

§ 11. ЕЛЕКТРИЧНИЙ ОПІР. ЗАКОН ОМА

?

Згадайте механічний аналог електричного кола, запропонований у § 8 (див. рис. 8.4). А тепер уявіть, що досить тривалий час саме ви будете «черпальником», тобто маєте підтримувати обертання вертушки. Як це зробити з найменшими зусиллями? Скоріше за все, ви намагатиметеся зробити так, щоб вода з трубки виливалася повільніше, і, очевидно, для цього оберете дуже тонку трубку, а перепад рівней води у посудинах зробите якомога меншим.

Згадайте, що різниця рівней води — аналог напруги, а кількість води, що пройшла через трубку за 1 с, — аналог сили струму. Отже, можемо припустити, що сила струму на ділянці електричного кола зменшується в разі зменшення напруги і залежить від провідних властивостей провідника. Давайте перевіримо ці припущення.

1

Переконуємося, що сила струму в провіднику залежить від напруги на його кінцях

Складемо електричне коло, споживачем у якому буде металевий дріт, а джерелом струму — пристрій, на виході якого можна змінювати напругу. Для вимірювання сили струму та напруги на ділянці кола, що складається з металевого дроту, використаємо амперметр і вольтметр (рис. 11.1, а).

Дослід показує, що в разі збільшення напруги на дроті у 2 рази сила струму в ньому так само зростає у 2 рази (рис. 11.1, б); збільшення напруги на дроті у 2,5 разу приведе до зростання сили струму в ньому також у 2,5 разу (рис. 11.1, в) і т. д.

Таким чином, у скільки разів збільшиться (зменшиться) напруга на дроті, у стільки ж разів зростає (зменшиться) в ньому сила струму. Інакше кажучи, *сила струму в провіднику прямо пропорційна напрузі на кінцях провідника*. Цю залежність уперше експериментально встановив німецький учений *Г. Ом* (рис. 11.2) у 1826 р.

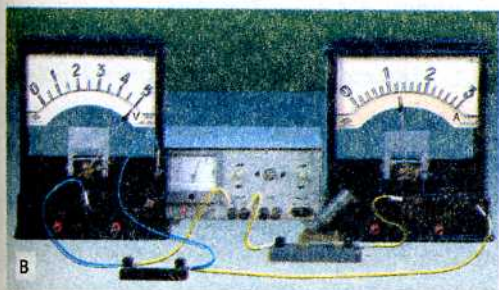
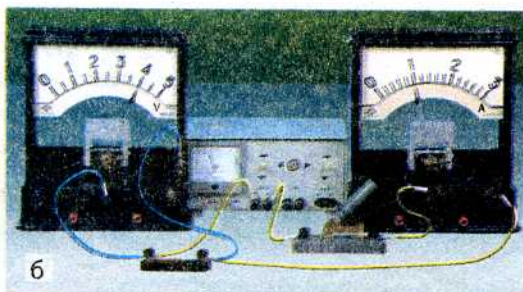
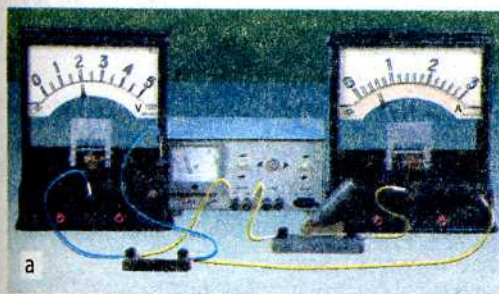


Рис. 11.1. Дослід, що демонструє залежність сили струму в провіднику від поданої на провідник напруги



Рис. 11.2. Георг Сімон Ом (1787–1854) — німецький фізик, у 1826 р. експериментально відкрив закон, що був згодом названий його ім'ям

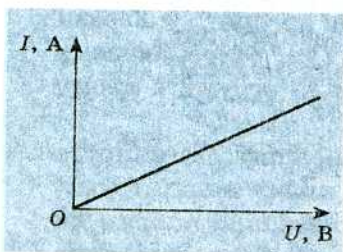


Рис. 11.3. Графік залежності сили струму в провіднику від напруги на його кінцях — пряма лінія

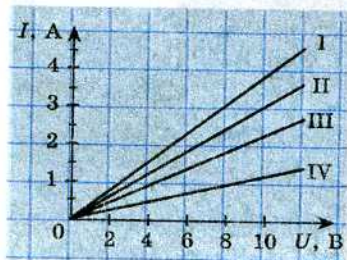


Рис. 11.4. Залежність сили струму від напруги для різних провідників

З курсу математики вам відомо, що таку залежність можна виразити формулою $I = kU$ (k — коефіцієнт пропорційності) і подати у вигляді графіка, зображеного на рис. 11.3. Залежність сили струму в провіднику від напруги на його кінцях називають *вольт-амперною характеристикою провідника*; зазвичай її подають у вигляді графіка (див. рис. 11.3) або таблиці.

2 Знайомимося з електричним опором

Провівши дослід, описаний у п. 1, з іншими провідниками, побачимо: щоразу сила струму в провіднику є пропорційною напрузі на його кінцях ($I = kU$), а от коефіцієнт пропорційності для кожного випадку буде різним, про що свідчать різні кути нахилу графіків (рис. 11.4).

Таким чином, *сила струму в провіднику залежить не тільки від напруги на його кінцях, але й від властивостей самого провідника*.

На практиці залежність $I = kU$ частіше записують у вигляді $I = \frac{1}{R}U$ або $I = \frac{U}{R}$, де R — *електричний опір провідника**. Чим більший опір має провідник, тим менша в ньому сила струму за тієї самої напруги на кінцях провідника. Саме тому величина R одержала таку назву. Провідник, який має опір, створює протидію напрямленому руху зарядів у ньому, і при цьому частина електричної енергії перетворюється на внутрішню енергію провідника — аналогічно тому, як сила опору в механіці протидіє механічному рухові тіл і при цьому частина механічної енергії перетворюється на внутрішню.

Електричний опір — це фізична величина, яка характеризує властивість провідника протидіяти електричному струму.

Одиниця опору в СІ — **Ом (ом)**.

1 Ом — це опір такого провідника, в якому при напрузі на кінцях 1 В сила струму дорівнює 1 А:

$$1 \text{ Ом} = 1 \frac{\text{В}}{\text{А}}.$$

* Величину $\frac{1}{R}$ у фізиці називають *провідністю*. Одиниця провідності в СІ — *сименс (См)*, названа так на честь німецького фізика й електротехніка *Ернста Сименса* (1816–1892). 1 См — електрична провідність провідника з опором 1 Ом.

Більшість радіоелектронних пристроїв неможливо уявити без *резисторів* — деталей, що забезпечують певні опори (рис. 11.5). Опір резистора позначають на його корпусі.

3 Формулюємо закон Ома для ділянки кола
Усе те, що ви дізналися про опір провідника та про залежність сили струму в провіднику від напруги на його кінцях, справджується і для ділянки кола, яка містить будь-яку кількість провідників. Отже, **закон Ома для ділянки кола** формулюється так:

Сила струму в ділянці кола прямо пропорційна напрузі на кінцях цієї ділянки.

Математичним записом закону Ома є формула:

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

де R — опір ділянки кола, який залежить тільки від властивостей провідників, що складають ділянку.

Закон Ома — один із найважливіших фізичних законів, і більша частина розрахунків електричних кіл в електротехніці ґрунтується саме на ньому.

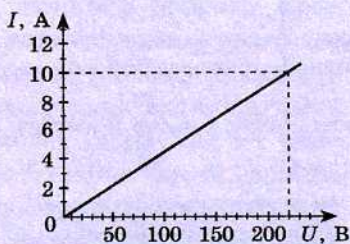
4 Учимося розв'язувати задачі

Задача. На рисунку подано вольт-амперну характеристику деякого металевого провідника. Скориставшись рисунком, визначте опір провідника.

Дано:

$$U = 220 \text{ В}$$

$$I = 10 \text{ А}$$



Аналіз фізичної проблеми
Графік залежності сили струму від напруги — це пряма лінія, тому для визначення опору скористаємося координатами будь-якої точки графіка та законом Ома.

R — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання
За графіком визначимо, що, наприклад, при напрузі 220 В сила струму в провіднику дорівнює 10 А.

Відповідно до закону Ома $I = \frac{U}{R}$, отже, $R = \frac{U}{I}$.

Визначимо значення шуканої величини:

$$[R] = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{Ом}; \{R\} = \frac{220}{10} = 22; R = 22 \text{ Ом}.$$

Відповідь: опір провідника становить 22 Ом.

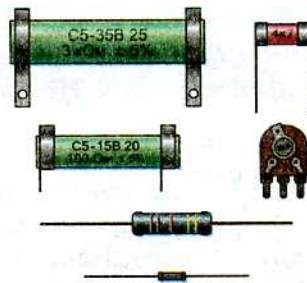


Рис. 11.5. Різні типи резисторів, що використовують в електротехніці

Підбиваємо підсумки

Сила струму в ділянці кола прямо пропорційна напрузі на кінцях даної ділянки. Цю закономірність називають законом Ома для ділянки кола та математично виражають формулою $I = \frac{U}{R}$, де R — опір ділянки, який залежить тільки від властивостей провідників, що її складають.

Електричний опір — це фізична величина, що характеризує властивість провідника протидіяти електричному струму.

Одиниця опору в СІ — Ом. 1 Ом — це опір такого провідника, у якому тече струм силою 1 А при напрузі на кінцях провідника 1 В.

**Контрольні запитання**

1. Як на досліді показати, що сила струму в провіднику пропорційна напрузі на його кінцях?
2. Як на досліді показати, що сила струму в провіднику залежить від властивостей провідника?
3. Що таке опір провідника?
4. На честь якого вченого названо одиницю опору провідника?
5. Що таке 1 Ом?
6. Сформулюйте закон Ома для ділянки кола.

**Вправа № 11**

1. На рис. 11.4 подано вольт-амперні характеристики кількох провідників. Визначте опори цих провідників.
2. Сила струму, що протікає у спіралі кип'ятильника, дорівнює 1,5 А. Визначте напругу на спіралі, якщо її опір становить 150 Ом.
3. Якщо на деякій ділянці кола напруга становить 12 В, то сила струму в цій ділянці дорівнює 0,6 А. Якою буде сила струму в ділянці, якщо до її кінців прикласти напругу 6 В? 20 В? 1 В?
4. У вольтметрі, який показує 120 В, сила струму дорівнює 15 мА. Визначте опір вольтметра.
5. Опір провідника дорівнює 2 Ом. Подайте вольт-амперну характеристику цього провідника у вигляді графіка.
6. По провіднику, до кінців якого прикладена напруга 12 В, за 5 хв пройшов заряд 60 Кл. Визначте опір провідника.
7. Користуючись показами приладів, які зображені на рис. 1, визначте опір електричної лампи.
8. Якщо в електричному колі, поданому на рис. 2, замкнути ключ, то стрілка амперметра розміститься так, як показано на рисунку. Визначте ціну поділки шкали амперметра.
9. Чи залежить опір провідника від сили струму в ньому й напруги на його кінцях? Поясніть свою відповідь.

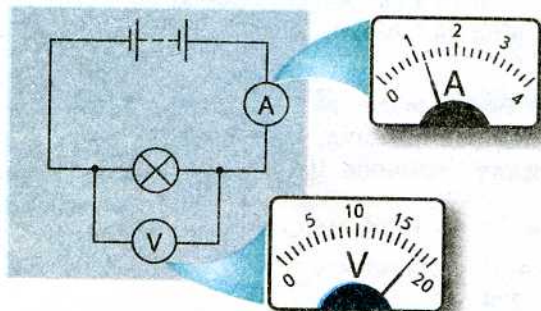


Рис. 1

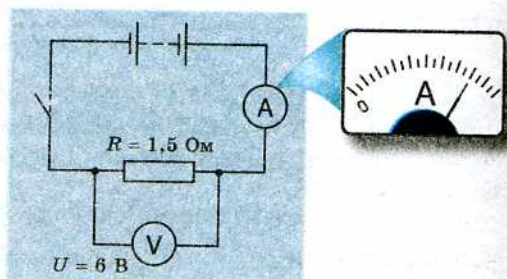


Рис. 2