

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Основи електротехніки, електричні вимірювання

методичні рекомендації

для виконання лабораторних робіт здобувачами початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв

2023

УДК 621.3
О-75

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 30.03.2023, протокол № 8.

Укладачі:

Сидорика Ігор – канд. тех. наук доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївського національного аграрного університету

Рецензенти:

Грубань Василь – канд. тех. наук, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Ставинський Андрій – д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний
аграрний університет, 2023

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Основи електробезпеки	4
Лабораторна робота № 1. Вимірювання електричних величин електричними приладами	6
Лабораторна робота №2. Активний двополюсник постійного струму. Експериментальне вивчення характеристик нелінійних електричних кіл постійного струму	10
Лабораторна робота №3. Експериментальне вивчення характеристик електричних кіл однофазного змінного струму. Визначення параметрів <i>RLC</i> -контур. Експериментальне вивчення резонансу в електричних колах.....	11
Лабораторна робота № 4. Повна, активна та реактивна потужності у колах змінного струму. Визначення коефіцієнта потужності.....	14
Лабораторна робота № 5. Дослідження трифазного кола при сполученні фаз споживача зіркою та трикутником.....	15
Література.....	17

ВСТУП

Дані методичні рекомендації призначені для допомоги в організації лабораторних робіт здобувачами початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти підчас вивчення дисципліни «Основи електротехніки, електричні вимірювання», які навчаються в Миколаївського національного аграрного університету, а також допомогти їм у практичній реалізації набутих знань.

Лабораторні роботи є важливим елементом всього комплексу освітнього процесу з дисципліни «Основи електротехніки, електричні вимірювання».

Метою лабораторних робіт є закріплення та поглиблення теоретичних знань, набутих в процесі навчання, а також набуття навичок у роботі з електроприладами.

Також, у процесі виконання лабораторних робіт студенти набувають навички постановки експерименту, вимірювання електричних величин, спостереження і реєстрації різних електричних процесів та обробки даних експерименту.

Приступаючи до виконання лабораторних робіт, студенти повинні вивчати правила техніки електробезпеки, порядок організації та виконання робіт.

Основи електробезпеки

Треба завжди пам'ятати, що порушення правил техніки безпеки обов'язково призводить до електротравматизму.

Аналіз електротравматизму показує, що понад 80 % нещасних випадків припадає на електроустаткування до 1000 В.

При обслуговуванні електроустаткування напруга і струм не виявляють зовнішніх ознак, тому ураження електричним струмом настає несподівано. Зі 100 розслідуваних нещасних випадків електротравматизму у побутових та виробничих умовах 90 завершуються смертю потерпілого.

В залежності від величини та часу дії струму, що проходить через організм людини, може виникнути електротравма у вигляді опіків, непритомності, судороги, припинення дихання та навіть смерті.

Людина не відчуває дії струму 0,5 мА, відчутний струм 1,5 мА уражає людину, при струмі 10-15 мА людина не може відірвати рук від електродів. Струм уражає органи дихання та серцево-судинну систему. При 100 мА серце припиняє діяльність, отже, цей струм вважають смертельним.

На ступінь ураження впливає величина струму, яка залежить від величини напруги та опору кола, а також час його дії. Із збільшенням часу дії струму зменшується опір тіла людини за рахунок розширення судин шкіри і підвищення виділення поту. Встановлено, що опір тіла людини коливається від 600 до 100000 Ом.

Близько 60 % нещасних випадків відбуваються через безпосереднє дотикання до голих струмоведучих частин, які знаходяться під напругою.

Опір тіла людини величина змінна та зменшується зі збільшенням напруги, тому зі збільшенням часу проходження струму та підвищенням напруги опір зменшується, а ступінь ураження зростає.

Велике значення у зменшенні уражень струмом мають наявність підлоги, гумових килимків, сухе взуття, низька вологість приміщення та заземлення стендів.

Необхідно, також, пам'ятати, що опір людини у нетверезому стані, а також у стані нервового збудження і з дефектами шкіри значно менший, ніж у здорової людини. Це створює ще більшу небезпеку ураження електричним струмом. Майбутньому фахівцю, людині яка готується до роботи з людьми на виробництві, це завжди треба пам'ятати.

Враховуючи вищезазначене, здобувачам вищої освіти необхідно дотримуватись інструкції № 76 з охорони праці під час проведення лабораторних робіт у лабораторіях.

Основні правила електробезпеки та роботи в електротехнічних лабораторіях Миколаївського Національного аграрного університету:

1. До роботи в лабораторії допускаються лише особи, ознайомлені з інструкцією щодо правил безпеки.

2. Вивчивши зміст інструкції та прослухавши додатковий інструктаж, здобувач вищої освіти ставить підпис в журналі обліку та відповідає за виконання основних правил електробезпеки.

3. Категорично забороняється доторкатися до неізольованих частин електричної установки, яка перебуває під напругою.

4. Складати коло за схемою можна тільки при вимкнутій напрузі.

5. Вмикати струм у складену схему можна тільки після її перевірки керівником.

6. Забороняється виконувати будь-які перемикання схеми під напругою.

7. Треба бути обережним при роботі з електричними машинами, не торкатись рухомих частин, додержуватись нормального режиму роботи.

8. Якщо під час роботи виникла несправність електрообладнання, негайно повідомте керівника.

9. У випадку ураження струмом негайно треба його вимкнути і повідомити керівника.

Лабораторна робота № 1

Вимірювання електричних величин електричними приладами.

Мета роботи: ознайомитись із засобами та правилами виконання вимірювань електричних величин електричними приладами, набуття навичок складання електричних кіл і вимірювання параметрів елементів.

Короткі теоретичні відомості

Стенд УДС-1 складається з:

- а) панелі, на якій розміщені джерела живлення електричної енергії, електронного ключа, набірного поля та регульованих пасивних елементів;
- б) комплекту нерегульованих пасивних елементів;
- в) комплекту з'єднувальних проводів та перемичок.

Джерела живлення електричної енергії та електронний ключ розташовані на лівій частині стенда на трьох знімних блоках.

Параметри елементів стенду УНДС-1 приведено в табл. 1.1-1.3.

Таблиця 1.1.

Параметри елементів стенда УДС-1

Резистори		Конденсатори		Котушки індуктивності	
Номер елемента	R , Ом	Номер елемента	C , мкФ	Номер елемента	L , мГн
01	50	11	0,10	20	2
02	75	12	0,25	21	3
03	100	13	0,50	22	5
04	150	14	0,75	23	7
05	200	15	1,20	24	10
06	300	16	1,25	25	15
07	510	17	1,50	26	20
08	750	18	1,75	27	30
09	820	19	2,00	28	50
10	1000			29	70

Таблиця 1.2.

Нерегульовані елементи пасивних блоків стенду УНДС-1

Найменування	Величина
$R1$	100 Ом
$R2$	200 Ом
$R3$	400 Ом
$L1$	1,0 Гн
$L2$	1,5 Гн
$L3$	2,0 Гн
$C1$	0,1 мкФ
$C2$	10 мкФ
$C3$	20 мкФ

Таблиця 1.3.

Регульовані елементи стенду УНДС-1

Елемент	Діапазон регулювання	Крок (ступінь) регулювання
$R4$	1...999 Ом	1,0 Ом
$L4$	0,1...99,9 мГн	0,1 мГн
$C4$	0,01...9,99 мкФ	0,01 мкФ

Підготовка до роботи

1. Уважно ознайомитись з описом відповідної роботи та звернути увагу на мету роботи.

2. Вивчити за конспектом лекцій та підручниками теоретичний матеріал, який відповідає тематиці роботи.

3. Підготувати заготовку звіту з лабораторної роботи, де мають бути накреслені схеми досліджень і таблиці даних, виконані розрахунки. Результати розрахунків необхідно занести до відповідних таблиць.

Підготовку та здатність студента до виконання лабораторної роботи контролює викладач.

Здобувачі вищої освіти, які не готові до виконання роботи, до занять не допускаються. Невиконану лабораторну роботу вони мусять відпрацювати наприкінці учбового семестру.

Послідовність виконання досліду

1. Накреслити схему дослідження, згідно з рис. 1.1.
2. Скласти електричне коло згідно рис. 1.1.
3. Встановити значення змінного опору.

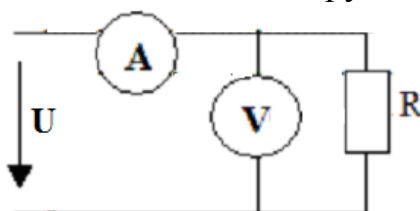


Рис.1.1

Вмикати по чергово три джерела: нерегульованого, регульованого постійного струму, а також змінного струму та зняти три зовнішні характеристики, змінюючи величину опору. Струм не повинен перебільшувати максимального значення $I_{max} = 0,2$ А. Результати досліду занести до табл. 1.4.

Таблиця 1.4

№ п/п	Елемент	Параметр	Номер заміру					
			1	2	3	4	5	6
1	Нерегульоване джерело постійного струму	U, В I, мА						
2	Регульоване джерело постійного струму	U, В I, мА						
3	Джерело змінного струму	U, В I, мА						
4	Нелінійний елемент (пряма характеристика)	U, В I, мА						
5	Нелінійний елемент (обратна)	U, В I, мА						

Лабораторна робота №2.
Активний двополюсник постійного струму.
Експериментальне вивчення характеристик нелінійних електричних кіл постійного струму.

Мета роботи: вивчити характеристики нелінійних електричних кіл постійного струму.

Підготовка до роботи

1. Накреслити схему для дослідження згідно з варіантом домашнього завдання (табл.2.1) та рис. 2.1. До схеми не включати елементів, яких нема у вашому варіанті.

2. Здану схему обчислити методом накладання. Для цього накреслити ще дві схеми, коли в кожній з них діє тільки одне джерело електрорухомих сил (ЕРС).

Результати обчислень записати до табл. 2.2.

3. Дані для розрахунків беруть з табл.2.1, пам'ятаючи, що дійсні параметри резистивних елементів обчислені в лабораторній роботі №1.

4. Знак „+” в позначенні ЕРС вказує на напрям стрілки вгору, знак „-” на напрям стрілки вниз.

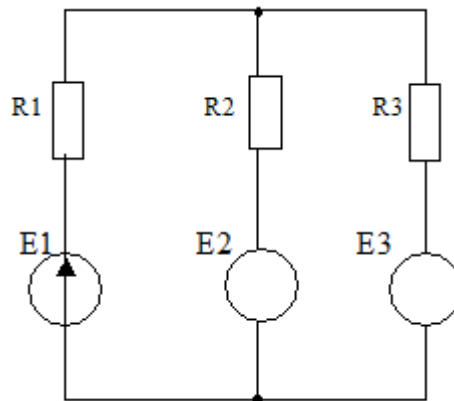


Рис.2.1

Таблиця 2.1

Варіант	R ₁	R ₂	R ₃	E ₁	E ₂	E ₃
	Номери елементів			В		
1	01	03	02	+20	—	-15
2	01	02	03	+12	—	+20
3	02	01	03	+15	-20	—
4	03	02	01	+20	+15	—
5	03	01	02	+20	—	+14

Порядок проведення дослідів.

1. Згідно з домашнім завданням скласти електричне коло.

2.Заміряти струми у відгалуженнях, коли окремо діє кожна ЕРС, а також при одночасній дії двох ЕРС. Результати експериментів записати до табл. 2.2.

Таблиця 2.2

№ п/п	Джерело	I_1 , А	I_2 , А	I_3 , А
Розрахунок				
1	Нерегульоване			
2	Регульоване			
3	Нерегульоване та регульоване			
Експеримент				
1	Нерегульоване
2	Регульоване
3	Нерегульоване та регульоване

Примітка: При замірах струмів додержувати їх полярності. Коли напрям струму збігається з указаним на схемі, то його значення записати до табл. 2.2 зі знаком "+", коли ні, то зі знаком "-".

Обробка результатів

Згідно з табл. 2.2 зробити необхідні розрахунки. Визначити допустиму похибку та порівняти струми експериментальні та обчислені в домашній підготовці.

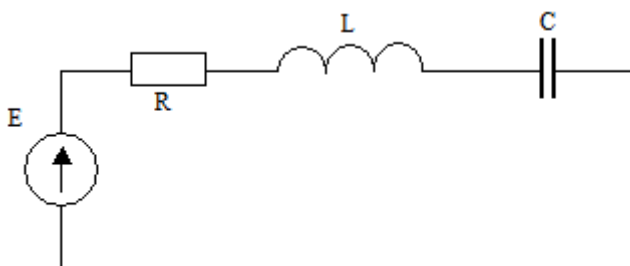
Лабораторна робота №3.

Експериментальне вивчення характеристик електричних кіл однофазного змінного струму. Визначення параметрів RLC -контуру. Експериментальне вивчення резонансу в електричних колах.

Мета роботи: 1. Вивчити співвідношення в електричному колі з послідовним з'єднанням різнорідних елементів.

2. Визначити параметри схеми заміщення при послідовному з'єднанні різнорідних елементів за допомогою символічного методу розрахунку кіл синусоїдного струму та векторних діаграм.

3. Експериментально перевірити явище резонансу напруг при зміні частоти напруги джерела живлення.



Підготовка до роботи.

1. Накреслити схему послідовного сполучення індуктивної котушки, резистора та конденсатора. Схема має містити електроприлади для вимірювання струму, напруги мережі та напруги на окремих ділянках кола. На схемі вказати умовно-позитивні напрямки струму I , напруг U , U_R , U_k , U_c та напругу U_{13} на ділянці з резистором і котушкою.
2. Згідно із заданим варіантом вибрати з табл. 1.1 та 3.1 необхідні параметри - R , L , C , f , U .

Таблиця 3.1

Параметр		Значення для варіантів											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
u	V	12	13	9	10	11	12	10	9	12	10	9	11
f	$кГц$	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
R	Номер елемен та	01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03
C		19	18	17	16	15	14	13	12	19	18	17	16
L		20	21	22	23	24	20	21	22	23	24	20	21

3. Обчислити індуктивний, ємнісний та повний опори кола з послідовним з'єднанням - R , L , C елементами.
4. Зробити символічним методом розрахунок послідовного кола з R , L , C елементами. Результати розрахунку записати до табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Початкові дані				Обчислення													
U	R	L	C	I	Z_e	Z_k	Re	R_k	X_k	X_c	X	U_k	U_r	U_c	P	Q	S
V	$Ом$	$Гн$	$мкФ$	A	$Ом$						V			$Вт$	$вар$	$ВА$	
						-	50	-									

5. Обчислити значення резонансних величин $f_{рез}$, $U_{рез}$, $U_{Lрез}$, $U_{Cрез}$ для свого варіанта.

Порядок проведення дослідів.

1. Скласти, схему згідно з підготовкою до роботи (див. п.1 розд. "Підготовка до роботи").
2. Провести дослідження при синусоїдному струмі.

Результати дослідження записати до табл. 3.3.

Таблиця 3.3

3. Експеримент						Обчислення											
U	I	U _r	U _k	U _c	U ₁₃	Z _e	Z _k	R _e	R _k	X _k	X _c	X	cosφ	φ	P, Вт	Q, вар	S, ВА
в	А	В				Ом											

Виконати дослідження явища резонансу напруги при зміні частоти живлення, підтримуючи при цьому напругу мережі незмінною.

Результати дослідження записати до табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Параметр	f, кГц							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I, А								
U _r , В								
U _k , В								
U _c , В								
Обчислити ω, С ⁻¹								

Обробка результатів.

1. За даними табл. 3.3 виконати необхідні розрахунки, порівняти їх з розрахунками домашньої підготовки (див. табл. 3.2), Коефіцієнт потужності. визначте за допомогою трикутника опорів, накресленого в масштабі.
2. Накреслити в масштабі трикутник потужностей та векторну (топографічну) діаграму.
3. Приймаючи початкову фазу струму $\Psi_i=0$, записати комплексне та миттєве значення струму та напруги. Накреслити графіки $i(t)$ та $u(t)$.
4. За даними табл. 3.4 накреслити у спільних координатних осях графіки $i(\omega)$, $u_k(\omega)$, $u_c(\omega)$, $u_r(\omega)$. З них визначити резонансні значення $\omega_{рез}$, $f_{рез}$, $U_{крез}$, $U_{срез}$ та порівняти їх з розрахунковими значеннями (див. п. 5 розд. "Підготовка до роботи").
5. Зробити висновки.

Лабораторна робота № 4.
Повна, активна та реактивна потужності
у колах змінного струму. Визначення коефіцієнта потужності.

Мета роботи:

1. Вивчити співвідношення в електричному колі з паралельним та змішаним з'єднанням різнорідних елементів.
2. Визначити параметри схеми заміщення при паралельному з'єднанні різнорідних елементів за допомогою символічного методу та методу векторних діаграм.
3. Експериментально перевірити явище резонансу струмів при зміні ємності.

Підготовка до роботи

1. Накреслити схеми кіл з паралельним (рис. 4.1,а і 4.1,б) та з мішаним з'єднанням різних елементів (рис. 4.1,в) відповідно до варіанта табл. 4.1.

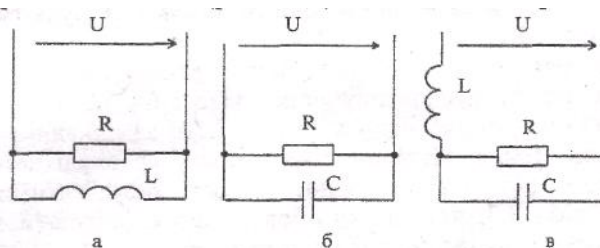


Рис. 4.1

Таблиця 4.1

Параметр		Значення для варіанта											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U	В	6	7	9	8	6	7	8	9	6	7	9	8
f	кГц	6	5	4	3	3	4	2	3	4	2	3	4
R	Номер елемента	01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03
C		19	18	17	16	15	14	13	12	19	18	17	16
L		20	21	22	23	24	20	21	22	23	24	20	21

Параметри елементів вибрати з табл. 1.1 відповідно до свого варіанта. Схеми мають містити прилади, якими можна вимірювати струми у відгалуженнях, напругу мережі, напругу на окремих ділянках кола. На схемі показати умовно-позитивні напрямки усіх названих струмів і напруг.

2. Обчислити для схем рис.4.1 провідності кожного елемента G , B , Y , а також еквівалентні значення $G_{екв}$, $B_{екв}$, $Y_{екв}$ відповідно для кожного кола. Біля кожної електричної схеми записати ці значення в трьох формах запису комплексних чисел. До табл. 4.2 записати модулі цих виразів.
3. Для схем рис.4.1 зробити розрахунок символічним методом. Результати розрахунку записати до табл. 4.2. Побудувати векторну діаграму для цих електричних сполучень.
4. У схемі рис. 4.1,а замість елемента R увімкнути змінну ємність та визначити значення резонансних величин.

Порядок проведення дослідів.

1. Скласти схему трифазного кола, якщо споживач активний (див. п. 1 і 2 розд. "Підготовка до роботи"). У схемі (рис. 5.1) E_a , E_b , E_c - елементи блока джерела трифазної напруги з незалежними фазами; R_a , R_b - нерегульовані пасивні елементи, а R_c - регульований пасивний елемент.
2. Провести дослідження трифазного кола з нейтральним проводом і без нього при симетричному та несиметричному активному навантаженні, а також при обриві фази. Виконати дослід короткого замикання однієї фази кола без нейтрального проводу.

Обробка результатів.

1. За результатами розрахунків побудувати векторні діаграми струмів і топографічні діаграми напруг.
2. Для симетричного споживача обчислити відношення між фазними та лінійними напругами. Обчислити активну потужність для усіх режимів.

ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Khilov V. S. Theoretical fundamentals of electrical engineering. Dnipro : National Mining University, 2018. 467 p.
2. Вовк О. Електротехніка : навчальний посібник. Мелітополь : ВПЦ «Люкс», 2021. 203 с.
3. Маля В. Теоретичні основи електротехніки : підручник. Львів : Львівська політехніка. 2018. 416 с.
4. Набокова О. Теоретична електротехніка: навчальний посібник. Запоріжжя : ЗНТУ, 2015. 477 с.
5. Намацалюк І., Перетятко Ю. Теоретичні основи електротехніки. Збірник задач : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 112 с.
6. Овчаров В., Вовк О. Загальна електротехніка : навчальний посібник. Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2018. 310 с.
7. Титаренко М. Електротехніка : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2021. 240 с.
8. Хілов В. Теоретичні основи електротехніки : підручник. Дніпропетровськ : Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 2021. 240 с.

Додаткова

1. Кириченко О. Електротепловий аналіз елементів навчально-дослідного лабораторного стенду з теоретичної електротехніки. *Перспективна техніка і технології*. 2017.
2. Нестерчук Д., Квітка С., Галько С. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин : навчальний посібник. Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет», 2017. 206 с.
3. Шегедин О., Маляр В. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1 : навчальний посібник. Львів : Вид-во «Новий Світ – 2000», 2020. 168 с.
4. Churylo R. Research of transients in electromechanical system with uug disk type // *Матеріали студентської конференції Миколаївського національного аграрного університету [Кафедра іноземних мов]*, 25 березня 2021 р., м. Миколаїв. Миколаїв : МНАУ, 2021. С. 151-152.

Навчальне видання

Основи електротехніки, електричні вимірювання

Методичні рекомендації

Укладачі: **Сидорика** Ігор Миколайович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 0,8.

Тираж 20 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.