

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Тема: Дослідження нерозгалуженого кола змінного струму з активним опором та індуктивністю.

Мета. Закріпити знання про процеси, які відбуваються в однофазних електричних колах з активними та реактивними елементами, визначити співвідношення між параметрами кола, отримати навички користування ватметром та осцилографом.

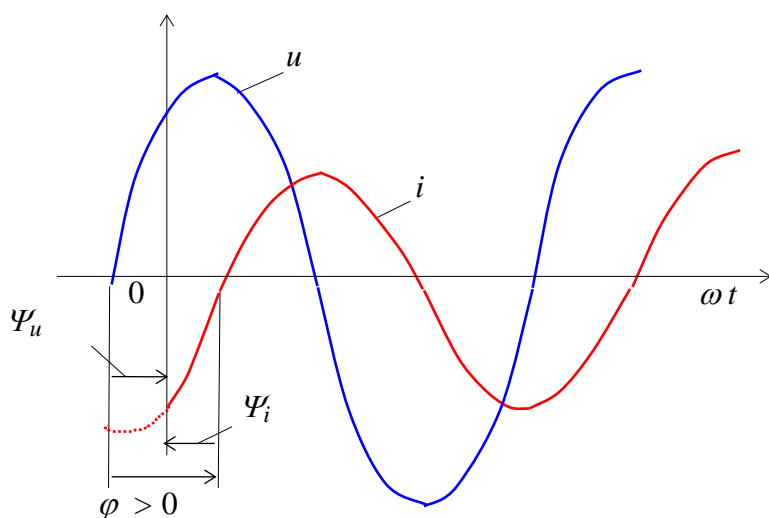
Обладнання: віртуальна лабораторія Multisim: джерела синусоїдальної ЕРС, резистор, індуктивна котушка, вольтметри, амперметр, ватметр, осцилограф.

Пояснення до роботи

Рівняння електричної рівноваги напруг і струмів ланцюгів синусоїдального струму можна записати в аналітичній формі й представити графічно у вигляді векторних діаграм.

При аналізі ланцюгів синусоїдального струму необхідно мати на увазі наступне:

– реактивний *індуктивний* опір X_L індуктивної котушки й реактивний *ємнісний* X_C опір конденсатора залежать від частоти f джерела синусоїдальної напруги $u = U_m \sin(2\pi ft + \Psi_u)$, тобто $X_L = \omega L = 2\pi fL$ і $X_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi fC)$, де $\omega = 2\pi f$ – кутова частота напруги, рад/с; $f = 1/T$ – циклічна частота, Гц; T – період синусоїдальної напруги, с; Ψ_u – його початкова фаза, рад. або град.;



Мал. 2.1

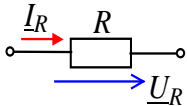
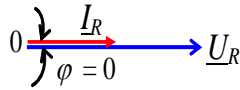
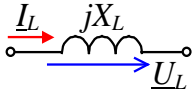
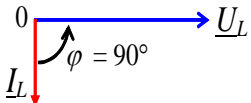
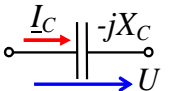
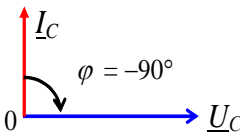
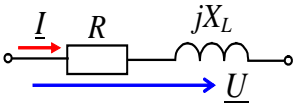
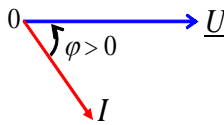
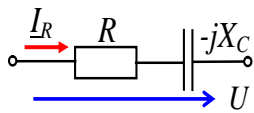
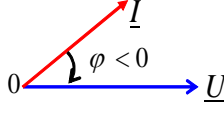
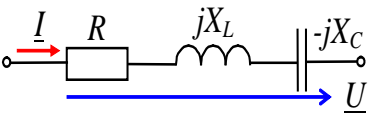
– у гілках з реактивними елементами L і C між напругою й струмом виникає *фазовий зсув* $\varphi = \Psi_u - \Psi_i$, де Ψ_i – початкова фаза струму (мал. 2.1). Кут φ (у радіанах або градусах) – алгебраїчна величина, що змінюється в діапазоні від -90° ($-\pi/2$ радіан) до $+90^\circ$ ($+\pi/2$ радіан). Знак і величина кута залежать від типу й величини

параметрів послідовно з'єднаних елементів R, L і C гілки й частоти f напруги.

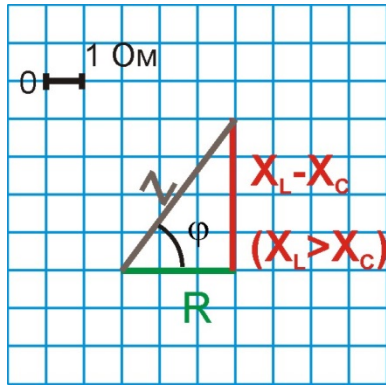
У табл. 3 представлені типові гілки схеми кіл синусоїдального струму, векторні діаграми напруг і струмів гілок, і кути зрушення фаз φ між їхніми векторами. Аналіз векторних діаграм показує, що *резистивний* елемент R є частотно-незалежним елементом: струм і напруга на його затискачах збігаються по фазі (форма струму i_r повторює форму напруги u_r).

В індуктивному елементі струм відстає по фазі від напруги на 90° , а в ємнісному – його випереджає на 90° . В RL -, RC - і RLC -гілках кути зрушення фаз залежать від значень параметрів елементів гілок і визначаються, у загальному випадку, по формулі $\varphi = \arctg(X_L - X_C)/R$.

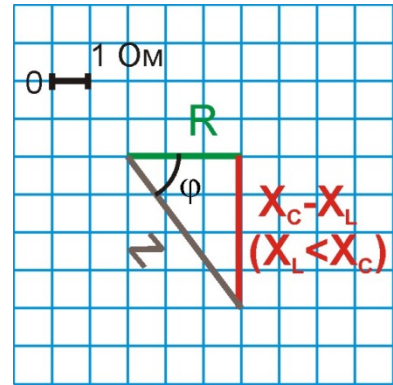
Таблиця 2.1

Номер	Елементи гілок	Векторна діаграма	Кут $\varphi = \Psi_u - \Psi_i$
1			$\varphi = 0$
2			$\varphi = 90^\circ (\pi/2)$
3			$\varphi = -90^\circ (-\pi/2)$
4			$\varphi = \arctg(X_L/R)$
5			$\varphi = \arctg(-X_C/R)$
6		а) $X_L > X_C$; див. гілку 4; б) $X_L < X_C$; див. гілку 5; в) $X_L = X_C$; див. гілку 1	$\varphi = \arctg[(X_L - X_C)/R]$

Трикутник опорів



Мал. 2.2

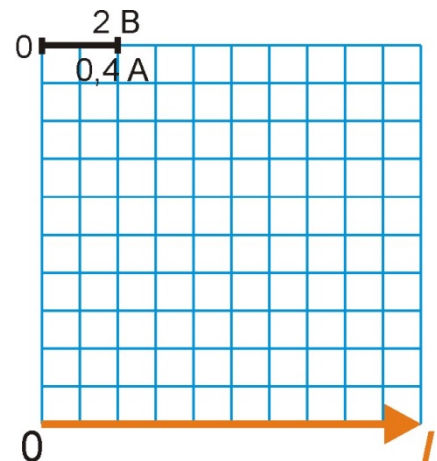


Мал. 2.2

Порядок побудови векторної діаграми для нерозгалуженого кола з R та L

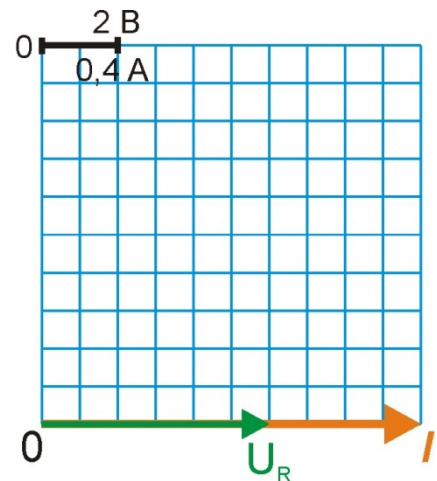
Починаємо з вибору зручного масштабу для струму і напруги. Задаємося масштабом, наприклад, по струму: в 1 см – 0,4 А, по напрузі – в 1 см – 2 В. Побудову векторної діаграми починаємо з вектору струму.

1. Вектор струму \vec{I} в масштабі струмів відкладаємо в полярній системі координат по осі $\varphi = 0$ (тобто по горизонтальній осі) з початку координат.



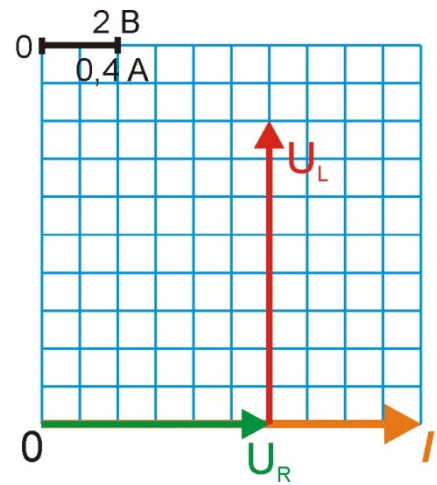
Мал. 2.3

2. Вектор напруги \vec{U}_R на активному опорі R у масштабі напруг відкладаємо в напрямку вектора струму, бо кут зсуву фаз між напругою та струмом у резистивному елементі дорівнює нулю.



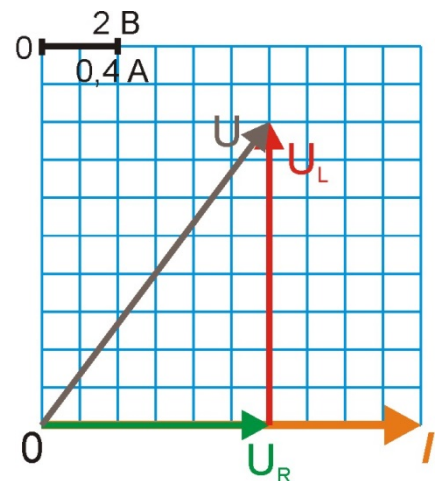
Мал. 2.4

3. А через те, що струм в індуктивному елементі відстає від напруги на 90° , вектор напруги \vec{U}_L у масштабі напруг відкладаємо від кінця вектора \vec{U}_R під кутом $+90^\circ$ до вектора струму.



Мал. 2.5

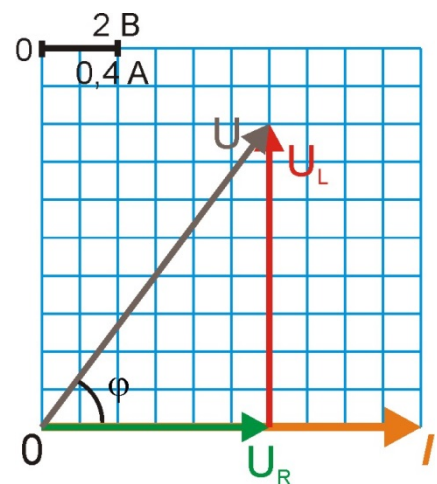
4. Вектор напруги, що прикладена до всього кола, є геометричною сумою векторів \vec{U}_R , \vec{U}_L ($\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L$), тому на векторній діаграмі вектор напруги \vec{U} , що прикладена до кола, визначається вектором, спрямованим від початку вектора \vec{U}_R до кінця вектора \vec{U}_L .



Мал. 2.6

5. Знаходимо кут зсуву фаз між струмом і повною напругою φ та коефіцієнт потужності $\cos \varphi$. Як видно з векторної діаграми,

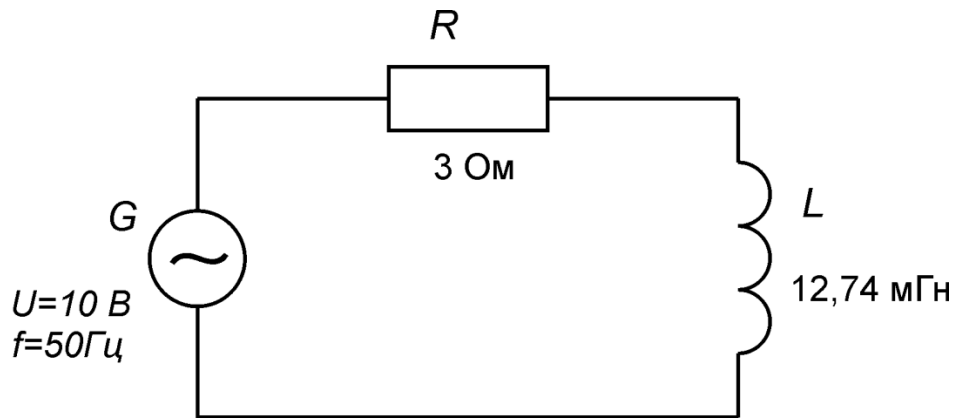
$$\cos \varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{IR}{IZ} = \frac{R}{Z}.$$



Мал. 2.7

Підготовка до роботи

В роботі досліджуватиметься схема, зображена на малюнку 2.8.



Мал. 2.8. Принципова електрична схема досліджуваного кола

Напередодні роботи порахуйте аналітичним шляхом індуктивний опір $X_L = 2\pi fL$ котушки L , знайдіть повний опір $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ кола та коефіцієнт потужності $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$. Побудуйте трикутник опорів. По закону Ома знайдіть струм у колі $I = \frac{U}{Z}$ та напруги на резисторі $U_R = IR$ і котушці $U_L = IX_L$. Порахуйте активну потужність, яку споживає коло: $P = UI \cos\varphi$. Отримані значення занесіть у таблицю 2.2.

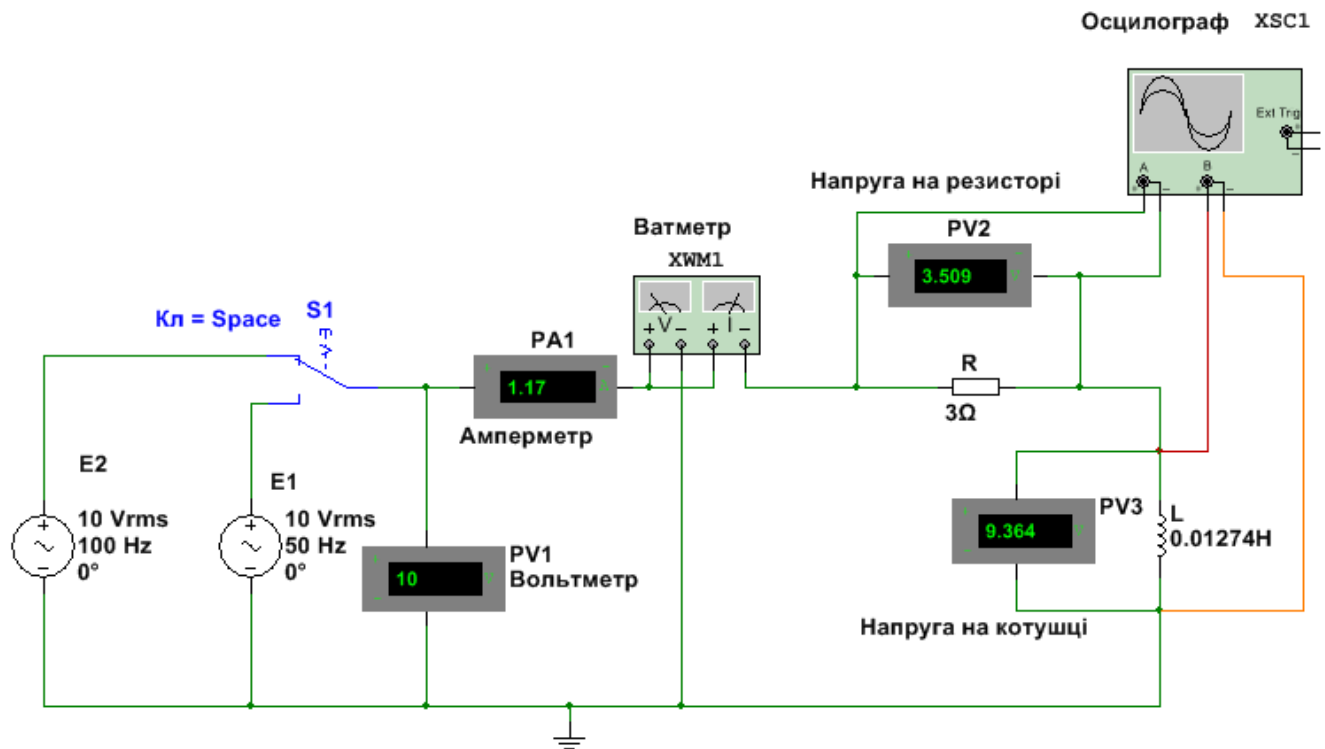
Таблиця 2.2. Розрахункові дані (заповнюється напередодні роботи)

Параметр	X_L , Ом	R , Ом	Z , Ом	$\cos\varphi$	I , А	U_R , В	U_L , В	P , Вт
Значення								

Порядок виконання роботи



1. Запустити програму Multisim і зібрати схему, зазначену на малюнку 12. (Файл [lr2.ms12](#)).

У роботі досліджується коло однофазного синусоїдального струму, що являє собою послідовно з'єднані резистор R та індуктивну котушку L . Коло підключене до джерела синусоїдальної ЕРС $E1$. Напругу джерела контролює вольтметр $PV1$, напругу на резисторі – вольтметр $PV2$, напругу на індуктивності – вольтметр $PV3$. Струм у колі вимірює амперметр $PA1$, активну потужність P , що споживається колом, - ватметр $XWM1$. Він же вимірює коефіцієнт потужності $\cos\varphi$.



Мал. 2.9. Схема нерозгалуженого кола однофазного синусоїдального струму з індуктивністю в Multisim

Форму напруг на резисторі і котушці можна спостерігати за допомогою двоканального осцилографа XSC1.

2. Після перевірки правильності збирання схеми подайте живлення, увімкнувши вимикач  або натиснувши кнопку . Перемикач напруг живлення S1 знаходиться у нижньому (по схемі) положенні ($f = 50$ Гц).

Виміряйте струм у колі I (показання амперметра PA1) і напруги на резисторі U_R (показання вольтметра PV2), на індуктивності U_L (показання вольтметра PV3), і повну напругу кола U (показання вольтметра PV1). З допомогою ватметра XWM1 виміряйте активну потужність P , яка споживається колом, і коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ (косинус кута зсуву фаз між струмом і напругою) – для цього двічі клацніть по ватметру лівою кнопкою миші.

Таблиця 2.3. Покази вимірювальних приладів

Параметр	I, A	U_R, B	U_L, B	U, B	$P, Bт$	$\cos \varphi$
Прилад	PA1	PV2	PV3	PV1	XWM1	XWM1
Значення						

Порівняйте виміряні величини (таблиця 2.3) з розрахунковими значеннями, знайденими аналітичним шляхом при підготовці до роботи (таблиця 2.2).

3. Побудуйте векторну діаграму кола. Позначте на діаграмі кут φ зсуву фаз між струмом і напругою.

Перевірте, чи виконується другий закон Кірхгофа (для кіл змінного струму).

4. Подивіться на осцилограму напруг на резисторі (зелена осцилограма) і на котушці (червона осцилограма). Для цього двічі клацніть по осцилографу лівою кнопкою миші. Як співвідносяться у цих напруг:

- амплітуди;
- частоти;
- фази?

У висновках по роботі аргументуйте свої спостереження.

5. Перемикачем $S1$ (перевівши його у верхнє, по схемі, положення) перейдіть на джерело живлення частотою вдвічі більшою ($f = 100$ Гц). Що змінилося на осцилограмі напруг? У висновках по роботі поясніть свої спостереження.

6. Вимкніть живлення схеми, натиснувши кнопку  або .

7. Зробіть висновки по роботі (по кожному пункту порядку виконання).

Контрольні питання

1. Чим відрізняються активне та реактивне навантаження, активна та реактивна потужність; наведіть відповідні формули.
2. Чи збігаються по фазі напруги на резисторі й котушці? Як на осцилографі відображається взаємне розташування синусоїд напруг на резисторі й на котушці?
3. Як змінюються при подвоєнні частоти джерела живлення напруги на резисторі й на котушці і чому?
4. Чому дорівнює реактивна потужність у досліджуваному колі Q на частоті $f = 50$ Гц?
5. Чому дорівнює повна потужність у досліджуваному колі S на частоті $f = 50$ Гц? Чи зміниться і як зміниться вона при частоті $f = 100$ Гц?

6. На яку частину періоду напруга на котушці випереджає напругу на резисторі?
7. Чи дорівнює діюче значення вхідної напруги U арифметичній сумі діючих значень напруг на резисторі U_R і на котушці U_L ? Чому?
8. Як співвідносяться між собою амплітуди синусоїдальних напруг на резисторі і на котушці на частоті $f = 50$ Гц?
9. Як співвідносяться між собою фази синусоїдальних напруг на резисторі і на котушці на частоті $f = 50$ Гц?
10. Чи змінюється (і як) амплітуди синусоїдальних напруг на резисторі і на котушці при переході з частоти $f = 50$ Гц на частоту $f = 100$ Гц?
11. Побудуйте трикутник опорів для досліджуваної схеми (у масштабі) для частоти струму $f = 100$ Гц, позначте на ньому кут зсуву фаз між струмом і напругою.
12. Чи змінюється (і як) фази синусоїдальних напруг на резисторі і на котушці при переході з частоти $f = 50$ Гц на частоту $f = 100$ Гц?
13. Чи змінюється (і як) кут зсуву фаз φ між струмом та напругою, що прикладена до нерозгалуженого кола з резистором і котушкою, при переході з частоти $f = 50$ Гц на частоту $f = 100$ Гц?
14. Чи зміниться (і як) струм у нерозгалуженому колі з резистором і котушкою, при переході з частоти $f = 50$ Гц на частоту $f = 100$ Гц?
15. Наведіть порядок побудови векторної діаграми кола змінного струму.