



**Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій  
Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та  
електротехніки**

## **ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ МЕТОДОМ ТРЬОХ АМПЕРМЕТРІВ І МЕТОДОМ ТРЬОХ ВОЛЬТМЕТРІВ**

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної форми  
навчання  
зі спеціальності 163 «Біомедична інженерія»**

**Харків 2023**



Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки**

**ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ МЕТОДОМ ТРЬОХ  
АМПЕРМЕТРІВ І МЕТОДОМ ТРЬОХ ВОЛЬТМЕТРІВ**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання зі спеціальності  
163 «Біомедична інженерія»

Затверджено  
рішенням Науково-  
методичної ради  
факультету енергетики,  
робототехніки та комп'ютерних  
технологій  
Протокол № 3  
від 22.02.2023 р.

Харків  
2023

УДК 517.27  
Ф 32

Схвалено  
на засіданні кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії  
та електротехніки  
Протокол №5 від 16.02.2023 р.

**Рецензенти:**

**О. Г. Аврунін**, докт. техн. наук, проф., завідувач кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки;  
**О. М. Мороз**, докт. техн. наук, проф., професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Державного біотехнологічного університету

**Ф-32** Вимірювання потужностей методом трьох амперметрів і методом трьох вольтметрів : метод. вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ден. форми навчання зі спец. 163 «Біомедична інженерія» / Держ. біотехнологічний ун-т ; авт.-уклад.: Н. Г. Косуліна, Г. А. Ляшенко, Н. В. Полянова. – Харків : [б. в.], 2023. – 28 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології». Видання включає теоретичну частину, алгоритм виконання лабораторної роботи, контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

Методичні вказівки призначені здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

**УДК 517.27**

**Відповідальний за випуск : Н. Г. Косуліна**, д-р техн. наук

© Косуліна Н. Г., Ляшенко Г. А.,  
Полянова Н. В. 2023  
© ДБТУ, 2023

## 1. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Електрична лабораторія – це приміщення підвищеної небезпеки, тому до роботи в лабораторії допускаються студенти, які прослухали відповідну частину лекційного курсу, інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки і розписались у відповідному журналі.

2. Робота в лабораторії виконується ланками, або (за рішенням викладача) одноосібно.

3. На протязі одного заняття кожний студент виконує одну роботу. Виконання двох робіт може бути допущено керівником як виключення і лише при наявності певної підготовки студентів.

4. До виконання кожної роботи студенти повинні підготуватись попередньо до лабораторного заняття, ознайомитись з методичними вказівками, відпрацювати відповідні питання теорії з літературних джерел та підготувати бланк звіту за відповідною формою.

5. Керівник перевіряє готовність студентів до виконання роботи (наявність необхідних знань, які дають можливість виконати роботу та бланка звіту) і, тільки упевнившись в підготовленості студентів, дає дозвіл на виконання лабораторної роботи.

Студенти, які виявили не підготовленість, до виконання роботи не допускаються. До чергової роботи також не допускаються студенти, які не пред'явили повністю оформлений звіт попередньої роботи.

6. Отримав дозвіл керівника, студенти монтують схему за відповідними правилами (див. далі), переконавшись в тому, що автоматичні вимикачі вимкнені, тобто до затискачів живлення не підводиться напруга. Змонтована схема перевіряється усіма учасниками ланки і подається на затвердження керівникові.

При виявленні будь-яких ушкоджень приладів або обладнання (при зовнішньому огляді) необхідно звернутись до керівника.

7. Керівник перевіряє правильність монтажу схеми.

При виявленні помилок в монтажу схеми, або навіть в випадку, коли схема по суті працездатна, але не відповідає електричній принципівій схемі методичних вказівок, керівник пропонує студентам виявити і усунути помилку самостійно. Виправлена схема знову перевіряється керівником.

8. Якщо помилок в схемі немає, керівник, після попередження, вмикає схему під напругу, перевіряє її працездатність принаймні в

крайніх режимах і дає дозвіл на початок роботи під напругою.

Будь-які перемикання або з'єднання повинні виконуватися у вимкненій схемі. Після кожного перемикання або зміни схеми, якою б вона не була, необхідна повторна перевірка схеми керівником.

Вмикати схему під напругу вперше або після будь-якої її зміни студентам категорично забороняється - вмикати автоматичні вимикачі може виключно керівник.

Студенти, які вмикають схеми свавільно, втрачають право роботи в лабораторії, окрім повної матеріальної відповідальності за можливі збитки, і можуть бути допущені до подальшої роботи лише за спеціальним дозволом.

9. Отримавши дозвіл керівника, студенти виконують спостереження у відповідності з методичними вказівками. Покази приладів підраховуються у відповідності з існуючими правилами і записуються олівцем безпосередньо у звіт у вигляді чисельних значень фізичних величин (не кількості поділок). Не дозволяється після вмикання схеми відходити від лабораторного стола і залишати працюючу схему без нагляду. Усю дослідну частину роботи рекомендується зробити одразу, без вимикання напруги, якщо це не потрібно за методичними вказівками.

10. Після закінчення дослідної частини лабораторної роботи студенти вимикають автоматичні вимикачі і, не розбираючи схеми, виконують всі необхідні розрахунки, після чого пред'являють керівникові звіти.

Якщо деякі результати спостережень викликають сумніви керівника, то вони мають бути перевірені. В іншому випадку керівник дає дозвіл на розбирання схеми.

11. Оформлення звітів виконується безпосередньо на тому ж лабораторному занятті. При цьому дослідні дані залишаються написані олівцем, а розрахункові результати записуються авторучкою.

12. Оформлений звіт на тому ж занятті захищається перед керівником. Як виключення дозволяється захист звітів на наступному занятті.

13. Якщо керівник упевниться в правильності оформлення звіту, в розумінні студентом мети і змісту роботи, методики її проведення, сутності отриманих результатів, знань відповідної частини курсу шляхом опитування студента, розв'язання студентом задач або тестуванням на ЕОМ, він зараховує студенту цю роботу з відміткою в журналі про отриману студентом оцінку і дату захисту звіту.

В іншому випадку робота не зараховується.

Повторний захист звіту можливий лише на наступному занятті і лише після внесення у звіт виправлень, якщо вони необхідні.

При наявності у студента двох незахищених звітів по виконаних роботах він не може бути допущений до виконання подальших робіт в лабораторії.

14. В приміщенні лабораторії повинна підтримуватись тиша.

Паління в лабораторії категорично забороняється.

Залишати заняття навіть на короткий час можна лише з дозволу керівника.

Після закінчення занять студенти зобов'язані упорядкувати свої робочі місця - повністю розібрати електричні схеми, скласти проводи у шухляди столів, підірвати прилади, охайно поставити лави.

15. Під час роботи в лабораторії необхідне дбайливе ставлення до лабораторного майна.

Переносити прилади і обладнання з одного місця на інше або переставляти їх в межах стола не дозволяється.

16. При порушенні студентом цих правил, керівник має право відсторонити порушника від роботи в лабораторії. Подальша робота студента можлива лише за спеціальним дозволом.

## 2. ВКАЗІВКИ ПО МОНТАЖУ СХЕМ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Перед початком монтажу необхідно упевнитись в тому, що автоматичний вимикач вимкнений, а індикаторні лампочки не світяться.

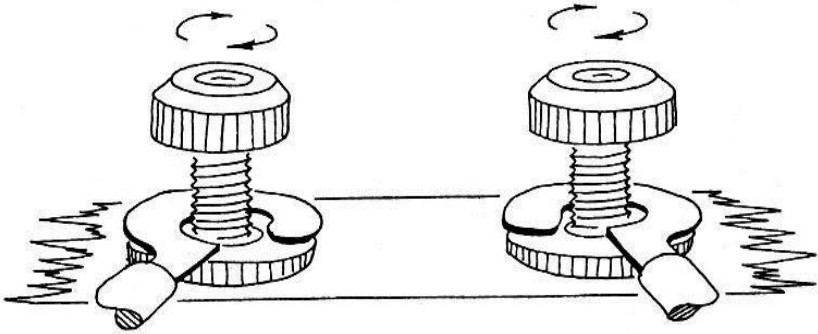
2. Монтаж електричної схеми повинен виконуватись у повній відповідності до електричної принципової схеми методичних вказівок.

3. Не дозволяється пересувати і переносити вимірювальні прилади.

4. З'єднувальні провідники мають бути якомога короткими, але не натягнутими, найбільш простим чином розташовуватись у просторі, по можливості не перехрещуватись і не затуляти шкали вимірювальних приладів та ручок органів керування.

Для монтажу різних електричних кіл доцільно використовувати провідники різного кольору. Також доцільно для монтажу головного струмового кола, а також кіл вторинних трансформаторів струму використовувати провідники більшого розрізу ніж для монтажу вимірювальних кіл напруг. Наконечники слід затискати у затискачах

так, як зображено на рис. 1.



а) Вірно. Просічка наконечника розташована праворуч відносно гвинта

б) Невірно. Просічка наконечника розташована ліворуч відносно гвинта

Рис. 1. Напрямок затягування барашка затискача

5. Ручки лабораторних автотрансформаторів, якщо ці прилади використовуються, треба установити таким чином, щоб на вихідних затискачах «Навантаження», напруга була відсутня (крайнє положення проти годинникової стрілки).

6. Перш за все треба зібрати головне струмове коло схеми. Воно включає джерело енергії, навантаження, а можливо, ще і амперметри, первинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму, струмові обмотки ватметрів і лічильників електричної енергії. При цьому в однофазних схемах змінного струму треба починати з того затискача живлення, який позначений на шильдику кожного робочого стола, з'єднати елементи схеми в тій послідовності, в котрій вони розташовані на електричній принциповій схемі методичних вказівок і продовжити монтаж струмового кола, до іншого затискача живлення, теж позначеного на шильдику робочого стола, або затискача занулення. В трифазних колах змінного струму так саме послідовно монтується головне струмове коло кожної з фаз.

Лише після монтажу головного струмового кола до нього під'єднуються кола напруг вимірювальних приладів. Ці кола можуть включати вольтметри, первинні обмотки вимірювальних трансформаторів напруг, обмотки напруг ватметрів і лічильників електричної енергії, а також кола вторинних обмоток вимірювальних



трансформаторів напруг з відповідними приладами.

Особливу увагу треба звертати на правильність і надійність з'єднань в колах вторинних обмоток вимірювальних трансформаторів струму, до яких входять звичайно амперметри, обмотки струму ватметрів і лічильників електричної енергії.

7. Слід по можливості уникати приєднання до одного затискача великої кількості з'єднувальних провідників, розташовуючи їх, якщо це можливо, на інших рівноцінних (у сенсі однаковості потенціалів) затискачах, особливо до тих елементів схеми, які по ходу виконання роботи необхідно замінювати іншими.

8. До затискачів вимірювальних приладів слід підключати лише ті провідники, за допомогою яких цей вимірювальний прилад під'єднується до схеми, але у ватметрів і лічильників електричної енергії при безпосередньому їх вмиканні в електричне коло (без вимірювальних трансформаторів), з'єднання між колами струму і напруги (звичайно затискачі приладу, які відмічені зірочками) слід здійснювати на затискачах самого приладу.

9. При використанні перемикачів слід враховувати можливість непередбачуваних замикань (при перемиканні) деяких ділянок електричної схеми.

10. Органи керування електричними параметрами установити в положення, при яких напруги і струми будуть найменшими.

Межі вимірювань вимірювальних приладів, якщо немає додаткових вказівок або приблизне значення фізичної величини невідоме, установити найбільшими.

11. В монтажі схеми повинні приймати участь всі студенти ланки, розподіляючи між собою по черзі певні ділянки електричної схеми. В вірності монтажу електричної схеми повинні упевнитись всі учасники лабораторної роботи.

12. Звернутись до керівника з проханням перевірити змонтовану електричну схему лабораторної роботи.

### 3. ПРАВИЛА ЗНЯТТЯ ПОКАЗІВ З ПРИЛАДІВ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВІДЛІКУ

Шкали приладів безпосереднього відліку можуть бути іменованими (переважно для одномежових приладів) і умовними (переважно для багатомежових приладів). Оскільки кількість поділок шкали залежить від класу точності приладу, не слід намагатися зняти

показ якомога точно (як, наприклад, при користуванні логарифмічною лінійкою). Розглянемо для прикладу рис. 2.

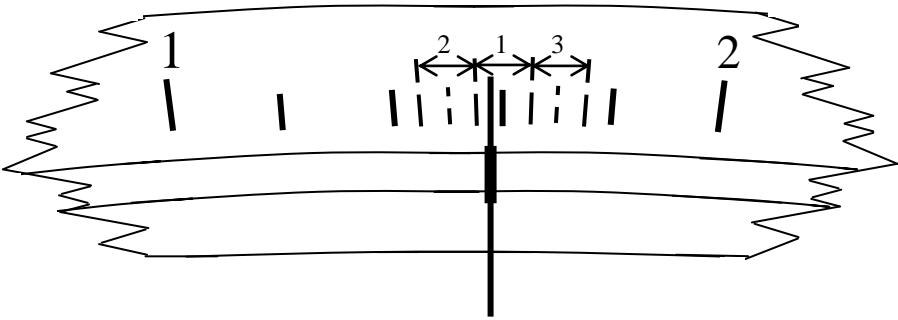


Рис. 2. Фрагмент шкали в вимірювального приладу

Якщо показник знаходиться де завгодно у зоні 1, як на рис. 2, відлік буде 1,6.

Якщо показник знаходиться де завгодно у зоні 2, відлік буде 1,5.

Якщо показник знаходиться де завгодно у зоні 3, відлік буде 1,7.

Зображені штриховими лініями однакові за розміром і розташовані симетрично відносно поділок зони треба уявити на око.

При наявності дзеркальної шкали, око треба розташувати таким чином, щоб показник і його зображення у дзеркальці збіглися.

При використанні приладів з умовними шкалами значення фізичних величин розраховується таким чином.

Для вольтметрів:

$$U, V = \frac{\text{Номінальне значення напруги (межа вимірювань), В}}{\text{Значення останньої оцифрованої поділки шкали, под.}}$$

× Відлік показника, под.

Для амперметрів:

$$I, A = \frac{\text{Номінальне значення струму (межа вимірювань), А}}{\text{Значення останньої оцифрованої поділки шкали, под.}}$$

× Відлік показника, под.

Для ватметрів:

$$P, Вт = \frac{\text{Номінальне значення напруги (межа вимірювань), В} \times \text{Значення останньої оцифрованої}}{\times \text{Номінальне значення струму (межа вимірювань), А}} \times \text{поділки шкали, под.}$$

× Відлік показника, под.

Якщо прилад вимірює кратні або частинні величини, то змінюється лише розмірність чисельника у відношенні. Межі вимірювань вимірювальних приладів, якщо немає додаткових вказівок або приблизне значення фізичного параметра невідоме, спочатку слід обирати найбільшими. В подальшому необхідно зменшувати межу вимірювань до того значення, при якому показник буде знаходитись якомога далі від початку шкали, але ні в якому разі не зашкалювати, що досягається попереднім розрахунком.

Значення напруги і струму не повинні перевищувати відповідних номінальних значень ватметрів, тобто номінальні значення напруги і струму ні в якому разі не можна обирати за принципом зручності розрахунків, обираючи зручну сталу приладу.

### Зразок звіту з лабораторної роботи

1. Мета роботи
2. Прилади і обладнання

*Таблиця 1*

#### Прилади і обладнання

N п/п	Назва	Сист. або тип	Клас точн.	Межі вимірювань або зміни параметрів	Зав. N	Основні параметри	Прим.
1							
2							

3. Електричні принципові схеми
4. Таблиці даних спостережень і розрахунків
5. Розрахункові формули (повинна бути наведена повна словесна розшифровка всіх прийнятих умовних позначень)
6. Графіки та векторні діаграми  
(Будуються, якщо вони потрібні, охайно з використанням креслярських приладів на міліметровій або на папері в клітинку.

Векторні діаграми повинні супроводжуватись наведенням масштабів, обраних з ряду  $1 \cdot 10^n$ ,  $2 \cdot 10^n$ ,  $5 \cdot 10^n$ , де  $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ).

## 7. Висновки

(Потрібно дати основні висновки по роботі. Так, наприклад, в роботах по повірках приладів треба перш за все встановити факт відповідності або невідповідності приладів своєму класу точності).

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

## ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ МЕТОДОМ ТРЬОХ АМПЕРМЕТРІВ І МЕТОДОМ ТРЬОХ ВОЛЬТМЕТРІВ

### 1.1. Мета роботи

Вивчення методів непрямих вимірювань на прикладі непрямого вимірювання потужності з використанням трьох вольтметрів або трьох амперметрів.

### 1.2. Підготовка до роботи

До приходу в лабораторію необхідно:

- ознайомитись з описом лабораторної роботи і підготувати бланк звіту;
- ознайомитись з матеріалами лекцій та навчальною літературою.

### 1.3. Загальні відомості

Метод трьох вольтметрів. Цей метод виключає необхідність застосування ватметра і дозволяє за допомогою трьох вольтметрів визначити потужність та інші параметри споживача. Для цього послідовно із споживачем енергії з деяким активним опором  $R_2$  та реактивним опором  $X_2$  вмикається активний опір  $R_1$ , величина якого повинна бути відомою (рис. 1.1). Після чого трьома вольтметрами вимірюють напруги:

$U$  – на вході всього кола;

$U_1$  – на відомому опорі;

$U_2$  – на споживачеві.

Кожна з цих трьох напруг може бути відповідно представлена приведеними нижче виразами:

$$U = IZ = I\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + X_2^2};$$

$$U_1 = I R_1;$$

$$U_2 = I_2\sqrt{R_2^2 + X_2^2}.$$

За знайденими трьома напругами за допомогою циркуля будемо трикутник напруг (рис. 1.2).

За теоремою Піфагора  $U^2 = U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos \varphi_2$ . Оскільки  $U_1 = IR_1$ , будемо мати  $U^2 = U_1^2 + U_2^2 + 2U_2R_1I \cos \varphi_2$ . Тут кут  $\varphi_2$  представляє собою зсув фаз між напругою і струмом в споживачеві енергії. Тоді:

$$U_2 \cos \varphi_2 = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1}; \quad U_2 I \cos \varphi_2 = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1} \cdot I;$$

$$P_2 = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2R_1}.$$

Оскільки струм  $I = \frac{U_1}{R_1}$ , то активний опір споживача енергії буде:

$$R_2 = \frac{P_2}{I^2}.$$

Реактивний опір споживача:

$$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2},$$

$$\text{де } Z_2 = \frac{U_2}{I}.$$

Цей метод придатний для вимірювання потужності малопотужних споживачів, особливо на підвищених частотах. Для досягнення більшої точності необхідно намагатися, щоб напруги  $U_1$  і  $U_2$  були приблизно однаковими, а живлення здійснювалось від джерела

струму.

Метод трьох амперметрів. Для вимірювання потужності за методом 3-х амперметрів потрібно паралельно до споживача енергії, потужність якого повинна бути визначена, приєднати відомий активний опір  $R_1$  (рис. 1.3), виміряти загальний струм  $I$  і струми  $I_1$  і  $I_2$  у вітках. Струм  $I_1$  співпадає по фазі з загальною напругою  $U = U_1 = R_1 I_1$ .

Відкладаючи на векторній діаграмі (рис. 1.4) виміряні значення струмів, одержимо:

$$I^2 = I_1^2 + I_2^2 + 2I_1 I_2 \cos \varphi_2 = I_1^2 + I_2^2 + 2I_2 \frac{U}{R_1} \cos \varphi_2;$$

$$P_2 = UI_2 \cos \varphi_2; \quad I^2 = I_1^2 + I_2^2 + 2 \frac{P_2}{R_1}.$$

$$\text{Звідки } P_2 = \frac{(I^2 - I_1^2 - I_2^2)}{2}.$$

Для отримання більшої точності бажана приблизна рівність струмів  $I_1$  і  $I_2$ .

Графічна побудова векторної діаграми для методу трьох вольтметрів може бути виконана наступним чином: вектор струму будується в масштабі по напрямку вісі ординат. Після того на основі значення  $R_1$  і показу вольтметра  $U_1$  визначається його величина за формулою:

$$I = \frac{U_1}{R_1}.$$

Далі на напрямок струму  $I_1$  відкладається пропорційна йому величина  $U_1$ . Хоча напрямки виміряних величин  $U_1$  та  $U_2$  нам невідомі, але оскільки вони представляють собою замкнутий трикутник  $\underline{U} = \underline{U}_1 + \underline{U}_2$ , то побудова діаграм зводиться до побудови

трикутника по трьом відомим сторонам. Для побудови сторін  $\underline{U}$  і  $\underline{U}_2$  описуємо з точки «0» радіусами, рівними  $U$  і  $U_2$ , взятими у визначеному масштабі, дуги. Точка перетину дуг є геометричним місцем кінців векторів  $\underline{U}$  і  $\underline{U}_2$ .

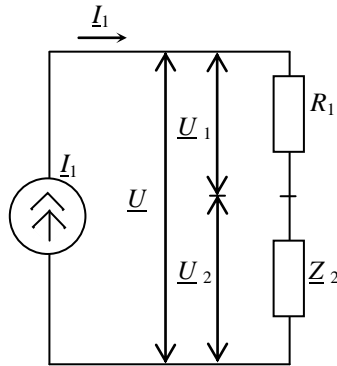


Рис. 1.1. Електрична принципова схема до метода вимірювання потужності за допомогою трьох вольтметрів

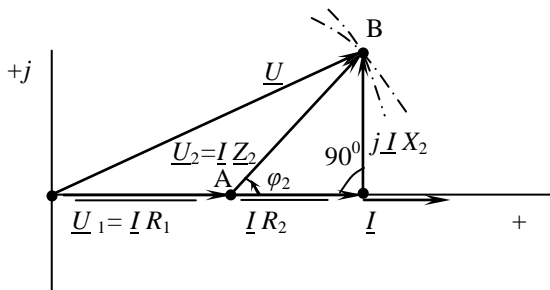


Рис. 1.2. Векторна діаграма до схеми вимірювання потужності за допомогою трьох вольтметрів

Побудова векторної діаграми для метода трьох амперметрів

виконується аналогічним чином. Спрямуємо вектор напруги  $U$  на вісь ординат. По напрямку вектора напруги відкладаємо струм  $I_1$ . За показами амперметрів будемо трикутник струмів  $I = I_1 + I_2$  так саме, як будували трикутник напруг.

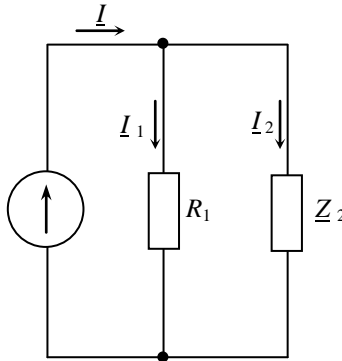


Рис. 1.3. Електрична принципова схема до метода вимірювання потужності за допомогою трьох амперметрів

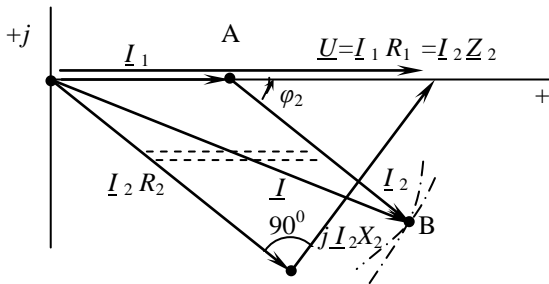


Рис. 1.4. Векторна діаграма до схеми вимірювання потужності за допомогою трьох амперметрів

#### 1.4. Прилади і обладнання

1. Навантаження – трифазний асинхронний двигун при неповно-



фазному вмиканні.

2. Вольтметри 250 В, кл. 1,5 – 3 шт.

3. Амперметри – кл. 1,5, принаймні один з яких на 5 А, інші на 2 А або 5 А – 3 шт.

4. Лабораторний автотрансформатор.

### 1.5. Порядок виконання роботи

1. Для проведення досліду «Метод трьох амперметрів» зібрати схему, зображену на рис. 1.5.

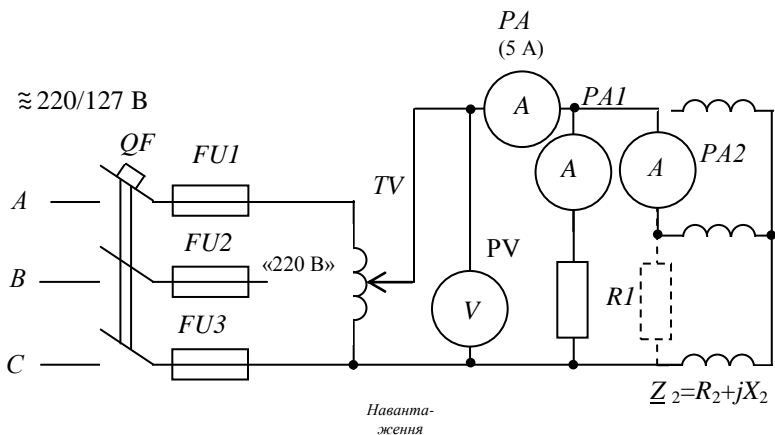


Рис. 1.5. Електрична принципова схема вимірювання потужності за допомогою трьох амперметрів

2. Після перевірки і вмикання схеми керівником автотрансформатором виставити напругу 50 В. Покази приладів записати в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Виміри				Розрахунки				
$U$ , В	$I$ , А	$I_1$ , А	$I_2$ , А	$R_1$ , Ом	$P_2$ , Вт	$R_2$ , Ом	$U_2$ , В	$Q_2$ , ВАр
50							50	

Розрахункові формули:

$$R_1 = \frac{U}{I_1};$$

$$P_2 = \frac{(I^2 - I_1^2 - I_2^2) \cdot R_1}{2};$$

$$R_2 = \frac{P_2}{I_2^2};$$

$$U_2 = U_1 = U = I_1 \cdot R_1 = 50B;$$

$$Q = \sqrt{(U_2 \cdot I_2)^2 - P_2^2}.$$

3. Для проведення дослідів «Метод трьох вольтметрів» зібрати схему, зображену на рис. 1.6.

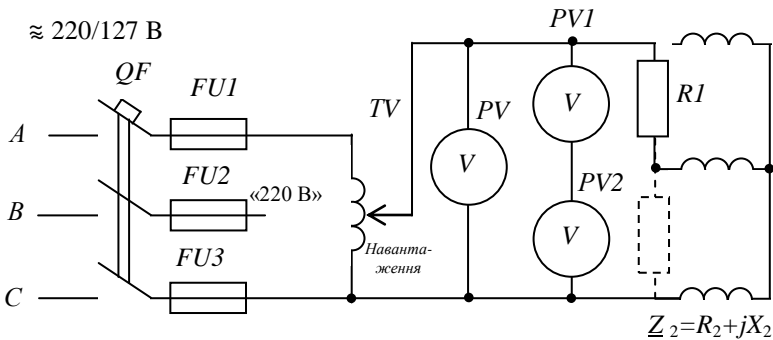


Рис. 1.6. Електрична принципова схема вимірювання потужності за допомогою трьох вольтметрів

4. Після перевірки і вмикання схеми керівником автотрансформатором виставити напругу 100 В. Покази записати в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

### Результати вимірювань і розрахунків

Виміри	Розрахунки
--------	------------

$U,$ В	$U_1,$ В	$U_2,$ В	$R_1,$ Ом	$P_2,$ Вт	$I,$ А	$R_2,$ Ом	$X_2,$ Ом	$P_1,$ Вт	$Q_2,$ ВАр	$L,$ Гн	$q$

Розрахункові формули:

$$P_2 = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2 \cdot R_1}; \quad (\text{значення } R_1 \text{ взяти з табл. 1.1});$$

$$I = \frac{U_1}{R_1};$$

$$R_2 = \frac{P_2}{I^2};$$

$$X_2 = \sqrt{\left(\frac{U_2}{I}\right)^2 - R_2^2};$$

$$Q_2 = I^2 \cdot X_2; \quad L = \frac{X_2}{2 \cdot \pi \cdot 50}; \quad q = \frac{X_2}{R_2}.$$

5. Виконати розрахунки і внести їх в табл. 1.1 і 1.2.

6. Побудувати векторні діаграми для обох схем, взявши масштаби напруги та струму відповідно:

$m_U = 10$  В/см і  $m_I = 0,2$  А/см. Знаходження спільної точки векторів  $\underline{I}_2$  та  $\underline{I}$  і  $\underline{U}_2$  та  $\underline{U}$  здійснюється методом засічок з використанням циркуля або шляхом розрахунку відповідних кутів зсуву фаз.

1.6. Зміст звіту

1. Назва роботи.

2. Мета роботи.

3. Електричні принципові схеми.
4. Перелік приладів і обладнання.
5. Таблиці 1.1 і 1.2 дослідних даних.
6. Розрахункові формули.
7. Векторні діаграми за рис. 1.2 і рис. 1.4.

#### 1.7. Запитання для самоперевірки

1. Накреслить можливі схеми вимірювання опору вольтметром та амперметром.
2. Назвіть методи вимірювання опору постійного та змінного струмів.
3. Яким способом вимірюється малий опір?
4. Які є методи вимірювання опору ізоляції електричних машин.
5. В чому полягає особливість вимірювання великого опору?
6. Накреслить і поясніть схеми безпосереднього вимірювання непрямим методом.
7. Як виміряти опір ізоляції лінії?
8. Перелічіть переваги і недоліки вимірювання потужності постійного струму амперметром і вольтметром.
9. Чи можна електродинамічним ватметром вимірювати активну та реактивну потужність?

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Володарський Є. Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю / Є. Т. Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко та ін. // Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219 с.
2. Черепнев А. С. Метрология и основы измерений / А. С. Черепнев, Г. А. Ляшенко, Н. А. Романченко // Харьков, 2008. – 182 с.
3. Черенков О. Д. Основи метрології та електричних вимірювань. Підручник / О. Д. Черенков, Н. Г. Косуліна, Г. А. Ляшенко // Х.: ФОП Влавке, 2020. – 150 с.
4. Основи метрології та електричних вимірювань. Частина 1: Конспект лекцій / В. В. Кухарчук // Вінниця: ВНТУ, 2020. – 148 с.

## ЗМІСТ

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ .....	5
ВКАЗІВКИ ПО МОНТАЖУ СХЕМ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ..	7
ПРАВИЛА ЗНЯТТЯ ПОКАЗІВ З ПРИЛАДІВ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВІДЛІКУ .....	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ МЕТОДОМ ТРЬОХ АМПЕРМЕТРІВ І МЕТОДОМ ТРЬОХ ВОЛЬТМЕТРІВ .....	12
1.1. Мета роботи .....	12
1.2. Підготовка до роботи .....	12
1.3. Загальні відомості .....	12
1.4. Прилади і обладнання .....	16
1.5. Порядок виконання роботи .....	17
1.6. Зміст звіту .....	19
1.7. Запитання для самоперевірки .....	20
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	20



Навчальне видання

**ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ МЕТОДОМ ТРЬОХ  
АМПЕРМЕТРІВ І МЕТОДОМ ТРЬОХ ВОЛЬТМЕТРІВ**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт

Автори-укладачі:  
**КОСУЛІНА** Наталія Геннадіївна  
**ЛЯШЕНКО** Геннадій Анатолійович  
**ПОЛЯНОВА** Надія Володимирівна

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman  
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. \_.

Наклад \_\_\_пр.

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44