

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
в дистанційному форматі**

**з освітньої компоненти
«ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»**

Харків – 2025

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 10 листопада 2025 р., протокол № 5.

Методичні вказівки складаються з типових лабораторних робіт за основними розділами освітньої компоненти «Електротехніка». Призначені для проведення лабораторних занять в дистанційному форматі як під керівництвом викладача, так і в автономному режимі. Рекомендовано для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності J7 «Залізничний транспорт» усіх форм здобуття освіти.

Укладач

доц. О. Є. Зінченко

Рецензент

проф. О. М. Ананьєва

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Рекомендації щодо організації дистанційних лабораторних робіт у програмі Multisim.....	5
Лабораторна робота 1. Ознайомлення з інтерфейсом програми Multisim.....	6
Лабораторна робота 2. Дослідження простого лінійного електричного кола постійного струму.....	9
Лабораторна робота 3. Дослідження двопровідної лінії передачі електричної енергії постійним струмом.....	17
Лабораторна робота 4. Дослідження електричного кола змінного струму при послідовному з'єднанні індуктивного та ємнісного елементів. Резонанс напруг.....	19
Лабораторна робота 5. Дослідження трифазного кола при з'єднанні «зірка».....	22
Список літератури.....	26

ВСТУП

Сучасна підготовка здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності «Залізничний транспорт» вимагає не лише засвоєння теоретичних основ, а й набуття практичного досвіду роботи з електричними колами та вимірювальним обладнанням. Лабораторні заняття, які проводять на натурних стендах, дедалі частіше доповнюють цифровими інструментами, зокрема комп'ютерними симуляторами, які дають змогу відтворювати й досліджувати електричні процеси без потреби у фізичній лабораторії. Такий підхід особливо важливий для дистанційної, заочної та дуальної форм навчання, оскільки забезпечує здобувачам можливість виконувати практичні завдання у власному темпі та з будь-якого місця.

Одним із найбільш поширених засобів комп'ютерного моделювання електричних та електронних схем є програма Multisim. Це середовище забезпечує високу точність симуляцій, наочність та зручність роботи й дає змогу проводити широкий спектр досліджень: від аналізу кіл постійного і змінного струму до вивчення перехідних процесів та роботи електровимірювальних приладів. Використання Multisim при виконанні лабораторних робіт формує у здобувачів навички роботи з віртуальною лабораторією та сприяє глибшому розумінню фізичних процесів.

Організація дистанційного виконання лабораторних робіт із застосуванням Multisim надає низку переваг:

- доступ здобувача освіти до лабораторних робіт при проведенні занять в дистанційному форматі;
- можливість багаторазового повторення дослідів і зміни параметрів досліджуваних схем;
- посилення ролі самостійної роботи здобувача;
- безпечне та кероване середовище для проведення експериментів.

Цей практикум містить перелік лабораторних робіт, методичні рекомендації та порядок виконання завдань у програмі Multisim, що дає змогу здобувачам ефективно засвоювати матеріал як під керівництвом викладача, так і в автономному режимі. У методичних вказівках надані вихідні дані для моделювання, але автор не обмежує здобувачів у виборі індивідуальних параметрів схем.

Звіти з лабораторних робіт виконують згідно з вимогами нормоконтролю в студентській навчальній звітності [1] та надсилають у програмне середовище Moodle, яке використовують для організації, проведення та контролю освітнього процесу.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ У ПРОГРАМІ MULTISIM

Технічні вимоги та підготовка робочого місця:

- виконавцю роботи необхідно встановити Multisim або використовувати онлайн-версію Multisim Live <https://www.multisim.com>;
- рекомендовано забезпечити стабільне інтернет-з'єднання;
- керівнику роботи варто перевірити працездатність мікрофона та можливість демонстрації екрана.

Ознайомлення з інтерфейсом Multisim [2, 3]:

- опанування панелей та бібліотек компонентів;
- навчання з'єднанню елементів схеми та налаштуванню параметрів;
- освоєння вимірювальних приладів: мультиметр, осцилограф, амперметр, ватметр.

Формат роботи під керівництвом викладача:

- демонстрація побудови схеми та пояснення принципів;
- повторення дій здобувачами;
- формування звіту з необхідними скріншотами.

Формат самостійного виконання:

- ознайомлення з методичними вказівками;
- моделювання схем та проведення вимірювань;
- формування звіту з необхідними скріншотами.

Використання Multisim для моделювання:

- дослідження законів Кірхгофа та Ома;
- аналіз режимів резистивних, індуктивних і ємнісних елементів;
- моделювання кіл електропостачання;
- візуалізація тимчасових діаграм і спектрів.

Контроль знань і звітність:

- звіт має містити схему, таблиці вимірювань, графіки, пояснення отриманих результатів;

- опитування або тести після кожної роботи;
- подання звітів через програмне середовище Moodle.

Академічна доброчесність:

- індивідуальні параметри схем;
- захист роботи в реальному часі.

Лабораторна робота 1

ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ІНТЕРФЕЙСОМ ПРОГРАМИ MULTISIM

Мета роботи

Ознайомитися з інтерфейсом Multisim; навчитися працювати з панелями, бібліотеками компонентів, знаходити джерела постійного та змінного струму, трифазні джерела, вимірювальні прилади (вольтметр, амперметр, ватметр), базові перемикачі; опанувати з'єднання елементів, налаштування параметрів.

Підготовка до роботи

Ознайомитися з основними теоретичними відомостями.

Інтерфейс включає:

- панель інструментів (Toolbar) – містить основні дії: запуск симуляції, зупинка, масштабування, вибір режимів;
- бібліотеку компонентів (Component Browser) – доступ до елементів: резисторів, конденсаторів, джерел, вимірювальних приладів;
- робочу область (Workspace) – зона побудови електричної схеми;
- панель властивостей (Properties) – налаштування параметрів вибраного елемента.

У подальшій роботі будуть необхідні:

- джерела постійного струму (DC Sources);
- джерела змінного струму (AC Sources);
- трифазні джерела (Three-Phase Sources), які дають змогу моделювати системи трифазного живлення.

Порядок виконання лабораторної роботи

Ознайомлення з інтерфейсом.

- 1 Запустити програму Multisim.
- 2 Визначити розташування таких елементів інтерфейсу:
 - головна панель інструментів;
 - бібліотека компонентів;
 - робоче поле;
 - вікно налаштувань;
 - індикатори запуску симуляції.

Пошук та встановлення джерел живлення.

- 1 Відкрити бібліотеку компонентів.
- 2 Знайти:
 - джерело DC Voltage або DC Power Supply;

- джерело AC Voltage;
- трифазне джерело 3-Phase Source.

3 Розмістити ці компоненти на робочому полі.

Навчання з'єднанню компонентів та зміні параметрів.

- 1 Вибрати інструмент «Провідник» (Wire).
- 2 З'єднати джерело з навантаженням (наприклад, резистором).
- 3 Відкрити властивості елемента та змінити:
 - номінал резистора;
 - напругу джерела;
 - частоту AC-джерела.

Ознайомлення з вимірювальними приладами.

- 1 Знайти в бібліотеці інструменти:
 - Voltmeter;
 - Ammeter;
 - Wattmeter.
- 2 Під'єднати їх відповідно до правил:
 - амперметр — послідовно з резистором;
 - вольтметр — паралельно до навантаження;
 - ватметр — відповідно до схеми з двома вимірювальними колами.
- 3 Запустити симуляцію.

Зробити скріншоти отриманих схем і результатів.

Аналіз отриманих результатів роботи та висновки

Зробити загальні висновки щодо особливостей роботи в середовищі Multisim.

Лабораторна робота 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОГО ЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Мета роботи

Ознайомлення з методикою розрахунку простих електричних кіл методом послідовних спрощень.

Аналіз розподілу струмів та напруг у нерозгалуженому та розгалуженому електричних колах постійного струму.

Перевірка справедливості дії першого та другого законів Кірхгофа.

Підготовка до роботи

Перед виконанням лабораторної роботи необхідно ознайомитися з теоретичним матеріалом [4, 5] з таких питань:

1 Електричне коло і його елементи. Параметри активних і пасивних елементів електричних кіл. Схеми електричних кіл.

2 Основні закони електричних кіл. Закон Ома для кола постійного струму з пасивними та активними приймачами.

3 Перший і другий закони Кірхгофа для електричних кіл постійного струму.

4 Закон Джоуля-Ленца. Потужність в колах постійного струму. Баланс потужності.

5 Розрахунок кіл постійного струму з одним джерелом енергії при послідовному, паралельному і мішаному з'єднанні пасивних приймачів.

Порядок виконання лабораторної роботи

Виконання лабораторної роботи складається з двох частин: розрахункової та дослідної.

Вихідні дані до розрахункової частини наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

$E, В$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_4, Ом$
10	4	2	10	6

У розрахунковій частині необхідно знайти струм, напруги на резисторах R_1 , R_4 та скласти баланс потужності для нерозгалуженого електричного кола, яке подано на рисунку 2.1.

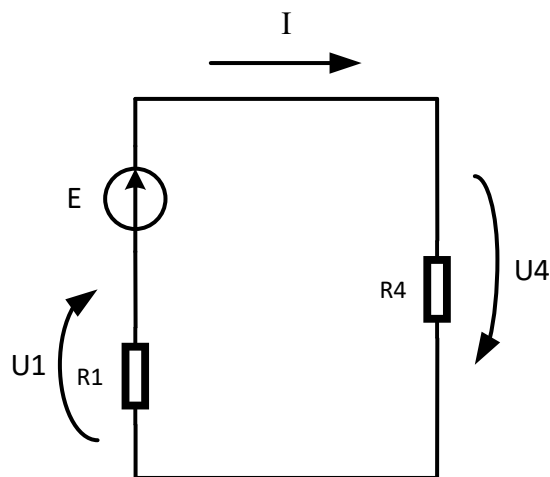


Рисунок 2.1

Порядок розрахунку:

Знаходимо еквівалентний опір кола відносно затискачів джерела напруги:

$$R_{\text{екв}} = R_1 + R_4 .$$

Спрощена схема наведена на рисунку 2.2.

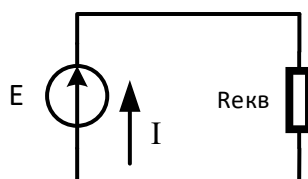


Рисунок 2.2

Знаходимо струм кола за законом Ома:

$$I = \frac{E}{R_{\text{екв}}}.$$

Знаходимо напруги U_1 та U_4 (рисунок 2.1) за законом Ома:

$$U_1 = I \cdot R_1; \quad U_4 = I \cdot R_4.$$

З метою перевірки правильності розрахунку складаємо баланс потужності.

Потужність джерела напруги

$$P_{\text{дж}} = U \cdot I.$$

Потужності, які споживають резистори R_1 та R_4 будуть дорівнювати:

$$P_1 = I^2 \cdot R_1; \quad P_4 = I^2 \cdot R_4.$$

Сумарна споживана потужність

$$P_{\text{сп}} = P_1 + P_4.$$

Баланс потужності полягає в рівності потужності, яку виробляють джерела електричної енергії та потужності, яку споживають усі споживачі кола.

$$P_{\text{дж}} \approx P_{\text{сп}}.$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Спосіб визначення величини:	I	U ₁	U ₄	P ₁	P ₄	P _{сп}	P _{дж}
	A	B	B	Вт	Вт	Вт	Вт
розрахунком							
вимірюванням							

Наступним етапом розрахункової частини роботи буде розрахунок розгалуженого електричного кола, яке подано на рисунку 2.3.

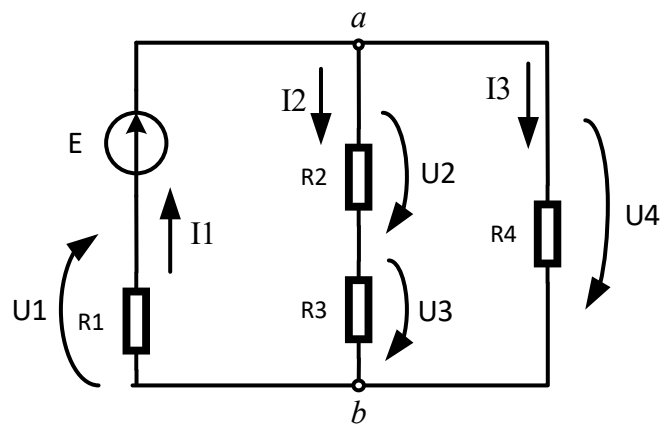


Рисунок 2.3

Необхідно знайти струми в усіх вітках кола, напруги на резисторах **R₁**, **R₂**, **R₃**, **R₄** та скласти баланс потужності. Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 2.1.

Розрахунок виконаємо методом послідовних спрощень, згортаючи схему відносно затискачів ЕРС.

В схемі на рисунку 2.3 резистори **R₂**, **R₃** з'єднані послідовно. Замінюємо їх еквівалентним резистором **R₂₃**, опір якого знайдемо за формулою

$$R_{23} = R_2 + R_3 .$$

На рисунку 2.4 показана спрощена схема.

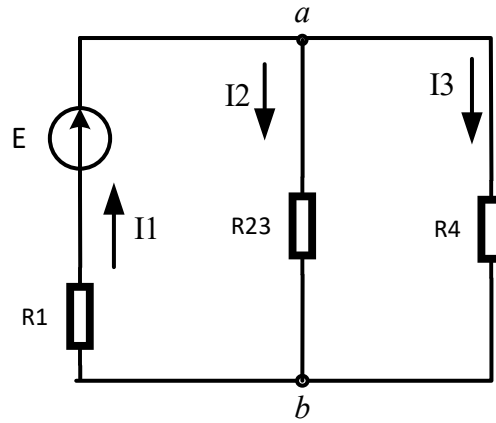


Рисунок 2.4

Резистори R_{23} та R_4 з'єднані паралельно, об'єднаємо їх в еквівалентний резистор R_{234} , а опір знаходимо за формулою

$$R_{234} = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4}.$$

Спрощена схема показана на рисунку 2.5:

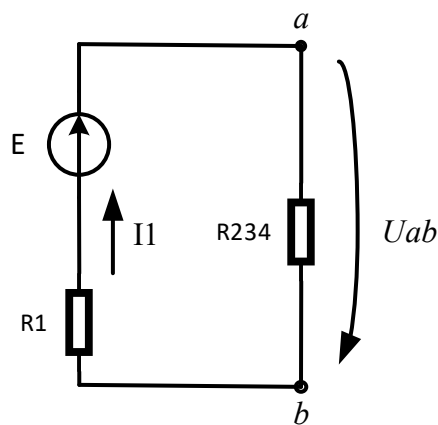


Рисунок 2.5

У результаті спрощень ми отримали вже нерозгалужене коло (рисунок 2.5), в якому резистори R_1 та R_{234} з'єднані послідовно. Замінюємо їх резистором $R_{екв}$, який знаходимо за формулою

$$R_{екв} = R_1 + R_{234} .$$

Ми отримали схему, яка показана на рисунку 2.6.

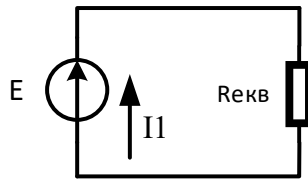


Рисунок 2.6

Визначаємо струм I_1 за законом Ома:

$$I_1 = \frac{E}{R_{екв}} .$$

Далі знаходимо напругу U_{ab} (рисунок 2.5) за законом Ома

$$U_{ab} = I_1 \cdot R_{234} .$$

Знаючи напругу U_{ab} , переходимо до схеми на рисунку 2.4 та знаходимо струми I_2 та I_3 за законом Ома

$$I_2 = \frac{U_{ab}}{R_{23}} ;$$

$$I_3 = \frac{U_{ab}}{R_4} .$$

Складаємо баланс потужності.

Потужність джерела напруги

$$P_{дж} = E \cdot I_1 .$$

Потужності, які споживають резистори R_1 , R_2 , R_3 та R_4 будуть дорівнювати

$$P_1 = I_1^2 \cdot R_1 \quad ; \quad P_2 = I_2^2 \cdot R_2 \quad ; \quad P_3 = I_3^2 \cdot R_3 \quad ; \quad P_4 = I_4^2 \cdot R_4 .$$

Сумарна споживана потужність

$$P_{сп} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 .$$

Якщо розрахунок зроблено вірно, отримаємо таку рівність:

$$P_{дж} \approx P_{сп} .$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3

Спосіб визначення величини:	I_1	I_2	I_3	U_1	U_2	U_3	U_4	P_1	P_2	P_3	P_4	$P_{сп}$	$P_{дж}$
	A	A	A	B	B	B	B	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт
розрахунком													
вимірюванням													

Друга частина лабораторної роботи – експериментальна. Модулюємо коло в програмі Multisim (рисунок 2.6). Параметри до модулювання наведені у таблиці 2.1.

При положенні вимикача «Вимкнено» отримуємо нерозгалужене електричне коло (рисунок 2.1), яке ми вже розрахували вище. Робимо вимірювання струму в колі та напруг на резисторах, результати заносимо у таблицю 2.2.

При положенні вимикача «Увімкнено» отримуємо розгалужене електричне коло (рисунок 2.3), яке ми вже теж розрахували вище. Робимо вимірювання струмів у вітках кола та напруг на резисторах, результати заносимо у таблицю 2.3.

На основі отриманих результатів вимірювань розраховуємо баланс потужностей. Результати розрахунку заносимо в таблиці 2.2 та 2.3 відповідно.

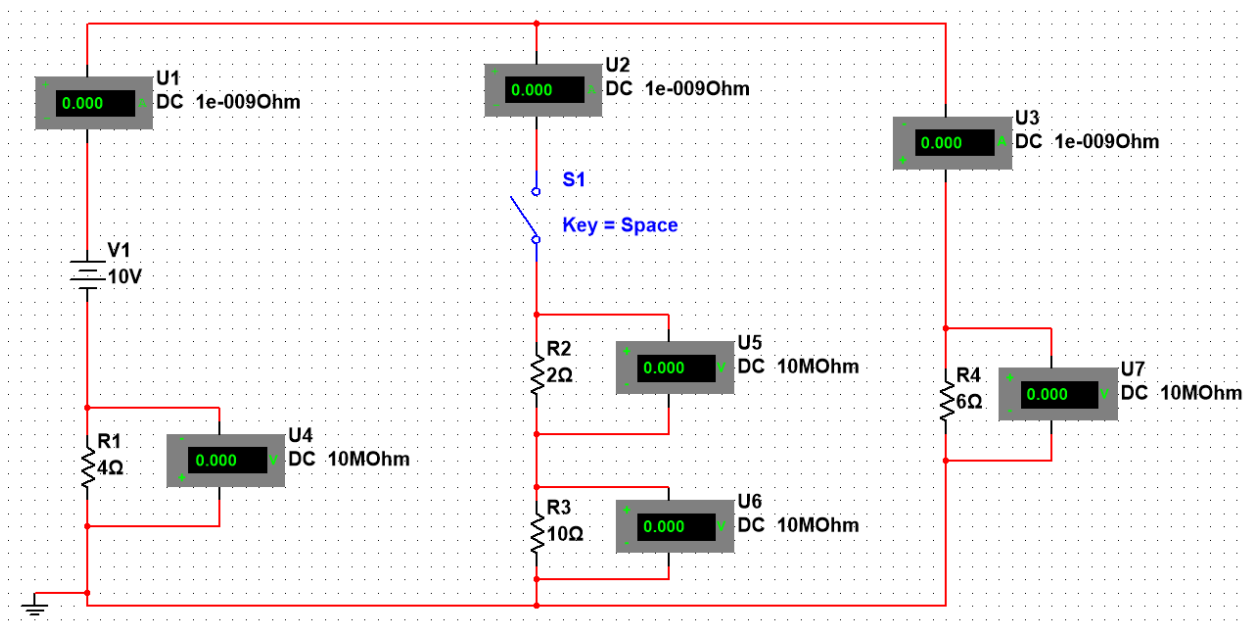


Рисунок 2.6

Аналіз отриманих результатів роботи та висновки

- 1 Необхідно порівняти результати розрахунку з виміряними даними.
- 2 За отриманими даними перевірити справедливність першого та другого законів Кірхгофа.
- 3 Отримані висновки занести у звіт до лабораторної роботи.

Лабораторна робота 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОПРОВІДНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПОСТІЙНИМ СТРУМОМ

Мета роботи

Аналіз режимів передачі електричної енергії двопровідною лінією постійного струму.

Підготовка до роботи

Перед виконанням лабораторної роботи необхідно ознайомитися з теоретичним матеріалом [4, 5] з таких питань:

1 Робота електричної лінії в режимі:

- холостого ходу;
- короткого замикання;
- номінального;
- узгодженого навантаження.

2 Доцільність передачі енергії підвищеною напругою в лінії електропередачі.

3 Апаратура захисту електричних ліній від аварійних режимів.

Порядок виконання лабораторної роботи

Модулюємо електричну лінію в програмі Multisim, як це показано на рисунку 3.1. У цієї схемі електричну станцію ми заміщуємо джерелом постійної напруги з напругою U_1 , опори проводів лінії – резисторами R_1 та R_2 , в якості навантаження візьмемо резистор R_3 , опір якого будемо змінювати залежно від режиму роботи. Вихідні параметри для моделювання наведені в таблиці 3.1.

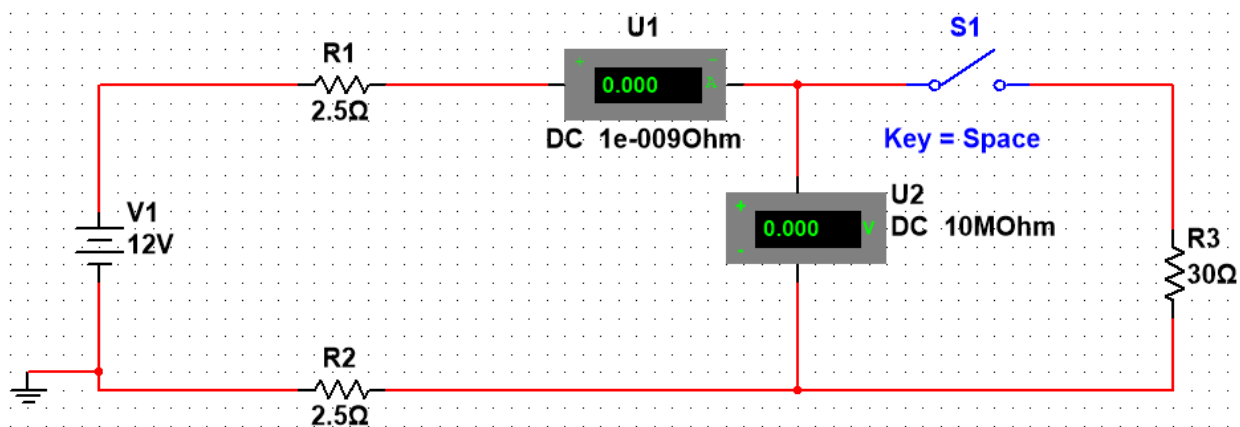


Рисунок 3.1

Таблиця 3.1

Параметри моделювання				Режими роботи	Виміряно		Обчислено				
U ₁	R ₁	R ₂	R _н		U ₂	I	ΔU	P ₁	P ₂	ΔP	η
В	Ом	Ом	Ом		В	А	В	Вт	Вт	Вт	%
12	2,5	2,5	∞	Холостий хід							
			30	Активне навантаження							
			20	Активне навантаження							
			14	Активне навантаження							
			10	Активне навантаження							
			7	Активне навантаження							
			5	Активне навантаження							
			3,3	Активне навантаження							
			2	Активне навантаження							
			0	Коротке замикання							

У ході виконання роботи необхідно виміряти струм в колі **I**, напругу на навантаженні **U₂**, змінюючи опір навантаження **R₃**.

Дослід холостого ходу проводять при розімкненому вимикачі. Досліди з активним навантаженням проводять з замкненим вимикачем, змінюючи опір навантаження R_3 як це вказано в таблиці 2.1. Дослід короткого замикання проводять при замкненому вимикачі, наближаючи максимально опір навантаження R_3 до нуля.

За результатами вимірювань необхідно розрахувати:

- втрати напруги в лінії – $\Delta U = U_1 - U_2$;
- потужність, що надходить від джерела, – $P_1 = U_1 \cdot I$;
- потужність, що споживається навантаженням, – $P_2 = U_2 \cdot I$;
- втрати потужності в лінії – $\Delta P = P_1 - P_2$;
- коефіцієнт корисної дії – $\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$.

Аналіз отриманих результатів роботи та висновки

1 За результатами вимірювань та розрахунків (таблиця 2.1) необхідно побудувати залежності $U_2 = f(I)$; $\Delta U = f(I)$; $P_1 = f(I)$; $P_2 = f(I)$; $\eta = f(I)$.

2 Довести доцільність передачі енергії підвищеною напругою в лінії електропередачі.

Лабораторна робота 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ ПРИ ПОСЛІДОВНОМУ З'ЄДНАННІ ІНДУКТИВНОГО ТА ЄМНІСНОГО ЕЛЕМЕНТІВ. РЕЗОНАНС НАПРУГ

Мета роботи

Ознайомлення з основними аналітичними співвідношеннями в нерозгалуженому електричному колі змінного струму. Дослідження явища резонансу напруг.

Підготовка до роботи

Перед виконанням лабораторної роботи необхідно ознайомитися з теоретичним матеріалом [4, 5] з таких питань:

- 1 Електричні кола змінного струму. Основні параметри синусоїдних ЕРС, струмів і напруг.
- 2 Представлення змінних напруг і струмів у вигляді векторів та комплексних чисел.
- 3 Конденсатори та котушки індуктивності у колі змінного струму. Трикутник опорів.
- 4 Закон Ома для кола змінного струму.
- 5 Резонанс напруг та його наслідки.
- 6 Паралельне з'єднання котушки і конденсатора.
- 7 Резонанс струмів і його наслідки.
- 8 Повна, активна та реактивна потужності кіл змінного струму.
- 9 Коефіцієнт потужності та його значення.

Порядок виконання лабораторної роботи

Модулюємо схему в програмі Multisim, як це показано на рисунку 4.1.

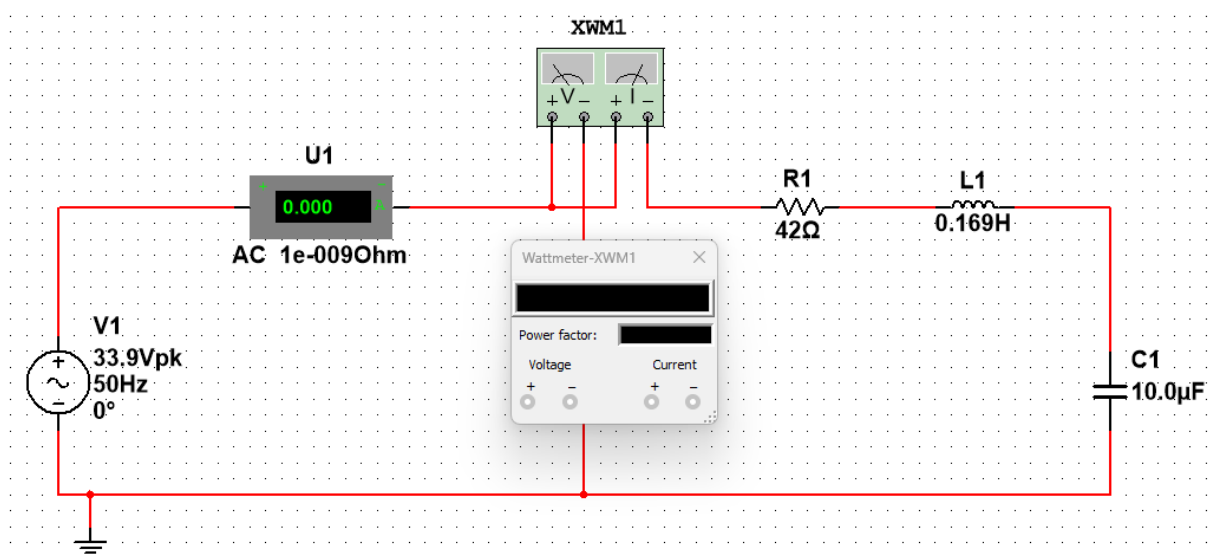


Рисунок 4.1

Параметри для моделювання вказані в таблиці 4.1.

В якості джерела живлення беремо джерело змінної напруги. В програмі Multisim на цьому джерелі необхідно виставити амплітудне значення (P_k) напруги частотою 50 Гц. В таблиці 4.1 вказано діюче значення напруги U . Зв'язок між амплітудним та діючим значенням синусоїдної напруги визначається співвідношенням:

$$U_m = \sqrt{2} \cdot U .$$

Прилади необхідно перевести в режим вимірювання на змінному струмі (АС).

Параметри індуктивності, резистора та ємностей вказані в таблиці 4.1.

У ході виконання роботи необхідно виміряти струм в колі I , активну потужність P , коефіцієнт потужності $\cos\phi$, змінюючи ємність, як вказано в таблиці 4.1. Результати вимірювань занести в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1

Параметри моделювання				Виміряно			Обчислено			
U	R	L	C	I	P	$\cos\phi$	X_L	X_C	U_L	U_C
В	Ом	Гн	мкФ	А	Вт	-	Ом	Ом	В	В
24	42	0,169	10							
			20							
			30							
			40							
			50							
			60							
			70							
			80							
			90							
			100							
			110							
			120							

За результатами вимірювань необхідно розрахувати:

- реактивний опір індуктивності – $X_L = \omega \cdot L$;
- реактивний опір ємності – $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$;
- напругу на індуктивності – $U_L = I \cdot X_L$;
- напругу на ємності – $U_C = I \cdot X_C$.

Аналіз отриманих результатів роботи та висновки

1 За результатами вимірювань та розрахунків (таблиця 4.1) необхідно побудувати залежності $I=f(C)$, $\cos\varphi=f(C)$, $U_L=f(C)$, $U_C=f(C)$.

2 Зробити висновки щодо явища резонансу. Вказати, в якому саме досліді зафіксували це явище, та пояснити, на основі яких даних ви це зробили.

Лабораторна робота 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО КОЛА ПРИ З'ЄДНАННІ «ЗІРКА»

Мета роботи

Дослідження роботи трифазного кола змінного струму при з'єднанні приймачів енергії «зірка». Дослідження симетричних та несиметричних режимів роботи три- або чотирипровідного кола.

Підготовка до роботи

Перед виконанням лабораторної роботи необхідно ознайомитися з теоретичним матеріалом [4, 5] з таких питань:

- 1 Способи з'єднання трифазного джерела живлення.
- 2 Методика розрахунку трифазного кола при симетричних приймачах, з'єднаних «зіркою».

3 Методика розрахунку трифазного кола при несиметричних приймачах, з'єднаних «зіркою».

4 Розрахунок трифазного кола з приймачами з'єднаними «трикутником».

5 Розрахунок потужності в трифазних колах.

6 Аварійні режими роботи трифазних кіл.

7 Призначення нейтрального проводу при з'єднанні приймачів енергії «зіркою».

Порядок виконання лабораторної роботи

Модулюємо схему в програмі Multisim, як це показано на рисунку 5.1. В якості джерела живлення – трифазне джерело з'єднанням «зірка» фазною напругою (L-N) 230 В, частотою 50 Гц.

Модулюємо режими при симетричному навантаженні фаз з нейтральним та без нейтрального проводу. Вмикання та вимикання нейтрального проводу здійснюють вимикачем S1 (рисунок 5.1). Параметри резисторів навантаження фаз вказані в таблиці 5.1.

Щоб зробити вимірювання при несиметричному навантаженні фаз необхідно змінити опори резисторів, як це вказано в таблиці 5.1.

У ході роботи необхідно виміряти фазні струми, струм в нейтральному проводі, фазні та лінійні напруги, напругу зміщення нейтралі. Прилади необхідно перевести в режим вимірювання на змінному струмі (АС).

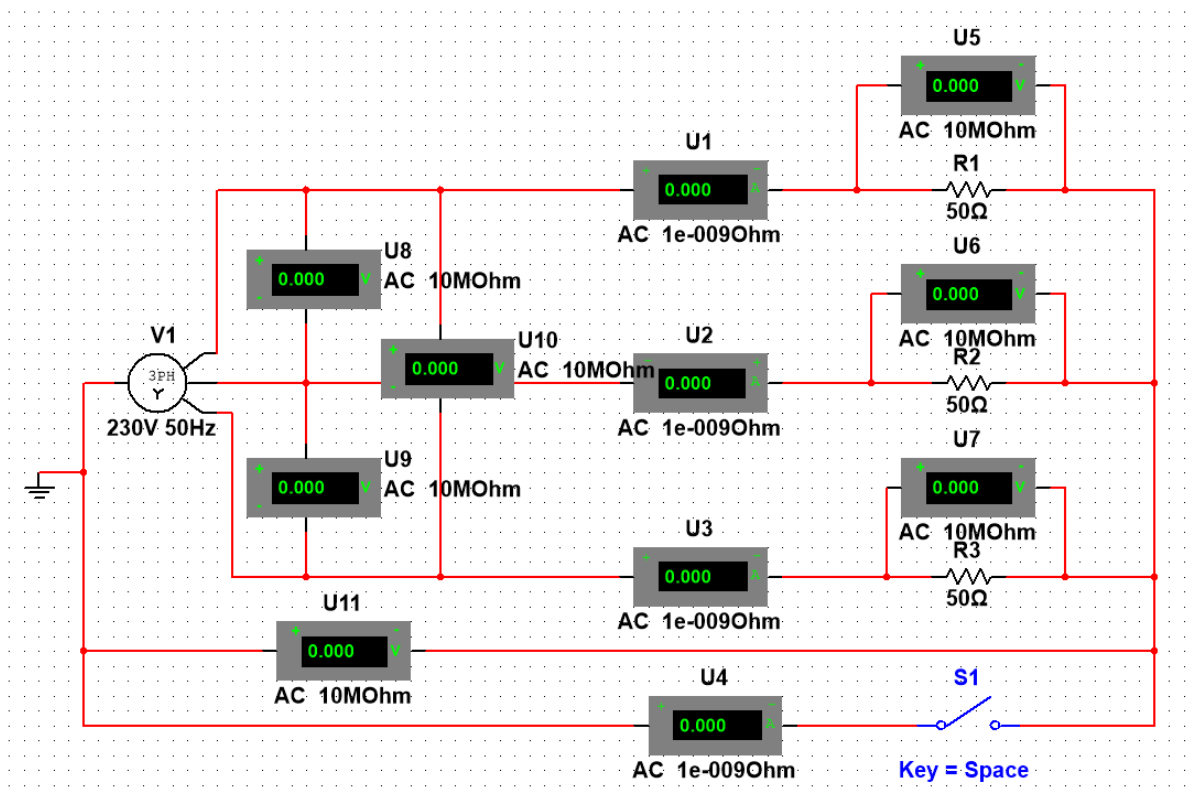


Рисунок 5.1

Аналіз отриманих результатів роботи та висновки

- 1 Зробити висновки щодо призначення нейтрального проводу та доцільності використання трипровідного або чотирипровідного кола.
- 2 Побудувати векторні діаграми напруг та струмів для кожного з режимів. Цей пункт необов'язковий, але дасть змогу отримати додаткові бали за виконання цієї роботи.

Таблиця 5.1

Режими роботи	Параметри моделювання			Виміряно										
	R_1	R_2	R_3	I_A	I_B	I_C	I_N	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{Nn}
	Ом	Ом	Ом	А	А	А	А	В	В	В	В	В	В	В
Симетричне навантаження фаз із нейтральним проводом	50	50	50											
Симетричне навантаження фаз без нейтрального проводу	50	50	50											
Несиметричне навантаження фаз із нейтральним проводом	25	50	150											
Несиметричне навантаження фаз без нейтрального проводу	25	50	150											

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення: метод. посіб. з додержання вимог нормоконтролю в студ. навч. звітності / Л. М. Козар, Є. В. Коновалов, А. О. Лапко та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2014. 46 с. URL : <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/3454>.

2 National Instruments. (n.d.). *How Do I Use Multisim™ to Teach Electronics*. Retrieved from NI website : <https://www.ni.com/en/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-multisim/multisim-education/how-do-i-use-multisim-to-teach-electronics.html> ni.com.

3 Shields, T. (n.d.). *Practical Teaching Ideas with NI Multisim*. National Instruments. Retrieved from <https://education.ni.com/teach/resources/1347/practical-teaching-ideas-with-ni-multisim>.

4 Теорія електричних і магнітних кіл / С. В. Панченко, О. М. Ананьєва, М. М. Бабаєв та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2020. 246 с. <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/5408>.

5 Теоретичні основи електротехніки. Практикум : навч. посіб. / С. М. Тихонравов, О. Є. Зінченко, Н. П. Карпенко та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2019. 154 с. URL : <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/2173>.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
в дистанційному форматі

з освітньої компоненти
«ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»

Відповідальний за випуск Зінченко О. Є.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 05.12.2025 р.
Умовн. друк. арк. 1,5. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного
транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.