

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет

"Запорізька політехніка"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з електротехніки

Частина 1 Кола постійного та однофазного струму

для студентів спеціальностей 131 "Прикладна механіка" всіх
форм навчання

2019

Методичні вказівки до лабораторних робіт з електротехніки
Частина 1. Кола постійного та однофазного струму. Для студентів 131
"Прикладна механіка" всіх форм навчання. / Укл.: І.О. Афанасьєва,
Г.В. Касапов - Запоріжжя: НУЗП, 2019 - 50 с.

Укладачі: І.О. Афанасьєва, ст. викладач
Г.В. Касапов, зав.лаб.

Рецензент В.В. Козлов, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: С.М. Тиховод, доцент, д.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри ТЗЕ
Протокол №3 від 09.05.19р.

Рекомендовано
до друку НМК
машинобудівного
факультету
Протокол №9 від 24.05.19р.

ЗМІСТ

Загальні вказівки.....	4
Вказівки з техніки безпеки	4
1. Лабораторна робота №1 Вимірювання струму, напруги, потужності в електричних колах	5
2. Лабораторна робота №2 Дослідження найпростіших лінійних електричних кіл постійного струму	13
3. Лабораторна робота №3 Дослідження розгалуженого електричного кола постійного струму з декількома джерелами ЕРС.....	24
4. Лабораторна робота №4 Дослідження нелінійних кіл постійного струму	30
5. Лабораторна робота №5 Резонанс напруг	38
6. Лабораторна робота №6 Дослідження паралельного кола синусоїдального струму	45
Література.....	50

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Основна мета лабораторних робіт з загальної електротехніки: - практично застосувати і закріпити знання, отримані при вивченні теоретичного матеріалу курсу.

Студенти в процесі виконання лабораторних робіт повинні оволодіти основами монтажу електричних схем, зрозуміти принцип і особливості їх роботи, вміти аналізувати кола при зміні їх параметрів.

ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

До виконання лабораторних робіт з загальної електротехніки допускаються студенти, які прослухали інструктаж з техніки безпеки і знають правила поводження в лабораторії з відповідним записом в журналі уставленої форми.

Особливу увагу необхідно звернути на наступні міри:

- не проводити монтаж схем під напругою;
- не проводити вмикання зібраної схеми під напругою без перевірки лаборанта або викладач;
- під час вмикання установки перш за все вимкнути живлення вимикачем, після чого від'єднати дроти від клем стану
- будь-які зміни в схемі проводити при вимкнутому живленні;
- не притулятися руками до оголених дротів, які знаходяться під напругою;
- не притулятися руками до клем батарей конденсаторів, не розрядивши їх.

1. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ВИМІРЮВАННЯ СТРУМУ, НАПРУГИ, ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ

Мета роботи: вивчити класифікаційні позначення приладів; навчитися вибирати прилади і вмикати їх в електричне коло; навчитися визначати ціну поділки приладу в дійсні покази величини, яка вимірюється.

1.1 Короткі теоретичні відомості

1.1.1 Електричні вимірювання та прилади

Для експериментального визначення електричних величин використовують вимірювальні прилади різноманітних типів. В кожному конкретному випадку дослідник самостійно вибирає прилад для вимірювання тої чи другої електричної величини. Неправильно вибраний прилад не забезпечує необхідну точність вимірювань. Неправильно вибрана границя вимірювання, на приладі може привести до виходу із ладу приладу.

Для того, щоб отримати необхідну і достатню характеристику кожного приладу, ГОСТ І845-59 РЕГЛАМЕНТУЄ спеціальну систему манкіровки. Відповідно до стандартів на лицевій стороні приладу / як правило на шкалі / повинні бути вказані за допомогою умовних позначень:

Одиниця вимірюваної величини / A , V , W , Hz і ін./, так як прилади вимірюють різноманітні електричні величини: струм - амперметри, напруга - вольтметри, потужність - ватметри і т.д.

Амперметри мають малий внутрішній опір, їх вмикають послідовно з навантаженням. Категорично забороняється вмикати амперметр паралельно навантаженню. Може виникнути коротке замикання в електричному колі і прилад вийде з ладу.

Вольтметри мають великий внутрішній опір та вмикаються паралельно навантаженню. Ввімкнення вольтметра послідовно приводить до розрива електричного кола.

Ватметр має дві вимірювальні котушки. Одна катушка з малим опором вмикається, як амперметр, - послідовно з навантаженням, друга - паралельно. Крім цього, необхідно пам'ятати, що вхідні затискачі котушок позначені "зірочкою", їх називають генераторними

/ рис. 1.1 / ці затискачі з'єднують і вмикають до клем джерел живлення.

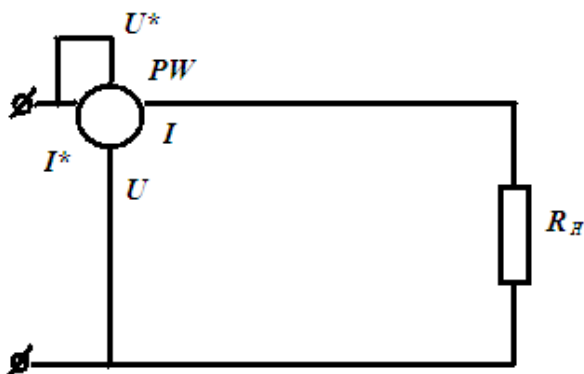


Рисунок 1.1 - Принципова схема

Недотримання цієї умови приводить до того, що стрілка приладу відхиляється в протилежну сторону.

Род струму: — - прилади постійного струму;

~ - прилади змінного струму;

— - прилади, які використовують для вимірювань в колах постійного струму і змінного струму;

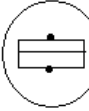
≡ - прилади для вимірювань в колах трифазного струму.

Прилади постійного струму вмикають в електричне коло з дотриманням полярності клем. Плюсова клем / позитивний затискач + / приладу вмикається до плюсової клем / позитивний затискач + / джерела живлення / або навантаження /.

Прилади змінного струму вмикаються без дотримання полярності затискачів.

Система приладів. У залежності від пристрою вимірювального механізму прилади розділяються на декілька систем: умовні позначення основних із них приведені в табл. 1.1

Таблиця 1.1 - Умовні зазначення систем приладів

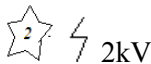
Система	Магнітно-електрична	Електромагнітна	Фероди-намічна	Індукційна	Випрямна
Знак на шкалі					

Клас точності приладу / 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4

Робоче положення шкали приладу:

 (—) - горизонтальне;  (|) - вертикальне; < 60° під кутом.

Випробуюча напруга міцності електричної ізоляції частин приладу, які проводять струм:



Група приладу по експлуатації: А - прилад використовують в сухих опалюваних приміщеннях при температурі +10...+35°C / як правило, на шкалі ці група не позначається /; Б - прилади для закритих неопалюваних приміщень з температурою -30...+10°C В1, В2, В3 - прилади можуть працювати в польових, морських умовах; - прилади для умов сухого і вологого тропічного клімату.

Категорії захищеності приладу від впливу зовнішніх полів:

- від магнітних полів; 

- від електричних полів; 

На змінній напрузі вказується область частот, в якій прилад нормально працює, наприклад 50 Гц.

Для уніфікації позначень окремих типів електровимірювальних приладів і пристроїв вітчизняні заводи застосовують наступні букви: М магнітоелектричні / наприклад М І 06/, Е електромагнітні / Е 39/, Д електродинамічні, І індуктивні, С електростатичні, Ц випрямні і т.д.

Результати вимірювань завжди відрізняються від дійсних значень вимірювальної величини. Тому важливо мати уявлення про точність, з якою проведено вимірювання.

Точність вимірювання прийнято характеризувати абсолютною похибкою, яка дорівнює алгебраїчній різниці між результатом вимірювання якої не-будь величини A_x і її дійсним значенням A . /Практично величину A знаходять з показів приладу найвищого класу точності - "зразковим". Більш повне уявлення про точність, з якою проведено вимірювання, дає відносна похибка вимірювань, під якою розуміюся відношення абсолютної похибки, вимірювальної величини до її дійсного значення. Відносна похибка як правило виражається в процентах:

$$\delta = \frac{\Delta A}{A_{\text{вим.}}} = \frac{\gamma A_{\text{max}}}{A_{\text{вим.}}}$$

Абсолютна похибка:

$$\Delta A = \frac{\gamma A_{\text{max}}}{100\%}$$

Абсолютна похибка є величина постійна для даного приладу.

Заводи, які випускають електровимірювальні прилади, гарантують, що найбільша приведена похибка приладу в межах робочої частини його шкали не перевищує цілком визначного значення, називається допустимою похибкою. За допустимим значенням приведеної похибки всі вимірювальні прилади ділять на класи точності: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Неможна зробити точне вимірювання приладом з низьким класом точності / наприклад з класом 2,5 і 4,0/.

Щоб дізнатися числове значення вимірювальної величини X за допомогою приладу з умовною шкалою необхідно помножити число поділок (яке показує стрілка) на так звану сталу приладу $C_{\text{пр}}$ (ціну поділки):

$$X = C_{\text{пр}} * N_x$$

Сталою приладу називають відношення верхньої (нормуючої) границі A_n вимірювання приладу до загальної кількості поділок його шкали

$$C_{\text{пр}} = \frac{A_n}{N} \quad \frac{\text{одиниця величини}}{\text{поділка шкали}}$$

Стала ватметра обчислюється за формулою:

$$C_w = U_H I_H / N$$

де I_H і U_H - встановлені межі вимірювань ватметра відповідно за струмом і за напругою: N - число поділок шкали.

В даній роботі використовуються прилади з багатозначною шкалою (амперметри, вольтметри, ватметри).

Якщо вимірювальна величина (струм, напруга) будуть перевищувати нормуюче значення, вибране раніше, його треба змінити (збільшити). Для цього необхідно вимкнути схему з мережі переставити штирі (або натиснути кнопку) на приладу на більшу границю, близьку за значенням до вимірювальної величини, якщо в схемі, крім амперметра і вольтметра, ввімкнутий ватметр, тоді необхідно провести відповідні зміни границь за струмом і напругою і на ватметрі. Правильність встановлення границь вимірювання перевіряється викладачем.

1.2 Опис стенду

Блок розподільний. До клемної колодки підводиться трифазна напруга 220/127 В. Стенд вимикають пакетним вимикачем. В кожен фазу ввімкнуті запобіжники, і кожна фаза має світову індукцію. Для зручності в роботі використовують розетки 220 В і 127 В, вихідні схеми трьох фаз і нульового проводу.

Блок живлення складається з однофазного трансформатора, який має три знижувальні вторинні обмотки. До цих обмоток ввімкнуті напівпровідникові діоди за двічі напівперіодичною схемою. В ролі навантаження випрямлячів ввімкнуті резистори по 50 Ом. Напруга на виході випрямлячів U_1 , U_2 , U_3 Дорівнює 5В - 10%, 10 В - 10% відповідно. В блоці також знаходиться чотири діоди з даними про напругу 300 В і струмом до 5 А.

Блок трифазного трансформатора складається з трифазного трансформатора, який має три первинних і три вторинних обмотки, які намотані по-перше на - видний сердечник. Всі кінці обмоток виведені на клеми передньої панелі. Первинні обмотки позначені великими буквами, вторинні - малими. трансформатор розрахований на трифазну напругу 220/127 В, з частотою 50 Гц. Потужність трансформатора - 120 Вт.

Блок лампових реостатів представляє собою набір електричних ламп розжарювання 220 В, 25 В, які можуть бути ввімкнуті від 1 до 5 шт, паралельно. Блок може використовуватись як активне навантаження. В кожні з трьох фаз або будь-які із них.

Блок конденсаторів дозволяє набирати різноманітні значення ємності від 25 до 34,7 мкф шляхом ввімкнення відповідних тумблерів. Крім того, на три пари клем введені значення ємності 10,20 і 30 мкф. Всі конденсатори мають робочу напругу 400 В.

Блок резисторів представляє собою набір опорів, які виведені під клеми і мають своє позначення на передній панелі блоку, крім резисторів блок забезпечений двома тумблерами.

1.3 Підготовка протоколу лабораторної роботи

1.3.1 Заповнити титульний аркуш.

1.3.2 Написати назву, номер і мету роботи.

1.3.3 Накреслити схему рис. 1.2 і табл. 1.2 і 1.3

1.3.4 Вивчити теоретичні відомості про вимірювальні прилади в підрозділі 1.

1.3.5 Відповісти на контрольні питання до даної лабораторної роботи.

1.4 Методика проведення роботи

1.4.1 Вибрати прилад для вимірювання струму, напруги, потужності відповідно до електричної схеми рис. 1.2, враховуючи, напруга, яка живить коло, не буде перевищувати 150 В, а вимірюваний струм - 0,5 А

1.4.2 Ознайомитись з обладнанням і приладами, які використовуються в роботі.

1.4.3 Паспортні дані приладів занести в табл. 1.2

Таблиця 1.2 - Паспортні дані приладів

№	Найменування приладу	Система	Клас точності	Тип	Границя вимірювань	Ціна поділки

1.4.4 Встановити границю вимірювання на амперметрі, вольтметрі, ватметрі.

1.4.5 Зібрати робочу схему рис. 1.2 і приєднати її до джерела змінного струму 127 В використовуючи затискачі "А" і "О".

Примітка. Зібрану схему повинні перевірити викладач або лаборант.

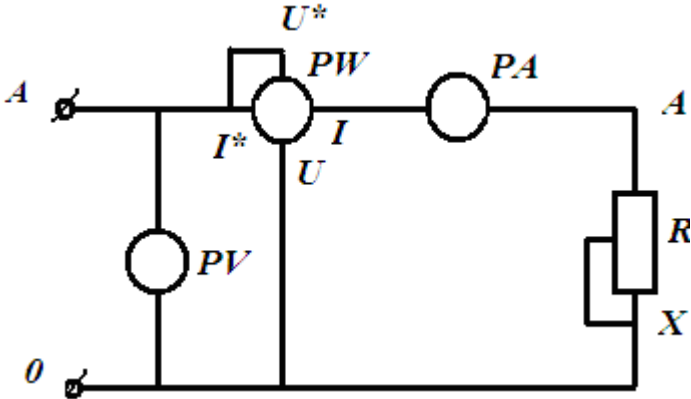


Рисунок 1.2 - Принципова схема

1.4.6 Ввімкнути схему поворотом вправо ручки "ВКЛ".

1.4.7 Після ввімкнення схеми в мережу змінного струму, змінюючи значення опору лампового реостата 4-5 РАЗ 9 ввімкнення тумблерів між затискачами "А" і "Х", виміряти напругу, струм.

1.4.8 Результати вимірювань занести в табл. 1.3 і показати викладачу.

Таблиця 1.3 - Таблиця результатів вимірювань

Дані вимірювань					Результати розрахунків		
U	I	P	R	G	C_u	C_a	C_w
V	A	BT	OM	OM^I	$V/\text{дел}$	$A/\text{дел}$	$BT/\text{дел}$

1.4.9 Вимкнути схему з мережі, розібрати, прилади здати

1.5 Оформлення звіту

1.5.1 За дослідними даними обчислити і внести в табл. 1.3

опір кола $R = \frac{U}{I}$

провідності кола $G = \frac{1}{R}$

використовуючи встановлені границі на приладах, обчислити для кожного із них сталу C_w , C_a , C_w .

1.5.2 Зробити висновок про роботу.

1.6 Контрольні питання

1.6.1 Які прилади служать для вимірювання струму, напруги, потужності?

1.6.2 Які системи електровимірювальних приладів ви знаєте?

1.6.3 Як визначити сталу приладу?

1.6.4 Що називається абсолютною похибкою приладу?

1.6.5 Що називається відносною похибкою приладу?

1.6.6 Як визначити приведену похибку приладу?

1.6.7 Що таке клас точності приладу?

1.6.8 Як вмикається: амперметр, вольтметр, ватметр?

1.6.9 Які ви знаєте умовні позначення на приладах, розшифруйте їх.

2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ДОСЛІДЖЕННЯ НАЙПРОСТІШИХ ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Мета роботи: експериментально перевірити основні співвідношення в колі постійного струму при послідовному, паралельному і змішаному з'єднанні резисторів, а також перший та другий закони Кірхгофа

2.1 Короткі теоретичні відомості

2.1.1 Основні значення.

Впорядкований рух носіїв заряду в електричному колі називається електричним струмом, створеним в ньому джерелами електричної енергії. В джерелах електричної енергії (гальванічні елементи, акумулятори, генератори і т.д.) хімічна, механічна, теплова енергія або енергія інших видів перетворюється в електричну, а в споживачах електричної енергії/ електричні лампи, електронагрівні прилади, електричні двигуни і т.п. (електроенергія перетворюється в теплову, в світлову і механічну, та ін.)

Споживачі в електричних колах з'єднуються між собою за допомогою проводів. Розрізняють три основних способи з'єднання резисторів в колах: паралельне, послідовне та змішане. Паралельним називається з'єднання, при якому елементи в схемі мають спільні точки рис. 2.1, При паралельному з'єднанні елементів напруга на них однакова, а струм, який протікає по них, залежить від значення опору резисторів і, отже, в загальному випадку може бути різним.

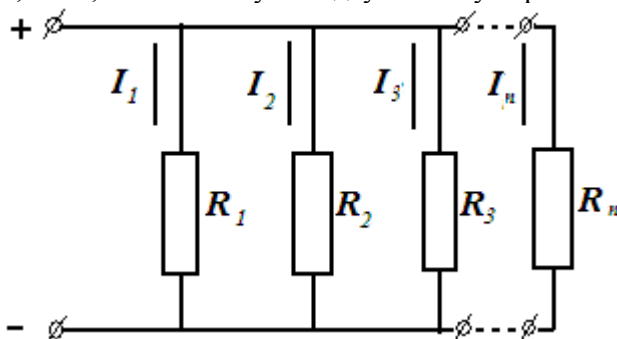


Рисунок 2.1 - Паралельне з'єднання

Послідовним називають з'єднання, при якому два елементи мають одну спільну точку, до того ж в цій точці немає інших відгалужень /рис. 2.2/

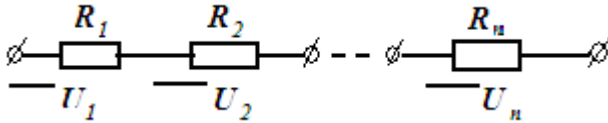


Рисунок 2.2 - Послідовне з'єднання

При послідовному з'єднанні двох і більше елементів в схемі по них протікає один і той же по значенню і формі струм, спад напруги на елементах схеми в загальному випадку різний. Якщо в спільній точці, яка з'єднує два резистори, є інші відгалуження, такий спосіб з'єднання називається змішаний рис. 2.3

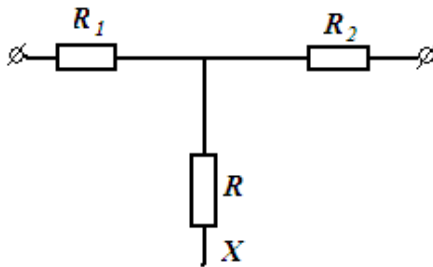


Рисунок 2.3 - Змішане з'єднання

Складні (розгалужені) схеми складаються з віток електричного кола. Віткою в електротехніці прийнято називати ділянку електричного кола між двома її вузлами, уздовж якої струм в кожному момент має одне і теж значення. В свою чергу, вузлом електричної схеми називають місце з'єднання трьох і більше віток схеми. Вітки схеми відрізняються струмом, який протікає по них, вузли - значенням свого потенціалу якщо, наприклад, потенціали двох вузлів в схемі рівні між собою - то це і є один вузол кола. Під напругою на ділянці кола розуміють різницю потенціалів на кінці тієї ділянки.

2.1.2 Закон Ома

Закон Ома для ділянки кола / рис. 2.4/ дає можливість визначити струм цієї ділянки за відомою різницею потенціалів $\varphi_b - \varphi_a$, $\varphi_c - \varphi_b$ на кінцях цієї ділянки і відомим значенням ЕРС, E і опором R

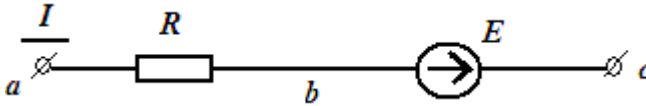


Рисунок 2.4 - Ділянка кола

Стрілкою, яка поставлена біля знаку струму, позначають умовний позитивний напрямок струму в вітці електричної схеми.

За умовний позитивний напрямок струму в колі прийнято напрямок руху позитивно заряджених частинок / т.б. від "+" до "-".

Класичне формування законів Ома говорить: струм на ділянці електричного кола прямо пропорційний напрузі і обернено пропорційний опору цієї ділянки.

Застосовуючи до схеми, яка показана на рис. 2.4

$$I = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R} = \frac{U_{ab}}{R}$$

Якщо ділянка є джерелом ЕРС, тоді

$$I = \frac{\varphi_a - \varphi_c + E}{R} = \frac{U_{ac} + E}{R} = \frac{E - U_{ca}}{R}$$

2.1.3 Закони Кірхгофа

Перший закон Кірхгофа впливає з принципу неперервності заряду. У вузлі а. електричного кола/ рис. 2.5/, де сходяться n проводів, не може бути накоплений заряд, тому сума зарядів, направлених в будь-який момент часу до вузла а, дорівнює сумі зарядів, направлених від вузла. на основі цього формується перший закон Кірхгофа: алгебраїчна сума струмів в проводах, які сходяться в

будь-якому вузлі електричного кола, дорівнює нулю / $\sum_{k=1}^{k=n} I_k = 0$ /

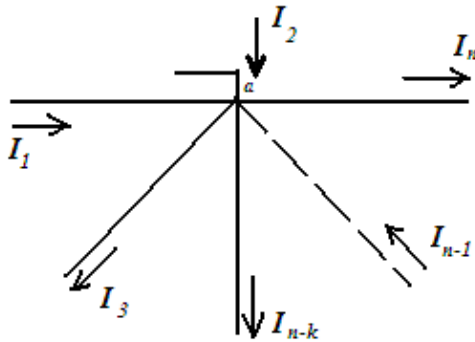


Рисунок 2.5 - Вузол кола

При цьому струми, направлені до вузла, слідє брати з одним знаком, а струми направлені від вузла - з іншим.

Другий закон Кірхгофа встановлює зв'язок між результуючою ЕРС, яка діє в замкнутому електричному контурі і спадами напруги в цьому контурі. Класичне формулювання: алгебраїчна сума ЕРС, діючих в будь-якому замкнутому контурі, дорівнює алгебраїчній сумі спадів напруги на пасивних елементах цього ж контуру. Математична форма запису для кола, маючого k -віток, буде мати вигляд:

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^n I_k R_k$$

Закони Кірхгофа справедливі для лінійних і нелінійних кіл при будь-якому характері зміни в часі струму і напруги.

2.1.4 Потужність в електричному колі

Під час протікання струму через резистор, в ньому виділяється теплова енергія. У відповідності з законом Джоуля Ленца енергія /в джоулях/, яка виділяється в колі з опором /в омах/ при протіканні струму I /в амперах/ протягом часу /в секундах / виражена рівністю:

$$A = I^2 R t$$

Потужність P /в ватах/ чисельно дорівнює енергії /в джоулях/, розраховані на одиницю часу:

$$P = \frac{dA}{dt} = I^2 R$$

На основі закону збереження і взаємних перетворень із одного виду енергії в інший стверджуємо, що енергія і потужність які постачаються в електричне коло усіма джерелами, які входять в нього, дорівнюють енергії і потужності, які споживаються приймачами цієї енергії

Потужність, яка виділяється джерелом ЕРС / рис. 2.6/, дорівнює добутку струму I , який протікає через джерело, на значення його ЕРС.

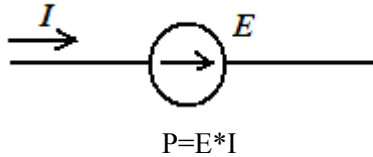


Рисунок 2.6 - Джерело е.р.с

У загальному випадку, для складних схем баланс потужностей записується так:

$$\sum_{k=1}^n E_k I_k = \sum_{k=1}^n I_k^2 R_k$$

2.1.5 Розрахунок кіл методом перетворень

Існує багато методів розрахунку електричних кіл з одним джерелом електричної енергії в ньому - метод перетворень. Його суть полягає в зведенні шляхом ряду перетворень складного електричного кола до найкоротшого. Ці перетворення полягають у визначенні еквівалентних опорів ділянок схеми, які складається з послідовно і паралельно з'єднаних опорів.

При цьому необхідно пам'ятати, що при послідовному з'єднанні елементів загальний опір ділянки схеми дорівнює сумі опорів цих елементів:

$$R_{\text{екб}} = \sum_{k=1}^n R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

При паралельному з'єднанні елементів кола загальний опір ділянки схеми дорівнює оберненому значенню загальної провідності ділянки:

$$R_{\text{екб}} = 1 / G_{\text{екб}}$$

де загальна провідність розгалуженої ділянки дорівнює сумі провідностей віток, з'єднаних паралельно

$$G_{ekb} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{G_k} + \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \dots + \frac{1}{G_n}$$

Після знаходження еквівалентного опору найпростішої схеми / рис. 2.7 / знаходимо за законом Ома струм в колі

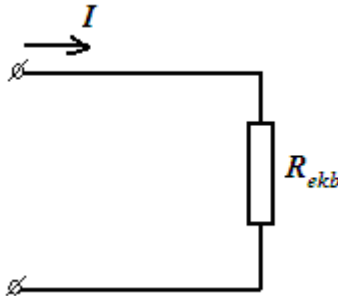


Рисунок 2.7 - Еквівалентний опір

Для того, щоб визначити струм в інших вітках, треба розвернути найпростішу схему у вихідну, по чергово визначити звичайними методами необхідні величини.

2.2 Підготовка до роботи

2.2.1 Визначити відповідний теоретичний матеріал за літературою, вказаною в кінці даної методичної вказівки.

2.2.2 Знати усно відповіді на всі питання.

2.2.3 Визначити еквівалентний пір схеми рис. 2.8 і показати вимірювальних приладів в ній, якщо відомі значення опорів і показати одного і приладів табл. 2.1. Прилади вважати ідеальними, тобто внутрішній опір вольтметрів - безкінечно великому значенню.

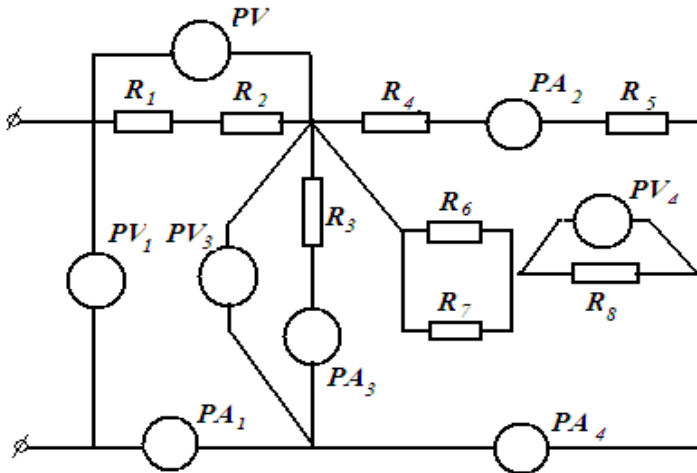


Рис. 2.8 - Розрахункове коло

Таблиця 2.1 - Значення параметрів розрахункової схеми

Номер стенду		1	2	3	4	5	6	7	8
Задані величини	Одиниця								
	Ом	80	134	20	0	24	35	44	4
	Ом	40	204	16	300	140	50	84	96
	Ом	30	70	12	240	60	40	40	20
	Ом	60	30	24	120	20	120	60	80
Покази приладів в схемі	В	100							
	В		100						
	В			1,0					
	В				50		70		
	В					1,0		1,0	

2.2.4 Підготувати протокол лабораторної роботи, в якому повинні бути накреслені всі схеми і таблиці, приведені в робочому завданні, а також розв'язана задача за п. 2.3

2.3 Опис лабораторної установки

Лабораторна робота складається із змонтованих на стенді:

- джерела змінної напруги А-С;

- випрямного діода Д;
- трьох змінних лампових опорів/ клем и А-х, В-у, С-з/
- трьох амперметрів з границею вимірювання 0,5...1,0 А;
- вольтметра з границею вимірювання 300В.

2.4 Робоче завдання

2.4.1 Дослідна перевірка другого закону Кірхгофа і балансу потужностей кола. Зібрати коло за схемою, яка показана на рис. 2.9. Вмикати стенд. Встановити змінні опори значення струму в колі/ за вказівкою викладача/. Виміряти струм в колі/ покази амперметра А/ і напругу джерела живлення, спад напруги на опорах R_{ax} , R_{cy} , R_{cz} по чергово підключати паралельно до них вольтметр. Данні вимірювань занести до таблиці 2.2

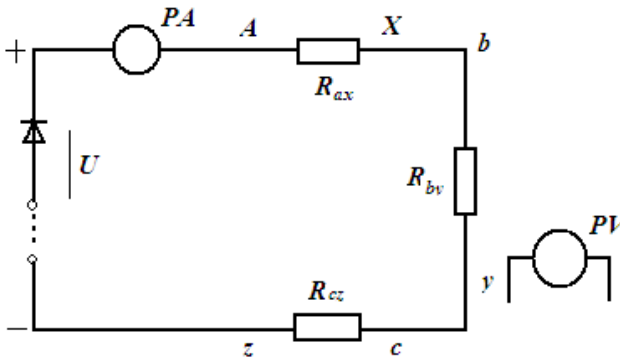


Рисунок 2.9 - Послідовне коло

Таблиця 2.2 - Таблиця вимірювання та розрахунків

Дані вимірювань					Результат розрахунку				
А	В	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт
I	U_{AX}	U_{BY}	U_{CA}	U	R_{AX}	R_{BY}	R_{CZ}	$P_{дж}$	$\sum I^2 R$

2.4.2 Дослідження паралельного з'єднання опорів

Зібрати коло за схемою рис. 2.10. Ввімкнути стенд. Встановити значення струму в колі за вказівкою викладача. Виміряти: 1) струми, протікаючи в вітках схеми х за показами амперметрів А1, А2, А3 /; 2) напругу, прикладену до схеми, і спад напруги на опорах R_{AX} , R_{BY} .

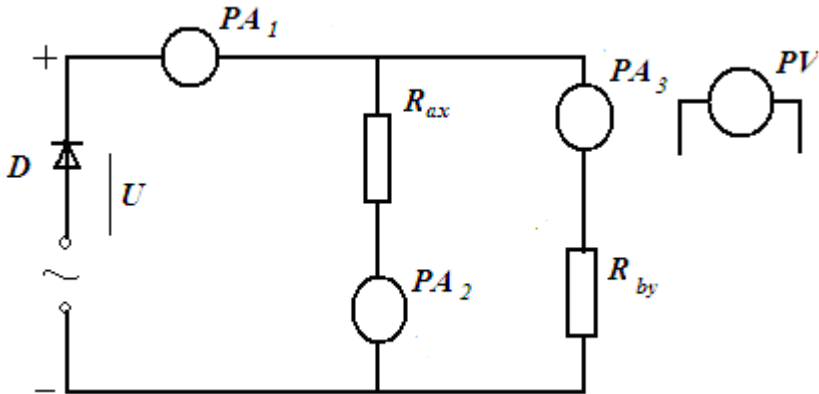


Рисунок 2.10 - Паралельне коло

Данні занести в табл. 2.3

Таблиця 2.3 - Таблиця вимірів та розрахунків

Данні вимірювань						Результат розрахунку				
A	A	A	B	B	B	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт
I_1	I_2	I_3	U	U_{AX}	U_{BY}	R_1	R_2	P_1	P_2	P_{icm}

2.4.3 Дослідження змішаного з'єднання. Зібрати на стенді коло за схемою зображеною на рис. 2.11. Ввімкнути стенд. Встановити за вказівкою викладача відповідний струм в колі. Виміряти струми, протікаючи в двох вітках схеми, і спад напруги на окремих елементах схеми, а також значення напруги джерела живлення.

Покази, занести в таблицю 2.4

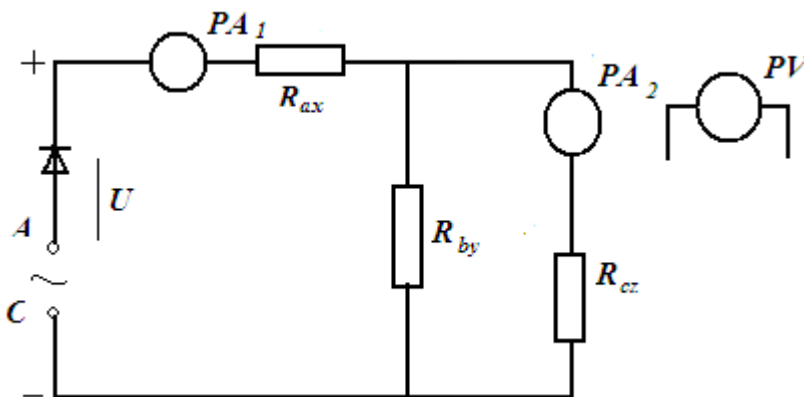


Рисунок 2.11 - Змішане коло

Таблиця 2.4 - Таблиця вимірювань та розрахунків

Дані вимірювань						Результат розрахунку						
A	A	B	B	B	B	A	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт
I_1	I_2	U	U_{AX}	U_{BY}	U_{CZ}	I_3	R_{AX}	R_{BY}	P_{CZ}	P_{icm}	P_{cnoj}	

2.5 Оформлення звіту

2.5.1 За даними досліді 4.1 визначити значення опорів, які водять в схему, використовуючи закон Ома.

2.5.2 За даними досліді 4.1 визначити потужність, яка віддається джерелам живлення $P_{дж}$, і потужність, яку споживає схема ($\sum I^2 R$)

2.5.3 За даними досліді 4.2 на основі закону Ома визначити значення опорів R_{ax} і R_{cy} , які входять в схему, а також потужність, яку вони споживають P_1 і P_2 .

2.5.4 За даними досліді 4.2 визначити потужність, яку віддає джерело електроенергії.

2.5.5 За даними досліді 4.3 визначити на основі першого закону Кірхгофа струм, протікаючий у вітці з опором R_{cy} .

2.5.6 За даними досліді 4.3 визначити значення опору в схемі.

2.5.7 За даними досліді 4.3 визначити потужність, яку віддає джерело $P_{дж}$ і потужність, яку споживає схема.

2.6 Контрольні питання

- 2.6.1 Що називається електричним колом?
- 2.6.2 Що таке електричний стум?
- 2.6.3 Що таке джерело електричної енергії?
- 2.6.4 Що таке приймач електричної енергії?
- 2.6.5 Які способи з'єднання опорів? в чому їх різниця?
- 2.6.6 Як формулюються закон Ома і Кірхгофа?
- 2.6.7 Що таке потужність електричного кола?
- 2.6.8 Як формулюється закон Джоуля-Ленца?
- 2.6.9 В чому сутність розрахунків кіл методом перетворення? Як розрахувати коло, показане на рис. 2.8 за цим методом?
- 2.6.10 Що таке ідеальний вимірювальний прилад?
- 2.6.11 Як в лабораторній роботі виміряти спад напруги на елементах схеми?
- 2.6.12 Як в лабораторній роботі виміряти струм в колі?
- 2.6.13 Чому дорівнює еквівалентний опір послідовно з'єднаних резисторів?
- 2.6.14 Чому дорівнює еквівалентний опір паралельно з'єднаних резисторів?

3. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗГАЛУЖЕНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ДЕКІЛЬКОМА ДЖЕРЕЛАМИ ЕРС.

Мета роботи: експериментально перевірити закони Кірхгофа? Побудувати потенціальну діаграму.

3.1 Короткі теоретичні відомості

Перший закон Кірхгофа: формулюється для кола вузла електричної схеми: алгебраїчна сума струмів, які сходяться в однім вузлі дорівнює нулю. Тобто сума струмів, що входять в вузол, дорівнює сумі струмів, що виходять з нього.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0;$$

Другий закон Кірхгофа: у всякому замкнутому контурі алгебраїчна сума ЕРС дорівнює алгебраїчній сумі спадів напруги на пасивних елементах цього ж контуру:

$$\sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n I_i R_i$$

При цьому ЕРС і струми, напрямки яких співпадають з довільно вибраним напрямком обходу контуру, вважають додатними, а ЕРС і струми, направлені в протилежні сторони - від'ємними. Другий закон Кірхгофа можна розуміти як рівняння балансу електричного кола - рівноваги між джерелами і споживачами енергії.

Ілюстрацією другого закону Кірхгофа являється потенціальна діаграма, яка дозволяє визначити різницю потенціалів між будь-якими двома точками кола, а також дає картину розподілу напруги всього кола. Якщо потенціал однієї точки прийняти рівним нулю, то за діаграмою можна визначити потенціал будь-якої точки. Потенціальну діаграму можна побудувати після того, як визначені всі струми, опори і ЕРС в колі.

При побудові потенціальної діаграми на осі ординат відкладають потенціали окремих точок або спад напруги на окремих ділянках кола, а по осі абсцис - опори між цими точками.

Якщо напрямки дії ЕРС співпадають з напрямком обходу, потенціал підвищується на значення ЕРС. Якщо при обході контуру напрямок струму на даній ділянці кола співпадає з вибраним напрямком обходу контуру, то потенціалам зменшується на значення спаду напруги в опорі ділянки, яка розглядається. Приклад: Побудуємо потенціальні діаграму для електричного поля, зображеного на рис 3.1 Припустимо, що на схемі /рис 3.1/ ми прийняли потенціал точки А рівним нулю, тоді:

$$\varphi_A = 0, \varphi_b = \varphi_A - IR, \quad \varphi_c = \varphi_b + E_1, \quad \varphi_a = \varphi_c - IR_2$$

$$\varphi_e = \varphi_a - IR_3, \quad \varphi_F = \varphi_E - E_2,$$

$$\varphi_A = \varphi_E - IR_4 = 0$$

Рівність нулю потенціалу точки А при закінченні обходу контуру свідчить про правильність розрахунку. при цьому виходить потенціальна діаграма, показана на рис. 3.2

Потенціали окремих точок електричного кола, можуть бути визначені дослідним шляхом. Для цього від'ємний затискач магнітоелектричного вольтметра треба приєднати до точки кола, потенціал якої визначається. Якщо стрілка вольтметра відхиляється в зворотну сторону, то точка має негативний потенціал. В цьому випадку для вимірювання потенціалу треба змінити місцями затискачі вольтметра.

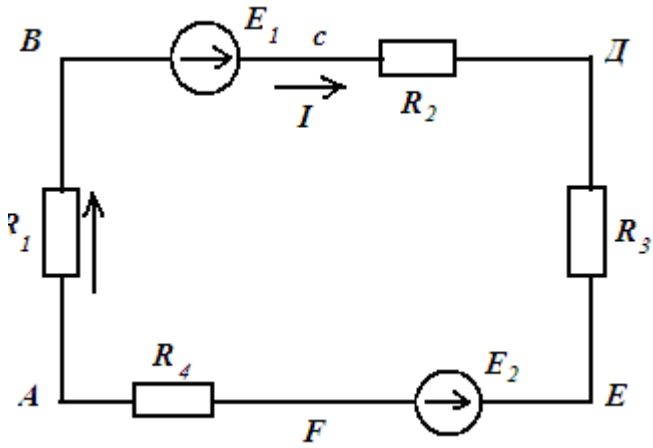


Рисунок 3.1 - Електричне коло

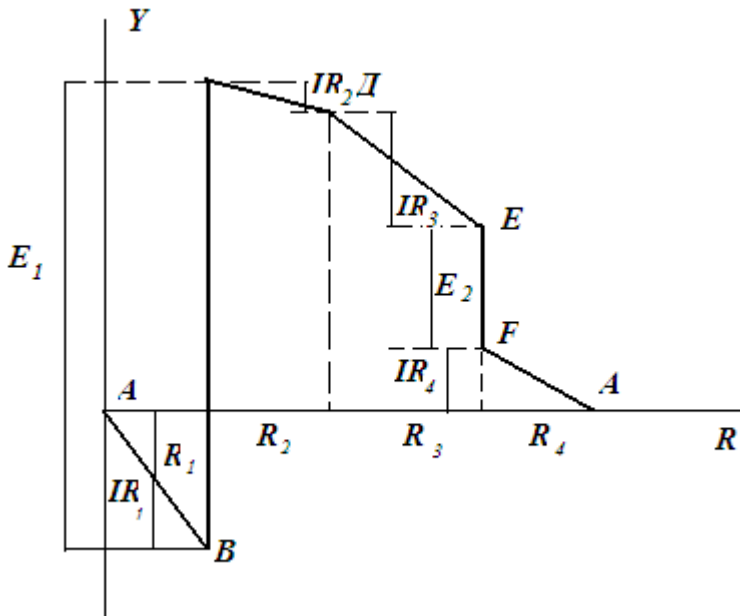


Рисунок 3.2 - Потенційна діаграма

3.2 Підготовка до роботи

3.2.1 Уважно прочитати підрозділ 3.1 і вивчити рекомендовану літературу.

3.2.2 Заготовити бланк протоколу з лабораторної роботи, в якому повинна бути вказана мета роботи, накреслена під лінійку табл. 3.1 і 3.2, схема досліджуваного кола/ див. рис. 3.4/ з позначенням всіх елементів кола відповідного до ЕСКД.

3.2.3 Усно підготувати відповіді на контрольні питання до лабораторної роботи.

3.3 Опис лабораторної установки

3.3.1 В даній роботі використовуються блоки ЕРС і резисторів стенду, а також один вольтметр Е - 532 з шкалою на 15 В; при - амперметри Е-525 з шкалою 0-1а.

3.3.2 Клеми опорів виведені на панель блоку резисторів. В роботі використовуються наступні опори: R_1, R_2, R_3

3.3.3 Клеми джерел постійної ЕРС виведені на панель блоку ЕРС. В роботі використовуються дві ЕРС коло В: U_1 і U_3

На рис. 3.3 зображена монтажна схема блоку резисторів зірочками відмічені клеми ввімкнення/.

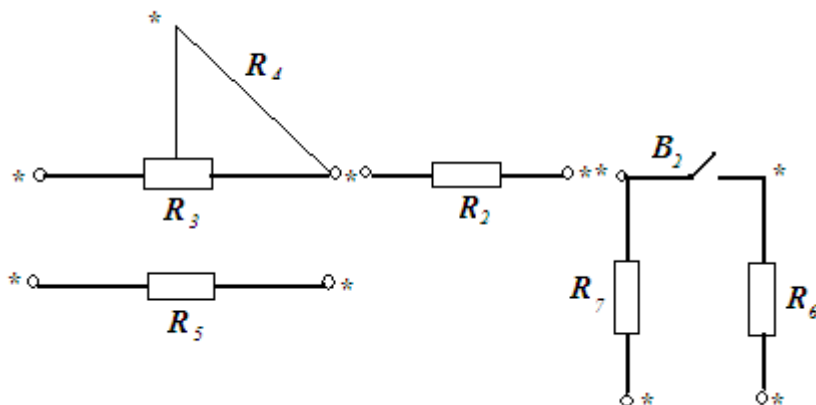


Рисунок 3.3 - Схеми з'єднання

3.4 Робоче завдання

3.4.1 Виміряти напругу джерела ЕРС на холостому ході і занести ці значення.

3.4.2 Зібрати схему, яка показана на рис. 3.4

3.4.3 Провести вимірювання струмів і спадів напруги на всіх ділянках для наступних режимів:

- а) ввімкнено тільки джерело U_1 ;
- б) ввімкнено тільки джерело U_2 ;
- в) ввімкнено тільки джерело U_1 і U_2 .

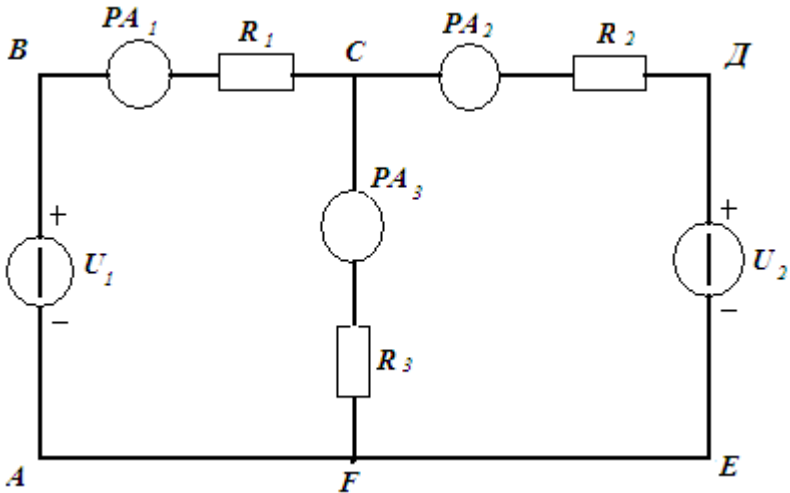


Рисунок 3.4 - Принципова схема

Показання приладів занести в табл. 3.1

Таблиця 3.1 - Таблиця вимірювань

Живлення	Струм, А			Напруга, В						
	I_1	I_2	I_3	U_1	U_2	U_{R1}	U_{R2}	U_{R3}		
U_1										
U_2										
U_1 і U_2										

3.4.4 Прийняти потенціал однієї з точок / за вказівкою викладача/ за нуль і виміряти потенціали всіх інших точок. Результати вимірювань занести в табл. 3.2

Таблиця 3.2 - Таблиця вимірювань

ϕ_A	ϕ_B	ϕ_C	ϕ_D	ϕ_E	ϕ_F
В	В	В	В	В	В

3.5 Оформлення звіту

3.5.1 За результатами п 4.3 розрахувати значення всіх опорів, які входять в коло. Результати розрахунку занести в табл. 3.3

Таблиця 3.3 - Результати розрахунків

R_1	R_2	R_3		

3.5.2 За результатами п 4.3 і 5.1 розрахувати початкові данні і побудувати потенційну діаграму для контуру АВСДЕ, прирівнюючи до нуля точки відповідно до п 4.4

3.5.3 Потенційну діаграму, побудувати відповідно до п 3.5.2, нанести результати вимірювань потенціалів, отриманих в п 5.4

3.6 Контрольні питання

3.6.1 Як формулюється перший закон Кірхгофа?

3.6.2 Яка фізична основа першого закону Кірхгофа?

3.6.3 Як формулюється другий закон Кірхгофа?

3.6.4 Яка фізична основа другого закону Кірхгофа?

3.6.5 Як із дослідних даних слідує справедливості першого і другого законів Кірхгофа?

3.6.6 Що таке потенційна діаграма?

3.6.7 З якою метою і як будується потенційна діаграма?

3.6.8 Чим відрізняється напруга від потенціалу?

3.6.9 Чи вносить створення в режим кола заземлення однієї точки і чому, як це використовується на практиці?

4. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНИХ КІЛ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Мета роботи: знати вольт амперні характеристики нелінійних елементів; набути навички розрахунку нелінійних кіл постійного струму при послідовному, паралельному, змішаному з'єднанні елементів.

4.1 Короткі відомості з теорії

4.1.1 Основні значення

Особливість нелінійних елементів полягає в нелінійній залежності значення опору від значення струму, який проходить, тому при розрахунку кіл, які мають нелінійні елементи, не можна користуватись законом Ома в широкому діапазоні зміни напруги. Розрахунок кіл, які мають нелінійні елементи, може бути проведений аналогічно, якщо відома аналітична залежність або графічним методом з використанням вольтамперних характеристик, якщо вони відомі. Вольтамперна характеристика $ВАХ$ - це залежність струму, який протікає через опір, від напруги на ньому. В даній роботі розрахунок кіл, які мають нелінійні елементи проводиться графічним методом.

4.1.2 Класифікація нелінійних елементів

В залежності від вольт амперної характеристики нелінійних елементів діляться на дві основні групи: симетричні і несиметричні.

Симетричними називають нелінійні елементи, в яких вольт амперна характеристика не залежить від полярності прикладеної до них напруги /рис 4.1/



Рисунок 4.1 - Вольт-амперні характеристики
а - симетричного б - несиметричного нелінійних елементів

До цих елементів відносять електричні лампи, батареї, терморезистори і т.д. несиметричними називають нелінійні елементи, у яких вольт амперна характеристика залежить від полярності прикладеної напруги рис. 4.1. До цих елементів відносять напівпровідникові елементи, тріоди і т.д.

4.1.3 Опит графічного методу розрахунку кіл з нелінійними елементами

Розглянемо графічні методи розрахунку нелінійних елементів на прикладі послідовного, паралельного і змішаного з'єднання.

При послідовному з'єднанні нелінійних елементів рис. 4.2 по них протікає один і той же струм I . Загальна напруга U дорівнює сумі напруг U_1 і U_2 .

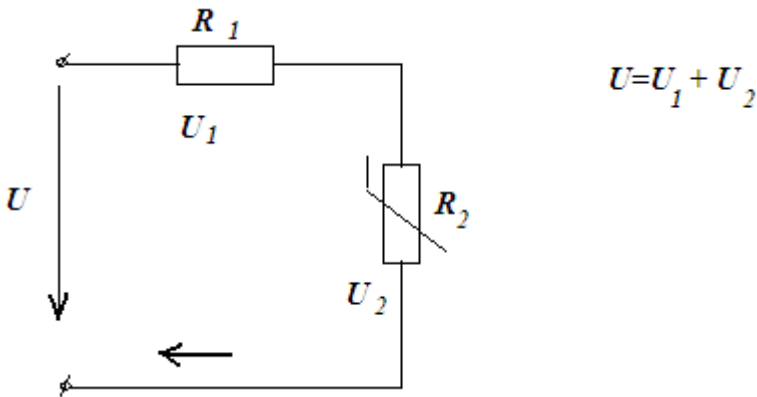


Рисунок 4.2 - Послідовне з'єднання нелінійних елементів

Припустимо, що при заданій напрузі і відомих вольтамперних характеристик для кожного елемента необхідно визначити струм I , який протікає в колі рис 4.2

Розрахунок ведеться наступним шляхом: на одному графіку будуються вольт амперні характеристики першого і другого елементів /рис. 4.3/

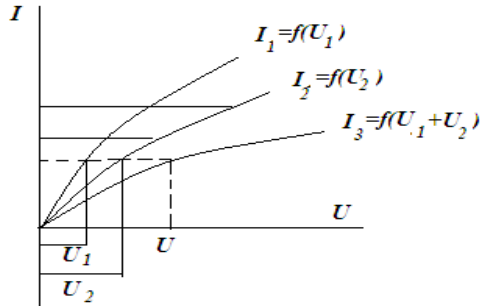


Рисунок 4.3 - Вольт-амперні характеристики послідовного з'єднання нелінійних елементів

Враховуючи, що струм в послідовному колі один у всіх елементах, задаємося декількома довільними значеннями струму і проведемо паралельно осі абсцис прямі, складаючи значення напруги для кожного значення струму, отримаємо сумарну вольт амперну характеристику /крива 3 на рис, 4.3/ маючи сумарну вольт амперну характеристику, можна для будь-якого значення прикладеної напруги визначити струм і відповідно, знаючи струм в колі, можна визначити прикладену напругу.

При паралельному з'єднанні елементів в кожному із них протікає свій струм I_1 і I_2 , але напруга на них одна і та ж /рис. 4.4/.

Тому при побудові з сумарної ВАХ вибирається вже ряд напруг і додаються струми /рис 4.5/.

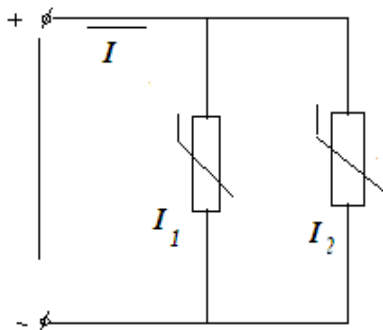


Рисунок 4.4 - Паралельне з'єднання нелінійних елементів

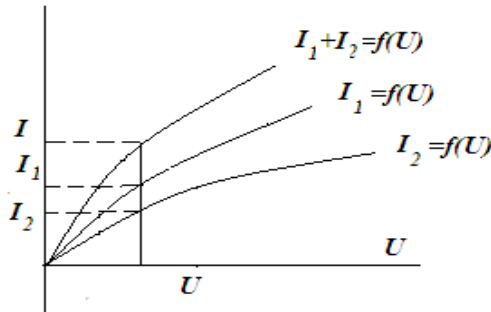


Рисунок 4.5 - Вольт-амперні характеристики паралельного з'єднання нелінійних елементів

Маючи сумарну ВАХ і ВАХ окремих, можна визначити при заданому значенні напруги сумарний струм на основі першого закону Кірхгофа і струми в окремих елементах. При розрахунку кіл зі змішаних з'єднанням нелінійних елементів побудову сумарної ВАХ проводять в тому ж порядку, що й заміну декількох опорів одним еквівалентним при розрахунку лінійних кіл. При цьому використовуються правила побудови сумарної ВАХ для постійного і паралельного з'єднання нелінійних елементів.

4.2 Опис лабораторної установки

4.2.1 Лабораторна робота виконується на універсальному стенді ЛЕС-5.

4.2.2 Як нелінійні елементи використовуються лампові реостати /клеми А-х, В-у/, опір реостату можна змінювати ступінчастого тумблерами /рис 4,6/

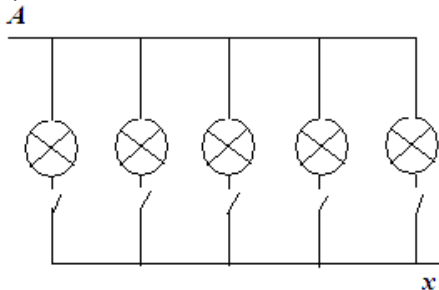


Рисунок 4.6 Нелінійні елементи /лампи/

У даній роботі до навантаження підводиться змінна напруга 220 В, яка знімається з клем "А" і "В" трифазного блоку живлення, розташованого в лівій частині стенду.

Вимірювання в роботі проводиться вольтметром з границею вимірювання 0,,150 В; амперметром з границею вимірювання 0,,1 А.

4.2.3 Всі зміни в схемі проводити при виключеному джерелі живлення.

4.3 Підготовка до роботи

4.3.1 Вивчити теорію, питання за рекомендованою літературою і короткі відомості в підрозділі 1.

4.3.2 До початку занять мати протокол лабораторної роботи, яка повинна включати: мету роботи, схеми випробувань рис. 4.7 і рис. 4.8, табл. 4.1, 4.2

4.3.3 Підготувати відповіді на контрольні запитання до даної лабораторної роботи.

4.4 Робоче завдання

4.4.1 Відключити тумблери блоку лампових реостатів /положення вниз/

4.4.2 Зібрати схему, зображену на рис. 4.9 і дати перевірити викладачеві або лаборанту.

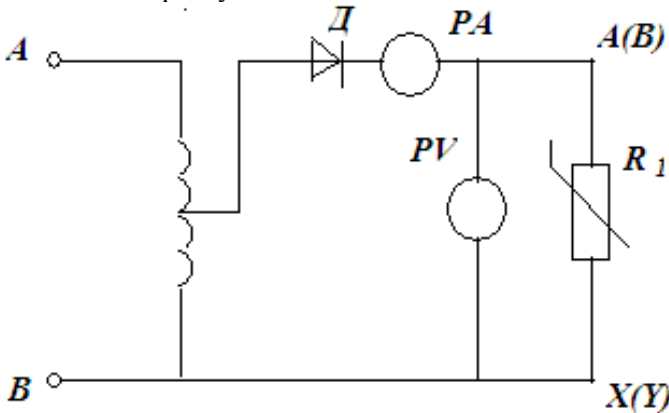


Рисунок 4.7 Принципова схема

4.3.3 Вивести ЛАТР в крайнє ліве положення/ обертаючи проти часової стрілки/.

4.4.4 На вольтметрi установити границю вимiрювань 150 В, на амперметрi 0,5 А.

4.4.5 Встановити за вказiвкою викладача значення нелiнійного опору А-Х шляхом вимкнення тумблерiв положення верх.

4.4.6 Ввiмкнути стенд пакетним вимикачем положення "викл", при цьому загораються три сигнальнi лампочки.

4.4.7 Змiнюючи значення струму з iнтервалом 0,05 В. Результати занести в табл. 4.1

Таблиця 4.1 - Даннi вимiрювань

Опiр А-Х	I	A			
		B	O		150
Опiр В-У	I	A			
		B	O		150

4.4.8 Замiнити опiр А-Х на опiр В-У значення опору встановити за вказiвкою викладача. Виконуючи вказiвки п 4.7, заповнити нижню частину таблицi 4.1

4.4.9 Зiбрати схему за рис. 4.8, значення опору А-Х i В-У встановити вiдповiдно з п 4.7 i п 4.8

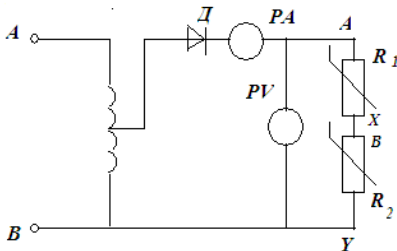


Рисунок 4.8 –
Принципова схема

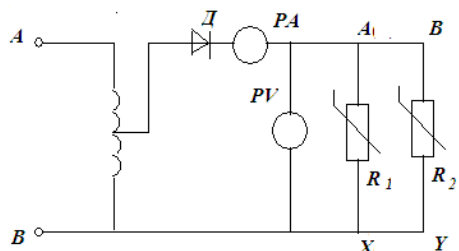


Рисунок 4.9 –
Принципова схема

Виконуючи вказiвки п. 4.7, зняти даннi i заповнити таблицю 4.2

Таблиця 4.2 - Данні вимірювань

Послідовне з'єднання А-Х і В-У	I	A			
	U	B	O		150

4.4.10 Зібрати схему за рис. 4.9. Значення опорів встановити такими ж, як п. 4.7, п. 4.8. Границю вимірювань амперметра встановити 0-1 А.

Виконуючи вказівки п. 4.7, зняти данні і заповнити табл. 4.3

Таблиця 4.3 - Данні вимірювань

Паралельне з'єднання А-Х і В-У	I	A			
	U	B	O		150

4.5 Оформлення протоколу лабораторної роботи

4.5.1 За отриманими експериментними даними п. 4.7 - 4.8 побудувати воль амперні характеристики $I=f(U)$. Використовуючи їх, побудувати сумарну ВАХ для послідовного і паралельного з'єднання опорів R_1 і R_2 . на сумарні характеристики нанести експериментальні точки п. 4.9 і п. 4.10.

4.5.2 Побудувати, сумарну характеристику для однієї з схем з'єднання за вказівкою викладача, показаних на рис. 4.10

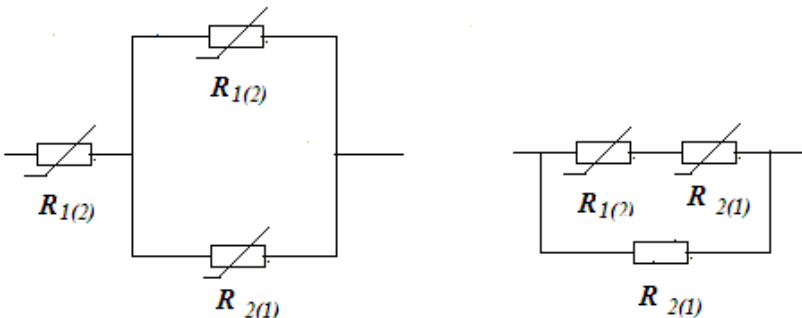


Рисунок 4.10 - Схема для побудовання характеристик

4.5.3 Зробити висновки за роботою.

4.6 Контрольні запитання

4.6.1 Які електричні кола називають нелінійними і чому?

4.6.2 На які групи діляться нелінійні елементи?

4.6.3 Привести приклади нелінійних елементів, які володіють симетричною і несиметричною ВАХ.

4.6.4 В чому різниця між статичним і динамічним опором?

4.6.5 В чому полягає основна відмінність розрахунку кіл, які мають нелінійні елементи, від розрахунку лінійних електричних кіл?

4.6.6 Як розрахувати нелінійну електричну схему при послідовному паралельному і змішаному з'єднанні нелінійних елементів?

5. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 РЕЗОНАНС НАПРУГ

Мета роботи: дослідити умови виникнення резонансу в послідовному контурі змінного струму і експериментально визначити параметри електричного кола.

5.1. Основні теоретичні положення

Споживачі електричної енергії (двигуни, електричні кола і т.д) при аналізі їх роботи і розрахунках зображуються у вигляді схем заміщення, які представляють собою послідове і паралельне з'єднання активних і реактивних опорів.

Активні опори характеризуються необоротними перетвореннями енергії в реальних споживачах в теплову, механічну і інші види енергії. Струм і напруга на активному опорі співпадають за фазою:

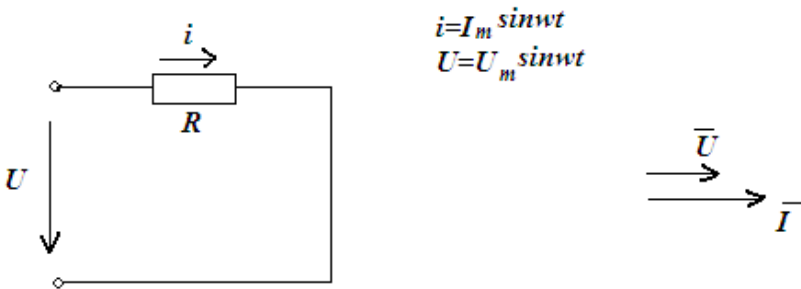


Рисунок 5.1 - Електрична схема та векторна діаграма активного елемента

Електрична схема і векторна діаграма активного кола зображені на рис. 5.1

Реактивні опори індуктивне X_L і ємнісне X_C характеризуються оборотними перетвореннями електричної енергії джерела в енергію електричних і магнітних полів.

При збільшенні струму через котушку електричної енергії струму перетворюється в енергію магнітного поля, коли струм зменшується, енергія магнітного поля перетворюється в електричну і повертається в мережу. Ці процеси враховуються введеними в схему заміщення реактивного індукційного опору рис 5.2

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

Струм в індукційному опорі відстає від напруги на чверть періоду $U = U_m \sin \omega t$, $i = I_m \sin(\omega t - T/2)$

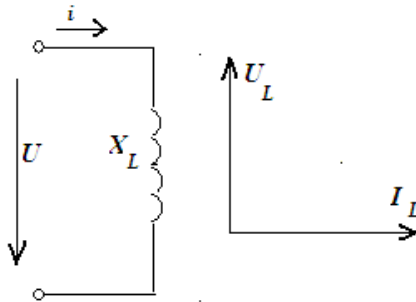


Рисунок 5.2 - Електрична схема та векторна діаграма індуктивного елемента

У колі з ємністю при збільшенні напруги на обкладках конденсатора збільшується енергія його електричного кола, при зменшенні напруги, енергія яка запаслася в конденсаторі віддається в мережу. Такі ділянки кола характеризуються реактивним ємнісним опором X_c /рис 5.3/

$$X_c = \frac{1}{\omega_c} = \frac{1}{2\pi fC}$$

Струм конденсатора випереджає напругу на чверть періоду

$$U = U_m \sin \omega t, i = I_m \sin(\omega t - T/2)$$

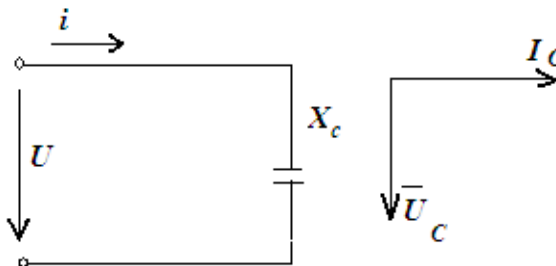


Рисунок 5.3 - Електрична схема та векторна діаграма ємнісного елемента

Розраховуючи кола, які включають послідовне з'єднання, напруги окремих ділянок кола складаються геометрично. В загальному випадку напруга підведена до послідовно - з'єднаних опорів, зміщена відповідно до струму на деякий кут. Векторна діаграма напруг, струмів має вигляд прямокутного трикутника напруг /рис 5.4/

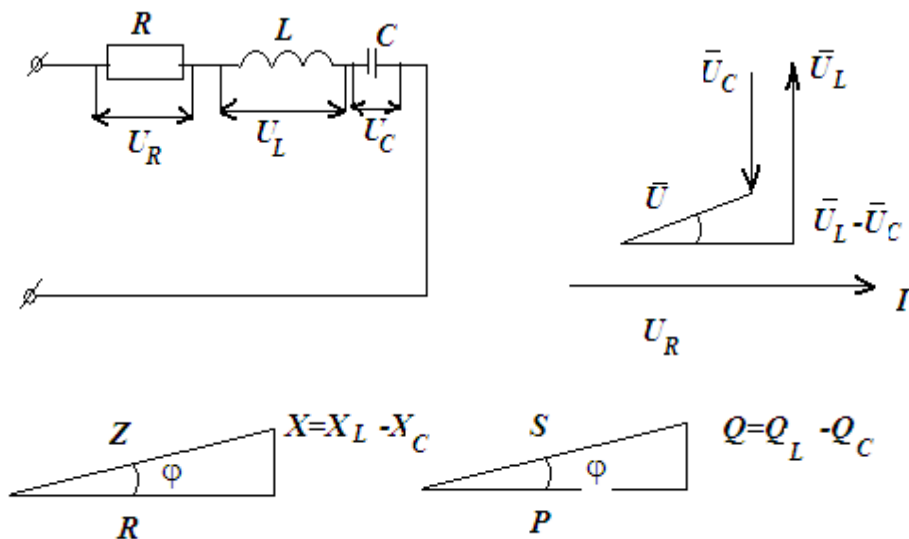


Рисунок 5.4 - Принципова схема, векторна діаграма напруг та струмів трикутники опорів та потужностей

Повний опір кола визначається з прямокутного трикутника опорів за теоремою Піфагора

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Активна потужність

$$P = I^2 R = UI \cos \varphi = U_m I$$

Реактивна потужність

$$Q = I^2 X = UI \sin \varphi = (U_L - U_C) I$$

Повна потужність

$$S = I^2 Z = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Зсув за фазою між струмом і напругою:

$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} = \arctg \frac{U_L - U_C}{U_R} = \arctg \frac{Q}{P}$$

При рівності індуктивного і ємнісного опорів $X_L = X_C$ в послідовному колі спостерігається резонанс напруг. При цьому $U_L = U_C$, але направленість їх протилежна. Вони компенсують один одного і коло веде себе як коло з чисто активним опором. Якщо $R \ll X_L = X_C$ то напруги на реактивних опорах можуть значно перевищувати напругу, яка прикладається до схеми, тому потрібна обережність в роботі з електричними колами такого виду.

5.2 Опис лабораторної установки

Лабораторна робота проводиться на універсальному стенді АЕС - 5. Як елементи послідовної схеми рис 5.5 використовують активний опір з блоку резисторів, конденсатор С з блоку конденсаторів від 0,25...94,75 мкф. Як індуктивності використовуються вторинні обмотки ах і ву трифазного трансформатора.

Живлення проводиться від мережі змінного струму 220В; 50Гц через регульований трансформатор ЛАТР. Напруга на затискачах дослідного кола вимірюється вольтметром з границями вимірювання напруг 0...150 В, вольтметри 0...150 служать для вимірювання напруг на активно-індуктивному і ємнісному елементах схеми. Амперметр А 0...1А вимірює струм, ватметр - активну потужність. Ємність блоку конденсаторів змінюється за допомогою тумблерів.

5.3 Підготовка роботи

5.3.1 Вивчити теорію за рекомендованою літературою і короткими відомостями підрозд. 1.

5.3.2 Підготувати протокол лабораторної роботи, який повинен вміщувати мету роботи, схему випробувань рис. 5.5 і табл. 5.2

5.3.3 Відповісти на контрольні запитання до даної лабораторної роботи.

5.4 Робоче завдання

5.4.1 Перевірити, чи всі тумблери і пакетні перемикачі в положенні "Вимк."

5.4.2 Встановити границі вимірювання на приладах.

5.4.3 Зібрати схему рис 5.6 після чого запросити викладача або лаборанта для перевірки.

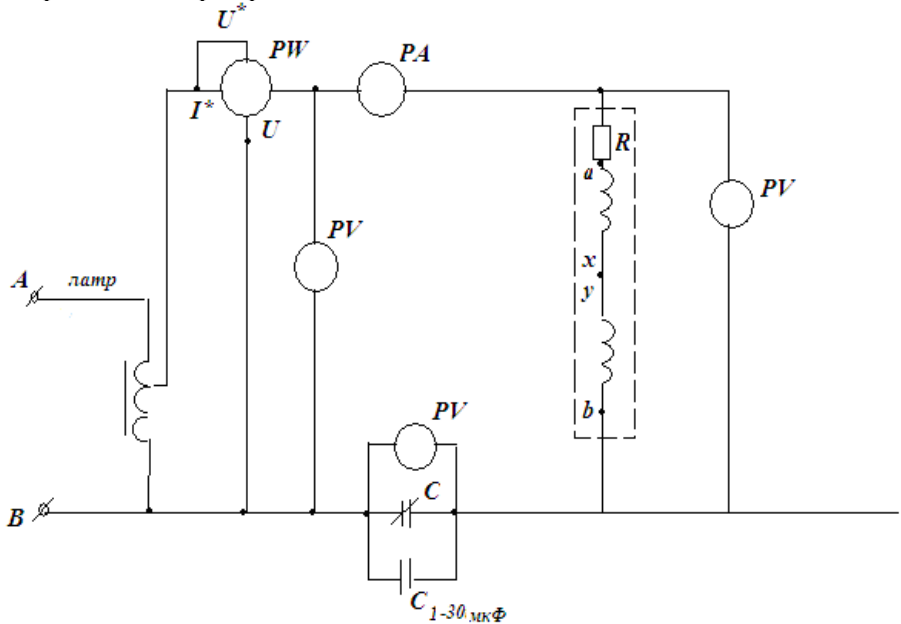


Рисунок 5.5 - Принципова схема

5.4.4 За вказівкою викладача із табл. 5.1 вибрати напругу на вхід схеми вольтамперметр

Таблиця 5.1 - Дані вхідних напруг

Номер варіанту							
1	2	3	4	5	6	7	8
Напруга							
17	18	19	20	21	22	23	24

Таблиця 5.2 - Дані експерименту

Дослід	Дані вимірювань						Результат розрахунку									$\cos \varphi$
	С м к Ф	U В	I А	U _z В	U _c В	P В Т	R О М	Z _k О М	X _L О М	L Г н	X _c О М	Q ₁ В а р	Q ₂ В а р	Q _B В а р	S В А	
1																
2																
3																
4																
5																
6																

5.4.5 Вивести ЛАТР в крайнє положення проти часової стрілки.

5.4.6 Ввімкнути стенд і ЛАТРОм встановити задану напругу на вході схеми.

5.4.7 Дослідити умови виникнення резонансу. Для цього змінюючи ємність конденсаторів при постійній напрузі джерела, зробити в схемі три режими до резонансу напруг, один момент резонансу і три режими після резонансу. показання всіх приладів і значення ємностей конденсаторів записати в табл. 5.2

5.4.8 Схему відключити, результати вимірювань показати викладачеві, після чого розібрати схему і вдати прилади.

5.5 Оформлення протоколу лабораторної роботи

5.5.1 За результатами вимірювань табл. 5.2 розрахувати, припустивши, що конденсатор в дослідному колі не має втрат, R_L ; X_L ; L_K ; X_C ; C . Результати занести в табл. 5.2 U_{RK} ; $\cos \varphi$; φ ; S ; Q ; Q_k ; Q_c .

5.5.2 За даними вимірювань і розрахунків для всього кола методом засічок побудувати в масштабі векторні діаграми напруг і струмів, трикутних опорів і потужностей для випадків $X_C > X_L$; $X_C = X_L$; $X_L < X_C$; де X_C - дорівнює розрахунковому значенню.

5.5.3 Перевірити баланс потужностей.

5.5.4 За даними вимірювань побудувати в масштабі в одній системі координат графіки $I = f_1(c)$; $\cos \varphi = f_2(c)$; $P = f_3(c)$.

Проаналізувати вплив ємностей конденсаторів на значення коефіцієнту потужності всього кола. Дати аналіз кривих.

5.6 Контрольні питання

5.6.1 Що називається резонансом напруг і в якому електричному колі спостерігається цей резонанс?

5.6.2 За якої умови настає резонанс?

5.6.3 Яким шляхом отримати в колі резонанс напруг?

5.6.4 Яке значення має коефіцієнт потужності і кут при резонансі напруг?

5.6.5 В чому полягає небезпека режиму резонансу напруг для електричного кола на практиці?

5.6.6 Де на практиці використовується резонанс напруг?

6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАЛЕЛЬНОГО КОЛА СИНУСОЇДАЛЬНОГО СТРУМУ

Мета роботи: навчити аналізувати паралельне коло з активно-індуктивними і ємнісними опорами при зміні одного з параметрів, дослідити умови резонансу струмів; ознайомитися з метою підвищення коефіцієнту потужності електроустановок.

6.1 Короткі теоретичні відомості

У даній роботі досліджується розгалужене коло з двох паралельних віток. Одна вітка моделює активно-індуктивне навантаження електричної мережі більшості промислових підприємств. Друга вітка складається з батареї конденсаторів /активний опір конденсаторів настільки малий, що ним можна знехтувати/.

Струм у вітці з індуктивною котушкою відстає за фазою від прикладеної напруги на деякий кут, і визначається за формулою:

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{U}{\sqrt{R^2 - X_L^2}}$$

де $R=R_l+R_s+R_k$ - активний опір; X_L і Z_l - відповідно індуктивний і повний опір першої вітки.

Струм у вітці з конденсаторами випереджає за фазою напругу на кут 90° і визначається за формулою:

$$I_2 = I_c = \frac{U}{X_c}$$

де X_c - ємнісний опір конденсаторів; ω - кутова частота $\omega = 2\pi f$, $f = 50 \text{ Гц}$; C - ємність конденсатора.

Загальний струм до розгалуження визначається як геометрична сума струмів віток реактивні струми котушки і конденсатора знаходяться у проті фазі, тобто зсунуті відносно один одного на кут 180° :

$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$

Струм I_l в першій вітці можна розкласти на активну I_{la} складову, яка співпадає за фазою з прикладеною напругою U і реактивну /індуктивну/ I_L складову, яка відстає за фазою від напруги на 90° .

На рис. 6.1 зображені прикладні векторні діаграми розгалуженого кола R, L, C з постійною частотою і індуктивністю і змінною ємністю.

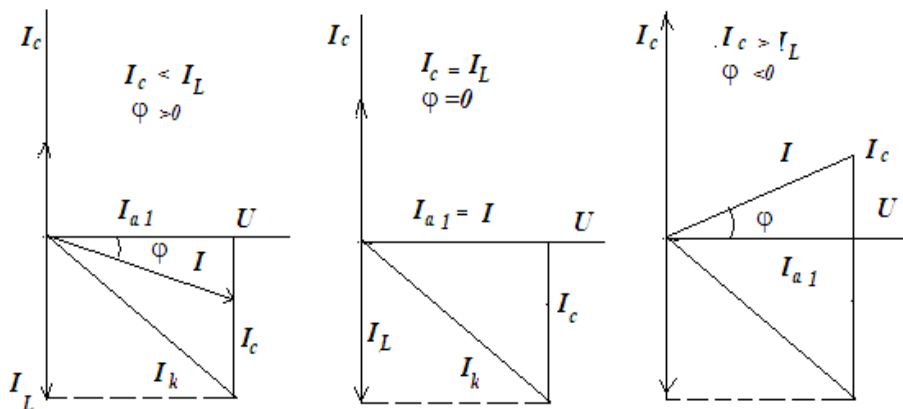


Рисунок 6.1 - Векторні діаграми розгалуженого кола

З рис. 6.1, видно, що загальний струм I відстає за фазою від напруги U при $I_C > I_L$, на деякий кут φ , або випереджає її при $I_C < I_L$ або співпадає за фазою з напругою при $I_L = I_C$ при цьому $\varphi = 0$.

В останньому випадку проходить явище резонансу струмів, при якому реактивна провідність всього кола дорівнює нулю. Загальний струм має найбільше значення, рівне активній складовій I_{la} і коло споживає тільки активну потужність.

В електричному колі з активним опором R і індуктивністю L тільки частина електроенергії джерела перетворюється в енергію інших видів теплову, механічну і інші. Друга її частина безперервно коливається між джерелами і індуктивністю: при появі магнітного поля енергія поступає від джерела, а при його розпаді повертається до джерела.

Таким чином, активна потужність P , яка характеризується інтенсивністю перетворення електроенергії в інший вид енергії, складає лише частину повної потужності S .

Якщо зсув фаз між напругою U і струмом I $\varphi \neq 0$ то $S=UI(BA)$, а $P=UI\cos\varphi$

В останньому виразу $\cos\varphi$ - коефіцієнт потужності, який показує яку частину від повної потужності складає активна потужність. Його значення може бути виражене так:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{UI}$$

Для кількісної оцінки процесу колювання енергії між джерелом і реактивним елементами кола введено поняття реактивної потужності Q , яка визначається виразом:

$$Q = UI * \sin\varphi$$

Якщо для вищерозглянутого електричного кола підключити паралельно конденсатор C , опір якого дорівнює індуктивному опоріві, то при розпаді магнітного поля енергія не повертається до джерела, а іде на формування електричного поля, конденсатора. Формування ж магнітного поля індуктивності проводить за рахунок енергії електричного поля, яке розпадається на конденсаторі. Таким чином колювання енергії проходить не між джерелом і споживачами R і L , а між споживачами і паралельно підключеною до них ємністю C .

Отже, для підвищення коефіцієнту потужності $\cos\varphi$ електроустановок, необхідно паралельно до них підключити статичні конденсатори.

Підвищення $\cos\varphi$ на промислових електричних установках має слідуєчі переваги: можливість ввімкнення додаткових приймачів при тій же потужності трансформаторів; можливість зменшення при тій же передавальній потужності значення струму і відповідно, поперечних розрізів проводів в електричних мережах; зменшення втрат потужності і енергії в електричних мережах.

6.2 Опис лабораторної установки

6.2.1 Схема досліджуваного поля рис. 6.2 вміщує дві паралельні вітки, одна з яких включає в себе активний опір і котушку індуктивності, друга - батарею конденсаторів.

6.2.2 В схемі використовують наступні прилади: вольтметр Е515 /150 В/; ватметр Д 5004 /150В/, 0,5 А/; амперметра Е525 /0,5 А/.

6.3 Робоче завдання

6.3.1 Зібрати електричне коло згідно зі схемою рис. 6.7

6.3.2 Встановити переміщувач ЛАТРа в положення "0", ввімкнути схему, після чого підвести напругу.

6.3.3 Експериментально визначити ємність конденсаторної батареї С рез, при якій в колі виникає резонанс струмів.

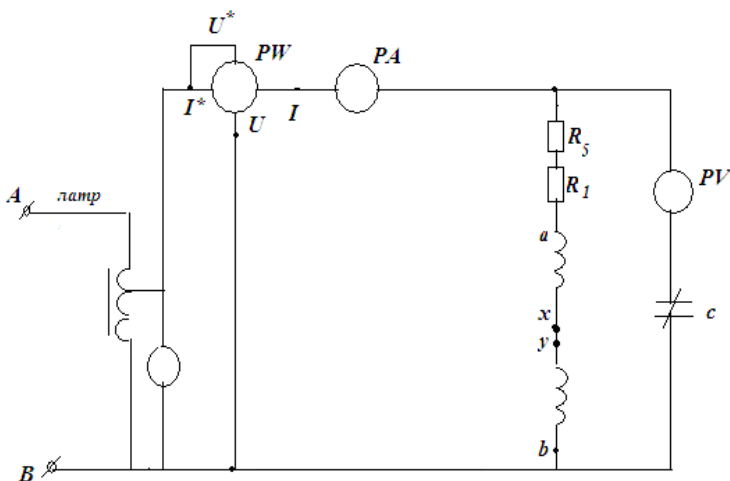


Рисунок 6.2 - Принципова схема

6.3.4 Змінюючи ємність С від нуля до 24 мкф, записати в табл. 6.1 показання вимірювальних приладів для шести випадків: $C=0$, $C < C_{рез}$ два випадки, $C = C_{рез}$, $C > C_{рез}$ два випадки.

Таблиця 6.1 - Порівняльна таблиця вимірювань та розрахунків

№ п/п	Дані вимірювань						Результати розрахунків							
	U	I	I_I	I_2	P	C	$\cos \varphi$	I_a	I_L	Z	Z_I	X_c	S	Q
	B	A	A	A	B_T	$мкФ$		A	A	$ОМ$	$ОМ$	$ОМ$	$ВА$	Var

6.4 Оформлення звіту

6.4.1 Використовуючи результати вимірювань, розрахувати і занести в табл. 6.1 коефіцієнт потужності поля $\cos \varphi = P/UI$; активну складову струму кола $I_a = I \cos \varphi = P/U$; індуктивна складову струму

катушки $I_L = \sqrt{I_1^2 - I_a^2}$, повний опір кола $Z = U/I$ повний опір першої вітки $Z_1 = U/I$; ємнісний опір $X_c = 1/\omega c$; повну потужність $S = UI$; реактивну потужність $Q = UI \sin \varphi = \sqrt{S^2 - P^2}$

6.4.2 За даними вимірювань і розрахунків для всього кола методом засічок побудувати векторні діаграми напруги і струму для трьох випадків: $C > C_{рез}$; $C = C_{рез}$; $C < C_{рез}$.

6.4.3 В одній системі координат зобразити залежність від ємності C слідуєчих величин: $I = f(c)$; $\cos \varphi = f(c)$

6.5 Контрольні питання

6.5.1 Як виражається закон Ома для досліджуваного кола?

6.5.2 Що називається резонансом струмів?

6.5.3 Яким шляхом можна отримати резонанс струмів?

6.5.4. Що називається коефіц потужності?

6.5.5 Чому дорівнює $\cos \varphi$ при резонансі струмів?

6.5.6 Які вимірювальні прилади /рис. 6.2/ відмічають з'явлення резонансу і чому?

6.5.7 Як підвищити коефіцієнт потужності електричних установок?

6.5.8 Яке значення має підвищення $\cos \varphi$ в електричних установках?

6.5.9 Як за даними вимірювань можна визначити індуктивність і ємність кола?

6.5.10 Як обчислити повну, активну і реактивну потужність?

ЛІТЕРАТУРА

1. Красаткин А.С., Немцов М.В. Електротехніка. - М.: Енергія 1983.-439с.
2. Загальна електротехніка під ред.. А.Т. Блажкіна. - М: Енергія, 1979. - 472с.
3. Електротехніка під ред.. А.С. Пантюшина.-М: Вища школа, 1976.-560с.