

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Відокремлений структурний підрозділ
"Ладижинський фаховий коледж
Вінницького національного аграрного університету"
(повне найменування вищого навчального закладу)

РОБОЧИЙ ЗОШИТ
для лабораторних робіт
з дисципліни
„ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ”

20__р.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСЛІДОВНОГО ТА ПАРАЛЕЛЬНОГО З'ЄДНАННЯ РЕЗИСТОРІВ

Мета роботи: Набути практичних навичок в вимірювання потенціалів в нерозгалуженому електричному колі постійного струму

Матеріально технічне оснащення робочого столу: амперметри на 1-2А, 5А, 2,5А; вольтметри на 150 В, 75 В.

Література: 1. Матвієнко М.П. Основи електротехніки. Підручник. – К.: Видавництво Ліра – К, 2020. – 228с

2. Електротехніка та основи електроніки : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Гуржій, С. К. Мещанінов, А. та інші.

Теоретичні відомості

Закон Ома для електричного кола встановлює математичні залежність між величиною струму, напруги і опором. Залежність величини струму від напруги, виражена графічно, називається *вольт амперною характеристикою* (рис. 3.1).

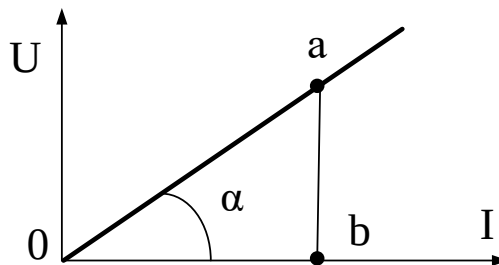


Рис. 3.1 ВАХ лінійного елемента.

Розглянемо **послідовне з'єднання** опорів. Це таке з'єднання, коли до кінця попереднього приєднується початок наступного елемента і між ним відсутні вузлові точки (рис. 3.2).

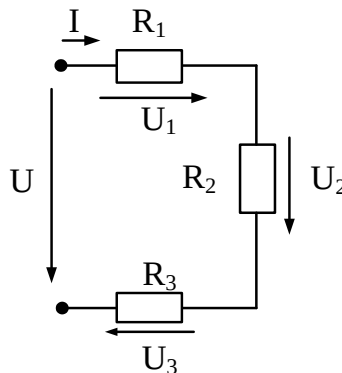


Рис.3.2 Послідовне з'єднання резисторів

Послідовне з'єднання опорів характеризується наступними властивостями:

1. Струм на всіх ділянках кола однаковий.
2. Спад напруги на окремих опорах пропорційні їх величинам.
3. Напруга, прикладена до затискачів кола, дорівнює сумі спаду напруг на окремих опорах.
4. Еквівалентний опір кола дорівнює сумі опорів на окремих ділянках кола.

На відміну від послідовного кола, в якому струм протікає по одній вітці в паралельному колі струм розгалужується.

Ознаки послідовного з'єднання резисторів:

$$1) I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$2) U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$3) R_e = R_1 + R_2 + R_3$$

При послідовному з'єднанні опорів електрична схема збільшує свій опір.

Паралельне з'єднання опорів (елементів) - це таке з'єднання, коли всі елементи ввімкнені між одними й тими двома вузловими точками. Згідно із схемою (рис. 3.3)

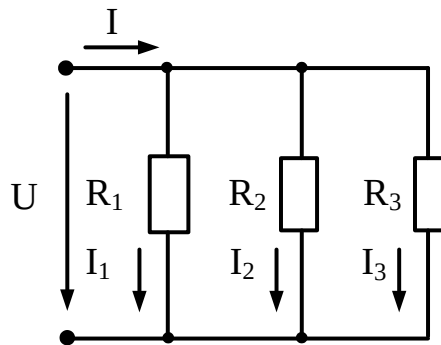


Рис. 3.3 Паралельне з'єднання резисторів

Паралельне коло має такі властивості:

1. Загальний струм дорівнює сумі точок в вітці.
2. Спади напруг на паралельних вітках рівні один одному, а також напруги на зажимах джерела живлення.
3. Струми в паралельних вітках обернено пропорційні опорам цих віток.
4. Еквівалентна провідність кола рівна сумі провідностей окремих віток.

Ознаки паралельного з'єднання резисторів:

$$1. I_{\text{заг}} = I_1 + I_2 + I_3 \text{ (А)}$$

$$2. U_{\text{заг}} = U_1 = U_2 = U_3 \text{ (В)}$$

$$3. \frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \text{ (Ом)}$$

Для випадку всього двох опорів
$$R_e = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Потужність кола можна визначити за формулою: $P = P_1 + P_2 + P_3$

Хід роботи

1. Ознайомитись з типами вимірювальних приладів і послідовністю вмикання їх в коло.
2. Зібрати електричну схему (рис. 3.4) і дати перевірити її керівникові.
3. Замкнути вимикач і встановити напругу в колі $U = 80 \text{ В}$.
4. Показники приладів записати у таблицю 3.1. При цьому вольтметром з вільними кінцями виміряти спад напруг на окремих опорах. Результати спостережень записати в таблицю 3.1.

5. Розімкнути вимикач, закоротити опір R_3 і, не змінюючи положення рушія реостата, ввімкнути вимикач і повторити пункт 4.
6. Розімкнути вимикач, замінити опір R_3 опором $R_4 = 0,5 R_3$ і, не змінюючи положення рушія реостата, ввімкнути вимикач і повторити пункт 4.
7. Зібрати електричну схему (рис.3.5) і дати перевірити її керівникові.
8. Замкнути вимикач, і встановити напругу в колі $U = 45 \text{ В}$, і записати в чорновик запис, який відповідає таблиці спостережень (табл.3.2) показників приладу.
9. Змінюючи напругу в колі через 5В, зняти 5 – 6 значень для побудови вольт-амперної характеристики.
10. Результати спостережень записати в таблицю 3.2.
11. Зробити висновки і оформити звіт.

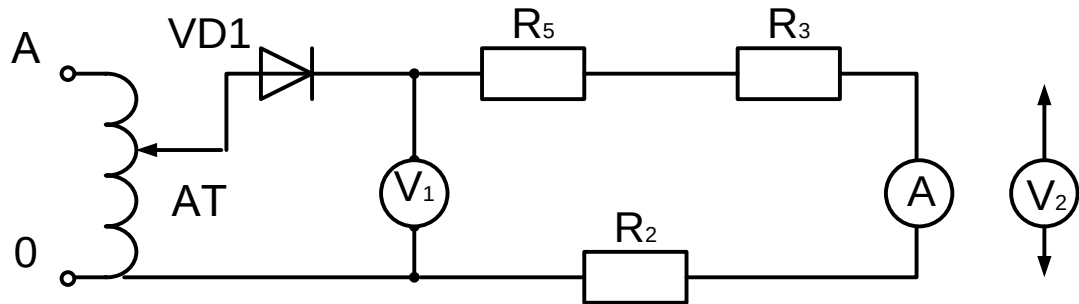


Рис. 3.4 Електрична схема послідовного з'єднання опорів
VD1 – напівпровідниковий діод; A – амперметр на 1 – 2 А; V_1 – вольтметр на 150 В;

V_2 – вольтметр на 75 В, $R_2 = 35 \text{ Ом}$, $R_3 = 75 \text{ Ом}$, $R_5 = 30 \text{ Ом}$.

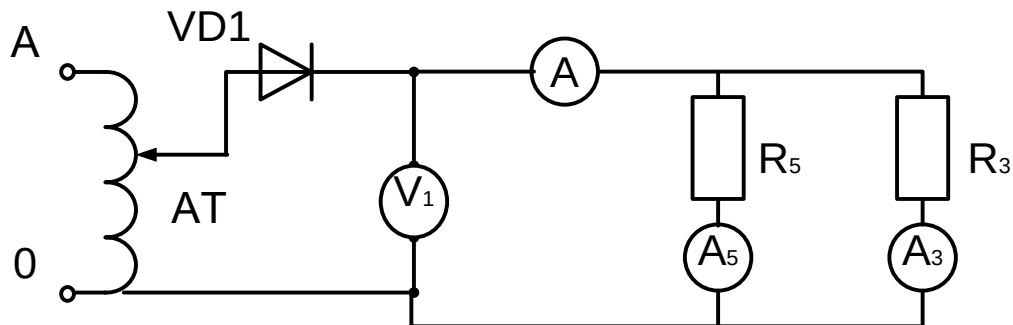


Рис. 3.5 Електрична схема паралельного з'єднання опорів:

A – амперметри: загальний амперметр на 5 А; амперметр, ввімкнутий послідовно з R_3 на 1 – 2 А; амперметр, ввімкнутий послідовно з R_5 на 2,5 А; V_1 , V_2 – вольтметри на 150 В.

Таблиця 3.1. Результати вимірювань та розрахунків

№ досл	ВИМІРЯТИ							
	U ₁ , В	I, А	U _{R2} , В	U _{R3(4)} , В	U _{R5} , В			
1								
2								
3								
ОБЧИСЛИТИ								
№ досл	Re, Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₅ , Ом	U ₂ /U ₅	R ₂ /R ₅	U ₂ /U ₃	R ₂ /R ₃
1								

2								
3								

Таблиця 3.2. Результати вимірювань та розрахунків

№ досл.	Виміряти				ОБЧИСЛИТИ						
	U, В	I, А	$I_{R3},$ А	$I_{R5},$ А	I, А	$R_e,$ Ом	$R_3,$ Ом	$R_5,$ Ом	$P_3,$ Вт	$P_5,$ Вт	P, Вт
1											
3											
2											

Вказівки до розрахунку і оформлення звіту

1. За даними спостережень (таблиця 3.1) обчислити:
 - а) опір окремих ділянок кола: R_2, R_3, R_5 ;
 - б) еквівалентний опір кола R_e ;
 - в) відношення спаду напруги на окремих опорах і відношення величин цих же опорів.
2. За даними спостережень (таблиця 3.2) побудувати вольт амперну характеристику $I = f(U)$.
3. За даними спостережень (таблиця 3.2) обчислити (для одного значення U):
 - а) опір споживачів електричної енергії R_3 і R_5 ;
 - б) еквівалентний опір кола R_e ;
 - в) загальний струм $I = U/R_e$; де $R_e = R_3 R_5 / (R_3 + R_5)$;
 - г) споживану приймачами електричної енергії потужність P_3 і P_5 ; де $P = U \cdot I$
4. Зрівняти дослідні дані з розрахунковими. Результати порівняння висвітлити і пояснити у висновку.
5. Зробити висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема заняття: ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВУЗЛОВОЇ НАПРУГИ

Мета роботи: Набути практичних навичок дослідження методу вузлової напруги

Матеріально-технічне оснащення робочого місця: амперметри на 0,5 А; вольтметр на 30 В.

Література: 1. Матвієнко М.П. Основи електротехніки. Підручник. – К.: Видавництво Ліра – К, 2020. – 228с

2. Електротехніка та основи електроніки : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Гуржій, С. К. Мещанінов, А. та інші.

Теоретичні відомості

Найбільш доцільним методом розрахунку складної електричної схеми, яка має тільки два вузла, являється метод вузлової напруги.

В загальному вигляді для будь-якого електричного кола, яка має не більше двох вузлових точок:

$$U_{MN} = \frac{\sum (E_i \cdot q_i)}{\sum q_i};$$

При чому, якщо е.р.с. в дійсності направлена від вузла А до вузла В, то в приведеній вище формулі підставляється від'ємне значення.

На основі загальної формули вузлової напруги в схемі (рис. 4.1) визначається по формулі:

$$U_{MN} = \frac{E_2 \cdot q_3 + (E_1 + E_3) \cdot q_2}{q_3 + q_2 + q_5}$$

де E_1, E_2, E_3 – е.р.с. джерел електричної енергії;

$q_3 = \frac{1}{R_3 + r_{02}}$ - загальна провідність відгалуження з E_2 і R_3 ;

$q_2 = \frac{1}{R_2 + r_{01} + r_{03}}$ - загальна провідність відгалуження з E_1, E_3 і R_2 ;

$q_5 = \frac{1}{R_5}$ - загальна провідність відгалуження з R_5 .

По закону Ома струм в першому відгалуженні $I_1 = (E_1 + E_3 - U_{MN}) \cdot g_2$
в другому: $I_2 = (E_2 - U_{MN}) \cdot g_3$
в третьому $I_3 = -U_{MN} \cdot g_5$.

Хід роботи

1. Розрахувати схему (рис. 4.1) методом вузлової напруги, прийнявши $R_2 = 35$ Ом, $R_3 = 75$ Ом, $R_5 = 30$ Ом, $E_1 = 6$ В, $r_{01} = 0,5$ Ом, $E_2 = 11$ В, $r_{02} = 1$ Ом, $E_3 = 11$ В, $r_{03} = 1$ Ом. Розрахунок величин занести в таблицю 4.1.

2. Ознайомитись з типами вимірювальних приладів і порядком їх вмикання в коло.

3. Зібрати електричну схему і дати перевірити її керівнику.

4. Виміряти струми I_1, I_2, I_3 та вузлову напругу U_{MN} і отримані дані занести в таблицю 4.1.

5. Прибрати робоче місце та оформити звіт.

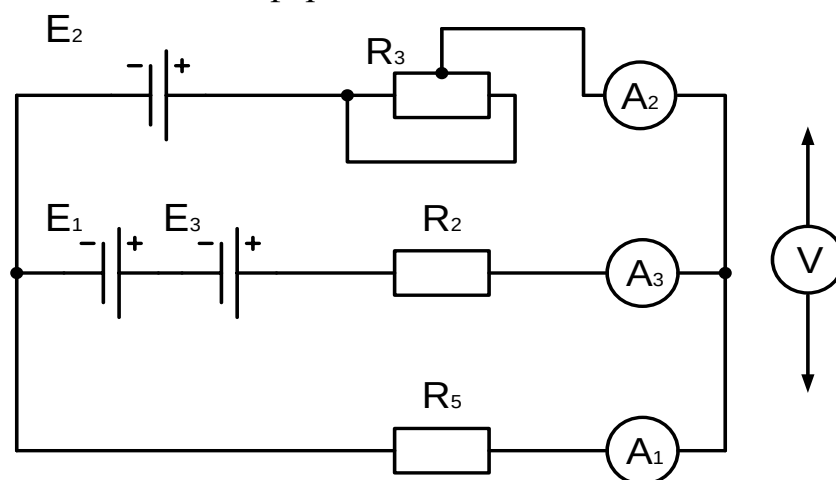


Рис. 4.1 Схема для перевірки методу вузлової напруги
 A_1, A_2, A_3 – амперметри на 0,5 А; V – вольтметр на 30 В

Таблиця 4.1. Результати вимірювань та розрахунків

Виміряти							
I ₁ , А		I ₂ , А		I ₃ , А		U _{MN} , В	
Обчислити							
I ₁ , А	γ ₁ , %	I ₂ , А	γ ₂ , %	I ₃ , А	γ ₃ , %	U _{MN} , В	γ, %

Вказівки до розрахунку і оформлення звіту

1.Обчислення схеми провести за формулами:

- провідності ділянок $q_3 = \frac{1}{R_3 + r_{02}}$, См; $q_2 = \frac{1}{R_2 + r_{01} + r_{03}}$, См; $q_5 = \frac{1}{R_5}$, См.
- вузлової напруги $U_{MN} = \frac{E_2 \cdot q_3 + (E_1 + E_3) \cdot q_2}{q_3 + q_2 + q_5}$, В
- струмів на ділянках кола $I_3 = (E_2 - U_{MN}) \cdot q_3$;
 $I_2 = ((E_1 + E_3) - U_{MN}) \cdot q_2$;
 $I_5 = (-U_{MN}) \cdot q_5$

2.Визначити відносну похибку вимірювань для струмів I₃, I₂, I₅ і вузлової напруги U_{MN}, приймаючи розрахункові значення цих величин за їх дійсні значення, за формулою

$$\gamma = \frac{\Delta I}{I_k} \cdot 100\% = \frac{I_x - I_k}{I_k} \cdot 100\%, \text{ де } I_x - \text{виміряне значення струму; } I_k - \text{дійсне значення струму,}$$

$$\gamma = \frac{\Delta U}{U_k} \cdot 100\% = \frac{U_x - U_k}{U_k} \cdot 100\%, \text{ де } U_x - \text{виміряне значення струму; } U_k - \text{дійсне значення струму}$$

чення струму

3.Зрівняти дослідні дані з розрахунковими. Результати порівняння висвітлити і пояснити у висновку.

4.Зробити висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ТЕМА ЗАНЯТТЯ: ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСУ НАПРУГ

Мета роботи: Набути практичних навичок дослідження нерозгалуженого кола змінного струму, в моделюванні, за допомогою комп'ютера, електричних схем з джерелом змінної напруги, та підключених до нього послідовно сполучених L- і C-елементів

Матеріально-технічне оснащення робочого місця: комп'ютер, програмне забезпечення Electronics Workbench, амперметр; вольтметр; котушка, конденсатор, джерело змінного струму

Література: 1. Матвієнко М.П. Основи електротехніки. Підручник. – К.: Видавни-

Теоретичні відомості

При послідовному з'єднанні котушки індуктивності і конденсатора, коли їх реактивні опори рівні один одному: $X_L = X_C$, настає резонанс напруг (рис. 9.3.).

Це рівняння може бути досягнуте зміною ємності, індуктивності або частоти споживчого кола.

В даній роботі резонанс досягається зміною ємності. Діюче значення струму в колі визначається виразом:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

де U – напруга на затискачах кола;

R – активний опір кола;

X_L , X_C – реактивні опора кола.

По мірі приближення величини ємності до резонансного, значення напруги на реактивних опорах кола збільшуються і прагнуть до рівності між собою. Струм в колі також зростає і при резонансі досягає максимального значення, так як в цьому випадку реактивний опір кола дорівнює нулю і діє тільки активний опір:

$$I_0 = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R}$$

При подальшій зміні ємності (рис. 9.1) струм, а також напруга на котушці і конденсаторі зменшується.

Характерною особливістю розглянутого кола являється те, що в ньому напруга на реактивних ділянках може перебільшувати напругу на затискачах кола.

При $X_L < X_C$ напруга на конденсаторі більша напруги на котушці. Коло має ємнісний характер (рис 9.1).

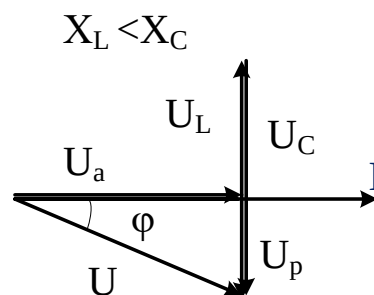


Рис. 9.1. Векторна діаграма при $X_L < X_C$

При $X_L > X_C$ напруга на конденсаторі менша напруги на котушці. Коло має індуктивний характер. Векторна діаграма для цього випадку має вигляд, представлений на рис. 9.2

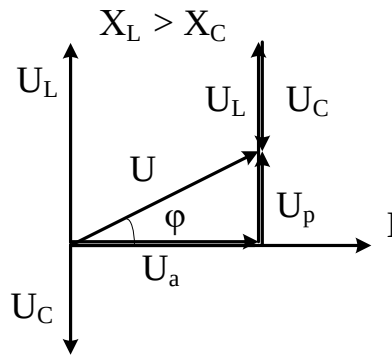


Рис. 9.2. Векторна діаграма при $X_L > X_C$

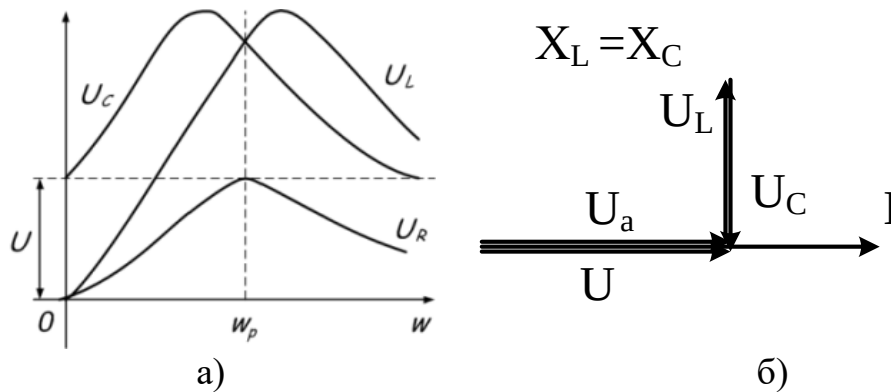


Рис. 9.3 а) Резонансні криві, б) векторна діаграма при $X_L = X_C$

Напруга на котушці і конденсаторі в момент резонансу досягли б одночасно максимуму, якщо був би відсутній активний опір. Наявність активного опору в котушці і конденсатор і їх нерівність викликають зсув точок U_L і U_C . Зсув по фазі між струмом і напругою в колі резонансі дорівнює нулю, і $\cos \varphi = 1$.

ХІД РОБОТИ

1. Ознайомитися з електричною схемою, приладами і елементами (рис. 9). Вивчити принципову схему електричного ланцюга.

2. Відповісти на контрольні питання. Отримати дозвіл викладача на виконання лабораторної роботи. Включити комп'ютер. Запустити програму *Electronics Workbench*.

3. Приступити до безпосереднього комп'ютерного моделювання експериментів в наступному порядку

3.1 Зібрати комп'ютерну модель схеми. Для цього, використовуючи панель груп бібліотеки компонентів і мишу, помістити на робоче поле програми *Electronics Workbench* моделі елементів схеми і вимірювальних приладів. З цих елементів зібрати модель електричної схеми і підключених до неї вимірювальних приладів відповідно до рис.9. З'єднання елементів проводиться за допомогою миші;

3.2 Встановити початкові параметри елементів схеми і джерел: $R_L = 120 \text{ Ом}$; $L = 1 \text{ Гн}$; $E = 20 \text{ В}$; $f = 50 \text{ Гц}$;

3.3 Задати параметри вимірювальних приладів. Встановити вимірювальні прилади (вольтметри і амперметр) **в режим роботи АС** (вимірювання змінної напруги або струму). Решта параметрів за умовчанням;

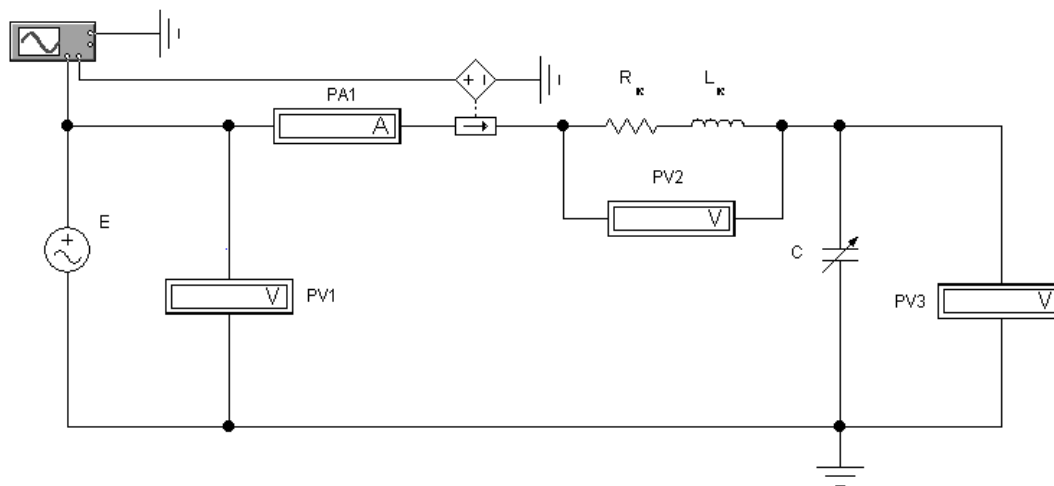


Рис. 9.4 Електрична схема лінійного нерозгалуженого електричного кола синусоїдального струму

3.4 З дозволу викладача включити схему і провести вимірювання таким чином: змінюючи ємність конденсатора **від $5+n$ до $30+n$ мкФ** (де **n** – **варіант**) вимірювати за допомогою вольтметрів PV2 і PV3 величини напруги U_L , U_C , а також струм I за допомогою амперметра PA1.

3.5 Включити осцилограф (двома клацаннями по піктограмі осцилографа) і, спостерігаючи по ньому кут зрушення фаз між струмом і напругою в досліджуваному ланцюзі при зміні ємності конденсатора, визначити величини U_L , U_C , I при резонансі.

Примітка:

встановити тривалість розгортки променя 5 мс/діл. (*Time base* = 5/00 ms/div);

встановити для каналу *A* чутливість відхилення променя по вертикалі 10 В/діл. (*Channel A* = 10 V/div);

встановити для каналу *B* чутливість відхилення променя по вертикалі 100 мВ/діл. (*Channel B* = 50 mV/div).

4 Прибрати робоче місце.

Таблиця 9.1 Результати вимірювань та розрахунків

№ п/п	Виміряти				Обчислити							
	$C, \text{мкФ}$	$U_L, \text{В}$	$U_C, \text{В}$	$I, \text{А}$	$Z, \text{Ом}$	$X_P, \text{Ом}$	$U, \text{В}$	$U_a, \text{В}$	$U_p, \text{В}$	$Q, \text{вар}$	$S, \text{ВА}$	$\cos \varphi$
1	$5+n$											
2	$10+n$											
3	$15+n$											
4	$19,75+n$											
5	$25+n$											
6	$30+n$											

ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ І ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. За даними пп. 3, 6, 7 досліду визначити для кожної ділянки і всього кола:

- а) активний опір $R = Z_{\text{рез}}$; б) повний опір $Z = \frac{U}{I}$;
в) реактивний опір $X_p = \sqrt{Z^2 - R^2}$ г) активний спад напруг $U_a = I R$;
д) реактивний спад напруг $U_p = I X$; е) загальна напруга $U = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_C)^2}$
ж) реактивну потужність $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$; е) повну потужність $S = UI$;
з) косинус кута зсуву фаз $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$; і) кут зсуву фаз $\varphi = \arctg \frac{X_p}{R}$.

2. За даними вимірювань і розрахунків для всього кола побудувати в масштабі трикутники опорів, напруг і потужностей для наступних випадків:

- а) $X_L > X_C$; б) $X_L = X_C$; в) $X_L < X_C$.

3. Зробити висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема заняття: ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСУ СТРУМІВ

Мета роботи: Набути практичних навичок дослідження резонансу струмів

Матеріально-технічне оснащення робочого місця: комп'ютер, програмне забезпечення *Electronics Workbench*, амперметр; вольтметр; котушка, конденсатор, джерело змінного струму

Література: 1. Матвієнко М.П. Основи електротехніки. Підручник. – К.: Видавництво Ліра – К, 2020. – 228с

2. Електротехніка та основи електроніки : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Гуржій, С. К. Мещанінов, А. та інші.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При паралельному з'єднанні котушки індуктивності і конденсатора в колі може бути досягнутий резонанс струмів. Умовою виникнення резонансу являється рівність реактивних провідностей відгалужень: $b_L = b_C$, або

$$\frac{\omega L}{R_1^2 + (\omega L)^2} = \frac{1}{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

В простішому випадку, коли активний опір реактивних елементів дуже малий, тобто $R_1 = R_2 \rightarrow 0$,

$$b_L = \frac{1}{\omega L} \quad b_C = \omega \cdot C$$

Рівняння реактивних провідностей може бути досягнуте зміною ємності, індуктивності або частоти.

В даній роботі резонанс досягається зміною ємності. Дійсне значення струму в колі визначається виразом:

$$I = U \cdot y = U \cdot \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$$

де U – напруга на затискачах кола;

g – активна провідність кола;
 b_L, b_C – реактивні провідності кола.

По мірі приближення величини ємності до резонансного значення струм ємності відгалуження збільшується і прагне до рівності зі струмом котушки.

Загальний струм в колі також зменшується і при резонансі досягає мінімального значення, так як при цьому реактивна провідність кола дорівнює нулю і діє тільки активна провідність, тобто :

$$I_0 = U \cdot y_0 = U \cdot g$$

При подальшій зміні ємності (рис. 11.1) загальний струм і струм ємності збільшується.

Характерною особливістю розглянутого кола являється те, що струми в його реактивних відгалуженнях можуть бути більше струму в колі до розгалуження.

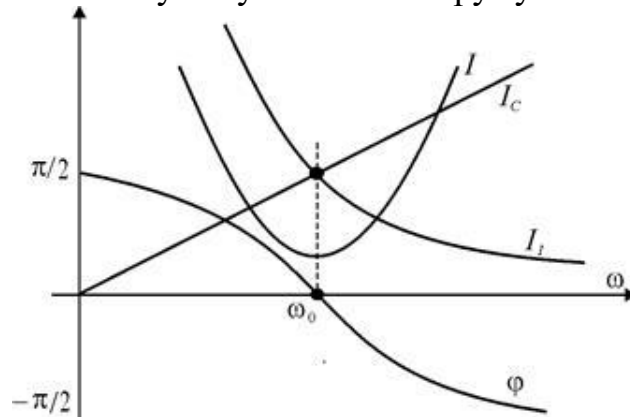


Рис. 11.1 Резонансні криві

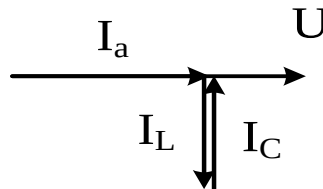


Рис. 11.2 Векторна діаграма при $I_C = I_L$

При $b_L > b_C, I_L > I_C$ коло має індуктивний характер.

При $b_L < b_C, I_L < I_C$ коло має ємнісний характер.

Векторна діаграма для випадку $b_L = b_C, I_L = I_C$ має вигляд, представлений на рис. 11.2, і зсув по фазі в момент резонансу дорівнює нулю, а $\cos \varphi = 1$.

ХІД РОБОТИ

1. Ознайомитися з електричною схемою, приладами і елементами (рис.11). Вивчити принципову схему електричного кола.

2. Відповісти на контрольні питання. Отримати дозвіл викладача на виконання лабораторної роботи. Включити комп'ютер. Запустити програму *Electronics Workbench*.

3. Приступити до безпосереднього комп'ютерного моделювання експериментів в наступному порядку:

1) зібрати комп'ютерну модель схеми. Для цього, використовуючи панель груп бібліотеки компонентів і мишу, помістити на робоче поле програми *Electronics Workbench* моделі елементів схеми і вимірювальних приладів. З цих елементів зібрати модель електричної схеми і підключених до неї вимірювальних приладів відповідно до мал. 8. З'єднання елементів проводиться за допомогою миші;

2) встановити початкові параметри елементів схеми і джерел: $R_L = 200 \text{ Ом}$; $L_K = 1 \text{ Гн}$; $E = 100 \text{ В}$; $f = 50 \text{ Гц}$;

3) задати параметри вимірювальних приладів. Встановити вимірювальні прилади амперметри і вольтметр в *режим роботи АС* (вимірювання змінної напруги або струму). Встановити внутрішній опір амперметра **РА3 рівним 1 Ом**. Решта параметрів за умовчанням;

4) пред'явити підготовлену модель схеми для перевірки викладачу. З дозволу викладача включити схему;

5) провести вимірювання в електричному ланцюзі, знімаючи свідчення приладів. При цьому необхідно міняти величину ємкості C в діапазоні **від $6 + n$ до $28 + n \text{ мкФ}$** (де $de n$ – *варіант*) і виміряти струми I , I_L і I_C ;

6) Включити осцилограф (двома клацаннями по піктограмі осцилографа) і, спостерігаючи по ньому кут зрушення фаз між струмом і напругою в досліджуваному колі при зміні ємкості конденсатора, визначити **величини U_L , U_C , I при резонансі**.

Примітка: встановити тривалість розгортки променя $0,01 \text{ с/діл.}$ ($Time base = 0,01 \text{ s/div}$);

встановити для каналу A чутливість відхилення променя по вертикалі 50 В/діл. ($Channel A = 50 \text{ V/div}$);

встановити для каналу B чутливість відхилення променя по вертикалі 100 мВ/діл. ($Channel B = 100 \text{ mV/div}$).

Дані спостережень занести в таблицю 11.

7) зупинити процес моделювання.

8) прибрати робоче місце.

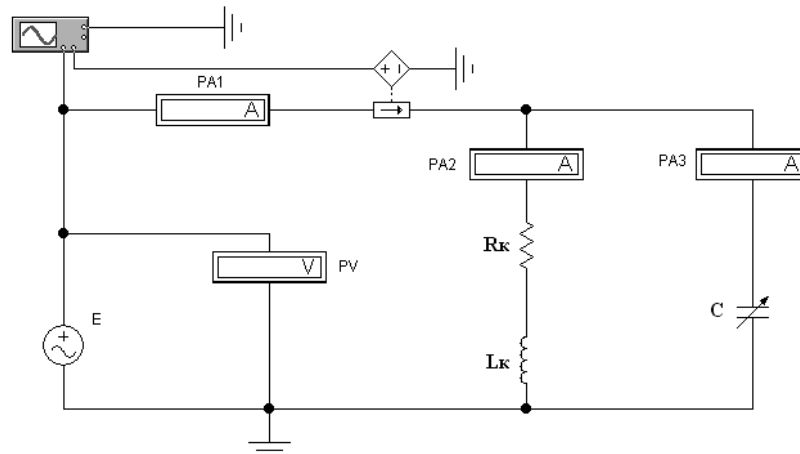


Рис. 11 Електрична схема лінійного розгалуженого електричного кола синусоїдального струму

Таблиця 11.1. Результати вимірювань та розрахунків

№ до зп	Виміряти	Обчислити
---------	----------	-----------

	C, мкФ	U, В	I, А	I _L , А	I _C , А	L, Гн	Z ₁ , Ом	X _L , Ом	b _L , Сим	Z ₂ , Ом	X _C , Ом	b _C , Сим
1...12												
№ дослід	Обчислити											
	b, Сим	y, Сим	g, Сим	cos φ	φ, град	P, Вт	Q, вар	S, ВА				
1...12												

Вказівки до розрахунку та оформлення звіту

За результатами вимірювань розрахувати:

а) повний опір індуктивного відгалуження $Z_1 = \frac{U}{I_L} = const$;

б) індуктивність котушки $L = \frac{\sqrt{Z_1^2 - R_L^2}}{\omega}$; де R_L = резонанс,

в) реактивний опір котушки $X_L = \omega L = const$; де $\omega = 2\pi f = const$;

г) реактивну провідність котушки $b_L = \frac{X_L}{Z_1^2} = const$.

д) повний опір ємнісного відгалуження $Z_2 = \frac{U}{I_C} \cong X_C$

є) реактивну провідність ємності $b_C = \frac{X_C}{Z_2^2} \cong \frac{1}{X_C}$;

ж) повну провідність кола $y = I / U$; з) $g = y_0$;

и) косинус кута зсуву фаз в колі $\cos \varphi = g / y$;

к) кут зсуву фаз в колі $\varphi = \arccos \cdot (g / y)$;

л) активну потужність кола $P = U^2 g$;

м) реактивну потужність кола $Q = U^2 b$;

н) повну потужність кола $S = U^2 y$.

2. За результатами вимірювань побудувати в загальній системі координат графіки $I = f(C)$, $I_L = f(C)$, $I_C = f(C)$ і дати аналіз кривих.

3. Побудувати в масштабі векторні діаграми і трикутники провідностей кола тільки для випадків:

1) $b_L > b_C$,

2) $b_L = b_C$,

3) $b_L < b_C$.

4. Зробити висновки по роботі:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Тема заняття: ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО КОЛА ПРИ З'ЄДНАННІ СПОЖИВАЧІВ ЕНЕРГІЇ ЗІРКОЮ

Мета роботи: Набути практичних навичок дослідження трифазного кола при з'єднанні споживачів енергії зіркою

Матеріально-технічне оснащення робочого місця: комп'ютер, програмне забезпечення *Electronics Workbench*, амперметр; вольтметр; котушка, конденсатор, джерело змінного струму

Література: 1. Матвієнко М.П. Основи електротехніки. Підручник. – К.: Видавни-

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При вмиканні споживачів, які з'єднанні «зіркою» в трифазне коло змінного струму співвідношення між лінійними і фазними струмами і напругами при рівномірному навантаженні фаз визначається виразом:

$$U_{\text{Л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{Ф}} \qquad I_{\text{Л}} = I_{\text{Ф}}.$$

При рівномірному навантаженні фаз (без нульового проводу) фазні напруги в більшій ступені залежить від розподілення навантаження між фазами: напруга на фазах з великим навантаженням (меншим опором) знижується, а на фазах з меншим навантаженням (більшим опором) – збільшується.

Наявність нульового проводу при нерівномірному навантаженні фаз забезпечує незалежність режиму роботи однієї фази споживачів від другої фази, так як з нульовим проводом забезпечується симетричність системи при будь-яких навантаженнях фаз. Тому там, де навантаження фаз нерівномірне (освітлення, нагрівні прилади і т.д.), використовується з'єднання споживачів енергії «зіркою» з нульовим проводом.

Лінійні ж напруги при будь-якому розподіленні навантаження між фазами зберігають симетричний характер і залишаються постійними, так як потужність генератора значно більша потужності, яка споживається споживачами електроенергії.

Потужність трифазного струму визначається:

- для однієї фази $P_{\text{Ф}} = U_{\text{Ф}} \cdot I_{\text{Ф}} \cdot \cos \varphi$, Вт;
 - для системи з рівномірним навантаженням фаз $P = 3 \cdot P_{\text{Ф}} = \sqrt{3} U_{\text{Л}} \cdot I_{\text{Л}} \cdot \cos \varphi$, Вт;
 - для системи з нерівномірним навантаженням фаз $P = P_{\text{ФА}} + P_{\text{ФВ}} + P_{\text{ФС}}$,
- де $U_{\text{Ф}}$, $I_{\text{Ф}}$ – відповідно фазна напруга і струм;
 $U_{\text{Л}}$, $I_{\text{Л}}$ – відповідно лінійна напруга і струм.

ХІД РОБОТИ

1. Ознайомитись з типами електровимірювальних приладів і порядком їх вмикання в коло.

2. Зібрати електричну схему рис 12.1 досліду і дати її перевірити керівнику.

3. Ввімкнути схему, виміряти струми і напруги кола з нульовим проводом (вимикач В3 замкнутий) і без нульового проводу (вимикач В3 розімкнений) в наступних випадках:

а) при однаковому навантаженні у всіх фазах (у всіх фазах горить однакова кількість ламп);

б) при зменшенні навантаження (збільшенні опору) в одній із фаз і рівних навантаженнях в двох других фазах (в фазі С ввімкнені тільки дві лампи, в фазах А і В лампи ввімкнені повністю);

в) при неоднаковому навантаженні у всіх фазах (в фазі А ввімкнені всі лампи, в фазі В ввімкнені три лампи, в фазі С ввімкнені дві лампи);

г) при відсутності навантаження в одній із фаз і однакових навантаженнях в двох других фазах (в фазах А і В ввімкнуті всі лампи, в фазі С всі лампи вимкнуті);

д) при замиканні накоротко однієї з фаз (тільки при розімкненому вимикачі В-3 при рівних і мінімальних навантаженнях в двох других фазах: в фазах А і В ввімкнено по дві лампи, в фазі С затискачі С і Z з'єднані проводом).

УВАГА! Дослід п. "д" проводить тільки при розімкненому вимикачі В₃. Невиконання цієї вимоги може призвести до поломки приладу.

Результати спостережень записати в таблицю 12.1.

4. Прибрати робоче місце та оформити звіт.

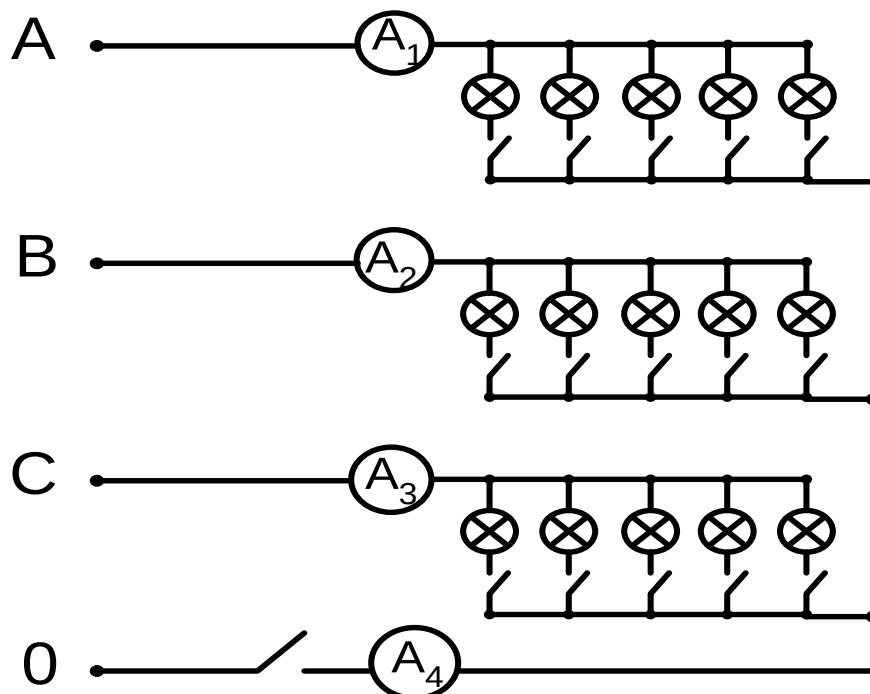


Рис.12.1 Електрична схема ввімкнення споживачів зіркою
A1, A2, A3 – амперметри на 0,25 – 0,5 – 1 А; A0 – амперметр на 1 – 2 А;
V – вольтметр на 300 В

Таблиця 12.1 Результати вимірювань та розрахунків

№ п / п	Стан кола	Хар- р на- вант -ня	Виміряти										
			I _A , А	I _B , А	I _C , А	U _A , В	U _B , В	U _C , В	U _{AB} , В	U _{BC} , В	U _{CA} , В	I ₀ , А	U ₀ , В
1	Вимкн В3	R _A =R _B =R _C											
	Ввімкн В3												
2	Вимкн В3	R _A =R _B <R _C											
	Ввімкн В3												
3	Вимкн В3	R _A ≠ R _B ≠ R _C											

	Ввімкн В3												
4	Вимкн В3	$R_A=R_B$ $R_C=\infty$											
	Ввімкн В3												
5	Вимкн В3	$R_A=R_B$ $R_C=0$											
	Ввімкн В3												

Таблиця 12.1 (продовження)

№ дослідів	Хар-р навант-ня	Стан ел. кола	Обчислити						
			Р, Вт	Р _А , Вт	Р _В , Вт	Р _С , Вт	Р _А , Ом	Р _В , Ом	Р _С , Ом
1	$R_A=R_B=R_C$	Рубильник В3	Вимкн						
			Ввімкн						
2	$R_A=R_B < R_C$	Рубильник В3	Вимкн						
			Ввімкн						
3	$R_A \neq R_B \neq R_C$	Рубильник В3	Вимкн						
			Ввімкн						
4	$R_A=R_B, R_C=\infty$	Рубильник В3	Вимкн						
			Ввімкн						
5	$R_A=R_B, R_C=0$	Рубильник В3	Вимкн						
			Ввімкн						

Вказівки до розрахунку та оформлення звіту

1. За результатами вимірів розрахувати:

а) різні опори $R_A = \frac{U_A}{I_A}$; $R_B = \frac{U_B}{I_B}$; $R_C = \frac{U_C}{I_C}$

б) потужності, які розвиваються в кожній фазі споживача

$$P_A = U_A I_A; \quad P_B = U_B I_B; \quad P_C = U_C I_C$$

в) потужність всієї системи $P = P_A + P_B + P_C$.

2. Побудувати векторну діаграму для п3.

3. Зробити висновки по роботі:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема заняття: ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО КОЛА ПРИ З'ЄДНАННІ СПОЖИВАЧІВ ЕНЕРГІЇ ТРИКУТНИКОМ

Мета роботи: Набути практичних навичок дослідження трифазного кола при з'єднанні споживачів енергії трикутником

Матеріально-технічне оснащення робочого місця: комп'ютер, програмне забезпечення *Electronics Workbench*, амперметр; вольтметр; котушка, конденсатор, джерело змінного струму

Література: 1. Матвієнко М.П. Основи електротехніки. Підручник. – К.: Видавництво Ліра – К, 2020. – 228с

2. Електротехніка та основи електроніки : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Гуржій, С. К. Мещанінов, А. та інші.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При ввімкненні споживачів «трикутником» в трифазне коло забезпечується майже повна незалежність роботи фаз одна від одної, так до фаз підводиться безпосередньо лінійні напруги мережі.

При великій потужності живильної мережі і достатньому перерізі живильних проводів ці напруги можна вважати симетричними при всіх навантаженнях приймачів в межах нормальної. Тому навіть значні зміни струму в одній із фаз практично не відбивається на напругах і струмах інших фаз.

Зміна навантаження змінює струм даної фази і лінійні струми в двох прилеглих до даної фази лінійних проводах.

Співвідношення між лінійними і фазними струмами при рівномірному навантаженні фаз визначаються виразом:

$$I_L = \sqrt{3} I_\phi.$$

Опір фази

$$Z_\phi = \frac{U_\phi}{I_\phi}.$$

Потужність фази

$$P_\phi = U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \phi,$$

Потужність всієї системи

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}.$$

ХІД РОБОТИ

1. Ознайомитись з типами електровимірювальних приладів та порядком їх вмикання в коло.
2. Зібрати електричну схему рис. 13.1 досліду і дати її перевірити керівнику.
3. При рівномірному навантаженні фаз ($R_{AB} = R_{BC} = R_{CA}$) записати покази приладів і переконатись в наступному:
 - а) фазні струми рівні один одному;
 - б) лінійні струми рівні один одному.
4. При однакових опорах двох фаз ($R_{AB} = R_{BC}$) змінити опір третьої фази ($R_{CA} = \text{var}$). Покази приладів при чотирьох значеннях R_{CA} записати в таблицю 13.1. Переконатись в тому, що зміна опору третьої фази не впливає на фазні напруги.
5. Встановити рівномірне навантаження фаз, вимкнути В-3. Покази приладів записати в таблицю 13.1.
6. Дослідити вплив зміни опору фази С на режим роботи кола при вимкнутому В3. Покази приладів записати в таблицю 13.1.
7. Прибрати робоче місце та оформити звіт.

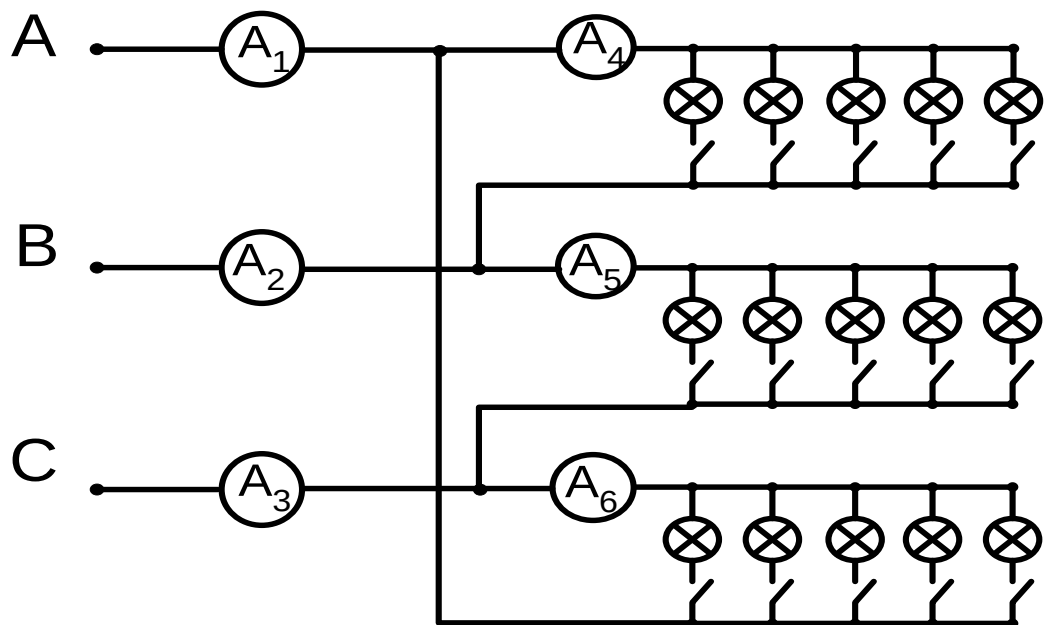


Рис.13.1 Електрична схема ввімкнення споживачів трикутником
 A_1, A_2 – амперметри на 2,5 А; A_3 – амперметр на 2 А;
 A_4, A_5, A_6 – амперметри на 1 А; V – вольтметр на 300 В

Таблиця 13.1 Результати вимірювань та розрахунків

№ досл.	Характер навантаження	Виміряти								
		U_{AB} В	U_{BC} , В	U_{CA} , В	I_{AB} , А	I_{BC} , А	I_{CA} , А	I_A , А	I_B , А	I_C , А
1	$R_{AB} = R_{BC} = R_{CA}$ В-3 розімкнений									
2	$R_{AB} = R_{BC} ; R_{CA1}$ В-3 розімкнений									
3	$R_{AB} = R_{BC} ; R_{CA2}$ В-3 розімкнений									
4	$R_{AB} = R_{BC} ; R_{CA3}$ В-3 розімкнений									
5	$R_{AB} = R_{BC} ; R_{CA4}$ В-3 розімкнений									
№ досл.	Характер навантаження	Обчислити								
		P_{AC} , Вт		P_{BC} , Вт		P_{CA} , Вт		P , Вт		
1	$R_{AB} = R_{BC} = R_{CA}$ В-3 розімкнений									
2	$R_{AB} = R_{BC} ; R_{CA1}$ В-3 розімкнений									
3	$R_{AB} = R_{BC} ; R_{CA2}$ В-3 розімкнений									
4	$R_{AB} = R_{BC} ; R_{CA3}$ В-3 розімкнений									

5	R _{AB} = R _{BC} ; R _{CA4} В-3 розімкнений				

Вказівки до розрахунку та оформлення звіту

1. За результатами вимірювань розрахувати:

а) потужності, які розвиваються в кожній фазі,

$$P_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi$$

(для активного навантаження

$$\cos \varphi = 1;$$

б) повну активну потужність кола

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA};$$

в) співвідношення між лінійними і фазними струмами (для п.3) I_L / I_{ϕ} .

2. Для всіх випадків побудувати векторні діаграми

3. Зробити висновки по роботі.