

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
"Дніпровська політехніка"**



Кафедра електротехніки



Хілов В.С.

**Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ, ЧАСТИНА 1,
розділи: «Основи теорії кіл постійного струму» та
«Основи теорії кіл гармонійного однофазного струму»
для студентів спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

**Дніпро
2021**

Рекомендовано до видання навчально-методичним відділом (протокол № від за поданням науково-методичної комісії зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (протокол № 21/22-01 від 30.08.2021 р.)

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», частина 1 (розділи: «Основи теорії кіл постійного струму» та «Основи теорії кіл гармонійного однофазного струму») для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В.С. Хілов; Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д.: НТУ "ДП", 2021. – 44 с.

Автор:

Хілов В.С., докт.техн.наук, проф. каф. Електротехніки

Методичні вказівки призначено для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», частина 1 (розділи: «Основи теорії кіл постійного струму» та «Основи теорії кіл гармонійного однофазного струму»). В інструкціях до виконання лабораторних робіт наведено основний матеріал, який викладається на протязі двох чвертей семестру та відповідає затвердженій програмі. Кожна лабораторна робота складається з назви, мети, програми та етапів виконання, методичних вказівок, контрольних запитань.

© Хілов В.С. 2021.

© НТУ «Дніпровська політехніка», 2021

ВСТУП

Один із важливіших видів занять з курсу “Теоретичні основи електротехніки” – виконання лабораторних робіт. Для підвищення ефективності проведення лабораторного практикуму розроблені ці методичні вказівки.

Методичні вказівки призначені для проведення лабораторних робіт з дисципліни “Теоретичні основи електротехніки” (частина 1, розділи «Основи теорії кіл постійного струму» та «Основи теорії кіл гармонійного однофазного струму») для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

У даних лабораторних роботах наведений увесь основний матеріал, який викладається на протязі двох чвертей семестру та відповідає затвердженій програмі.

Кожна лабораторна робота складається з назви, мети, програми та етапів виконання, методичних вказівок, контрольних запитань.

Тривалість лабораторної роботи – дві академічні години; самостійна підготовка до роботи – одна година; оформлення звіту – одна година.

Метою лабораторних занять є закріплення теоретичних знань, одержаних на лекціях, та набуття навичок експериментального дослідження електричних схем.

Процес виконання лабораторної роботи розрахований на чотири етапи: самостійна підготовка до лабораторних занять; експериментальне дослідження на стенді; оформлення результатів досліджень; залік з лабораторної роботи.

Самостійна підготовка до лабораторного заняття здійснюється відповідно темі та меті роботи. Це поглиблене вивчення відповідних розділів курсу ТОЕ, вибір окремих параметрів схем, запис потрібних аналітичних співвідношень, креслення принципів схем та таблиць для експериментальних результатів, відповіді на запитання, які подані у завданні.

Звіт складається кожним студентом самостійно і є основним документом при виконанні та захисті лабораторної роботи, яка оформлюється в окремому зошиті (18 аркушів). Графіки та векторні діаграми будуються у масштабі. Звіт по кожній лабораторній роботі повинен містити основні пункти: 1.Номер та назву роботи; 2.Мету роботи; 3.Програму роботи; 4.Аналіз результатів; 5.Висновки по виконаним розрахунках та експериментальній їх перевірці. Окрім основних пунктів звіт повинен містити додаткові пункти, які зазначені у кожній роботі.

Експериментальні дослідження проводяться на навчально-дослідному стенді бригадами з 2–3 студентів. Бригада отримує дозвіл на складання електричної схеми тільки після співбесіди з викладачем.

Студент під час проведення лабораторних робіт повинен:

- ◆ дотримуватися правил електробезпеки, які наведені у методичних вказівках до лабораторних робіт;
- ◆ виконати лабораторну роботу за відповідною методикою;
- ◆ скласти звіт про виконання лабораторної роботи;
- ◆ захистити результати попередньої лабораторної роботи;
- ◆ одержати оцінку за лабораторний модуль через визначену форму модульного контролю (захист звітів про лабораторні роботи).

Правила електробезпеки при виконанні лабораторних робіт

1. При виконанні лабораторних робіт необхідно пам'ятати про можливість поразки електричним струмом і дотримуватися правил техніки безпеки.
2. Кожний студент на початку семестру, приступаючи до роботи у лабораторії, зобов'язаний у першу чергу пройти інструктаж, вивчити інструкцію з техніки безпеки лабораторії та розписатися у реєстраційному журналі.
3. Приступаючи до роботи на стенді необхідно перевірити справність ізоляції з'єднувальних проводів та при необхідності замінити їх, звернувшись до технічного персоналу, який обслуговує лабораторні стенди. Не можна користуватися проводами без наконечників або затискачів.
4. Не можна вмикати схеми до джерела живлення без перевірки її викладачем або технічним персоналом.
5. Забороняється робити будь-які перемикання в колах живлення дослідних стендів.
6. Особлива увага приділяється дослідженням кіл з послідовним з'єднанням індуктивностей та ємностей, тому що у таких колах мається можливість виникнення явища перенапруги на ділянках з реактивними елементами.
7. Належить пам'ятати, що вимкнутий конденсатор може зберігати небезпечний остатній потенціал, тому його треба розрядити перед вмиканням у коло.
8. При виникненні аварійних обставин – попадання людини під напругу, короткому замиканні у силовому кабелі, розрив проводів, запалювання та інше – спершу за все вимикається стенд від джерела живлення, а при необхідності кнопкою «Выкл. 95» вимикається електропостачання обладнання навчальної аудиторії. Кнопка «Выкл. 95» знаходиться на передній панелі розподільного щиту.
9. При виникненні пожежі треба користуватися тільки вуглекислотним вогнегасником. Вогнегасник, а також аптечка для першої медичної допомоги знаходяться у чергового лаборанта.
10. Не можна залишати без нагляду ввімкнені в електричну мережу лабораторні стенди. Якщо бригада виходить на перерву і відходить від стенда, він повинен бути вимкнений.
11. Кожен повинен пам'ятати, що не можна усувати пошкоджені електричні прилади, які перебувають під напругою.
12. Не можна вмикати і вимикати електроприлади мокрими руками. Найкраще це робити однією рукою, не торкаючись одночасно до іншого заземленого предмета.

Лабораторна робота ТОВ – 1/1

ОЗНАЙОМЛЕННЯ З НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИМ ЛАБОРАТОРНИМ СТЕНДОМ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ МЕТОДОМ ЕКВІВАЛЕНТНОГО ОПОРУ

Мета роботи

Ознайомлення з лабораторним навчально-дослідним стендом (НДЛС), схемами вмикання електровимірювальних приладів, експериментальна перевірка виконаних розрахунків.

Програма роботи

1. Ознайомлення з умовними позначеннями елементів кіл та електровимірювальних приладів.
2. Ознайомлення зі схемами вмикання електровимірювальних приладів.
3. Ознайомлення з технічними даними лабораторного стенду.
4. Розрахунок струму джерела живлення за заданим електричним колом.
5. Вимірювання параметрів джерела електричної потужності та значення опорів.
6. Експериментальна перевірка розрахованого струму.
7. Аналіз результатів. Висновки.

Етапи роботи

Етап 1. Ознайомлення з умовними позначеннями елементів електричних кіл та електровимірювальних приладів.

Відбувається за таблицею умовних позначень (табл.1.2) самостійно, до аудиторного заняття, згідно з методичними вказівками.

Етап 2. Ознайомлення зі схемами вмикання електровимірювальних приладів.

Ознайомлення відбувається згідно з методичними вказівками самостійно, до аудиторного заняття.

Етап 3. Ознайомлення з технічними даними навчально-дослідного лабораторного стенду (НДЛС).

Відбувається за методичними вказівками самостійно, до аудиторного заняття.

Етап 4. Розрахунок струму джерела живлення за заданим електричним колом.

Виконується самостійно, до аудиторного заняття.

Індивідуальний варіант розрахунку електричного кола видається викладачем (за табл.1.3 або 1.4).

У таблицях номінальні значення опорів $R_1 \dots R_{12}$ для кожного з 25-ти варіантів надані в Омах. Якщо опір відсутній, то його значення дорівнює нескінченності (∞ – розрив кола) або нулю (замість опору встановлюється перемичка).

За даними табл.1.3, 1.4 та рис.1.1 накреслити схему кола, яке досліджується. Для накресленої схеми методом еквівалентного перетворювання опорів розрахувати опір R_{ek} усього кола, що містить опори $R_1 \dots R_{12}$, відносно затискачів $a - b$.

Розрахувати струм джерела за формулою

$$I_H = E / R_{ek},$$

де $E = 20$ – значення номінальної ЕРС некерованого джерела, В; R_{ek} – розраховане значення номінального еквівалентного опору, Ом.

Етап 5. Вимірювання параметрів джерела електричної потужності та значення опорів.

Вимірювання ЕРС некерованого джерела постійної напруги при неробочому ході виконати мультиметром або електронним вольтметром.

Одержані значення занести до табл. 1.

Таблиця 1.1.

Номінальні та виміряні величини параметрів джерела енергії та опорів

Параметр	E	R_{01}	R_{02}	R_{03}	R_{04}	R_{05}	R_{06}	R_{07}	R_{08}	R_{09}	R_{10}
Одиниці виміру	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
Номінальне значення	20	51	75	100	150	200	300	510	750	820	1000
Виміряні значення											

Примітка. Номер опору в табл.1.1 відповідає номеру коробочки, куди впаяний резистор.

Етап 6. Експериментальна перевірка розрахованого струму.

Скласти електричне коло відповідно номера свого варіанту. Після перевірки схеми викладачем подати на затискачі $a - b$ складеної схеми напругу 20 В, виміряти вхідний струм, напругу та споживану потужність (рис. 5, 6). Одержані дані занотувати в звіт.

Порівняти експериментально одержані значення струму I з його розрахованим I_H . Якщо маються розбіжності між цими значеннями, пояснити їх.

+

Звіт повинен містити наступні пункти:

1. Назву роботи, її мету та програму.
2. Таблицю з умовними позначеннями.
2. Схему досліджуваного кола згідно з номером варіанта.
3. Розрахунок еквівалентного опору.
4. Табл. 1.1.
5. Аналіз результатів. Висновки.

Методичні вказівки

До етапу 1.

Таблиця 1.2.

Умовні позначення (ДСТУ 2.721 – 74)

Найменування	Позначення
Струм постійний	
Струм змінний	
Струм постійний та змінний	
З'єднання трифазних кіл у зірку та трикутник	Y Δ
З'єднання електричне, перетин та згін проводів	
Заземлення	
Контакт роз'ємного з'єднання (штир – гніздо)	
Опори постійний та змінний	
Конденсатори постійної ємності та електролітичні	
Заступна схема лінійної індуктивності з резистивним опором обмотки, з'єднаним послідовно	
Електровимірювальні прилади: показуючі, реєструючі, інтегруючі. Для зазначення приладу в його позначення вписують умовні позначення (A – амперметр, V – вольтметр, mA – мікро-амперметр, mV – міковольтметр).	
Напівпровідниковий діод	

До етапу 2. До основних показуючих електровимірювальних приладів, які використовуються при проведенні лабораторних робіт, слід віднести: амперметр, вольтметр, ватметр, мультиметр.

Схема вмикання основних електровимірювальних приладів зображена на рис.1.6.

Амперметр – прилад для вимірювання сили електричного струму, який вмикається послідовно між джерелом та приймачем електричного струму.

Вольтметр – прилад для вимірювання електричної напруги між двома точками електричної схеми. Відносно до ділянки кола, на котрій вимірюється напруга, вольтметр вмикається паралельно.

Ватметр – пристрій для вимірювання електричної потужності. Відносно до приймача коло струму цього пристрою вмикається послідовно, а коло напруги – паралельно. Генераторні затискачі ватметра (на пристрої позначені зірочками) вмикаються збоку джерела електричної енергії. Генераторні затискачі з'єднуються перемичкою.

Визначення ціни поділки пристрою. Багатоподільні пристрої градуються не в одиницях вимірювального значення, а в поділках. Ціна поділки визначається так:

$$- \text{для вольтметра } C_V = U_{np} / N ;$$

$$- \text{для амперметра } C_A = I_{np} / N ,$$

де U_{np}, I_{np} – верхні межі вимірювання пристроїв; N – кількість поділок шкали; C_V, C_A – ціна однієї поділки;

$$- \text{для ватметра } C_P = U_{np} \cdot I_{np} / N .$$

Кожний лабораторний стенд укомплектований електровимірювальним пристроєм – мультиметром, за допомогою якого можливо вимірювати постійну напругу $10^{-3} \dots 10^3$ В, змінну напругу $10^{-3} \dots 300$ В, частоту 45 Гц...1 кГц, опір постійному струму $10^{-3} \dots 2 \cdot 10^3$ кОм, частоту змінного струму 0,01...10⁴ кГц.

При постійній нарузі мультиметр вимірює напругу з урахуванням його полярності. Гніздо мультиметра, відносно якого подається позитивний потенціал вимірюваної напруги, позначається “+”. Якщо при приєднанні полярність вимірюваного сигналу не відповідає полярності вхідних гнізд мультиметра, то на індикаторі приладу з'являється зображення нулів, а у старшому розряді виблискує миготливий знак “-”. Для уникнення помилки необхідно змінити полярність щупів на вимірювальному елементі або приладі.

До етапу 3. Ознайомлення з навчально-дослідницьким лабораторним стендом.

Універсальний навчально-дослідний стенд (НДЛС) призначений для лабораторних занять і виконання дослідних робіт.

Стенд має три активних блоки, які є джерелами енергії, три пасивних блоки, які містять керовані та некеровані пасивні елементи та збірне поле.

Блок постійної напруги – регульоване джерело постійної стабілізованої напруги (діапазон регулювання 2...30 В); нерегульоване джерело постійної напруги – 20 В; регульований електронний ключ.

Блок змінної напруги – джерело змінної однофазної напруги із регульованою частотою 0,5...98 кГц синусоїдної, трикутної та прямокутної форм. Частота може вимірюватися мультиметром. Напруга регулюється в діапазоні 5...20 В.

Регульований блок трифазних напруг має промислову частоту 50 Гц. Керування ступеневе 0...40 В з дискретністю в 1 В. Фази джерела електрично з'єднані між собою.

Усі джерела живлення мають схему захисту від короткого замикання та перевантаження. Струм спрацьовування захисту – 1 А.

Блок резистивних опорів має три постійних резистори та один змінний в межах 1...999 Ом (регулювання ступеневе з дискретністю в 1 Ом). Допустима потужність розсіювання – 5 Вт.

Блок індуктивностей має три нерегульовані індуктивності (індуктивно зв'язані котушки L1 і L2) та змінну індуктивність 0,1...99,9 мГн (регулювання ступеневе з дискретністю 0,2 мГн).

Блок ємностей має три постійних конденсатори та змінний конденсатор 0,01...9,99 мкФ (регулювання ступеневе з дискретністю в 0,01 мкФ). Припустима напруга – 160 В.

Збірним полем є панель з гніздами. Гнізда з'єднані по три і по чотири. Схеми з'єднання гнізд накреслені на панелі. Збірні елементи виконані в прозорих пластмасових коробочках, усередині яких знаходяться стандартні радіоелементи.

Електрична схема, що пропонується до вивчення, складається на збірному полі з'єднувальними проводами за допомогою збірних елементів.

Для вмикання стенду необхідно на лицевій панелі ввімкнути тумблер “сеть” блока трифазної напруги в положення “Вкл”. Після цього можна вмикати активні блоки.

До етапу 4. У будь-якому складному електричному колі з одним джерелом енергії можна відокремити кола, які з'єднані паралельно, послідовно, трикутником, зіркою.

Перетворення трикутника в зірку

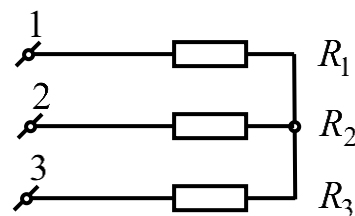
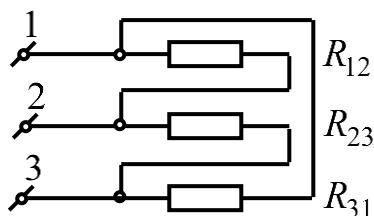


Рисунок 1.1 – Схема з'єднання трикутником

Рисунок 1.2 – Схема з'єднання зіркою

Після заміни усього кола одним еквівалентним опором (згортання схеми) визначається струм джерела електричної енергії. Після цього схема розгортається у зворотному напрямку з одночасним визначенням напруг і струмів окремих приймачів.

Послідовне з'єднання опорів

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots = \sum_{k=1}^n R_k ,$$

де R_k – значення k -го послідовно з'єданого опору; n – кількість усіх опорів у вітки; R_e – еквівалентний опір.

Паралельне з'єднання опорів

$$G_e = G_1 + G_2 + \dots = \sum_{k=1}^n G_k ,$$

де G_k – провідність k -того паралельно з'єданого елемента.

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}; R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}; R_3 = \frac{R_{31} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}.$$

Перетворення зірки в трикутник

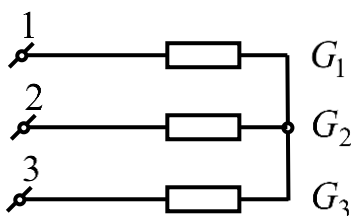


Рисунок 1.3. – Схема з'єднання зіркою трикутником

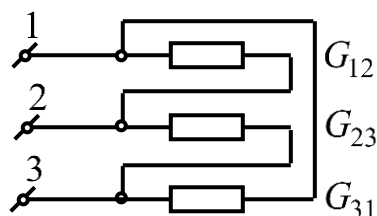


Рисунок 1.4. – Схема з'єднання трикутником

$$G_{12} = \frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2 + G_3}; G_{23} = \frac{G_2 G_3}{G_1 + G_2 + G_3}; G_{31} = \frac{G_3 G_1}{G_1 + G_2 + G_3};$$

$$R_{12} = 1/G_{12}; R_{23} = 1/G_{23}; R_{31} = 1/G_{31}$$

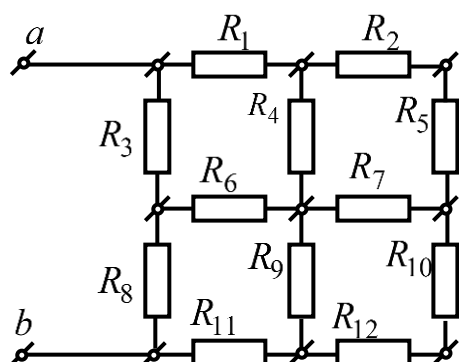


Рисунок 1.5 – Початкова схема

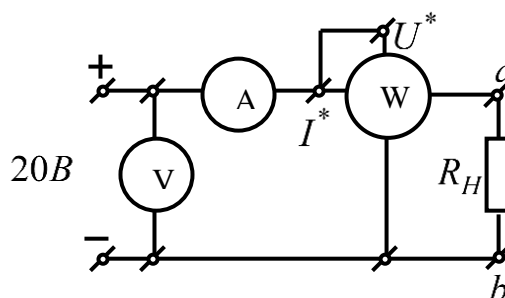


Рисунок 1.6 – Перетворена еквівалентна схема

До етапу 5. Напряга на затискачах джерела визначається співвідношенням

$$U = E - R_g \cdot I ,$$

де E – ЕРС джерела; R_g – його внутрішній опір.

Звідси можливо бачити, що при холостому ході джерела ($I = 0$)

$$U = E.$$

Отже для знаходження ЕРС джерела необхідно виміряти напругу на його вихідних гніздах при відсутності навантаження.

Контрольні запитання

1. Накресліть електричне коло з вмиканням амперметра, вольтметра, ватметра.
2. Як визначається ціна поділки вольтметра, амперметра?
3. Чому неможливо вмикати вимірювальний прилад постійного струму в коло змінного струму та навпаки?
4. Запишіть вираз для еквівалентного опору при послідовному з'єднанні, паралельному, перетворенні трикутника в зірку та навпаки – зірки в трикутник.
5. У чому є відмінність значення ЕРС джерела від напруги на вихідних затискувачах джерела енергії?
6. Визначить режим роботи неробочого ходу.
7. Визначить режим роботи короткого замикання.
8. Визначить ідеальне джерело електрорушійної сили.
9. Визначить ідеальне джерело струму.
10. Як визначається ціна поділки ватметра?

Таблиця 1.3.

Початкові значення опорів

№ варіанта	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	∞	100	150	∞	0	0	∞	750	510	51	0
2	100	0	∞	150	820	∞	0	∞	510	∞	51	∞
3	0	750	∞	150	220	∞	75	∞	∞	0	51	0
4	200	0	510	∞	820	75	0	∞	0	∞	51	∞
5	0	750	510	∞	820	75	0	200	∞	∞	∞	∞
6	0	150	200	∞	0	0	51	∞	∞	100	300	0
7	75	0	∞	∞	0	0	51	750	510	∞	300	∞
8	0	0	∞	150	100	0	0	750	510	∞	75	∞
9	∞	∞	51	∞	∞	100	150	750	∞	0	0	510
10	51	∞	∞	0	∞	100	150	750	∞	75	0	0
11	51	510	∞	∞	300	0	0	750	∞	0	100	0
12	0	510	∞	0	300	∞	∞	∞	75	0	100	200
13	∞	150	0	51	100	510	∞	∞	0	0	75	0

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	150	0	∞	51	0	0	∞	510	100	0	∞	75
15	75	0	∞	51	300	200	0	150	∞	∞	∞	∞
16	0	75	∞	∞	51	∞	0	∞	150	200	0	100
17	100	∞	∞	0	∞	∞	75	∞	150	200	51	0
18	∞	∞	100	∞	∞	0	75	∞	150	0	51	200
19	100	∞	∞	150	∞	510	∞	75	0	∞	51	∞
20	∞	∞	100	∞	∞	510	∞	75	150	∞	51	∞
21	100	∞	200	300	∞	0	0	∞	∞	75	0	51
22	100	∞	0	300	∞	200	∞	∞	150	∞	51	∞
23	100	∞	510	300	∞	200	∞	75	∞	∞	∞	∞
24	100	∞	∞	300	∞	∞	200	∞	75	0	51	0
25	100	150	∞	300	0	∞	0	∞	75	∞	51	∞

Таблиця 1.4.

Початкові значення опорів

№ варіанта	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}
1	0	∞	100	300	∞	200	∞	510	75	∞	0	∞
2	150	∞	100	300	∞	200	∞	510	75	∞	0	∞
3	0	∞	100	300	∞	200	∞	510	75	∞	51	∞
4	150	∞	100	300	∞	200	∞	510	75	∞	51	∞
5	150	∞	100	0	∞	200	∞	510	0	∞	51	∞
6	150	∞	100	75	∞	200	∞	510	0	∞	51	∞
7	150	∞	100	0	∞	200	∞	510	300	∞	51	∞
8	∞	0	0	100	150	0	200	∞	300	510	0	0
9	∞	0	0	100	150	0	200	∞	300	510	0	75
10	∞	51	0	100	150	0	200	∞	300	510	0	0
11	∞	51	0	100	150	0	200	∞	300	510	0	75
12	∞	51	0	100	0	0	200	∞	300	0	0	75
13	∞	51	0	100	510	0	200	∞	300	0	0	75
14	∞	51	0	100	0	0	200	∞	300	510	0	75
15	∞	0	51	100	150	0	200	∞	300	510	0	0
16	∞	0	51	100	150	0	200	∞	300	510	0	75
17	∞	75	51	100	150	0	200	∞	300	510	0	0
18	∞	75	51	100	150	0	200	∞	300	0	0	510
19	∞	75	51	100	0	0	150	∞	200	0	0	510
20	∞	75	51	100	300	0	150	∞	200	0	0	510
21	∞	75	51	100	0	0	150	∞	200	0	0	300
22	∞	0	0	100	75	75	150	∞	200	51	0	300
23	∞	0	0	100	150	75	150	∞	200	51	0	300
24	∞	51	0	100	510	75	150	∞	200	300	0	0
25	∞	51	0	100	510	75	150	∞	300	0	0	200

Лабораторна робота ТОЕ – 1/2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ ЕКВІВАЛЕНТНОГО ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕДАВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ВІД АКТИВНОГО ДВОПОЛЮСНИКА ДО ПАСИВНОГО

Мета роботи

Визначення енергетичних залежностей у колі з активним та пасивним двополюсниками.

Програма роботи

1. Складання схеми дослідження.
2. Визначення ЕРС неробочого ходу та струму короткого замикання активного двополюсника.
3. Обчислення внутрішнього опору еквівалентного генератора.
4. Обчислення п'яти характерних значень опорів пасивного двополюсника.
5. Експериментальне визначення струмів та падіння напруг на пасивному двополюснику при п'яти характерних значеннях опорів.
6. Розрахунок потужностей, які виділяються на пасивному двополюснику, коефіцієнта корисної дії.
7. Побудова графіків знайдених енергетичних залежностей.
8. Аналіз результатів. Висновки.

Етапи роботи

Етап 1. Складання схеми дослідження.

1.1. Скласти електричну схему, надану на рис. 2.1. Як основні елементи схеми використовуються:

– нерегульоване джерело живлення постійної напруги $E_1 = 20$ В;
регульоване джерело живлення постійної стабілізованої напруги $E_2 = 15$ В;

– номінали опорів $R_1 \dots R_{12}$ вибираються з табл. 4 лабораторної роботи 1 – ТОЕ для свого індивідуального варіанта; номінал опору R вибирається в діапазоні 75...100 Ом.

1.2. Після перевірки електричної схеми викладачем, підключити джерела живлення.

Етап 2. Визначення ЕРС неробочого ходу та струму короткого замикання активного двополюсника.

2.1. Як пасивний двополюсник вибирається опір R_6 (варіанти 1...7, 22...25) або R_7 (варіанти 8...21).

Пасивний двополюсник вилучається із схеми дослідження.

2.3. На місце вилученого пасивного двополюсника вмикається мультиметр та заміряється ЕРС неробочого ходу активного двополюсника. Одержане значення $U_{нх}$ заноситься у табл.2.1.

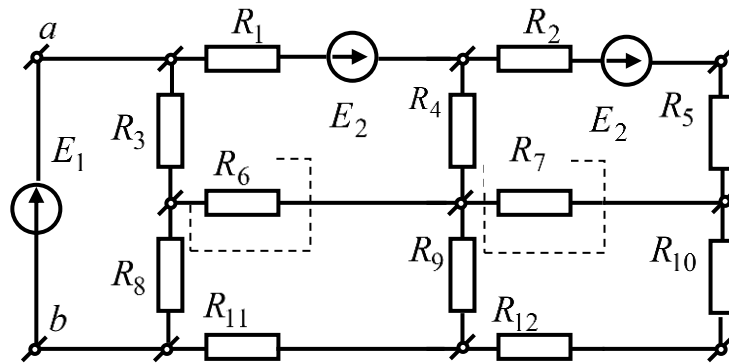


Рисунок 2.1 – Схема дослідження

Таблиця 2.1.

Виміряні та розрахункові значення параметрів досліджуваного кола

Виміряно			Розраховано					
Параметр	$U_{нх}$	$I_{кз}$	$R_{вн}$	$R_{60}(R_{70})$	$R_{61}(R_{71})$	$R_{62}(R_{72})$	$R_{63}(R_{73})$	$R_{64}(R_{74})$
Одиниця виміру	В	мА	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
Значення								

2.4. Вилучити мультиметр і на його місце увімкнути амперметр (міліамперметр), заміряти струм короткого замикання активного двополюсника та його значення $I_{кз}$ записати у табл. 1.

2.5. Вимкнути джерела живлення.

Етап 3. Обчислювання внутрішнього опору еквівалентного генератора.

3.1. За виміряними значеннями ЕРС неробочого ходу та струму короткого замикання розрахувати внутрішній опір еквівалентного генератора $R_{вн}$. Отримане значення опору занести у табл.2.1.

Етап 4. Обчислення п'яти характерних значень опорів пасивного двополюсника.

4.1. Розрахувати номінали опорів $R_{60} \dots R_{64}$ (або $R_{70} \dots R_{74}$), при яких:

- еквівалентний генератор працює у режимі неробочого ходу ($R_{60} = \infty$ або $R_{70} = \infty$);
- еквівалентний генератор навантажений струмом $0,25 \cdot I_{кз}$ (R_{61} або R_{71});
- еквівалентний генератор навантажений струмом $0,5 \cdot I_{кз}$ (R_{62} або R_{72}), режим роботи активного та пасивного двополюсників узгоджений;
- еквівалентний генератор навантажений струмом $0,75 \cdot I_{кз}$ (R_{63} або R_{73});
- еквівалентний генератор працює у режимі короткого замикання $I_{кз}$ ($R_{64} = 0$ або $R_{74} = 0$).

Етап 5. Експериментальне визначення струмів та падіння напруг на пасивному двополюснику при п'яти характерних значеннях опорів.

5.1. Як опори $R_{60} \dots R_{64}$ (або $R_{70} \dots R_{74}$) використати змінний опір з блока активних опорів.

5.2. Увімкнути джерела живлення E_1, E_2 .

5.3. Встановити величину змінного опору з блока активних опорів $R_{60} \dots R_{64}$ (або $R_{70} \dots R_{74}$) відповідно до знайдених у пункті 4 характерних значень.

При кожній характерній величині опору $R_{60} \dots R_{64}$ (або $R_{70} \dots R_{74}$) заміряти струм та напругу пасивного двополюсника, одержані значення занести у табл. 2.

Етап 6. Розрахунок потужності, що виділяється на пасивному двополюснику, та коефіцієнта корисної дії.

6.1. Розрахувати потужність, яку розвиває генератор, витрати на внутрішньому опорі генератора, потужність, що виділяється на пасивному двополюснику, коефіцієнт корисної дії системи. Одержані значення занести до табл. 2.

Етап 7. Побудова графіків знайдених енергетичних залежностей.

1.1. Побудувати у масштабі енергетичні залежності.

Таблиця 2.2.

Розрахункові та вимірні параметри досліджуваного кола

Значення	Параметр	Одиниця виміру	$I_{нх}$	$0,25 \cdot I_{кз}$	$0,5 \cdot I_{кз}$	$0,75 \cdot I_{кз}$	$I_{кз}$
Виміряне	I	мА					
	$R_6(R_7)$	Ом					
	$U_6(U_7)$	В					
Розраховане	$P_6(P_7)$	Вт					
	η	в.о.					
	P_{II}	Вт					
	$P_{Г}$	Вт					
	$\Delta U_{вн}$	В					

Звіт повинен містити наступні пункти:

1. Назву роботи, її мету та програму.
2. Рис.1 для свого варіанта.
3. Таблиці 2.1, 2.2.
4. Розрахункові співвідношення.
5. Графіки енергетичних залежностей.
6. Аналіз результатів. Висновки.

Методичні вказівки

До етапу 2. Опор R_6 (або R_7) розглядається як пасивний двополюсник (рис.1), а уся інша частина кола відносно пасивного двополюсника належить до активного двополюсника.

Для визначення параметрів активного двополюсника робиться дослід неробочого ходу та короткого замикання на вихідних затискачах.

До етапу 3. Розрахунок внутрішнього опору еквівалентного генератора:

$$R_{вн} = U_{xx} / I_{кз},$$

де $R_{вн}$ – внутрішній опір еквівалентного генератора, Ом; U_{xx} – ЕРС неробочого ходу еквівалентного генератора (дослід неробочого ходу), В; $I_{кз}$ – струм короткого замикання еквівалентного генератора (дослід короткого замикання), А.

До етапу 4. Обчислення п'яти характерних значень опорів пасивного двополюсника:

$$R_{60} \dots R_{64} \text{ (або } R_{70} \dots R_{74}) = U_{xx} / I_{кз} / n - R_{вн},$$

де $R_{60} \dots R_{64}$ (або $R_{70} \dots R_{74}$) – значення опору пасивного двополюсника, Ом; n – кратність струму короткого замикання ($n = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1$). Якщо кратність n дорівнює:

0 – генератор працює у режимі неробочого ходу;

0,25 – генератор навантажений струмом, котрий дорівнює чверті струму короткого замикання;

0,5 – узгоджений режим роботи генератора;

0,75 – струм навантаження генератора складає 75% від струму короткого замикання;

1 – генератор навантажений струмом короткого замикання.

До етапу 6. Розрахунок потужності, яка виділяється на пасивному двополюснику, витраченої потужності, потужності, що розвиває генератор, та коефіцієнта корисної дії.

Потужність, яка виділяється на пасивному двополюснику

$$P_6 = R_6 \cdot I^2 = U_6 \cdot I, \text{ Вт, або } P_7 = R_7 \cdot I^2 = U_7 \cdot I, \text{ Вт,}$$

де значення струму I та напруги U_6/U_7 визначаються за даними табл.2.

Коефіцієнт корисної дії

$$\eta = \frac{1}{1 + R_{BH}/R_6}, \text{ в.о. або } \eta = \frac{1}{1 + R_{BH}/R_7}, \text{ в.о.}$$

Потужність, що розвиває генератор, знаходимо як

$$P_{\Gamma} = U_{нх} \cdot I, \text{ Вт.}$$

Потужність, яка виділяється на внутрішньому опорі (витрачена потужність)

$$P_{\Pi} = R_{вн} \cdot I^2, \text{ Вт.}$$

Витрати напруги на внутрішньому опорі генератора

$$\Delta U_{вн} = R_{вн} \cdot I, \text{ Вт.}$$

До етапу 7. У зручному масштабі побудувати графіки P_6/P_7 , η , P_{Γ} , P_{Π} , $\Delta U_{вн} = f(I)$.

Контрольні запитання

1. Сформулюйте основну ідею методу еквівалентного генератора.
2. Як визначити ЕРС неробочого ходу еквівалентного генератора?
3. Як визначити струм короткого замикання еквівалентного генератора?
4. Як визначити внутрішній опір еквівалентного генератора?
5. Накресліть схему еквівалентного генератора з ідеальним джерелом струму та внутрішнім опором, знайденим за результатами лабораторної роботи.
6. Що таке узгоджений режим роботи активного та пасивного двополосників?
7. Чому потужні енергетичні системи працюють у неузгодженому режимі?
8. Для яких електротехнічних приладів застосовується узгоджений режим?
9. Як знайти внутрішні витрати напруги та потужності еквівалентного генератора?
10. Як визначається потужність еквівалентного генератора та його коефіцієнт корисної дії?

Лабораторна робота ТОЕ – 1/3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕРОЗГАЛУЖЕНИХ КІЛ, УВІМКНЕНИХ НА ДЖЕРЕЛО СИНУСОЇДНОЇ НАПРУГИ

Мета роботи

Кількісна оцінка енергетичних параметрів у нерозгалужених колах однофазного змінного струму.

Програма роботи

1. Складання електричного кола при послідовному з'єднанні резистивного та індуктивного елементів.
2. Вимір струму та падінь напруг при послідовному з'єднанні резистивного та індуктивного елементів.
3. Складання електричного кола при послідовному з'єднанні резистивного та ємнісного елементів.
4. Вимір струму та падінь напруг при послідовному з'єднанні резистивного та ємнісного елементів.
5. Складання електричного кола при послідовному з'єднанні резистивного, індуктивного та ємнісного елементів.
6. Вимір струму та падінь напруг при послідовному з'єднанні резистивного, індуктивного та ємнісного елементів.
7. Розрахунок величин енергетичних параметрів та побудова векторних діаграм.
8. Аналіз результатів. Висновки.

Етапи роботи

Етап 1. Складання електричного кола при послідовному з'єднанні резистивного та індуктивного елементів.

1.1. Скласти електричну схему, яка наведена на рис.3.1.

Як основні елементи схеми використаються:

джерело живлення – напруга однієї з фаз блока трифазної напруги (20 В, 50 Гц);

котушка індуктивності L_4 – регульована індуктивність з блока індуктивностей.

Значення параметра індуктивності L_4 вибирається за номером бригади, табл. 1.

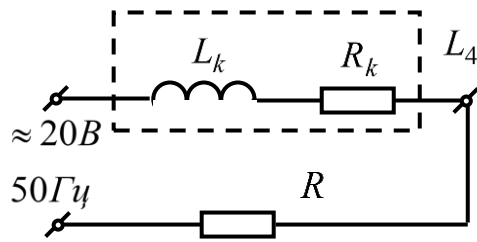


Рисунок 3.1. – Послідовне з'єднання R-L кола

Таблиця 3.1.

Початкові параметри послідовного R-L кола

№ бригади	1	2	3	4	5	6
L_4 / L_k , мГн	100	95	90	85	70	75

До вмикання індуктивності в коло мультиметром вимірюється внутрішній резистивний опір котушки. Параметри котушки індуктивності занотуються у табл. 2;

номінал опору R вибирається в діапазоні 100...200 Ом. Дійсне (вибране) значення опору R заноситься у табл. 2.

Таблиця 3.2.

Виміряні та розрахункові параметри послідовного R-L кола

Виміряно						Розраховано			
R_k	L_k	R	U	I	U_k	U_r	φ_k	U_L	U_{Rk}
Ом	мГн	Ом	В	мА	В	В	град	В	В

1.2. Після перевірки електричної схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

Етап 2. Вимір струму та падінь напруг при послідовному з'єднанні резистивного та індуктивного елементів.

2.1. Увімкнути міліамперметр в електричне коло. Записати значення електричного струму до табл. 3.2.

2.2. Мультиметром у режимі заміру змінної напруги виміряти падіння напруг на котушці U_k , на резисторі U_r підведено напругу U . Одержані значення занести до табл. 2.

Етап 3. Складання електричного кола при послідовному з'єднанні резистивного та ємнісного елементів.

3.1. Скласти електричну схему, що наведено на рис. 3.2.

Як основні елементи електричної схеми використовуються:

– джерело живлення та опір R , беруться з пункту 1.1;

– ємність C_3 – нерегульована ємність 20 мкФ з блока ємностей.

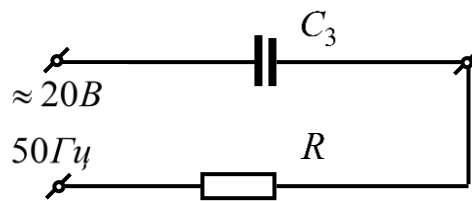


Рисунок 3.2. – Послідовне з'єднання R-C кола

3.2. Після перевірки електричної схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

Етап 4. Вимір струму та падінь напруг при послідовному з'єднанні резистивного та ємнісного елементів.

За допомогою міліамперметра та мультиметра заміряти струм в електричному колі та напругу на джерелі живлення U , падіння напруг на резисторі U_r та ємності U_c . Одержані дані занотувати до табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Виміряні та розрахункові параметри послідовного R-C кола

Виміряно			
U	I	U_c	U_r
В	мА	В	В

Етап 5. Складання електричного кола при послідовному з'єднанні резистивного, індуктивного та ємнісного елементів.

5.1. Скласти електричну схему, що наведено на рис. 3.3. Джерело живлення, котушка індуктивності L_4 , ємність C_3 вибираються за пунктами 1.1 та 3.1. Параметри елементів схеми занести до табл. 3.4.

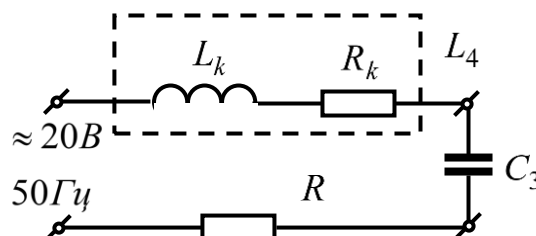


Рисунок 3.3. – Послідовне з'єднання R-L-C кола

5.2. Після перевірки схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

Етап 6. Вимір струму та падінь напруг при послідовному з'єднанні резистивного, індуктивного та ємнісного елементів.

Міліамперметром заміряти струм електричного кола I . Мультиметром виміряти напругу джерела живлення U , падіння напруг на котушці індуктивності U_k та ємності U_c . Виміряні значення занести до табл. 3.4.

Етап 7. Розрахунок значень електричних параметрів та побудова векторних діаграм.

7.1. Побудувати в масштабі сумісно векторну діаграму струму та падінь напруг при послідовному з'єднанні резистивного та індуктивного елементів.

Таблиця 3.4.

Виміряні та розрахункові параметри послідовного R-L кола

Виміряно							Розраховано		
C_3	R_k	L_k	I	U	U_k	U_c	φ_k	U_L	U_{Rk}
мкФ	Ом	мГн	мА	В	В	В	град	В	В

7.2. Побудувати в масштабі сумісно векторну діаграму струму та падінь напруг при послідовному з'єднанні резистивного та ємнісного елементів.

7.3. Побудувати в масштабі сумісну векторну діаграму струму та падінь напруг при послідовному з'єднанні резистивного, індуктивного та ємнісного елементів.

Звіт повинен містити наступні пункти:

1. Назву роботи, її мету та програму.
2. Рис. 1, 2, 3.
3. Табл. 2, 3, 4.
4. Розрахунок значень параметрів електричних кіл. Векторні діаграми.
5. Аналіз результатів. Висновки.

Методичні вказівки

До етапу 1. Реальна котушка індуктивності відрізняється від ідеальної наявністю резистивного опору, який обумовлений опором проводу обмотки.

Заступна електрична схема реальної котушки може бути подана послідовним з'єднанням ідеальної індуктивності та резистивного опору. Конденсатор має тільки ємнісний реактивний опір (резистивний опір струму провідності діелектрика між обкладинками ємності дорівнює нескінченості), а резистор – тільки активний (резистивний).

До етапу 7. Визначаючи параметри схеми при промисловій циклічній частоті $f = 50$ Гц (кутова частота $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314$ рад/с), вважати, що

резистивний опір не залежить від частоти живильної напруги. Індуктивний x_L та ємнісний x_C реактивні опори знаходяться як

$$x_L = x_k = \omega \cdot L; \quad X_C = 1/(\omega \cdot C),$$

де L – індуктивність котушки, Гн; C – ємність конденсатора, Ф.

Якщо відомі резистивний R_k та індуктивний x опори котушки, то модуль повного опору Z_k та кут зсуву φ_k визначаються так:

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + x_L^2}; \quad \varphi_k = \arctg(x_L / R_k).$$

Для побудови векторної діаграми необхідно розрахувати активну U_{Rk} та реактивну U_L складові напруг котушки:

$$U_{Rk} = U_k \cdot \cos \varphi_k; \quad U_L = U_k \cdot \sin \varphi_k.$$

При побудові векторної діаграми для послідовного з'єднання елементів за базовий вектор зручно приймати вектор струму, сполучив його з віссю додатних дійсних чисел. Векторна діаграма напруг орієнтується відносно прийнятого базового вектора і будується з урахуванням того, що загальна прикладена напруга дорівнює векторній сумі напруг на елементах схеми. Напругу на котушці зручніше будувати за складовими U_{Rk} та U_L .

Активна складова падіння напруги на котушці U_{Rk} збігається по фазі зі струмом кола, індуктивна U_L – випереджає на кут у 90° базовий вектор, а ємнісна U_C – відстає на 90° від вектора струму.

Загальна прикладена напруга U зрівноважується векторною сумою падінь напруг на елементах кола, тобто

$$\dot{U} = \dot{U}_{Rk} + \dot{U}_L + \dot{U}_C.$$

На базі останнього рівняння будується векторна діаграма, причому початок кожного наступного вектора додається до кінця попереднього.

Контрольні запитання

1. Який фізичний зміст має кут φ_k між векторами струму та напруги?
2. Що таке активна та реактивна складові напруги?
3. Як виразити миттєве значення напруги, прикладеної до нерозгалуженого кола, через миттєві значення напруги на окремих його ділянках?
7. Як зміняться показання міліамперметра, якщо в схемі, наведеної на рис. 3, зашунтувати конденсатор?

5. Чому буде дорівнювати кут φ_k для кола, зображеного на рис. 3, якщо $x_L = x_C$?
6. У яких випадках кут φ між вхідними напругою і струмом додатний, а в яких від'ємний?
7. Як буде змінюватися струм у схемі, наведеної на рис. 3, якщо ємнісний опір буде змінено на однаковий за значенням індуктивний?
8. Як розрахувати активну, реактивну та повну потужності кола?
9. Як знайти коефіцієнт потужності всього кола?
10. Чому дорівнює коефіцієнт потужності в колах із самотнім реактивним та самотнім активним опорами?

Лабораторна робота ТОЕ – 1/4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАЛЕЛЬНОГО З'ЄДНАННЯ РЕЗИСТИВНОГО ТА РЕАКТИВНОГО ЕЛЕМЕНТІВ

Мета роботи

Кількісна оцінка електричних параметрів
у розгалужених колах однофазного змінного струму.

Програма роботи

1. Складання електричного кола при паралельному з'єднанні резистивного та індуктивного елементів.
2. Вимір напруги та струмів при паралельному з'єднанні резистивного та індуктивного елементів.
3. Складання електричного кола при паралельному з'єднанні резистивного та ємнісного елементів.
4. Вимір напруги та струмів при паралельному з'єднанні резистивного та ємнісного елементів.
5. Складання електричного кола при паралельному з'єднанні індуктивного та ємнісного елементів.
6. Вимір напруги та струмів при паралельному з'єднанні індуктивного та ємнісного елементів.
7. Розрахунок величин електричних параметрів та побудова векторних діаграм.
8. Аналіз результатів. Висновки.

Етапи роботи

Етап 1. Складання електричного кола при послідовному з'єднанні резистивного та індуктивного елементів.

1.1. Скласти електричну схему, що наведено на рис. 1. Як основні елементи схеми використовуються:

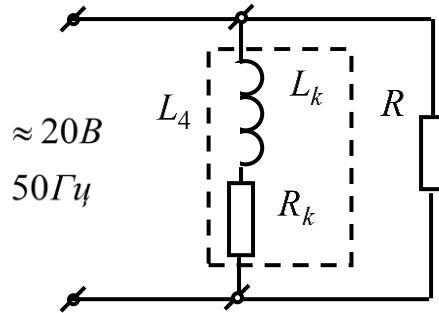


Рисунок 4.1. – Паралельне з'єднання R-L кола

джерело живлення – напруга однієї з фаз блока трифазної напруги (20 В, 50 Гц);

котушка індуктивності L_4 – регульована індуктивність з блока індуктивностей. Значення параметра індуктивності L_4 вибирається за номером бригади (див. табл. 4.1, що наведено у лабораторній роботі 3 – ТОЕ). До вмикання індуктивності в електричне коло мультиметром вимірюється внутрішній резистивний опір котушки. Параметри котушки індуктивності нотуються до табл. 4.2;

номінал опору R вибирається в діапазоні 100...200 Ом. Дійсне (вибране) значення опору R нотується до табл.4.1.

Таблиця 4.1.

Виміряні та розрахункові параметри паралельного ного R-L кола

Виміряно							Розраховано		
L_k	R_k	R	I	I_k	I_R	U	φ_k	U_L	U_{Rk}
мГн	Ом	Ом	мА	мА	мА	В	град	В	В

1.2. Після перевірки електричної схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

Етап 2. Вимір струму та падінь напруг при паралельному з'єднанні резистивного та індуктивного елементів.

2.1. Міліамперметром заміряти струми у нерозгалуженому колі (I), колі котушки (I_k), колі резистивного опору (I_R). Знайдені значення занести до табл. 1.

2.2. Мультиметром у режимі змінної напруги заміряти напругу на джерелі живлення (U), та значення занести у табл. 1.

Етап 3. Складання електричного кола при паралельному з'єднанні резистивного та ємнісного елементів.

3.1. Скласти електричну схему, що наведено на рис. 2. Як основні елементи електричної схеми використовуються:

джерело живлення та опір R беруться за пунктом 1.1;

ємність C_3 – нерегульована ємність 20 мкФ з блока ємностей.

3.2. Після перевірки електричної схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

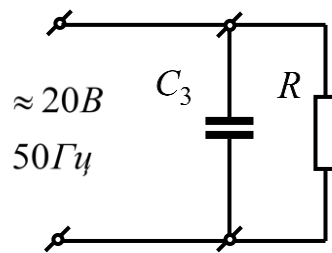


Рисунок 4.2. – Паралельне з'єднання R-C кола

Етап 4. Вимір струмів та напруги при паралельному з'єднанні резистивного та ємнісного елементів.

За допомогою міліамперметра та мультиметра заміряти струми у електричних колах та напругу в паралельно увімкнених вітках електричного кола. Значення напруги та струмів занести до табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

Виміряні та розрахункові параметри паралельного ного R-C кола

Виміряно					
C_3	R	I	I_C	I_R	U
мкФ	Ом	мА	мА	мА	В

Етап 5. Складання електричного кола при паралельному з'єднанні індуктивного та ємнісного елементів.

Скласти електричну схему, що наведено на рис. 4.3.

Джерело живлення, котушку індуктивності L_4 та ємність використати з пунктів 1.1, 3.1. Параметри схеми нотують до табл. 4.3.

5.2. Після перевірки складеної схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

Етап 6. Вимір струмів та напруги при паралельному з'єднанні індуктивного та ємнісного елементів.

Міліамперметром заміряти струми електричних кіл, а мультиметром – напругу на джерелі живлення. Знайдені електричні параметри занести до табл. 4.3.

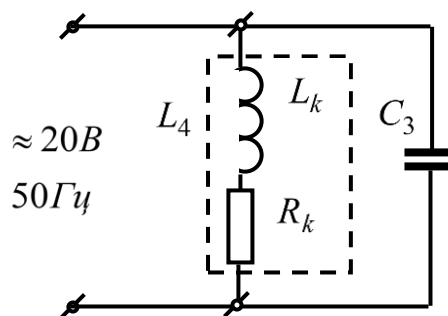


Рисунок 4.3. – Паралельне з’єднання індуктивності та ємності

Таблиця 4.3.

Вимірні та розрахункові параметри паралельного з’єднання індуктивності та ємності

Виміряно							Розраховано		
L_k	R_k	C_3	I	I_C	I_k	U	φ_k	U_L	U_{Rk}
мГн	Ом	мкФ	мА	мА	мА	В	град	В	В

Етап 7. Розрахунок значень електричних параметрів та побудова векторних діаграм.

7.1. Побудувати в масштабі сумісно векторну діаграму струмів електричних кіл та напруги на вітках при паралельному з’єднанні резистивного та ємнісного елементів.

7.2. Побудувати в масштабі сумісно векторну діаграму струмів та напруги на джерелі при паралельному з’єднанні резистивного та ємнісного елементів.

7.3. Побудувати в масштабі сумісно векторну діаграму струмів та напруги при паралельному з’єднанні індуктивного та ємнісного елементів.

Звіт повинен містити наступні пункти:

1. Назву роботи, її мету та програму.
2. Рис.4.1, 4.2, 4.3.
3. Табл.4.1, 4.2, 4.3.
4. Розрахунок значень параметрів електричних кіл.
5. Векторні діаграми.
6. Аналіз результатів. Висновки

Методичні вказівки

До етапу 1. Котушка індуктивності має резистивно-індуктивний опір. У зв'язку з цим при розрахунках треба врахувати як індуктивний, так і резистивний опори котушки.

До етапу 7. При паралельному з'єднанні елементів за базовий вектор зручно прийняти напругу на паралельних вітках.

7.1, 7.2. Вектор струму в резистивно-індуктивній вітці відстає від базового вектора на кут φ_k , а у вітці з ємністю – струм випереджає вектор напруги на кут у 90° .

7.3. Падіння напруги на резистивному опорі котушки U_L випереджає за фазою на кут $\pi/2$ струм котушки, а вектор падіння напруги на опорі U_{Rk} збігається за фазою зі струмом I_k . Сума векторів падіння напруг на елементах котушки дорівнює вектору напруги на ємнісному опорі.

Контрольні запитання

1. Як визначити загальний опір для випадку паралельного з'єднання приймачів?
2. Якою буде за величиною активна потужність, якщо зміниться ємність у схемі на рис.3?
3. Написати формули для визначення провідностей віток.
4. Записати опіри віток у комплексній формі.
5. Написати перший закон Кірхгофа для вузла розгалуження.
6. Побудувати трикутник провідностей для резистивно-індуктивної вітки.
7. Побудувати трикутник провідностей для схеми, яка наведена на рис. 4.3.
8. Знайдіть коефіцієнт потужності всієї схеми, що наведено на рис. 4.3.
9. Як зміняться показання амперметра у нерозгалуженій ділянці схеми, наведеної на рис. 4.3, якщо змінити значення ємності C_3 ?
10. Записати в комплексній формі струм у нерозгалуженій ділянці кола схеми, що наведено на рис. 4.3.

Лабораторна робота ТОЕ – 1/5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІШАНОГО З'ЄДНАННЯ РЕЗИСТИВНИХ ТА РЕАКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Мета роботи

Кількісне оцінювання електричних параметрів у складних електричних колах однофазного синусоїдного струму.

Програма роботи

1. Збирання складного електричного кола при змішаному з'єднанні резистивних та реактивних елементів.
2. Вимір напруг та струмів у розгалуженому електричному колі.
3. Розрахунок величин електричних параметрів та побудова векторної діаграми.
4. Аналіз результатів. Висновки.

Етапи роботи

Етап 1. Збирання складного електричного кола при змішаному з'єднанні резистивних та реактивних елементів.

1.1. Скласти електричну схему, що наведено на рис.5.1. Як основні елементи схеми використовуються:

джерело живлення – напруга однієї з фаз блока трифазної напруги (30 В, 50 Гц);

катушка індуктивності L_4 – регульована індуктивність з блока індуктивностей. Значення параметра індуктивності L_4 знаходиться за номером бригади (див. табл. 1, що наведено у лабораторній роботі 3 – ТОЕ). Катушка індуктивності L_2 – нерегульована індуктивність з блока індуктивностей. До з'єднання котушок з електричним колом мультиметром вимірюються внутрішні електричні опори. Параметри котушок записуються у табл. 5.1;

ємності C_2, C_3 – нерегульовані ємності з блока ємностей ($C_2 = 10$ мкФ, $C_3 = 20$ мкФ).

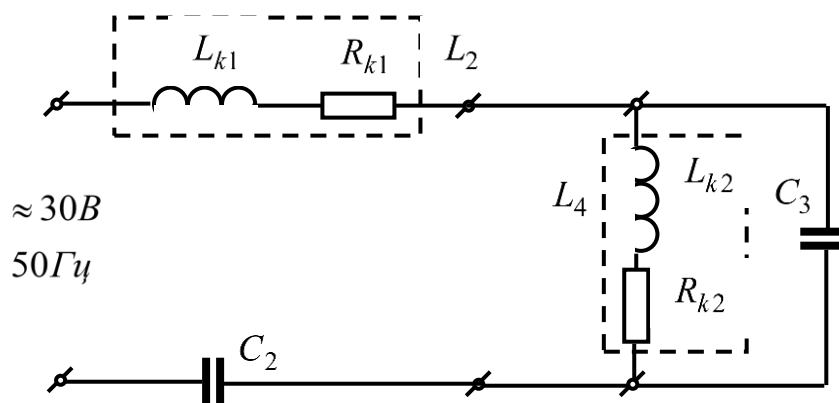


Рисунок 5.1. – Схема змішаного з'єднання R-L-C елементів кола

1.2. Після перевірки електричної схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

Етап 2. Вимір напруг та струмів у розгалуженому електричному колі.

2.1. Міліамперметром виміряти струми у вітках:

- джерела L_2 живлення (I);
- катушки (I_{k2});

- ємності C_3 (I_{C3}).

Таблиця 5.1.

Виміряні значення схеми змішаного з'єднання R-L-C елементів кола

Виміряно												
R_{k1}	L_{k1}	C_2	R_{k2}	L_{k2}	C_3	U	I	U_{k1}	U_{C2}	U_{k2}	I_{k2}	I_{C3}
Ом	мГн	мкФ	Ом	мГн	мкФ	В	мА	В	В	В	мА	мА

2.2. Мультиметром, який працює у режимі заміру змінної напруги, виміряти напругу на:

- джерелі (U);
- котушці L_2 (U_{k1});
- ємності C_2 (U_{C2});
- паралельних вітках (U_{k2}).

Знайдені електричні параметри записати у табл. 5.1.

Етап3. Розрахунок величин електричних параметрів та побудова векторної діаграми. Отримані значення параметрів занести до табл.5.2.

Побудувати у масштабі сумісно векторні діаграми струмів та напруг електричних кіл.

Таблиця 5.2.

Розрахункові значення схеми змішаного з'єднання R-L-C елементів кола

Розраховано					
φ_{k1}	U_{Lk1}	U_{Rk1}	φ_{k2}	U_{Lk2}	U_{Rk2}
град	В	В	град	В	В

Звіт повинен містити наступні пункти:

1. Назву роботи, її мету та програму.
2. Рис.1.
3. Табл. 1, 2.
4. Розрахунок величин електричних параметрів кола.

5. Векторну діаграму.
6. Аналіз результатів. Висновки.

Методичні вказівки

До етапу 3. Побудову векторної діаграми при змішаному з'єднанні елементів зручніше починати з вектора напруги, прикладеного до паралельних віток з котушкою L_4 та ємністю C_3 .

Векторна діаграма струмів котушки L_4 та ємності C_3 , падіння напруг на резистивному та індуктивному опорах котушки будуються як у лабораторній роботі 4 – ТОЕ.

Вектор струм джерела живлення знаходиться як геометрична сума векторів струмів паралельних віток. Відносно знайденого вектора струму джерела живлення орієнтуються вектори падінь напруг на котушці L_2 та ємності C_2 .

Геометрична сума векторів падінь напруги на ємності C_3 (або котушці L_4), котушці L_2 та ємності C_2 дорівнює вектору напруги джерела живлення.

Контрольні запитання

1. При послідовному, паралельному та змішаному з'єднаннях, які з векторів найзручніше вибирати за початкові?
2. Як зсунуті за фазами вектори струму та напруги при резистивно-індуктивному та резистивно-ємнісному навантаженнях?
3. Яким параметром відрізняється реальна котушка індуктивності від ідеальної?
4. Якщо відоме комплексне значення струму, представленого у показниковій формі запису, то як можливо знайти миттєве значення струму?
5. Побудувати трикутник потужностей при послідовному з'єднанні елементів.
6. При змішаному з'єднанні елементів знайдіть струми віток методом контурних струмів.
7. При паралельному з'єднанні віток знайдіть струми методом вузлових потенціалів.
8. Складіть баланс електричних потужностей при змішаному з'єднанні елементів схеми.
9. При збільшенні частоти напруги мережи, як зміняться значення резистивних, ємнісних та індуктивних опорів?
10. Як знайти комплексне значення вхідного опору при змішаному з'єднанні елементів?

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ З МАГНІТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ ЕЛЕМЕНТІВ

Мета роботи

Кількісне оцінювання електричних параметрів у нерозгалужених колах з магнітним зв'язком елементів.

Програма роботи

1. Складання електричного кола для визначення параметрів котушок.
2. Вимір напруг та струмів магнітно зв'язаних елементів.
3. Складання електричного кола при послідовно-узгодженому вмиканні магнітно зв'язаних елементів.
4. Вимір струму та напруг при послідовно-узгодженому вмиканні магнітно зв'язаних елементів.
5. Складання електричного кола при послідовно-зустрічному вмиканні магнітно зв'язаних елементів.
6. Вимір струму та напруг при послідовно-зустрічному вмиканні магнітно зв'язаних елементів.
7. Розрахунок величин електричних параметрів та побудова векторних діаграм.
8. Аналіз результатів. Висновки.

Етапи роботи

Етап 1. Складання електричного кола для визначення параметрів котушок.

1.1. Скласти електричну схему, що наведено на рис. 6.1. Як основні елементи схеми використовуються:

джерело живлення – напруга однієї з фаз блока трифазної напруги (20 В, 50 Гц);

магнітно зв'язані котушки I та II знаходяться у блоці регульованих індуктивностей.

Вибирається одна з трьох пар магнітно зв'язаних елементів.

1.2. Після перевірки електричної схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

Етап 2. Вимір напруг та струмів магнітно зв'язаних елементів.

2.1. Міліамперметром виміряти струм котушки I (I_1). Мультиметром виміряти напруги на котушках I (U_1) та II (U_2). Дані занести у табл. 6.1.

2.2. Відключити котушки від джерела живлення та мультиметром, який працює у режимі виміру опорів, заміряти значення резистивного опору R_{k1} та записати його до табл. 6.1.

2.3. Вимкнути джерело живлення від котушки I та підключити його до котушки II. Якщо спрацює захист джерела, то треба зменшити вихідну напругу джерела.

2.4. У схемі за п. 2.3 виміряти:

- струм джерела I_2 ;
- напругу джерела U_2 ;
- напругу, прикладену до котушки I, $- U_1$;

Значення записати у табл. 6.2.

2.5. Відключити схему від джерела живлення та мультиметром замірити резистивний внутрішній опір котушки II, його значення занести до табл. 6.2.

Етап 3. Складання електричного кола при послідовно-узгодженому вмиканні магнітно зв'язаних елементів.

3.1. Скласти електричну схему, що наведено на рис. 6.2. Магнітно зв'язані котушки I та II з'єднати узгоджено за схемою Н-К-Н-К.

3.2. Після перевірки схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

Етап 4. Вимір струму та напруг при послідовно-узгодженому вмиканні магнітно зв'язаних елементів.

4.1. Міліамперметром вимірити струм у нерозгалуженому колі та записати його значення у табл. 6.3.

4.2. Мультиметр увімкнути в режим вимірювання змінної напруги та замірити напругу на джерелі живлення U , котушках I (U_1) та II (U_2). Виміряні значення занести до табл. 6.3.

Етап 5. Складання електричного кола при послідовно-зустрічному вмиканні магнітно зв'язаних елементів.

5.1. У схему згідно з п. 3.1 увімкнути магнітно зв'язані котушки послідовно-зустрічно, для чого котушки з'єднати за схемою Н-К-К-Н.

5.2. Після перевірки схеми викладачем, увімкнути джерело живлення.

Етап 6. Вимір струму та напруг при послідовно-зустрічному вмиканні магнітно зв'язаних елементів.

6.1. Міліамперметром вимірити струм в електричному колі I та занести його значення до табл. 6.3.

6.2. Мультиметром вимірити напругу на джерелі живлення (U) та котушках I, II (U_1, U_2). Отримані значення занотувати до табл. 6.3.

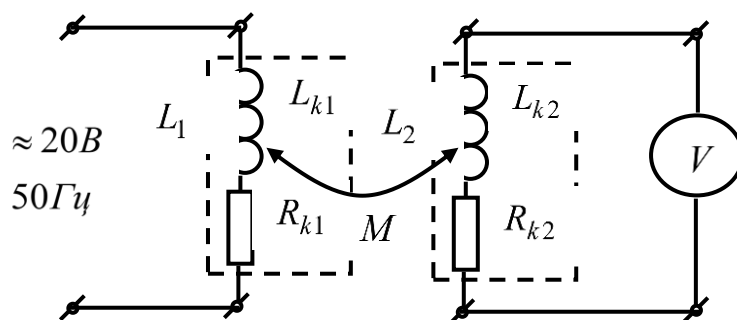


Рисунок 6.1. – Електрична схема магнітно зв'язаних елементів

Таблиця 6.1.

Виміряні та розрахункові значення параметрів схеми магнітно зв'язаних елементів

Виміряно				Розраховано					
I_1	R_{k1}	U_1	$U_2 = E_{21}$	Z_1	x_1	U_{R1}	U_{L1}	L_1	M_{21}
мА	Ом	В	В	Ом	Ом	В	В	мГн	мГн

Таблиця 6.2.

Виміряні та розрахункові значення параметрів схеми магнітно зв'язаних елементів

Виміряно			Розраховано						
I_2	R_{k2}	U_2	$U_1 = E_{12}$	Z_2	x_2	U_{R2}	U_{L2}	L_2	M_{12}
мА	Ом	В	В	Ом	Ом	В	В	мГн	мГн

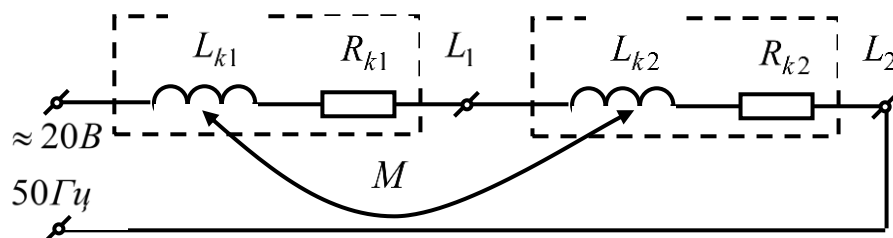


Рисунок 6.2. – Електрична схема послідовно ввімкнених магнітно зв'язаних елементів

Таблиця 6.3.

Виміряні значення параметрів схеми послідовно ввімкнених магнітно зв'язаних елементів

Спосіб вмикання	Виміряно			
	U	U_1	U_2	I
	В	В	В	мА
Узгоджений				
Зустрічний				

Етап 7. Розрахунок величин електричних параметрів та побудова векторних діаграм.

7.1. За даними табл. 6.3 розрахувати параметри усього електричного кола для узгодженого та зустрічного вмикання котушок: Z – модуль повного опору; R – резистивний опір; x – еквівалентний індуктивний опір; $L_{уз}$ – еквівалентну індуктивність при узгодженому вмиканні котушок; $L_{зус}$ – еквівалентну індуктивність при зустрічному вмиканні котушок; M – взаємну індуктивність, а також U_{R1} , U_{R2} , U_{L1} , U_{L2} – складові повної напруги на котушках, які виділяються на резистивних та індуктивних опорах; U_M – напругу взаємної індукції. Результати розрахунків занести до табл. 6.4.

Таблиця 6.4.

Розрахункові значення параметрів схеми послідовно ввімкнених магнітно зв'язаних елементів

Спосіб вмикан ня	Розраховано										
	Z	R	x	$L_{уз}$	$L_{зус}$	M	U_{R1}	U_{R2}	U_{L1}	U_{L2}	U_M
	Ом	Ом	Ом	мГн	мГн	мГн	В	В	В	В	В
Узгоджен ий											
Зустрічни й											

7.2. За отриманими даними табл.6.3 побудувати векторні діаграми струму та напруг при узгодженому та зустрічному вмиканні магнітно зв'язаних котушок.

Звіт повинен містити наступні пункти:

1. Назву роботи, її мету та програму.
2. Рис.1, 2.
3. Табл. 1, 2, 3.
4. Розрахунок величин електричних параметрів кіл.
5. Векторні діаграми.
6. Аналіз результатів. Висновки.
- 7.

Методичні вказівки

До етапу 7.

7.1. За даними табл. 6.1, 6.2 розраховуються такі значення:

модуль повного опору котушки I

$$Z_1 = U_1 / I_1;$$

реактивний опір котушки I

$$x_1 = \sqrt{Z_1^2 - R_{k1}^2};$$

складова повної напруги, що виділяється на резистивному опорі,

$$U_{R1} = R_{k1} \cdot I_1;$$

індуктивність котушки I

$$L_1 = x_1 / \omega,$$

де $\omega = 314$ рад/с – кутова частота змінного струму.

Аналогічно розраховуються параметри котушки II.

Взаємоіндуктивність M знаходиться за формулою

$$M_{21} = M_{12} = M = U / (\omega \cdot I_1) = U_1 / (\omega \cdot I_2).$$

7.2. Узгодженим з'єднанням котушок є таке, при якому магнітні потоки самоіндукції котушок мають однакове спрямування.

Індуктивність усього кола при узгодженому з'єднанні котушок

$$L_{узг} = L_1 + L_2 + 2 \cdot M.$$

Якщо котушки з'єднані послідовно так, що їх магнітні потоки були спрямовані назустріч один одному, то таке з'єднання називається зустрічним й індуктивність усього кола при цьому

$$L_{зус} = L_1 + L_2 - 2 \cdot M.$$

Віднімаючи $L_{зус}$ з $L_{узг}$, одержуємо

$$L_{узг} - L_{зус} = 4 \cdot M.$$

Звідки маємо

$$M = 0,25 \cdot (L_{узг} - L_{зус}),$$

де $L_{узг} = x_{узг} / \omega$; $L_{зус} = x_{зус} / \omega$; $x_{узг}$ – еквівалентний індуктивний опір при узгодженому вмиканні котушок; $x_{зус}$ – еквівалентний індуктивний опір при зустрічному вмиканні котушок.

Для визначення параметра M достатньо зробити виміри при узгодженому та зустрічному вмиканні котушок.

При узгодженому вмиканні котушок індуктивність усього кола буде більше, ніж при зустрічному.

Параметри усього кола знаходяться за формулами п. 7.1. Падіння напруги від взаємної індукції визначаються так:

$$U_M = I \cdot \omega \cdot M.$$

7.3. Векторні діаграми будують у масштабі на базі вимірних та обчислених значень (табл. 6.3, 6.4).

7.3.1. Побудова векторної діаграми при узгодженому вмиканні котушок.

За базовий вектор зручно прийняти вектор струму I . Збігається з ним за фазою резистивна складова напруги U_{R1} . Вектор реактивної складової напруги U_{L1} та падіння напруги від взаємної індукції відкласти під кутом у 90° убік випередження вектора струму. Вектор напруги на першій котушці будується як геометрична сума векторів, тобто

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_{R1} + \dot{U}_{L1} + \dot{U}_M.$$

Аналогічно з кінця вектора \dot{U}_1 побудувати за складовими вектор \dot{U}_2 . Вектор напруги всього кола \dot{U} дорівнює геометричній сумі напруг котушок, а саме:

$$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2.$$

7.3.2. Порядок побудови векторної діаграми при зустрічному вмиканні котушок.

Діаграму будують аналогічно п. 7.3.1, однак падіння напруги від взаємної індукції спрямовано назустріч падінням напруг самоіндукції:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_{R1} + \dot{U}_{L1} - \dot{U}_M; \quad \dot{U}_2 = \dot{U}_{R2} + \dot{U}_{L2} - \dot{U}_M.$$

Контрольні запитання

1. Які котушки можливо назвати узгоджено увімкненими?
2. Як за даними дослідів знайти взаємну індуктивність двох послідовно з'єднаних котушок?
3. Побудуйте векторну діаграму двох послідовно-зустрічно з'єднаних котушок.
4. Які затискачі котушок мають назву однойменних?
5. Чому дорівнює взаємна індуктивність двох однакових котушок, осі котрих взаємно перпендикулярні?
6. Наведіть приклад практичного використання індуктивно зв'язаних котушок.
7. Чому при зустрічному вмиканні послідовно з'єднаних котушок струм більше, ніж при узгодженому?
8. Як на практиці визначити спосіб з'єднання індуктивно зв'язаних котушок?
9. Побудуйте векторну діаграму двох послідовно-узгоджено увімкнених котушок.
10. Від чого залежить значення взаємної індуктивності?

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСУ НАПРУГ

Мета роботи

Дослідження частотних характеристик електричного кола при послідовному з'єднанні котушки та конденсатора.

Програма роботи

1. Складання електричної схеми, яка має послідовне з'єднання котушки та конденсатора.
2. Експериментальне визначення залежності струму кола та падінь напруг на електричних елементах у функції частоти підведеної напруги.
3. Побудова частотних характеристик та векторних діаграм для резонансу напруг.
4. Аналіз результатів. Висновки.

Етапи роботи

Етап 1. Складання електричної схеми, яка має послідовне з'єднання котушки та конденсатора.

1.1. Скласти електричну схему, яка надана на рис. 7.1. Як основні елементи схеми використовуються:

джерело живлення – блок однофазної змінної напруги, працюючий у режимі синусоїдного вихідного сигналу;

опір R приймається порядку 100 Ом;

згідно з номером бригади вибираються параметри L_4 та C_4 (табл. 7.1);

елемент L_4 береться з блока змінної індуктивності, а значення набирається декадними перемикачами; елемент C_4 береться з блока змінної ємності, а значення набирається декадними перемикачами.

До вмикання елемента L_4 у схему мультиметром вимірюється внутрішній резистивний опір R_k . Отримане значення записати.

1.2. Після перевірки електричної схеми викладачем, увімкнути блок живлення.

Етап 2. Експериментальне визначення залежності струму кола та падінь напруг на елементах у функції частоти підведеної напруги.

2.1. Підтримуючи значення вихідної напруги джерела живлення на постійному рівні, який дорівнює 5 В, та змінюючи частоту напруги, переконатися в наявності резонансу напруг.

2.2. При резонансі напруг виміряти мультиметром падіння напруг на резистивному опорі, котушці та ємності. Одержані значення занести до четвертого рядка табл. 2.

Переключити мультиметр на вимірювання частоти та заміряти її при резонансі напруг. Чисельні значення записати у табл. 2 до четвертого рядка.

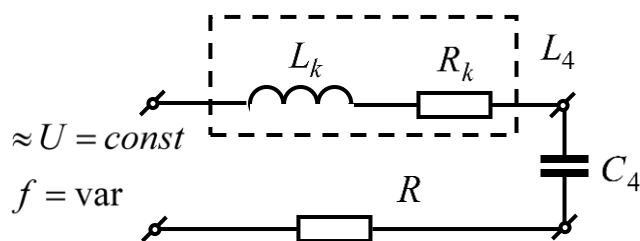


Рисунок 7.1. – Послідовний резонансний контур

Таблиця 7.1.

Початкові значення параметрів послідовного резонансного контуру

№ бригади	1	2	3	4	5	6
L_4 , мГн	27	31	63	39	49	48
C_4 , мкФ	0,25	0,1	0,13	0,1	0,15	0,06

Таблиця 7.2.

Виміряні значення параметрів послідовного резонансного контуру

№ з/п	f , Гц	U_R , В	U_k , В	U_C , В
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

2.3. Зменшуючи та збільшуючи частоту живильної напруги, одержати точки амплітудно-частотних характеристик. Дані занести до табл. 2.

Етап 3. Побудова частотних характеристик та векторних діаграм для резонансу напруг.

3.1. За даними табл. 7.2 (четвертий рядок) побудувати в масштабі сумісно векторні діаграми струмів та напруг.

3.2. За даними табл. 7.2 побудувати частотні характеристики $U_C, U_k, U_R = f(\omega)$.

Звіт повинен містити пункти:

1. Назву роботи, її мету та програму.
2. Рис.1.
3. Табл. 2.
4. Частотні характеристики $U_C, U_k, U_R = f(\omega)$.
5. Векторну діаграму для резонансу напруг.
6. Аналіз результатів. Висновки.

Методичні вказівки

До етапу 2. При визначенні частотних характеристик струм необхідно знаходити за падінням напруги на резистивному опорі мультиметром. Безпосереднє вимірювання струму міліамперметром дає значні похибки, тому що міліамперметр має значний внутрішній індуктивний опір при резонансній частоті.

Резонанс напруг реєструється за максимальним значенням струму при поступовому збільшенні (зменшенні) частоти живильної напруги.

До етапу 3. За початковий вектор зручно прийняти вектор струму послідовно з'єднаних елементів. Вектор падіння напруг на резистивних елементах співпадає за фазою з вектором струму, а вектори падіння напруг на індуктивності та ємності зсунути за фазою відносно базового вектора на кут $\pm \pi/2$.

Вектор падіння напруги на котушці знаходиться як сума векторів напруг на індуктивності та резисторі котушки. Сума векторів падіння напруг на резистивних елементах, ємності та індуктивності визначає вектор живильної напруги.

Контрольні запитання

1. Умови виникнення резонансу напруг.
2. Що таке добротність контуру, та як її значення впливає на резонансні криві?
3. Як змінюється активна потужність у досліджуваному колі при регулюванні ємності?
4. Чим небезпечне явище резонансу напруг?
5. При заданих значеннях C та L обчислити частоту, при якій виникає резонанс напруг.
6. Що таке хвильовий опір кола та як він розраховується?
7. Накреслити схему, в якій можливий резонанс напруг, і розрахувати параметри кола, щоб $U_C = 380$ В при напрузі живлення 30 В та струм не перевищував значення 1А.
8. Як змінюється x_C при регулюванні частоти напруги живлення?

9. Які енергетичні процеси відбуваються в колі при резонансі напруг?

Лабораторна робота ТОЕ – 1/8

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСУ СТРУМІВ

Мета роботи

Дослідження частотних характеристик електричного кола при паралельному з'єднанні котушки та конденсатора.

Програма роботи

1. Складання електричної схеми при паралельному з'єднанні котушки та конденсатора.
2. Експериментальне визначення залежності струмів у вітках від значень частоти живильної напруги.
3. Побудова частотних характеристик та векторних діаграм для резонансу струмів.
4. Аналіз результатів. Висновки.

Етапи роботи

Етап 1. Складання електричної схеми при паралельному з'єднанні котушки та конденсатора.

1.1. Скласти електричну схему, що наведено на рис. 1. Як основні елементи схеми використовуються:

джерело живлення – блок однофазної змінної напруги, який працює у режимі синусоїдного вихідного сигналу;

опір R приймається порядку 100 Ом;

згідно з номером бригади вибираються параметри елементів L_4 та C_4 за табл. 1, наведеною у лабораторній роботі 1/7-ТОЕ;

елемент L_4 береться з блока змінної індуктивності, а значення набирається декадними перемичками;

елемент C_4 береться з блока змінної ємності, а значення набирається декадними перемикачами.

До вмикання елемента L_4 у схему треба мультиметром виміряти внутрішній резистивний опір R_k . Отримане значення записати.

1.2. Після перевірки електричної схеми викладачем, увімкнути блок живлення.

Етап 2. Експериментальне визначення залежностей струмів у вітках від значень частоти живильної напруги.

2.1. Підтримуючи значення вихідної напруги джерела живлення на постійному рівні, що дорівнює 5 В, та змінюючи частоту напруги, переконалися в наявності резонансу струмів.

2.2. При резонансі струмів вимірити мультиметром падіння напруг у вітках та за законом Ома обчислити струми віток. Мультиметром вимірити частоту живильної напруги при резонансі струмів.

Отримані значення струмів та частоти записати у четвертий рядок табл. 1

2.3. Зменшуючи та збільшуючи частоту живильної напруги відносно резонансної, одержати дані для побудови частотних характеристик.

Знайдені значення занотувати до табл. 1.

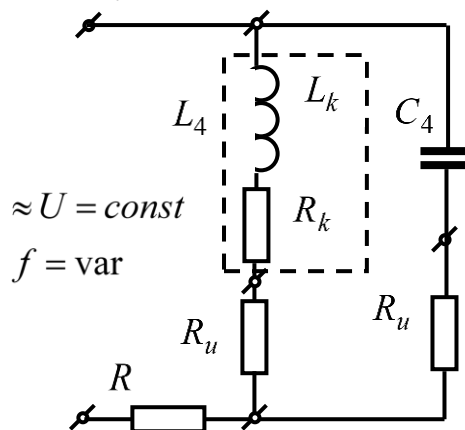


Рисунок 7.1. – Паралельний резонансний контур

Таблиця 7.1.

Виміряні значення параметрів паралельного резонансного контуру

№ з/п	f , Гц	I , мА	I_k , мА	I_C , мА
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Етап 3. Побудова частотних характеристик та векторних діаграм для резонансу струмів.

3.1. За даними табл.7.1 (четвертий рядок) побудувати в масштабі сумісну векторну діаграму струмів та напруг.

3.2. За даними табл. 1 побудувати частотні характеристики $I, I_k, I_C = f(\omega)$

Звіт повинен містити наступні пункти:

1. Назву роботи, її мету та програму.

2. Рис. 7.1., табл. 7.1.
3. Частотні характеристики $I, I_k, I_C = f(\omega)$.
4. Векторну діаграму для резонансу струмів.
5. Аналіз результатів. Висновки.

Методичні вказівки

До етапу 2. При визначенні частотних характеристик величину струму необхідно знаходити за падінням напруги на резистивному опорі R мультиметром. Безпосереднє вимірювання струму міліамперметром дає значні похибки, оскільки міліамперметр має значний внутрішній індуктивний опір на резонансних частотах.

Резонанс струмів реєструється за мінімальним значенням струму при поступовому збільшенні (зменшенні) частоти живильної напруги.

До етапу 3. Напруга між вузлами паралельно увімкнених віток приймається за початковий вектор. Вектор струму у вітці з ємністю випереджує початковий вектор на кут $\pi/2$ за фазою. Вектор струму у вітках з котушкою відстає від базового вектора на кут φ , тобто

$$\varphi = \arctg(\omega \cdot L_k / R_k).$$

Струм у нерозгалуженій частині кола знаходиться як геометрична сума струмів віток.

Проекція вектора струму котушки на вісь уявних чисел при резонансі струмів за модулем дорівнює вектору струму у вітці з ємністю.

Контрольні запитання

1. Умови резонансу струмів.
2. Що таке хвильовий опір контуру та як він розраховується?
3. Що таке добротність контуру та як її значення впливає на резонансні криві?
4. Як змінюється активна потужність у досліджуваному колі при зменшенні ємності?
5. Чому дорівнює вхідний опір паралельно з'єднаних віток при $R_k = 0$, $x_k = x_C$?
6. При заданих L_k та x_C обчислити частоту, при котрій виникає резонанс струмів.
7. Як зміняться x_k та x_C , якщо збільшити частоту?
8. Які енергетичні процеси відбуваються в колі при резонансі?
9. Побудувати резонансні криві в функції ємності (відкладаючи на осі абсцис ємність C).
10. Які умови байдужого резонансу струмів?

Список літератури

1. Хілов В.С. Теоретичні основи електротехніки. Київ: видавництво «Каравела», 2021. – 468 с.
2. Khilov V.S. Theoretical Fundamentals of Electrical Engineering. Dnipro: National Mining University, 2018. – 467 p.
3. Теоретичні основи електротехніки. Електричні кола: навч. посібник / В.С. Маляр. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 312 с.
4. Теоретичні основи електротехніки. Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими та розподіленими параметрами : підручник / Ю. О. Карпов, С. Ш. Кацев, В. В. Кухарчук, Ю. Г. Ведміцький ; під ред. проф. Ю. О. Карпова – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 377 с.
5. Теоретичні основи електротехніки: Частина 1. Електричні кола постійного та змінного струму. Чотириполюсники [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ю. В. Перетятко, А. А. Щерба– Електронні текстові дані (1 файл: 21.7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 115 с
6. Овчаров В.В. Теоретичні основи електротехніки, частина 1. Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2007. 389 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Правила електробезпеки при виконанні лабораторних робіт.....	4
Лабораторна робота ТОВ-1/1. Ознайомлення з навчально-дослідним лабораторним стендом та експериментальна перевірка розрахунку електричних кіл методом еквівалентного опору.....	5
Лабораторна робота ТОВ-1/2. Експериментальне дослідження методом еквівалентного генератора передавання потужності від активного до пасивного двополосників.....	13
Лабораторна робота ТОВ-1/3. Експериментальне дослідження нерозгалужених кіл ввімкнених на джерело синусоїдної напруги.....	18
Лабораторна робота ТОВ-1/4. Експериментальне дослідження паралельного з'єднання резистивного та реактивного елементів.....	23
Лабораторна робота ТОВ-1/5 Експериментальне дослідження змішаного з'єднання резистивних та реактивних елементів кола.....	27
Лабораторна робота ТОВ-1/6. Експериментальне дослідження електричних кіл з магнітним зв'язком елементів.....	31
Лабораторна робота ТОВ-1/7 . Експериментальне дослідження резонансу напруг.....	37
Лабораторна робота ТОВ1/8 Експериментальне дослідження резонансу струмів.....	40
Список літератури.....	43

Автор

Хілов Віктор Сергійович

**Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ, ЧАСТИНА 1
(розділи: «Основи теорії кіл постійного струму» та
«Основи теорії кіл гармонійного однофазного струму»
для студентів спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Друкується в редакції автора.

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842

4960050, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19