

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Кафедра «Електротехніка та електричні машини»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

“ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ”

для студентів спеціальності

“Залізничні споруди та колійне господарство”

всіх форм навчання

Харків 2010

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри “Електротехніка та електричні машини” 26 листопада 2009 р., протокол № 3.

У методичних вказівках викладені вимоги до підготовки, виконання і оформлення лабораторних робіт студентами денної та заочної форм навчання за спеціальністю “Залізничні споруди та колійне господарство” будівельного факультету. Перелік лабораторних робіт охоплює найважливіші розділи навчальної дисципліни для даної спеціальності.

Методичні вказівки до кожної лабораторної роботи містять основні пункти: мета роботи, теоретичні пояснення, підготовка до роботи, робоче завдання, вказівки до виконання, аналіз отриманих результатів. Такий регламент дозволяє студентам самостійно готуватися до виконання і складання лабораторних робіт та отримати практичні навички роботи з електротехнічним обладнанням.

Укладачі:

проф. М.М. Бабаєв,
доценти О.М. Прогонний,
С.М. Тихонравов,
асист. І.М. Сіроклин

Рецензент

доц. А.А. Прилипко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни “Електротехніка та електропостачання”
для студентів спеціальності
“Залізничні споруди та колійне господарство”
всіх форм навчання

Відповідальний за випуск Прогонний О.М.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 22.12.09 р.
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 1,75. Обл.-вид.арк. 2,0.
Замовлення № Тираж 300. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, майд. Фейєрбаха, 7

ЗМІСТ

Вказівки до підготовки і виконання лабораторних робіт.....	4
Лабораторна робота 1. Дослідження електричного стану кіл з лінійними пасивними елементами при постійному струмі.....	5
Лабораторна робота 2. Дослідження двопровідної лінії передачі електричної енергії постійним струмом.....	10
Лабораторна робота 3. Дослідження лінійного електричного кола змінного струму з послідовним з'єднанням приймачів. Резонанс напруг.....	15
Лабораторна робота 4. Експериментальне дослідження трифазного кола при з'єднанні приймачів енергії зіркою.....	20
Лабораторна робота 5. Експериментальне випробування генератора постійного струму з незалежним збудженням.....	26
Лабораторна робота 6. Експериментальне випробування трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.....	30
Список літератури.....	34

Вказівки до підготовки і виконання лабораторних робіт

До роботи в лабораторії електротехніки допускаються студенти, які засвоїли відповідні розділи теоретичного курсу, пройшли інструктаж з техніки безпеки і підготували протоколи для виконання лабораторної роботи.

Академічна група поділяється на окремі бригади по чотири-п'ять студентів у кожній.

Студенти, які вперше працюють в електротехнічній лабораторії, повинні ознайомитись з правилами поведінки і технікою безпеки під час виконання лабораторних робіт і розписатися у відповідному журналі.

Підготовленість студента до виконання поточної роботи перевіряється викладачем у процесі допускового контролю.

Вимоги до оформлення лабораторних робіт:

1 Звіти з робіт виконуються на аркушах білого паперу формату А4 відповідно до вимог [5].

2 Звіти виконують чорнилами чітко, акуратно, схеми і графіки – з використанням креслярських інструментів, діаграми – у масштабі.

3 Звіти повинні вміщувати:

а) прізвище та ініціали студента, номер групи, курсу і дату виконання роботи;

б) номер роботи та її назву;

в) електричні схеми, за якими виконується робота;

г) таблицю з результатами вимірювання і розрахунків;

д) діаграми і графіки;

е) висновки з роботи;

ж) відповіді на питання.

4 Звіт приймається до захисту при наявності у ньому відміток викладача про допуск до лабораторної роботи і про перевірку результатів вимірювань.

5 Оцінка виставляється викладачем у ході співбесіди за результатами лабораторної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТАНУ КІЛ З ЛІНІЙНИМИ ПАСИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПРИ ПОСТІЙНОМУ СТРУМІ

Мета роботи

1 Встановлення розподілу струмів і напруг у нерозгалуженому та розгалуженому колах постійного струму з одним джерелом електрорушійної сили (ЕРС).

2 Перевірка справедливості I і II законів Кірхгофа на прикладі розгалуженого електричного кола постійного струму.

Пояснення до роботи

Залежність між силою струму, напругою й опором в електричних колах встановлює закон Ома. Електричний стан будь-якого електричного кола визначається за законами Кірхгофа, першим:

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0,$$

і другим:

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

або

$$\sum_{k=1}^n U = 0.$$

У цих рівняннях розглядається алгебраїчна сума виразів, що стоять під знаком суми.

Розглянемо просте електричне коло, наведене на рисунку 1.1, до якого прикладена напруга $U = E - IR_0$. Необхідно визначити струми у всіх вітках при відомих опорах.

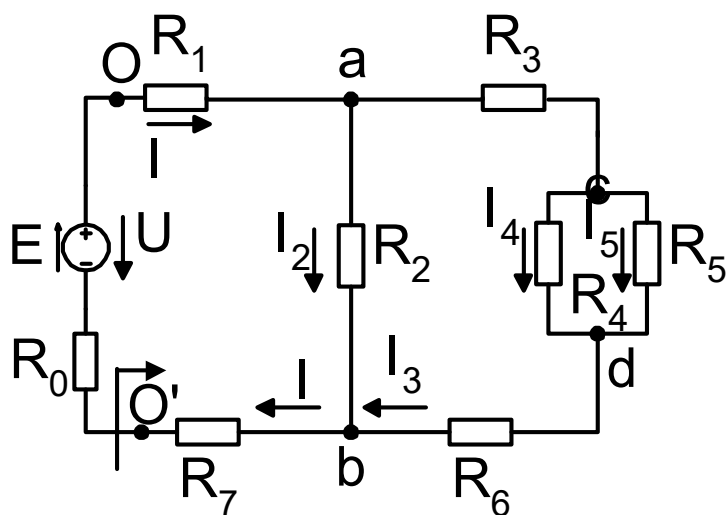


Рисунок 1.1

Для знаходження загального струму I необхідно визначити еквівалентний (вхідний) опір $R_{\text{екв}}$, увімкнений до затискачів джерела OO' .

Процес знаходження $R_{\text{екв}}$ починають з кінця електричного кола:

$$R_{cd} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}; \quad R_{3-6} = R_3 + R_{cd} + R_6; \quad R_{ab} = \frac{R_2 \cdot R_{3-6}}{R_2 + R_{3-6}};$$

$$R_{\text{екв}} = R_1 + R_{ab} + R_7 + R_0.$$

Тоді за законом Ома загальний струм $I = \frac{E}{R_{\text{екв}}}$, а за II законом Кірхгофа $U = E - IR_0$, $U_{ab} = U - I(R_1 + R_7)$. Далі визначається струм $I_2 = U_{ab} / R_2$, струм I_3 можна знайти, скориставшись I законом Кірхгофа $I_3 = I - I_2$, а застосовуючи формулу розподілу струмів до паралельних віток, знайдемо $I_4 = I_3 \cdot \frac{R_3}{R_4 + R_5}$, тоді $I_5 = I_3 - I_4$.

Аналіз розгалужених лінійних електричних кіл, що містять кілька джерел ЕРС, може виконуватися на безпосередньому застосуванні законів Кірхгофа. Для розрахунку складних кіл необхідно скласти систему рівнянь за законами Кірхгофа, кількість яких відповідає кількості невідомих струмів.

Для електричного кола виконується закон збереження енергії, тобто сума потужностей, що віддаються джерелами

енергії, дорівнює сумі потужностей, споживаних приймачами $\sum UI = \sum I^2 R$.

Підготовка до роботи

1 Вивчити теоретичний матеріал з розрахунку й аналізу електричних кіл постійного струму, використовуючи конспект лекцій і відповідні розділи підручників.

2 За вихідними даними з таблиці варіантів (для свого стенда) виконати попередній розрахунок електричної схеми постійного струму (рисунок 1.2) з одним джерелом ЕРС E для двох станів:

а) перемикач Π у положенні 1, б) перемикач Π у положенні 2.

3 Розрахункові дані занести до таблиць 1.1 і 1.2.

4 За розрахунковими даними вибрати межі вимірювань амперметрів і вольтметра, які застосовуються для проведення дослідження двох електричних кіл.

5 Письмово відповісти на питання:

- Яке з'єднання приймачів енергії називається послідовним, паралельним і мішаним?

- Представити на графіку зовнішню характеристику реального і ідеального джерела ЕРС?

- Як розподіляються струми, напруги і потужності при послідовному і паралельному вмиканні споживачів?

- Що називається балансом потужності в електричних колах?

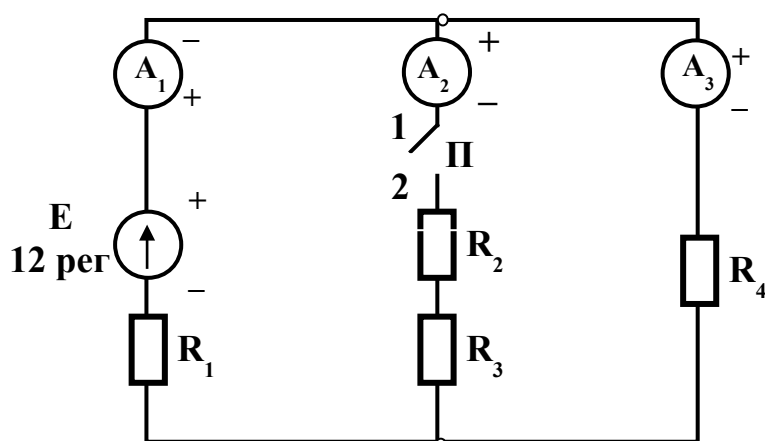


Рисунок 1.2

Робоче завдання

1 Встановити значення ЕРС відповідно до даних таблиці варіантів.

2 Скласти електричне коло згідно з рисунком 1.2 (перемикач П у положенні 1).

3 Виміряти струм і напруги на приймачах електричної енергії.

4 За даними вимірювань напруг на приймачах електричної енергії визначити опори R_1, R_2, R_3, R_4 .

5 Результати вимірювань і розрахунків занести в таблицю 1.1.

6 Провести аналогічні дослідження електричного кола (рисунок 1.2) при переведенні перемикача П у положення "Увімкнено". Результати вимірювань і розрахунків занести в таблицю 1.2.

Таблиця 1.1

Положення перемикача	Спосіб визначення величини	E	U_1	U_4	I	R_1	R_4	$R_{екв}$	P_1	P_4	$P_{сп}$	P_E
		В	В	А	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вимкнено	Розрахунком											
	Вимірюванням											

Таблиця 1.2

Поло-	Спосіб	E	U_1	U_2	U_3	U_4	I_1	I_2	I_3
-------	--------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

ження перемикача	визначення величини	В	В	В	В	В	А	А	А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Увімкнено	Розрахунком								
	Вимірюванням								

Продовження таблиці 1.2

R_1	R_2	R_3	R_4	$R_{екв}$	P_1	P_2	P_3	P_4	P_E	$P_{пр}$
Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Методичні вказівки до виконання

При складанні електричного кола необхідно використовувати резистори R_1, R_2, R_3, R_4 лабораторного стенда. За джерело ЕРС E використовувати затискачі (+ 12 – per), а також відповідні електровимірювальні прилади універсального стенда.

Аналіз отриманих результатів

1 Порівняти результати розрахунку з дослідними даними.

2 Перевірити, наскільки дані, отримані в результаті проведення дослідів, співпадають із законами Кірхгофа.

3 Сформулювати загальні висновки з роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОПРОВІДНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПОСТІЙНИМ СТРУМОМ

Мета роботи

1 Визначення опору проводів лінії, струму короткого замикання, втрат напруги, втрат потужності і коефіцієнта корисної дії електричної лінії залежно від величини навантаження при незмінній напрузі джерела.

2 Дослідження режимів роботи лінії при передачі енергії від джерела до навантаження.

Пояснення до роботи

Передача електричної енергії від джерела до приймачів електричної енергії здійснюється по двопровідній лінії, причому величина напруги U_1 на виході джерела (на вході лінії) підтримується незмінною. Лінія електропередачі має омичний опір $R_{\text{л}}$, на якому при увімкненні до виходу лінії деякого навантаження $R_{\text{н}}$ відбувається втрата напруги ΔU , тобто до навантаження $R_{\text{н}}$ підводиться напруга $U_2 = U_1 - \Delta U$ (рисунок 2.1).

З огляду на те, що напруга U_1 на вході лінії й опір проводів $R_{\text{л}}$ практично залишаються постійними, струм I у лінії (струм навантаження), а отже, і ΔU залежать від величини навантаження $R_{\text{н}}$.

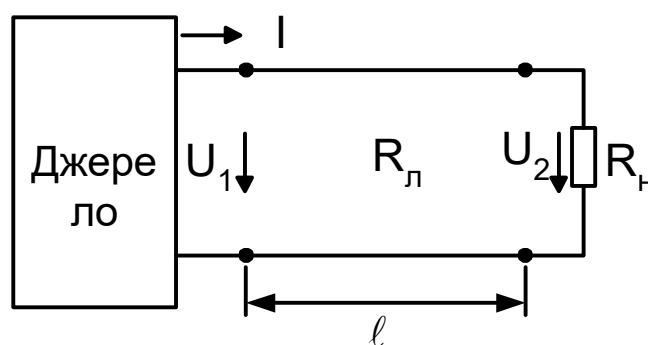


Рисунок 2.1

У режимі холостого ходу, коли лінія розімкнена (навантаження відсутнє і $R_{\text{н}} = \infty$), струм у ній дорівнює нулю. Втрати напруги в лінії $\Delta U = 0$ і тоді $U_2 = U_1$, що представляє загрозу для обслуговуючого персоналу.

У навантажувальному режимі, тобто режимі, коли струм $I \leq I_{\text{ном}}$, втрати напруги в проводах ліній $\Delta U = IR_{\text{л}}$ є функцією опору навантаження. Тому і напруга на затискачах приймача електроенергії також буде змінюватись $U_2 = U_1 - IR_{\text{л}}$. Звичайно простіше виміряти U_1 і U_2 , а потім визначити $\Delta U_{\text{л}} = U_1 - U_2$. Також експериментально визначаються за результатами вимірювань і опори проводів на підставі закону Ома, тобто $R_{\text{л}} = \Delta U / I$. При проходженні по лінії струму I частина потужності P_1 , що надходить від джерела, губиться в лінії, викликаючи нагрівання проводів. Ці втрати потужності визначаються як $\Delta P = I \cdot \Delta U = I^2 \cdot R_{\text{л}}$. Отже, приймач електричної енергії, увімкнений на кінці лінії, буде одержувати меншу потужність $P_2 = P_1 - \Delta P$. При збільшенні струму I зростають втрати потужності в проводах лінії ΔP і зменшується ККД лінії

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} = 1 - \frac{\Delta U}{U_1} = \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{н}} + R_{\text{л}}},$$

або

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 I}{U_1 I} = \frac{U_2}{U_1}.$$

При передачі електроенергії необхідно прагнути зниження втрат у лінії і збільшення ККД лінії. Це можливо шляхом забезпечення $R_{\text{н}} \gg R_{\text{л}}$, тобто зменшенням струму I , що при незмінній потужності P_1 викликає необхідність підвищення напруги U_1 для передачі електричної енергії.

У погодженому режимі, коли $R_{\text{н}} = R_{\text{л}}$, потужність P_1 дорівнює подвоєній потужності приймача, а ККД для цього режиму $\eta = 0.5$. Такий режим знаходить застосування у пристроях автоматики при передачі сигналів по лінії зв'язку, тобто там, де потужності джерела малі і постає завдання передачі максимальної потужності до приймача.

У режимі короткого замикання, коли лінія замкнена накоротко (опір $R_{\text{н}} = 0$), струм у ній досягає струму короткого замикання, що визначається як $I_{\text{кз}} = \frac{U_1}{R_{\text{л}}}$ і значно перевищує величину номінального струму ($I_{\text{ном}}$). Струм $I_{\text{кз}}$ є небезпечним

для всіх елементів електричного кола і може привести до аварійних ситуацій, яких можна уникнути включенням в електричне коло плавких запобіжників та інших спеціальних автоматичних пристроїв, що вимикають лінію від станції.

Підготовка до роботи

1 Вивчити теоретичний матеріал з теми, використовуючи конспект лекцій і відповідні розділи підручників.

2 Записати розрахункові рівняння для визначення таких величин :

потужності, переданої джерелом у зовнішнє коло..... P_1 ;
потужності внутрішніх втрат джерела..... P_0 ;
втрати потужності в лінії..... ΔP ;
втрати напруги в двопровідній лінії..... ΔU ;
опору проводів лінії..... $R_{л}$;
опору навантаження..... $R_{н}$;
потужності, споживаної навантаженням..... P_2 ;
ККД лінії..... $\eta_{л}$.

3 Відповісти письмово на питання:

- Які причини приводять до втрат напруги в лінії передачі?

- Як змінюється ККД при збільшенні навантаження?

- Як зміниться напруга на споживачі при:

а) збільшенні струму споживачів?

б) збільшенні опору лінії передачі?

Робоче завдання

1 Скласти електричне коло згідно з рисунком 2.2 і подати для перевірки викладачеві.

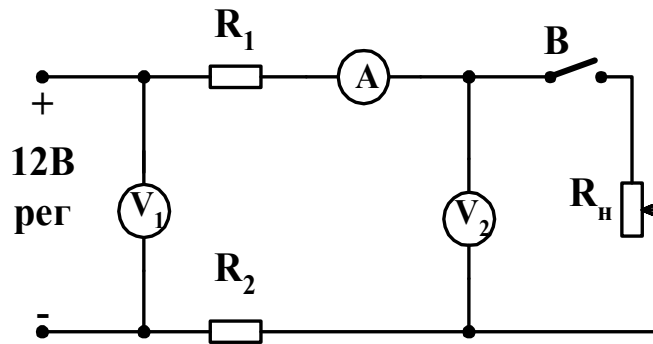


Рисунок 2.2

2 Навантажувальний реостат R_H поставити в положення максимального опору.

3 Розімкнувши вимикач B , встановити за допомогою рукоятки автотрансформатора ("Латр") на вольтметрі напругу, вказану викладачем, і зняти показання приладів.

4 Замкнути вимикач B , підтримуючи незмінною напругу на вході лінії, поступово збільшувати струм за допомогою навантажувального реостата R_H через $0,1$ А, одночасно знімати показання приладів. Результати вимірювань занести в таблицю 2.1 і подати для перевірки викладачу.

Методичні вказівки до виконання

1 При складанні електричного кола (рисунок 2.2) необхідно використовувати джерело (+ 12 - пер), вимикач B , опори R_1 і R_2 як проводи лінії, а також відповідні електровимірювальні прилади універсального стенда.

2 Регулюючий навантажувальний реостат $R_H = 30$ Ом (підносний).

Аналіз отриманих результатів

1 Використовуючи результати вимірювань і відповідні теоретичні положення, розрахувати для кожного рядка таблиці 2.1 усі величини, зазначені в графі "Обчислено".

2 За даними таблиці 2.1 побудувати в одних осях координат графіки функцій:

$$U_2 = f(I); \Delta U = f(I); \Delta P = f(I); P_1 = f(I); P_2 = f(I); \eta = f(I).$$

3 Сформулювати загальні висновки з роботи.

Таблиця 2.1

Номери дослідів	Виміряно			Обчислено						
	U_1	U_2	I	ΔU	$R_{л}$	$R_{н}$	P_1	P_2	ΔP	η
	В	В	А	В	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	%
1 Холостий хід										
2 Активне навантаження										
3 –“-										
4 –“-										
5 –“-										
6 –“-										
7 –“-										
8 –“-										
9 –“-										
10 Коротке замикання										

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ З ПОСЛІДОВНИМ З'ЄДНАННЯМ ПРИЙМАЧІВ. РЕЗОНАНС НАПРУГ

Мета роботи

Встановлення параметрів кола змінного струму з послідовним вмиканням котушки індуктивності і конденсатора та дослідження явища резонансу напруг.

Пояснення до роботи

В електричному колі змінного струму з послідовним з'єднанням приймачів діючий струм розраховується за законом Ома

$$I = \frac{U}{Z},$$

де U та I – діючі напруга і струм; Z – повний опір кола. Повний опір кола з послідовним з'єднанням R , L , C визначається за формулою

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2},$$

де R – активний опір кола;

$X = X_L - X_C$ – реактивний опір кола;

$X_L = \omega L$ – індуктивний опір котушки;

$X_C = \frac{1}{\omega C}$ – ємнісний опір конденсатора.

Для визначення взаємних напрямків струму і напруг кола змінного струму з послідовним з'єднанням приймачів будується векторна діаграма напруг (рисунок 3.1, а).

Вектор напруги \dot{U} на затискачах кола, згідно з II законом Кірхгофа, дорівнює геометричній сумі векторів напруг окремих ділянок кола

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C.$$

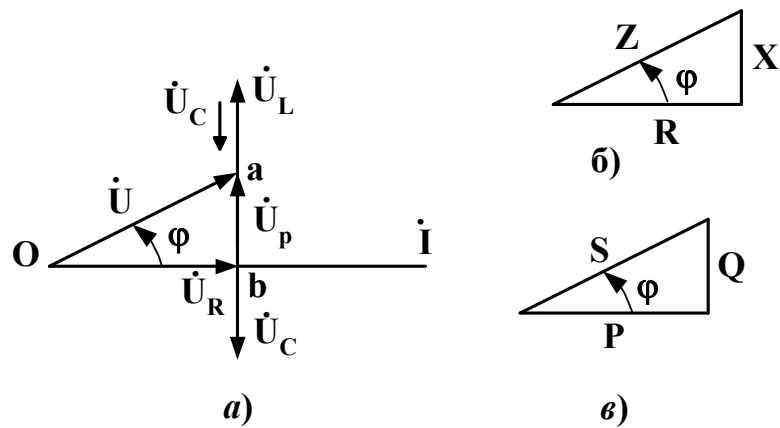


Рисунок 3.1

Модулі векторів напруг, що входять у цей вираз, визначаються за формулами:

$U_R = IR$ – діюча напруга на активному опорі, що збігається по фазі зі струмом;

$U_L = IX_L$ – діюча напруга на індуктивному опорі, що випереджає струм по фазі на кут $\pi/2$;

$U_C = IX_C$ – діюча напруга на ємнісному опорі, що відстає від струму по фазі на кут $\pi/2$.

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} .$$

Трикутник *oab*, утворений векторами \dot{U} , \dot{U}_R і \dot{U}_P , називається трикутником напруг. Подібний йому трикутник, сторони якого в обраному масштабі дорівнюють опорам *Z*, *R* і *X*, називається трикутником опорів (рисунок 3.1, б).

Помноживши сторони трикутника напруг на струм, одержимо трикутник потужностей (рисунок 3.1, в). З трикутника потужностей маємо:

$P = U_a I = UI \cos \varphi = I^2 R$ – активна потужність кола, Вт;

$Q = Q_L - Q_C = U_p I = UI \sin \varphi = I^2 X$ – реактивна потужність кола, вар;

$S = UI = I^2 Z = \sqrt{P^2 + Q^2}$ – повна потужність кола, ВА.

Відзначимо, що векторна діаграма, зображена на рисунку 3.1, побудована для випадку, коли $X_L > X_C$, тобто коло носить індуктивний характер і напруга випереджає струм по фазі ($\varphi > 0$).

У колі змінного струму з послідовним з'єднанням котушки індуктивності і конденсатора може спостерігатися

явище резонансу напруг. При резонансі напруг струм і напруга кола збігаються по фазі $\varphi = 0$. Резонанс настає, коли $X = X_L - X_C = 0$, тобто коли $X_L = X_C$. З цієї умови знаходимо кутову частоту, при якій у колі настає резонанс,

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} ;$$

індуктивний і ємнісний опір при резонансі однакові

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}} = \rho ,$$

де ρ – характеристичний опір резонансного контуру.

При резонансі напруг повний опір кола носить активний характер $Z=R$, а струм у колі досягає найбільшого значення.

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

У момент резонансу напруги на реактивних опорах X_L і X_C можуть бути значно більші за напругу мережі (за умови $X_L=X_C>R$)

$$U_{L0} = U_{C0} = I_0 \rho ,$$

а напруга на активному опорі дорівнює напрузі мережі

$$U_R = I_0 R = U .$$

Підготовка до роботи

1 Вивчити теоретичний матеріал з розрахунку кола змінного струму з послідовним з'єднанням приймачів, використовуючи конспект лекцій і навчальну літературу.

2 За заданим значенням струму, напруги на вході й активної потужності, споживаної колом, визначити такі параметри кола:

повний опір усього кола Z ;
 активний опір кола R ;
 ємнісний опір конденсатора X_C ;

індуктивний опір котушки X_L ;
індуктивність котушки L ;
реактивну потужність Q ;
повну потужність S ;
коефіцієнт потужності всього кола $\cos \varphi$.

3 Відповісти на питання:

- Що розуміють під активним, індуктивним, ємнісним і повним опором кола змінного струму?
- Які співвідношення між струмом і напругою на активному, індуктивному і ємнісному опорах?
- У якому електричному колі можливий резонанс напруг і при якій умові?
- Якими способами можна настроїти контур у резонанс?
- Яка фізична величина вказує на резонанс напруг у колі та яке значення вона при цьому має?

Робоче завдання

- 1 Скласти схему кола згідно з рисунком 3.2.
- 2 Після перевірки викладачем увімкнути коло до джерела змінного струму частотою $f=50$ Гц і $U=24$ В.
- 3 Змінюючи ємність конденсатора в межах від 0 до 140 мкФ, вимірювати струм, напругу й активну потужність кола. Результати вимірювань занести в таблицю 3.1 і подати викладачу.

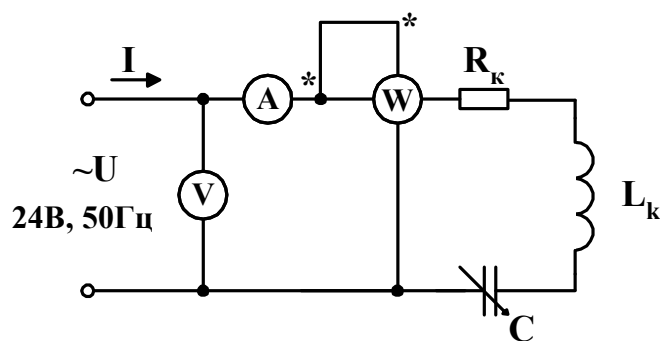


Рисунок 3.2

Методичні вказівки до виконання

- 1 При складанні схеми як її елементи використовувати батарею конденсаторів C_1 на стенді і підносну котушку індуктивності.

2 Вхідні затискачі електричної схеми приєднати до затискачів ОА трифазного джерела живлення на лабораторному стенді (~ 3х36В).

3 Для вимірювань використовувати підносний вимірювальний комплект К-505.

Таблиця 3.1

Номери дослідів	Виміряно				Обчислено					
	U	I	P	C	Z	R _K	X _L	X _C	cosφ	φ
	В	А	Вт	мкФ	Ом	Ом	Ом	Ом	–	град
				0						
				10						
				20						
				30						
				40						
				50						
				60						
				70						
				80						
				90						
				100						
				110						
				120						
				130						
				140						

Аналіз отриманих результатів

1 За експериментальними даними обчислити величини, зазначені у таблиці 3.1.

2 Побудувати в масштабі залежності:
 $I=f(C)$; $U_L=f(C)$; $U_C=f(C)$; $U_a=f(C)$; $\cos\phi=f(C)$.

Пояснити характер отриманих кривих.

3 Побудувати трикутники напруг, опорів і потужностей до та після настання резонансу.

4 Сформулювати загальні висновки з роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО КОЛА ПРИ З'ЄДНАННІ ПРИЙМАЧІВ ЕНЕРГІЇ ЗІРКОЮ

Мета роботи

Встановлення особливостей роботи трифазного кола при вмиканні зіркою симетричного і несиметричного навантаження.

Пояснення до роботи

На рисунку 4.1 зображена трифазна чотирипровідна система живлення, яка застосовується при несиметричному навантаженні.

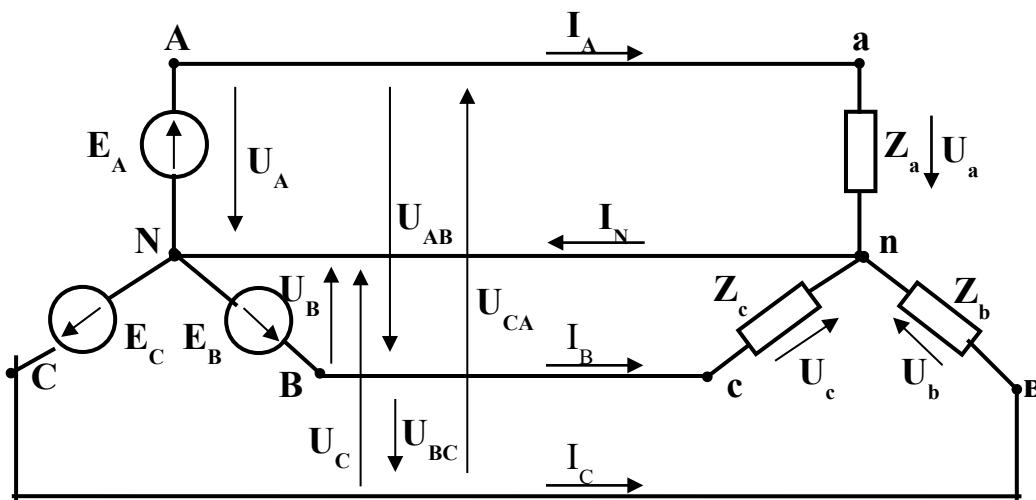


Рисунок 4.1

Якщо зневажити опорами лінійних і нейтральних проводів, то фазні напруги приймача дорівнюють фазним напругам генератора, тобто

$$\dot{U}_a = \dot{U}_A; \quad \dot{U}_b = \dot{U}_B; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_C.$$

Струми в кожній фазі приймача визначаються за законом Ома

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_a}{Z_a}; \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_b}{Z_b}; \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_c}{Z_c}.$$

Струм у нейтральному проводі визначається за I законом Кірхгофа

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$$

Зі схеми на рисунку 4.1 видно, що при з'єднанні приймача "зіркою" фазні і лінійні струми рівні між собою $I_\phi = I_\lambda$. При симетричному навантаженні струми у фазах рівні і зсунуті на той самий кут по відношенню до відповідних фазних напруг. Векторна діаграма напруг і струмів при симетричному навантаженні зображена на рисунку 4.2.

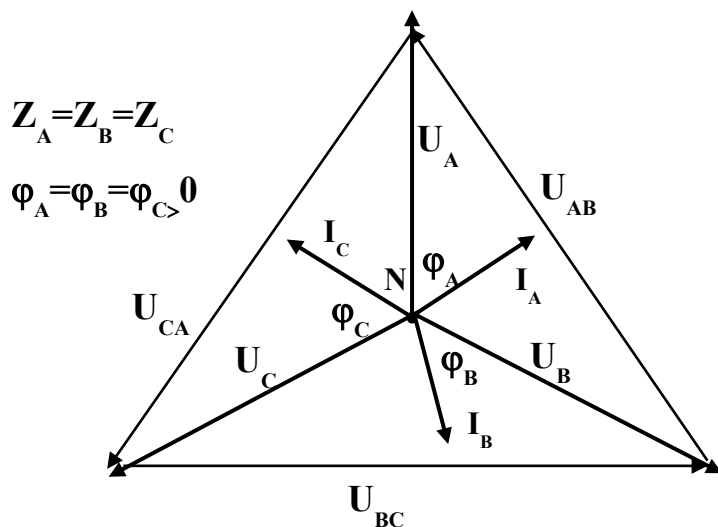
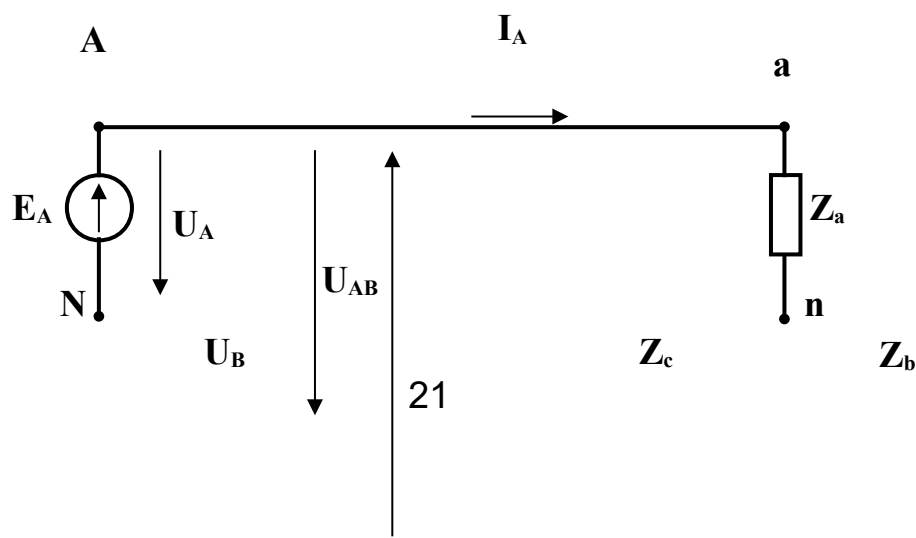


Рисунок 4.2

З діаграми видно, що $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$, тобто при симетричному навантаженні струм у нейтральному проводі дорівнює нулю і необхідність у цьому проводі відпадає.

Трифазне коло без нейтрального проводу буде трипровідним (рисунок 4.3).



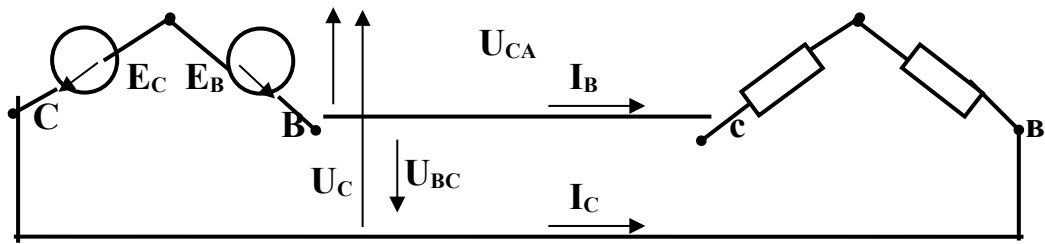


Рисунок 4.3

З векторної діаграми (рисунок 4.2) видно, що при з'єднанні зіркою трифазних приймачів лінійні напруги визначаються другим законом Кірхгофа:

$$U_{AB}=U_A-U_B, \quad U_{BC}=U_B-U_C, \quad U_{CA}=U_C-U_A,$$

тоді $U_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}}$.

Для визначення струмів при симетричному навантаженні досить визначити струм в одній з фаз, що входять у трифазне коло. У трипровідне коло при з'єднанні "зіркою" вмикаються тільки симетричні трифазні приймачі: електричні двигуни, електричні печі і т.п.

У випадку несиметричного навантаження і обриву нейтрального проводу між нейтральними точками генератора і приймача виникає напруга зсуву нейтралі \dot{U}_{nN} , яку можна визначити за формулою двох вузлів

$$\dot{U}_{nN} = \frac{\dot{U}_A \underline{Y}_A + \dot{U}_B \underline{Y}_B + \dot{U}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C},$$

де $\underline{Y}_A, \underline{Y}_B, \underline{Y}_C$ – комплексні провідності фаз навантаження.

$$\underline{Y}_A = \frac{1}{\underline{Z}_A}, \quad \underline{Y}_B = \frac{1}{\underline{Z}_B}, \quad \underline{Y}_C = \frac{1}{\underline{Z}_C}.$$

Наявність \dot{U}_{nN} викликає перекіс фазних напруг на приймачах, тобто вони стають різними. У цьому випадку фазні напруги і струми приймачів визначаються таким чином:

$$\begin{aligned} \dot{U}_a &= \dot{U}_A - \dot{U}_{nN}; & \dot{U}_b &= \dot{U}_B - \dot{U}_{nN}; & \dot{U}_c &= \dot{U}_C - \dot{U}_{nN}; \\ \dot{I}_a &= \frac{\dot{U}_a}{\underline{Z}_A} = \dot{U}_a \underline{Y}_A; & \dot{I}_b &= \frac{\dot{U}_b}{\underline{Z}_B} = \dot{U}_b \underline{Y}_B; & \dot{I}_c &= \frac{\dot{U}_c}{\underline{Z}_C} = \dot{U}_c \underline{Y}_C. \end{aligned}$$

Вмикання нульового проводу ліквідує переки́с фаз, тому в нейтральний провід не вмикають ні плавкі запобіжники, ні вимикачі.

Підготовка до роботи

1 Вивчити теоретичний матеріал про трифазне коло при з'єднанні приймачів енергії "зіркою", використовуючи конспект лекцій, відповідні розділи підручників (див. літературу).

2 Відповісти письмово на питання:

- Які електричні кола називаються трифазними?
- Як з'єднати фази приймачів "зіркою"?
- Які напруги називаються фазними і які лінійними? Як вони вимірюються?
- Які існують співвідношення між лінійними і фазними струмами та напругами при з'єднанні навантаження "зіркою"?
- Яке навантаження фаз називають симетричним, а яке несиметричним?
- Яке призначення нейтрального проводу?

Робоче завдання

1 Скласти електричну схему згідно з рисунком 4.4 для дослідження трифазного кола при з'єднанні приймачів "зіркою" і запросити викладача для перевірки.

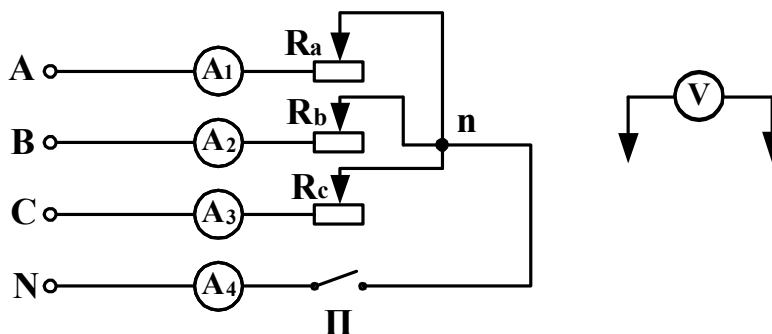


Рисунок 4.4

2 Щоб уникнути короткого замикання в колі, необхідно переконатися, що навантажувальні реостати R_A, R_B, R_C знаходяться у стані "Введено".

3 Подати напругу на стенд і провести досліди:

а) симетричного навантаження фаз з нейтральним проводом і без нього;

б) несиметричного навантаження фаз з нейтральним проводом і без нього.

4 Виміряти струми у фазах і нульовому проводі, а також фазні і лінійні напруги на навантаженнях.

5 Дані вимірювань занести в таблицю 4.1 і подати викладачу.

Методичні вказівки до виконання

1 При складанні схеми рисунка 4.4 необхідно використовувати джерело електричної енергії трифазної напруги $\sim 3 \times 36$ В (затискачі А, В, С, N на лабораторному стенді).

2 Вмикання і вимикання нейтрального проводу виконується за допомогою вимикача П.

3 Навантажувальні реостати, використані в електричній схемі, мають номінальні дані $R = 100 \Omega, 2A$ або $R = 200 \Omega, 1A$.

Таблиця 4.1

Досліди	Виміряно									Обчислено			
	I_A	I_B	I_C	I_0	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	R_A	R_B	R_C
	А	А	А	А	В	В	В	В	В	В	Ом	Ом	Ом
Симетричне навантаження з нульовим проводом													
Симетричне													

навантаження без нульового проводу													
Несиметричне навантаження з нульовим проводом													
Несиметричне навантаження без нульового проводу													

Аналіз отриманих результатів

1 Визначити розрахунком опори фаз R_A, R_B , і R_C . Дані розрахунку занести в таблицю 4.1 до розділу "Обчислено".

2 Використовуючи дані вимірювань таблиці 4.1, побудувати в масштабі векторні діаграми струмів і напруг для всіх режимів.

3 Сформулювати загальні висновки з роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИПРОБУВАННЯ ГЕНЕРАТОРА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З НЕЗАЛЕЖНИМ ЗБУДЖЕННЯМ

Мета роботи

1 Вивчення конструкції та принципу роботи машин постійного струму.

2 Одержання характеристик генератора з незалежним збудженням.

Пояснення до роботи

Двигуни і генератори постійного струму мають однакову конструкцію. Зовнішній вигляд машини постійного струму у розрізі зображений на рисунку 5.1.

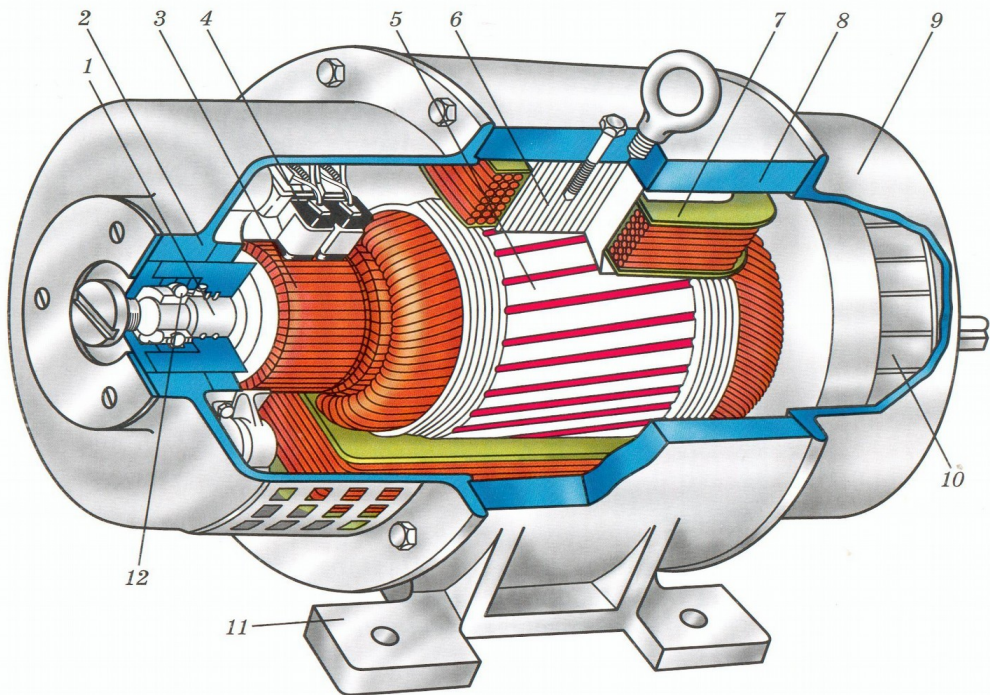


Рисунок 5.1

Підготовка до роботи

1 Вивчити теоретичний матеріал, користуючись конспектом лекцій та відповідними розділами підручників.

2 Назвати пронумеровані деталі машини постійного струму, зображеної на рисунку 5.1.

3 Письмово відповісти на питання:

- Що розуміють під поняттям оборотності машин постійного струму?

- Яке призначення статора, якоря і колекторного вузла у машини постійного струму?

- Як виглядає рівняння електричного стану генераторів і двигунів постійного струму?

- Чим відрізняються принципи роботи генератора і двигуна постійного струму?
- Які характеристики притаманні генераторам і двигунам постійного струму?

Робоче завдання

1 Скласти електричну схему генератора постійного струму з незалежним збудженням згідно з рисунком 5.2 і запросити для перевірки викладача.

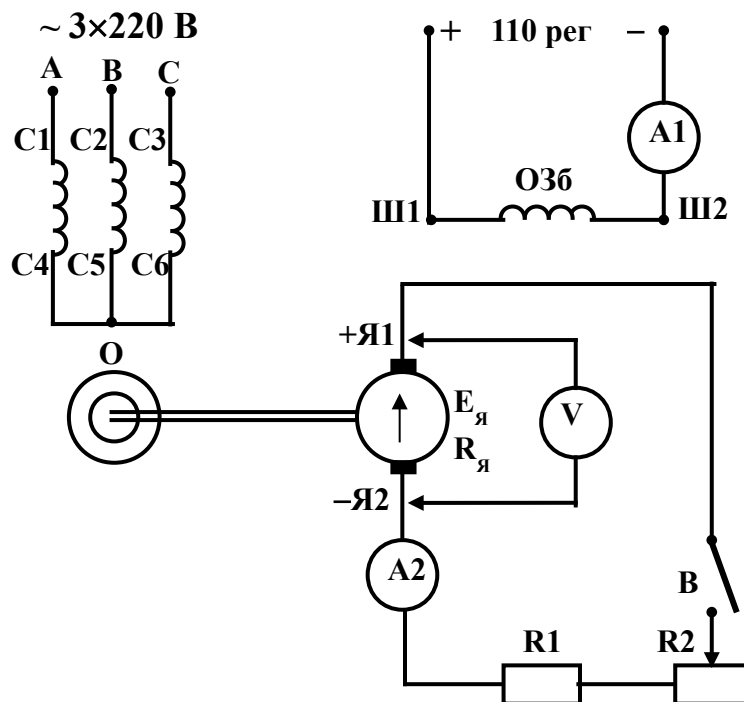


Рисунок 5.2

2 Зняти характеристику холостого ходу генератор $E_{я}=f(I_{зб})$ при $I_H=0$. Результати вимірювань занести в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

Номер досліджу	$I_{зб}$	$E_{я}$ при зростанні струму $I_{зб}$	$E_{я}$ при зменшенні струму $I_{зб}$	Середнє значення $E_{я}$
	А	В	В	
1				

2				
3				
4				
5				
6				

3 Зняти зовнішню характеристику генератора $U_{\text{я}}=f(I_{\text{н}})$ при $I_{\text{зб}}=\text{const}$. Результати вимірювань занести в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2

Номер досліджу	1	2	3	4	5	6
$I_{\text{н}}, \text{А}$						
$U_{\text{я}}, \text{В}$						

4 Зняти регульовальну характеристику генератора $I_{\text{зб}}=f(I_{\text{н}})$ при $U_{\text{я}}=U_{\text{ном}}$. Результати вимірювань занести в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3

Номер досліджу	1	2	3	4	5	6
$I_{\text{н}}, \text{А}$						
$I_{\text{зб}}, \text{А}$						

Методичні вказівки до виконання

1 Межі вимірювальних приладів вибираються за паспортними даними генератора. У лабораторії використовується генератор з незалежним збудженням типу П11 з номінальними даними: $U_{\text{ном}}=110 \text{ В}$, $I_{\text{н}}=2 \text{ А}$, швидкість обертання $n=3000 \text{ об./хв}$, $I_{\text{зб}}=0,2 \text{ А}$, $\eta=73\%$.

2 Джерела живлення трифазного двигуна $\sim 3 \times 220 \text{ В}$ і генератора $+110 \text{ рег}$ знаходяться на лабораторному стенді.

3 Для захисту від короткого замикання використовується нерегульований реостат $R1=30 \text{ Ом}$. Як

навантаження використовується регульований реостат $R_2=200 \text{ Ом}$.

Аналіз отриманих результатів

- 1 За дослідними даними побудувати характеристики генератора з незалежним збудженням і пояснити характер їхньої зміни.
- 2 Сформулювати загальні висновки з роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИПРОБУВАННЯ ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

Мета роботи

- 1 Вивчення конструкції і принципу дії асинхронного двигуна.
- 2 Зняття робочих характеристик.

Пояснення до роботи

Залежно від типу виконання обмотки ротора трифазні асинхронні двигуни бувають з короткозамкненою або фазною обмотками. На рисунку 6.1 у розрізі представлений двигун з короткозамкненим ротором, який ширше застосовується завдяки простоті конструкції і надійності в роботі.

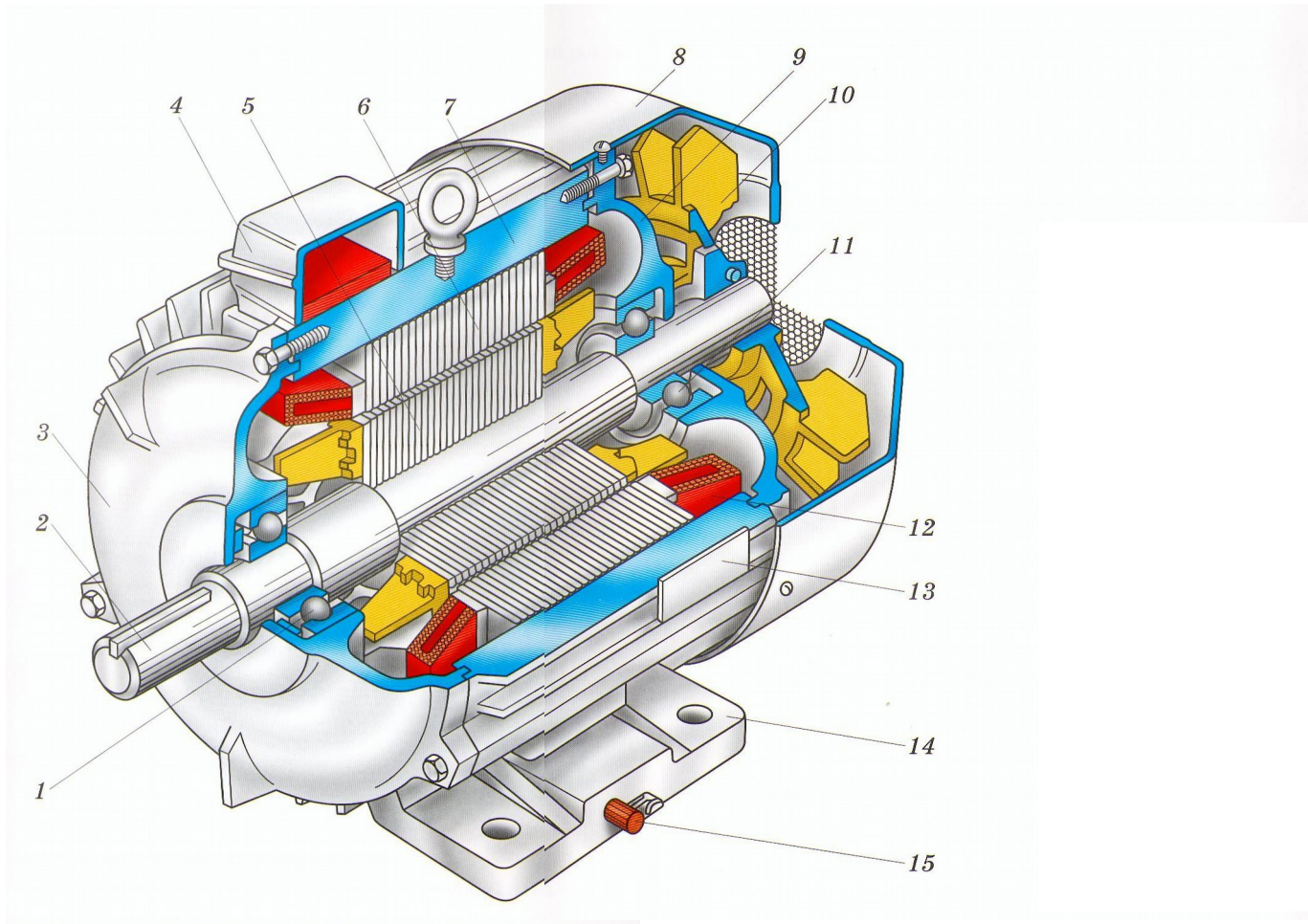


Рисунок 6.1

Принцип роботи асинхронних двигунів базується на магнітному полі, яке обертається зі швидкістю

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p},$$

де f – частота живильної напруги, p – кількість пар полюсів.

Обертання магнітного поля забезпечується вмиканням обмоток збудження статора до трифазного джерела живлення. Номінальний електромагнітний момент, що розвиває двигун, визначається паспортними даними за

формулою

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{n_H},$$

де P_H – номінальна потужність, Вт, n_H – номінальна швидкість обертання.

Величина обертального моменту залежить від ковзання

$$s = \frac{n_H - n}{n_H},$$

де n – швидкість обертання під навантаженням.

Потужність, споживана двигуном $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi$ витрачається у самому двигуні, а решта віддається навантаженню, наприклад генератору постійного струму. Потужність, споживана генератором,

$$P_2 = \frac{U_2 \cdot I_2}{\eta_2},$$

де U_2 , I_2 – напруга і струм генератора, η_2 – паспортна величина ККД генератора.

Знаючи потужність на валу двигуна, обертальний електромагнітний момент обчислюється за формулою

$$M = \frac{P_2}{n}.$$

Коефіцієнт корисної дії асинхронного двигуна визначається $\eta = \frac{P_2}{P_1}$.

Підготовка до роботи

1 Вивчити теоретичний матеріал з теми “Асинхронні машини”, користуючись конспектом лекцій та відповідними розділами підручників.

2 Вказати основні частини асинхронного двигуна, зображеного на рисунку 6.1.

3 Письмово відповісти на питання:

- Яким чином здійснюється реверсування асинхронного двигуна?

- Якими способами можна регулювати швидкість обертання двигуна?

- Що представляє собою властивість саморегулювання?

- Якими способами можна здійснювати пуск асинхронного двигуна?

Робоче завдання

1 Скласти схему асинхронного двигуна згідно з рисунком 6.2 і запросити викладача для її перевірки.

2 Починаючи з режиму холостого ходу, потім поступово збільшуючи навантаження на валу двигуна, зняти його робочі характеристики.

3 Виконати 5 відліків до $I=I_{ном}$.

4 Показання вимірювальних приладів занести в таблицю 6.1.

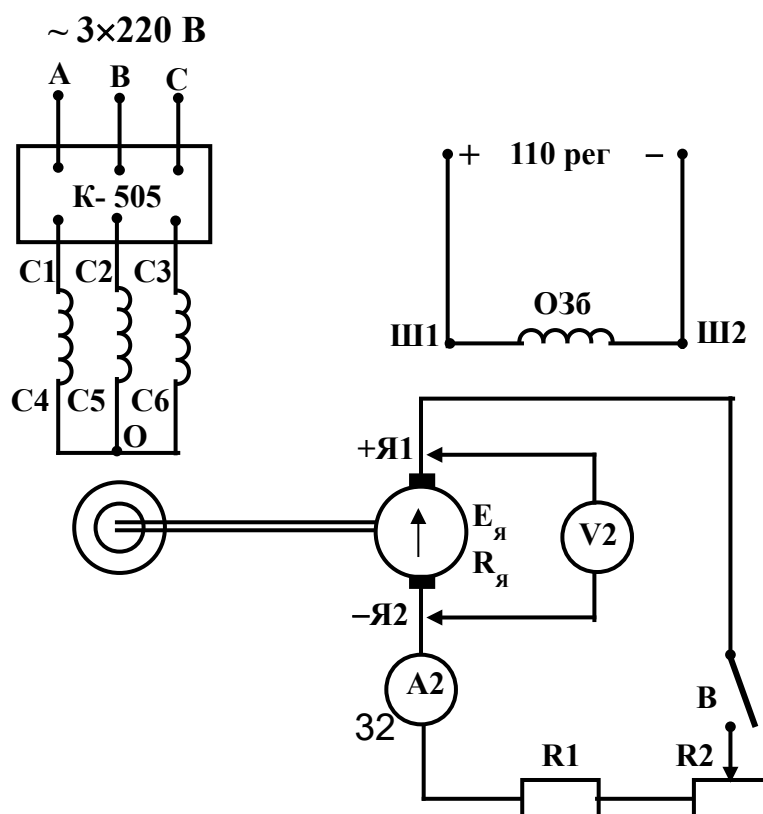


Рисунок 6.2

Таблиця 6.1

Номер досліджу	Дослідні дані						Розрахунок				
	U_1 В	I_1 А	P_1 Вт	U_2 В	I_2 А	n Об./хв	P_2 Вт	M	S -	$\cos\varphi$ -	η %
1											
2											
3											
4											
5											
6											

Методичні вказівки до виконання

1 Досліджуваний асинхронний двигун типу 4АХ3182У3 має паспортні дані: $P=1,1$ кВт, $U=220/380$ В, $I=4,3/2,5$ А, $f=50$ Гц, $n=3000$ об./хв, $\cos\varphi=0,87$, $\eta=72,5\%$.

2 У схемі генератора використовуються нерегульований реостат $R_1=30$ Ом і регульований реостат $R_2=200$ Ом.

3 Навантаження двигуна здійснюється за допомогою генератора постійного струму з незалежним збудженням шляхом регулювання реостата R_2 .

4 Для вимірювання напруги, струму і потужності використовується підносний комплект К-505.

5 Для визначення швидкості обертання двигуна застосовується цифровий тахометр, що знаходиться на лабораторному стенді.

Аналіз отриманих результатів

1 За паспортними та дослідними даними обчислити величини з графі "Розрахунок" у таблиці 6.1.

2 За даними таблиці 6.1 побудувати графіки залежностей:

$$P_1=f(P_2), I_1=f(P_2), M=f(P_2), S=f(P_2), \cos\varphi=f(P_2), \eta=f(P_2).$$

3 Зробити висновки про властивості й особливості

асинхронного двигуна. Порівняти його з двигуном з фазним ротором.

Список літератури

1 Електротехника /Под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высш. шк., 1985.

2 Волынский Б.А., Зейн Е.Н. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

3 Общая электротехника / Под ред. А.Т. Блажкина. – Л.: Энергоатомиздат, 1986.

4 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. – М.: Высш. шк., 2000.

5 Коновалов Е.В., Козар Л.М. Студентська навчальна звітність. – Харків: УкрДАЗТ, 2005.