



Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

**Кафедра електропостачання та енергетичного
менеджменту**

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ МАТЕРІАЛИ

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
«Визначення питомого опору провідникових матеріалів» для
здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної
форми навчання зі спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

**Харків
2023**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

**Кафедра електропостачання та енергетичного
менеджменту**

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
«Визначення питомого опору провідникових матеріалів» для
здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми
навчання зі спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Затверджено рішенням
науково-методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та комп'ютерних
технологій
Протокол № 3
від 22 лютого 2023 року

Харків
2023

УДК 620.311

Схвалено на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного менеджменту
Протокол №7 від 8.02.2023 р.

Рецензенти:

С. О. Тимчук, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ.

Ю. М. Хандола, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

Електротехнічні матеріали: Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Визначення питомого опору провідникових матеріалів» студентами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навч., спец.: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; Державний біотехнологічний університет; упоряд.: В. Г. Пазій – Харків: 2023. – 12 с.

Методичні вказівки включають відомості про провідникові матеріали, їхні властивості та застосування в техніці. Наведено методику визначення питомого опору провідників, заходи безпеки при виконанні роботи, формули для розрахунку та вимоги для оформлення звіту. Виконання лабораторної роботи допоможе майбутнім фахівцям використовувати отримані знання на практиці.

Видання призначене для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

УДК 620.311

Відповідальний за випуск: **В. Г. Пазій**

© Пазій В.Г. 2023.

© ДБТУ, 2023

МЕТА РОБОТИ

Навчитися визначати питомий опір провідників складної форми та за його значенням визначати матеріал провідника.

ПРОГРАМА РОБОТИ

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями про провідники та методи вимірювання їх питомого опору.
2. Записати в звіт паспортні дані приладів та апаратів.
3. Виміряти геометричні параметри (довжину, площу перерізу) отриманих зразків провідників.
4. Виміряти опір зразків.
5. За даними вимірювань обчислити значення питомого опору провідників.
6. Зробити висновки по роботі та оформити звіт.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Провідність чистих металів і сплавів обумовлена рухом електронів усередині провідника під дією електричного поля.

Метали належать до числа провідників першого роду, що характеризуються малою величиною питомого опору і позитивним температурним коефіцієнтом опору. Домішки, навіть у незначній кількості, помітно знижують питому електропровідність металів, якщо вони утворюють із металом твердий розчин.

Зазначені якості пояснюються особливістю будови металів.

Всі метали і їхні сплави – тіла кристалічної будови. Кристалічні решітки металів побудовані з позитивних іонів, між якими розташовані зовнішні валентні електрони. Вони в сукупності становлять ніби «електронний газ». Електронний газ за властивостями відрізняється від звичайних газів.

За відсутності електричного поля електрони перебувають у безладному тепловому русі. При прикладенні електричного поля на кожний електрон починає діяти сила, що дорівнює: $F = qE$. Така ж сила, але зворотного знаку, буде діяти на кожний позитивний іон основних решіток металу, але внаслідок твердості решіток ця сила ніякого переміщення іонів не викличе.

При зіткненні електронів з атомами кристалічної решітки енергія електронів передається атомам металу, внаслідок чого провідник нагрівається. Таким чином, чим менше число зіткнень електронів з

іонами, тим більша провідність i , відповідно, менший опір.

Опір провідника визначають шляхом вимірювання.

Вимірювання – процес порівняння будь-якої вимірюваної величини з однорідною величиною, умовно взятою за одиницю вимірювання.

Розрізняють такі типи вимірювань:

1. Прямі вимірювання – результат отримують з дослідження одного вимірювання. До таких вимірювань належать ті, які виконують за допомогою приладів, градуйованих у визначених одиницях (наприклад, вимірювання струму амперметром, напруги – вольтметром, опору – омметром і т.д.).

2. Непрямі вимірювання – результат одержують на основі прямих вимірювань кількох величин, які пов'язані з вимірюваною величиною визначеною залежністю. Приклад – вимірювання питомого опору.

В електротехніці прийнята така класифікація опорів за величиною:

- а) малі опори – до 1 Ом;
- б) середні опори – 1 ... 100000 Ом;
- в) великі опори – понад 100 кОм.

Залежно від величини електричні опори вимірюють трьома основними методами:

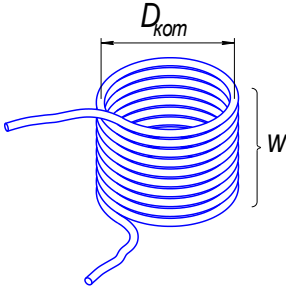
- 1) метод безпосередньої оцінки з застосуванням омметра.
- 2) метод амперметра і вольтметра.
- 3) метод порівняння за допомогою вимірювальних мостів і потенціометрів.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вимірювання довжини провідника

а) Довжину рівного провідника вимірюють безпосередньо за допомогою лінійки. Даний спосіб використовують, коли провідник має невелику довжину і його можна легко розмотати з котушки.

б) Довжина провідника у вигляді одношарової котушки, намотаної на круглий стержень, визначається наступним чином:



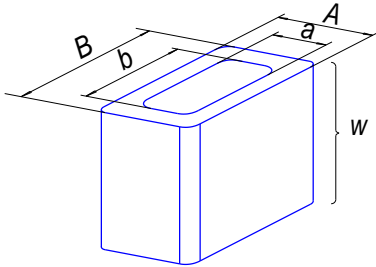
$$l = l_{\text{вит.}} \cdot w = \pi \cdot D_{\text{кот}} \cdot w, \text{ м}$$

де $l_{\text{вит.}}$ – довжина 1 витка;

w – кількість витків;

$D_{\text{кот}}$ – діаметр котушки, м.

в) Довжина проводу багатошарової котушки, намотаної на стержень прямокутного перерізу



$$l = l_{\text{вит.}} \cdot w, \text{ м};$$

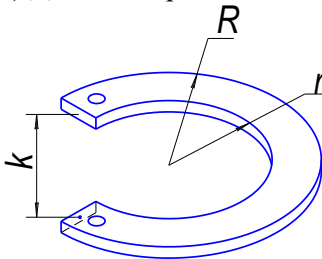
$$l = (A + B + a + b) \cdot w, \text{ м}$$

де $l_{\text{вит.}}$ – середня довжина одного витка котушки, м;

A, B, a, b – довжина і ширина зовнішньої та внутрішньої сторони котушки відповідно, м;

w – кількість витків.

г) Довжина провідника складної форми.



$$l = 2\pi \left(\frac{R+r}{2} \right) \cdot k, \text{ мм}$$

де R – зовнішній радіус кільця, мм;

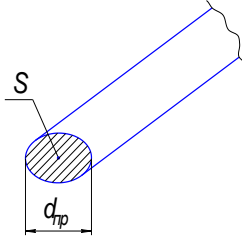
r – внутрішній радіус, мм;

k – частина кільця, яку необхідно виключити з

розрахунків.

2. Визначення площі поперечного перерізу провідника

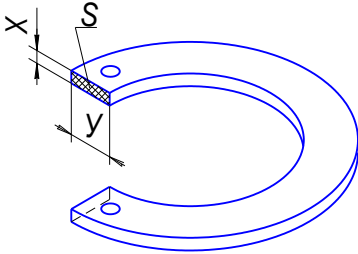
а) Провідник круглого перерізу.



$$S = \frac{\pi \cdot d_{np}^2}{4}, \text{ мм}^2$$

де d_{np} – діаметр провідника, мм.

б) Провідник прямокутного перерізу.



$$S = x \cdot y, \text{ мм}^2$$

3. Вимірювання опору провідника

а) Вимірювання опору за допомогою приладу Ф4103-М1

Даним приладом зручно користуватись при значеннях вимірюваного опору менше 1 Ом (наприклад, опір відрізка проводу).

Для проведення вимірювання приладом Ф4103-М1 необхідно:

1) Встановити прилад на горизонтальній поверхні.

2) Перевірити напругу живлення приладу. Для цього закортити затискачі Т1, П1, П2, Т2, установити перемикач РОД РАБОТ у положення КЛБ, перемикач ПРЕДЕЛЫ, Ω - «0,3», ручку КЛБ - у крайнє праве положення. Натиснути кнопку «ІЗМ». Якщо при цьому індикатор КП не світиться – напруга живлення в нормі.

3) Перевірити працездатність приладу.

Зробити калібрування приладу: встановити перемикач «РОД РАБОТ» у положення «КЛБ», установити «0» ручкою «УСТ 0», натиснути кнопку «ІЗМ», ручкою «КЛБ» установити стрілку на позначку «30». При неможливості проведення калібрування прилад підлягає ремонту.

4) Зібрати схему вимірювання, де замість R_x підключити досліджуваний провідник.

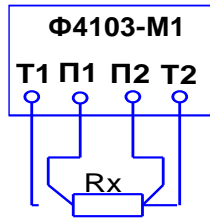


Рисунок 6.1 – Схема вимірювання опору за допомогою приладу Ф4103-М1

5) Виміряти опір провідника. Для цього орієнтовно встановити діапазон вимірювань відповідно до вимірюваного опору провідника. Встановити перемикач РОД РАБОТ у положення ИЗМ II, нажати кнопку ИЗМ і відрахувати значення опору.

б) Метод амперметра – вольтметра

Для вимірювання опору обмоток з невеликою кількістю витків, які мають низький опір, доцільно використовувати схему рис. 6.2.

При вимірюванні опору даним методом сила струму в колі не повинна перевищувати 20 % від номінальної, щоб запобігти перегріванню обмоток.

Тривалість вимірювання необхідно обмежити часом, необхідним для зняття показів приладів.

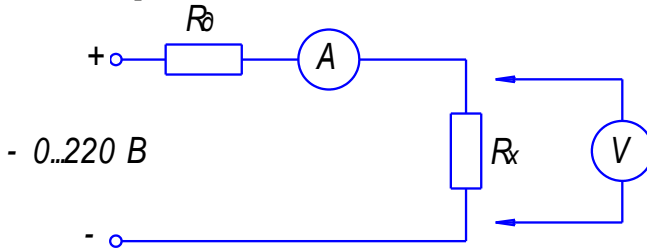


Рисунок 6.2 – Схема вимірювання опору провідника методом амперметра – вольтметра

При значній індуктивності обмотки, необхідно підключати вольтметр при усталеному значенні струму в колі, а вимикати – до розриву кола, щоб запобігти пошкодженню приладу е.р.с. самоіндукції обмотки.

Перед вимиканням кола, вимірювальний струм знижують до не

більш як 5 % його номінального значення.

Опір розраховують за формулою:

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_B}}, \text{ Ом,}$$

де R_B – опір вольтметра, Ом;

U – значення напруги, яку показав вольтметр, В;

I – струм у колі, А.

При вимірюванні опору при температурі відмінній від стандартної (20°C), значення опору необхідно перерахувати за формулою:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \Delta t), \text{ Ом}$$

де R_0 – опір при 20°C ;

α – температурний коефіцієнт опору;

Δt – перевищення температури над стандартною.

в) Метод безпосередньої оцінки з застосуванням омметра (мультиметра).

Для визначення опору за допомогою даного методу використовують омметри різних типів. Відлік значення опору здійснюють безпосередньо зі шкали без додаткових розрахунків.

При використанні цього способу, особливо при вимірюванні великих опорів, не рекомендується братися руками за щупи омметра, щоб уникнути похибки вимірювань.

4. Знаходження питомого опору провідника

Питомий опір провідника обчислюємо за формулою:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

де R – опір провідника, Ом;

S – площа поперечного перерізу провідника, м^2 ;

l – довжина провідника, м.

За довідковими даними визначаємо матеріал провідника.

Таблиця 6.1 – Характеристики провідникових матеріалів

Назва металу	Густина, кг/м ³ ·10 ⁻³	Температура плавлення, °С	Питомий опір, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{м}}{10^{-6}}$	Температурний коефіцієнт опору при 20°С, град ⁻¹
Алюміній	2,7	658	0,0262	0,00423
Вісмут	9,8	271	1,06	0,00391
Вольфрам	18,7	3370	0,049	0,0044
Залізо	7,86	1535	0,0978	0,00625
Золото	19,3	1063	0,0220	0,00365
Кадмій	8,6	321	0,0714	0,00375
Кобальт	8,8	1480	0,0554	0,00551
Магній	1,74	651	0,0427	0,00381
Марганець	7,4	1250	0,0441	-
Мідь	8,92	1083	0,0168	0,00395
Молібден	10,2	2620	0,0477	0,00479
Нікель	8,8	1451	0,073	0,00621
Олово	7,3	232	0,114	0,00438
Платина	21,2	1771	0,105	0,00398
Ртуть	14,1	-38,9	0,958	0,0009
Свинець	11,4	327	0,206	0,0041
Срібло	10,5	960	0,016	0,00361
Цинк	7,1	420	0,059	0,0039
Хром	7,1	2000	0,026	0,00551

ПЛАН СКЛАДАННЯ ЗВІТУ

Звіт до лабораторної роботи виконується на аркушах формату А4 з одного боку і повинен містити такі дані:

1. Титульний лист встановленого зразка з темою роботи і прізвищами виконавців.

2. Мета та програма роботи.

3. Паспортні дані вимірювальних приладів, що використовуються в роботі (табл. 6.2).

4. Хід виконання роботи, де повинні бути описані види зразків, операції, що з ними проводяться, формули для розрахунків з поясненнями.

5. Принципові електричні схеми вимірювання опору провідників. Схеми викреслюються обов'язково вручну (ксерокопія не допускається) з дотриманням розмірів і стандартів умовних позначень елементів.

Таблиця 6.2 – Паспортні дані вимірювальних приладів

Позначення на схемі	Назва приладу	Марка приладу	Система	Заводський номер	Номінальні величини	Клас точності

6. Таблиця з внесеними виміряними даними та даними розрахунків.

Таблиця 6.3 – Дані вимірювань та результати розрахунків

№ досл.	Досліджуваний зразок	Дані вимірювання			Результати розрахунків	
		l , м	S , мм ²	R , Ом	ρ , мкОм·м	Матеріал зразка
1	Прямий провідник					
2	Одношарова					
3	котушка					
4	Багатошарова котушка					
	Провідник складної форми					

7. Висновки по роботі.

У висновки потрібно порівняти отримані результати з даними, наведеними в табл. 1, визначити матеріал, з якого виготовлений відповідний зразок, вказати до якої групи провідникових матеріалів він належить.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке питомий опір провідника?
2. Як змінюється опір провідників при зміні температури? Температурний коефіцієнт опору.
3. Як впливають домішки сторонніх речовин на провідність металів?
4. Методи вимірювання опору.
5. Перелічіть послідовність операцій, необхідних для визначення питомого опору зразка та вкажіть засоби і інструменти, які при цьому потрібні.

Навчальне видання

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи
Визначення питомого опору провідникових матеріалів

Автор - укладач:

ПАЗІЙ Володимир Григорович

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 0,6. Наклад 100 пр.

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