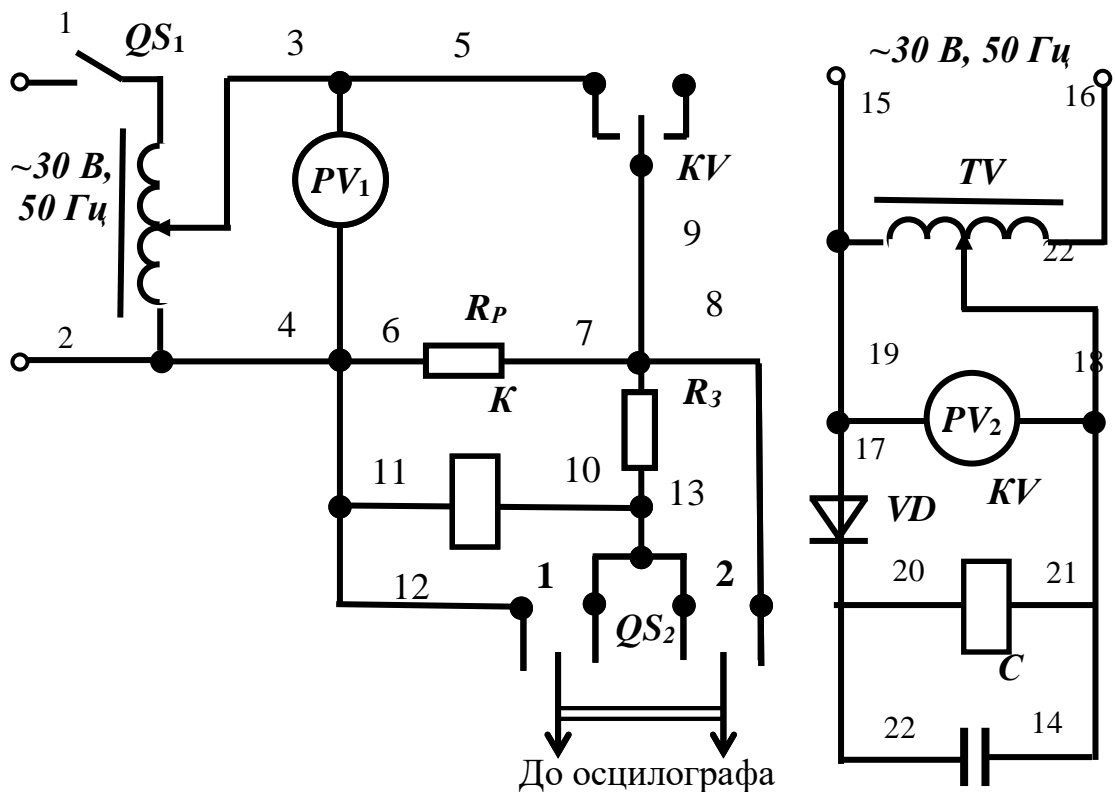


Рисунок 10.1 - Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 22 провідники (на схемі позначені номерами 1-22).

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

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

Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при включенні перемикача QS_2 в положення **1** - рисунок 10.2а і при включенні перемикача QS_2 в положення **2** має вигляд, наведений на рисунку 10.2б.

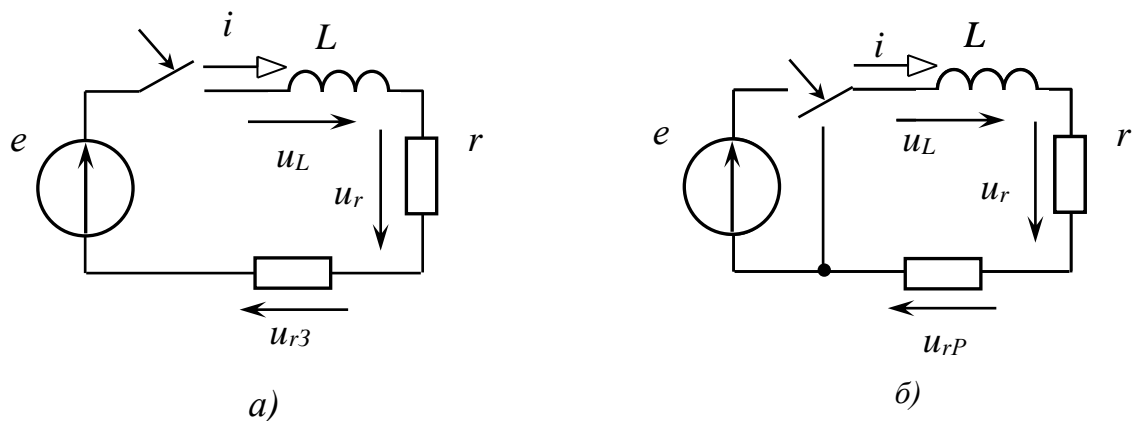


Рисунок 10.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

- E – ЕРС джерела живлення, B ;
- r – активний опір котушки, Om ;
- L – індуктивність котушки, $Гн$,
- r_3 – активний опір резистора при включенні котушки, Om ;
- r_P – активний опір резистора при короткому замиканні котушки, Om ;
- i – перехідний струм, A ;
- u_r – напруга на активному опорі котушки, B ;
- u_L – напруга на індуктивності котушки, B ;

u_{r3} – напруга на активному опорі резистора при включенні котушки, B ;
 u_{rP} – напруга на активному опорі резистора при короткому замиканні котушки, B ;

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

- 5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.
- 5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола та пояснити її.
- 5.3 Уміти визначити значення амплітудне і діюче значення ЕРС за допомогою рівняння миттєвого ЕРМ з експериментальних даних.
- 5.4. Уміти визначити постійну часу перехідного процесу при підключенні котушки до джерела синусоїдного струму за допомогою експериментальних даних.
- 5.5. Уміти визначити корінь характеристичного рівняння за допомогою експериментальних даних.
- 5.6. Уміти визначити активний опір, індуктивний і повний опір електричного кола при підключенні котушки до джерела синусоїдного струму за допомогою експериментальних даних
- 5.7 Уміти визначити силу струму при підключенні котушки до джерела синусоїдного струму за допомогою експериментальних даних
- 5.8 Уміти визначити початкові умови перехідного процесу за допомогою експериментальних даних.
- 5.9 Уміти визначити примусовий струм за допомогою експериментальних даних.
- 5.10 Уміти визначити вільний струм для $t = 0$ за допомогою експериментальних даних.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 6.1 Зібрати схему експериментальної установки.
- 6.2. Підключити експериментальну установку до джерела постійної напруги 4-6 В, а поляризоване реле до джерела змінної напруги 12 В із частотою 50 Гц.
- 6.3. Установити зазначені викладачем значення опорів резисторів R_3 , R_P .
- 6.4. Включити осцилограф і подивитися на екрані криві зміни сили струму і напруги в колі з котушкою при включенні.

6.5. Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 10.1.

Таблиця 10.1– Результати експериментальних досліджень

Умови проведення експерименту	Показання приладів		
	$r_3, \text{ Ом}$	$r_P, \text{ Ом}$	$U, \text{ В}$
Вимикач <i>QSI</i> замкнений			

6.6. Запишіть параметри котушки експериментальної установки: активний опір $r =$ _____, індуктивність $L =$ _____.

Початкова фаза синусоїдної електрорушійної сили ψ_e задається викладачем.

6.7 Визначити активний опір електричного кола при включенні котушки до джерела синусоїдної ЕРС, використовуючи рівняння (7.1,7.2):

6.8. Визначити за допомогою експериментальних даних амплітудне значення ЕРС джерела живлення E , використовуючи рівняння:

$$U_M = E_M, \quad (10.1)$$

$$U_M = \sqrt{2} \cdot U. \quad (10.2)$$

6.9. Визначити постійну часу перехідного процесу τ_B при підключенні котушки до джерела синусоїдної ЕРС, використовуючи рівняння (7.3).

6.10 Визначити корінь характеристичного рівняння p_B при підключенні котушки до джерела синусоїдної ЕРС за допомогою експериментальних даних, використовуючи рівняння (7.4):

6.11. Визначити примусовий струм $i_{пр}$ при підключенні котушки до джерела синусоїдної ЕРС за допомогою експериментальних даних.

6.12 Визначити постійну інтегрування вільного струму при підключенні котушки до джерела синусоїдної ЕРС за допомогою експериментальних даних.

6.13. Записати рівняння перехідного струму $i(t)$ при підключенні котушки до джерела синусоїдної ЕРС

6.14 Занести отримані значення в таблицю 10.2.

Таблиця 10.2 - Результати розрахунку електричного кола при включенні котушки

Фізичні величини, що характеризують коло при включенні котушки						
$E,$ B	$\tau_B,$ c	$p_B,$ $1/c$	$r_B,$ Ом	$i_{np},$ A	$A,$ A	$i(t),$ A

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 7.3 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.
- 7.4 Таблиця 10.1.
- 7.5 Таблиця 10.2.
- 7.6 Таблиця 10.3.
- 7.7 Висновок щодо можливих негативних наслідках під час перехідних процесів у котушці, що живиться від джерела синусоїдної ЕРС.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 8.1 Що розуміється під перехідними процесами?
- 8.2 Що розуміється під комутацією?
- 8.3 Сформулюйте 1-й закон комутації.
- 8.4 Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу підключення котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.5 Складіть диференціальне рівняння електричного кола при включенні котушки до джерела постійної ЕРС в післякомутаційний період.
- 8.6 Складіть характеристичне рівняння кола при включенні котушки до джерела постійної ЕРС в післякомутаційний період.
- 8.7 Як розрахувати постійну часу при включенні котушки?
- 8.8 Як визначити корінь характеристичного рівняння?
- 8.9 Як розрахувати примушену складову струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.

- 8.10 Запишіть рівняння вільної складової струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.11 Як знайти початкові умови струму в колі.
- 8.12 Запишіть загальне рішення диференціального рівняння при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.13 Як визначити постійну інтегрування струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС, записавши початкові умови?
- 8.14 Запишіть рівняння перехідного струму при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.15 Запишіть рівняння перехідної напруги на активному опорі котушки при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.16 Запишіть рівняння перехідної напруги на індуктивності котушки при включенні котушки до джерела постійної ЕРС.
- 8.17 Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу при короткому замиканні котушки.
- 8.18 Складіть диференціальне рівняння рівноваги напруги електричного кола при короткому замиканні котушки в післякомутаційний період.
- 8.19 Складіть характеристичне рівняння кола при короткому замиканні котушки в післякомутаційний період.
- 8.20 Як розрахувати постійну часу перехідного процесу при короткому замиканні котушки?
- 8.21 Як визначити корінь диференціального рівняння при короткому замиканні котушки?
- 8.22 Як визначити активний опір електричного кола при включенні котушки до джерела живлення?
- 8.23 Як визначити активний опір електричного кола при короткому замиканні котушки відключеної від джерела живлення?
- 8.24 Яку функцію в електричному колі дослідження перехідного процесу у котушці виконує поляризоване реле?
- 8.25 Яку функцію в електричному колі дослідження перехідного процесу у котушці виконує конденсатор?
- 8.26 Яку функцію в електричному колі дослідження перехідного процесу у котушці виконує діод?
- 8.27 Запишіть рівняння перехідної напруги на активному опорі котушки при короткому замиканні котушки відключеної від джерела живлення.
- 8.28 Запишіть рівняння перехідної напруги на індуктивності котушки при короткому замиканні котушки відключеної від джерела живлення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Тема: Дослідження перехідних процесів зарядження і розрядження конденсатора через резистор в лінійних колах з синусоїдною ЕРС

МЕТА: придбання практичних навичок при дослідженні перехідних процесів зарядження і розрядження конденсатора через резистор в лінійних колах з синусоїдною ЕРС

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ:

- 1.1 Вивчити теоретичний матеріал за темою 16 «Перехідні процеси в лінійних колах [1, с.209-210].
- 1.2 Виконати навчально-контролюючі завдання в таблицях 16.12, 16.13 [5].
- 1.3 Відповісти на контрольні запитання.
- 1.4 Виконати пункти 7.1-7.6 звіту.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ

- 2.1 Ознайомитися з експериментальною установкою, у якій періодично за допомогою перемикача, будуть чергуватися процеси заряду і розряду конденсатора через резистори.
- 2.2 Підключити експериментальну установку до джерела синусоїдної напруги, а поляризоване реле до джерела змінної напруги із частотою 50 Гц.
- 2.3 Установити зазначені викладачем значення ємності конденсатора, опорів зарядного резистора і розрядного резистора.
- 2.4 Включити осцилограф і подивитися на екрані криві зміни сили струму і напруги в колі з конденсатором при його заряді і розряді.
- 2.5 Змінити величини опорів резисторів у колі й подивитися на екрані змінені форми криві сили струму і напруги при заряді і розряді конденсатора.
- 2.6 Змінити величину ємності конденсатора і подивитися на екрані зміни форми криві сили струму і напруги при його заряді і розряді.

2.7 Виконати експериментальне дослідження і результати занести в таблицю 13.1.

2.8 Оформити звіт та захистити його.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Експериментальна установка складається з наступних елементів: джерела синусоїдної напруги 30 В , джерела живлення змінної напруги 30 В , конденсатора C , резистора R_3 в колі зарядження конденсатора і резистора R_P в колі розрядження конденсатора, однополюсного вимикача QS_1 , поляризованого реле KV , діоду VD , конденсатору C , перемикача QS_2 , осцилографа, перемикачів QS_2 , QS_3 осцилографа, вольтметрів PV_1 , PV_2 , лабораторного автотрансформатора TV . Принципова електрична схема експериментальної установки наведена на рисунку 11.1.

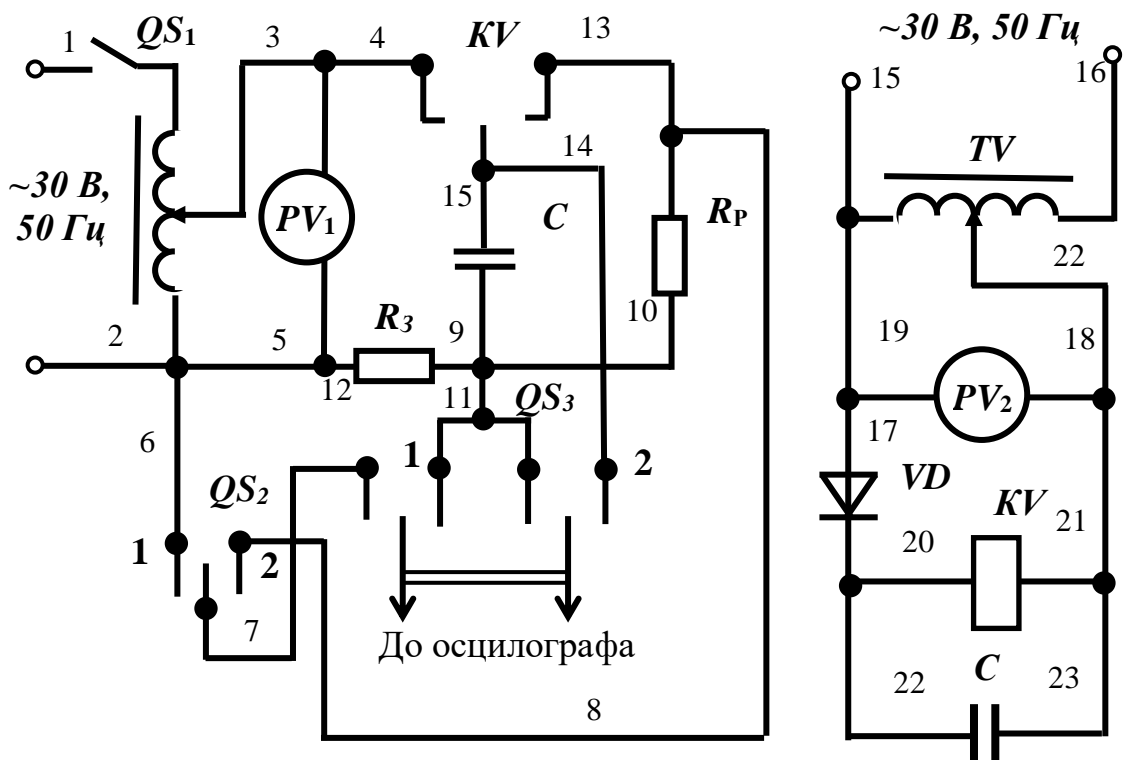


Рисунок 11. 1 – Принципова електрична схема експериментальної установки

Для складання схеми необхідно мати 23 провідники (на схемі позначені номерами 1-23).

4 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

При складанні розрахункової схеми прийняті наступні допущення:

- опори з'єднувальних проводів і контактів вимикачів дорівнюють нулю;
- опір обмотки вольтметра дорівнює нескінченності, тобто електричний струм у ньому не протікає.
- активний опір конденсатора дорівнює нескінченності, тобто конденсатор ідеальний.

Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки при включенні перемикачів QS_2 , QS_3 в положення **1** (зарядження конденсатора) наведена на рисунку 11.2а і при включенні перемикачів QS_2 , QS_3 в положення **2** (розрядження конденсатора) наведена на рисунку 11.2б.

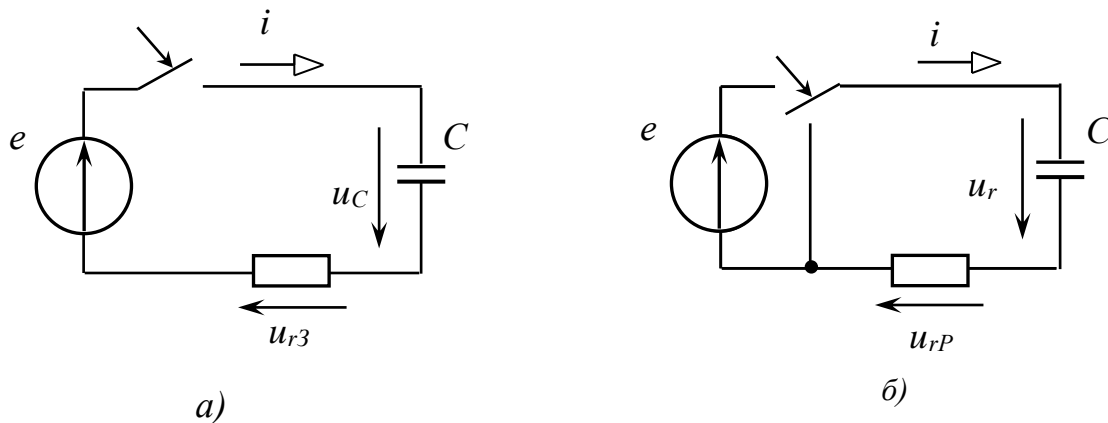


Рисунок 11.2 - Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки

На розрахунковій схемі введені наступні умовні позначення:

- e – ЕРС джерела живлення, B ;
- r_3 – активний опір резистора в колі зарядження конденсатора, Om ;
- C – ємність конденсатора, Φ ,
- r_P – активний опір резистора в колі розрядження конденсатора, Om ;
- i – перехідний струм, A ;
- u_C – напруга на ємності конденсатора, B ;

u_{r3} – напруга на активному опорі резистора в колі зарядження конденсатора, B ;

u_{rP} – напруга на активному опорі резистора в колі розрядження конденсатора, B ;

5 УМІННЯ, ЯКІ ЗДОБУВАЮТЬСЯ СТУДЕНТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Уміти скласти принципову електричну схему кола та зібрати її.

5.2 Уміти скласти розрахункову схему електричного кола та пояснити її.

5.3 Уміти визначити значення амплітудне і діюче значення ЕРС джерела живлення за допомогою експериментальних даних.

5.4. Уміти визначити постійну часу перехідного процесу при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдного струму за допомогою експериментальних даних.

5.5. Уміти визначити корінь характеристичного рівняння за допомогою експериментальних даних.

5.6. Уміти визначити активний опір електричного кола при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдного струму і розрядженні конденсатора за допомогою експериментальних даних.

5.7 Уміти визначити напругу на ємності при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдного струму за допомогою експериментальних даних

5.8 Уміти визначити початкові умови перехідного процесу за допомогою експериментальних даних.

5.9 Уміти визначити примушену напругу на ємності за допомогою експериментальних даних.

5.10 Уміти визначити вільну напругу на ємності для $t = 0$ за допомогою експериментальних даних.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

6.1 Зібрати схему експериментальної установки.

6.2. Підключити експериментальну установку до джерела постійної напруги, а поляризоване реле до джерела змінної напруги із частотою 50 Гц .

6.3. Установити зазначені викладачем значення опорів зарядного резистора.

6.4. Включити осцилограф і подивитися на екрані форми кривих сили струму і напруги при зарядженні і розрядженні конденсатора.

6.5. Зняти показання приладів, результати занести в таблицю 11.1.

Таблиця 11.1 – Результати експериментальних досліджень при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС

Умови проведення експерименту	Показання приладів		
	$r_3, Ом$	$r_P, Ом$	$U_1, В$
Вимикач QS_I замкнений			

6.6. Запишіть ємність конденсатора $C = \underline{\hspace{2cm}}$. Початкова фаза синусоїдної ЕРС ψ_e задається викладачем.

6.7. Визначити за допомогою експериментальних даних ЕРС джерела живлення E використовуючи рівняння (8.1,8.2).

6.8. Визначити постійну часу перехідного процесу τ_3 при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС, використовуючи рівняння (8.1).

6.9. Визначити корінь характеристичного рівняння p_3 при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС, використовуючи рівняння (8.2).

6.10. Визначити примушену напругу на ємності при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС за допомогою експериментальних даних.

6.11. Визначити постійну інтегрування вільної складової напруги на ємності при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС за допомогою експериментальних даних.

6.12. Записати рівняння перехідної напруги на ємності $u_C(t)$ при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС.

6.13. Занести отримані значення в таблицю 11.2.

Таблиця 11.2 – Результати розрахунку електричного кола при зарядженні конденсатора від джерела постійної ЕРС

Фізичні величини, що характеризують коло					
$E, В$	$\tau_3, с$	$p_3, 1/с$	$u_{C np}, В$	$A, В$	$u_C(t), В$

7 СТРУКТУРА ЗВІТУ

- 7.1 Назва лабораторної роботи.
- 7.2 Принципова електрична схема експериментальної установки.
- 7.3 Розрахункова схема електричного кола експериментальної установки.
- 7.4 Таблиця 11.1.
- 7.5 Таблиця 11.2.
- 7.6 Висновок, щодо можливих негативних наслідках перехідних процесів у колі конденсатора, включеного на синусоїдну ЕРС.

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 8.1 Що розуміється під перехідними процесами?
- 8.2 Що розуміється під комутацією?
- 8.3 Сформулюйте 2-й закон комутації.
- 8.4 Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС.
- 8.5 Складіть диференціальне рівняння електричного кола при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС в післякомутаційний період.
- 8.6 Складіть характеристичне рівняння кола при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС в післякомутаційний період.
- 8.7 Як розрахувати постійну часу при зарядженні конденсатора?
- 8.8 Як визначити корінь характеристичного рівняння при зарядженні конденсатора?
- 8.9 Як розрахувати примушену складову струму при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС?
- 8.10 Запишіть рівняння вільної складової струму при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС.
- 8.11 Як знайти початкові умови напруги на ємності в колі при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС?
- 8.12 Запишіть загальне рішення диференціального рівняння рівноваги напруги при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС джерела постійної ЕРС.
- 8.13 Як визначити постійну інтегрування напруги на ємності при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС, записавши початкові умови?

- 8.14 Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності при зарядженні конденсатора від джерела синусоїдної ЕРС.
- 8.15 Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу при розрядженні конденсатора.
- 8.16 Складіть диференціальне рівняння рівноваги напруги електричного кола при розрядженні конденсатора в післякомутаційний період.
- 8.17 Складіть характеристичне рівняння кола при розрядженні конденсатора в післякомутаційний період.
- 8.18 Як розрахувати постійну часу перехідного процесу при розрядженні конденсатора?
- 8.19 Як визначити корінь диференціального рівняння при розрядженні конденсатора?
- 8.20 Як розрахувати примушену складову напруги на ємності при розрядженні конденсатора?
- 8.21 Запишіть рівняння вільної складової напруги на ємності при розрядженні конденсатора.
- 8.22 Як знайти початкові умови напруги на ємності при розрядженні конденсатора?
- 8.23 Запишіть рівняння перехідного напруги на ємності при розрядженні конденсатора.
- 8.24 Як розрахувати примушену складову струму в колі при розрядженні конденсатора?
- 8.25 Як розрахувати постійну інтегрування струму при розрядженні конденсатора?
- 8.26 Запишіть рівняння перехідного струму при розрядженні конденсатора?

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

За виконання кожної лабораторної роботи у першому модулі (М1) максимально можна отримати 2,5 бали, у другому модулі (М2) – 3 бали. Кількісна оцінка визначається за наступними показниками:

1) вхідний контроль - усне опитування студентів за контрольними запитаннями до лабораторної роботи і таблицями для самостійної підготовки, які вказані у завданні для домашньої підготовки на початку методичної вказівки до лабораторної роботи згідно тематичного робочого зошита. За усне опитування максимально можна отримати 30 % балів за лабораторну роботу;

2) виконання експериментального дослідження та оформлення звіту з лабораторної роботи, за який максимально можна отримати 20 % балів за лабораторну роботу;

3) вихідний контроль з лабораторної роботи (захист лабораторної роботи), за який максимально можна отримати 50 % балів за лабораторну роботу.

Вхідний контроль у лабораторну роботу здійснюється шляхом усного опитування кожного 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 % балів, тобто 1,2 бала. 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 60 % балів за лабораторну роботу.

Якщо лабораторне заняття пропущено з поважної причини, то студент може отримати за результатами відпрацювання максимально 100 % балів за лабораторну роботу.

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 максимально 2,5 бали у М1 і 3 бали у модулі 2. Якщо лабораторне заняття пропущено без поважної причини, то студент може отримати за результатами відпрацювання максимально 1,2 бали.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Овчаров В.В. Теоретичні основи електротехніки. /В.В. Овчаров. - К.: Урожай, 1993. - 224 с.
- 2 Зевеке Г.В. Основы теории цепей./Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов: учебник, 5 изд. - М.; Атомэнергоиздат, 1989. – 657 с.
3. Попова І.О. Теоретичні основи електротехніки» частина 3. Навчальний посібник для виконання лабораторних робіт /І.О. Попова, С.Ф. Курашкін, О.Ю. Вовк, В.С. Попрядухін. – Мелітополь: Видавництво Мелітопольська типографія «Люкс», 2018. – 256 с.
4. Попова І.О. Теоретичні основи електротехніки, частина 3. Курс лекцій. – Мелітополь: Видавництво Мелітопольська типографія «Люкс», 2018. – 185 с.
5. Попова І.О. Теоретичні основи електротехніки, частина 3. Методичні вказівки для організації самостійної роботи студентів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» /І.О. Попова. – Мелітополь: Люкс,2018. –145 с.

