

## Урок 2. Послідовне і паралельне з'єднання провідників. Шунти і додаткові опори

### Хід уроку

#### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

##### 1. Послідовне з'єднання провідників

Послідовне з'єднання провідників – це таке з'єднання, яке не містить розгалужень (провідники розташовані послідовно один за одним).

*Властивості послідовного з'єднання провідників:*

1) Сила струму в усіх провідниках однакова і дорівнює загальній силі струму в ділянці кола:

$$I_1 = I_2 = I$$

Заряд, який проходить через поперечний переріз будь-якого провідника за деякий час  $t$ , буде однаковим:  $q_1 = q_2 = q$ .

$$\frac{q_1}{t} = \frac{q_2}{t} = \frac{q}{t} \quad I = \frac{q}{t} \quad \Rightarrow \quad I_1 = I_2 = I$$

2) Загальна напруга на провідниках дорівнює сумі напруг на цих провідниках:

$$U = U_1 + U_2$$

Для переміщення заряду  $q$  через обидва провідники має бути виконана робота:  $A = A_1 + A_2$ .

$$\frac{A}{q} = \frac{A_1}{q} + \frac{A_2}{q} \quad U = \frac{A}{q} \quad \Rightarrow \quad U = U_1 + U_2$$

3) Загальний опір провідників дорівнює сумі опорів цих провідників:

$$R = R_1 + R_2$$

$$U = U_1 + U_2 \quad IR = I_1R_1 + I_2R_2 \\ I_1 = I_2 = I \quad IR = IR_1 + IR_2 \quad \Rightarrow \quad R = R_1 + R_2$$

*n* послідовно з'єднаних провідників:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \\ U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \\ R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Загальний опір послідовно з'єднаних провідників опором  $R_0$  кожен дорівнює:  $R = nR_0$ , де  $n$  – кількість провідників.

##### 2. Паралельне з'єднання провідників

Паралельне з'єднання провідників – це таке з'єднання, при якому для проходження струму є два чи більше шляхів – віток, а всі ці вітки мають одну пару спільних точок – вузлів.

*Властивості паралельного з'єднання провідників:*

1) Загальна напруга на ділянці кола та напруга на кожному із провідників є однаковими:

$$U = U_1 = U_2$$

Якщо ділянка кола не містить джерела струму, то напруга на ділянці дорівнює різниці потенціалів на кінцях цієї ділянки.

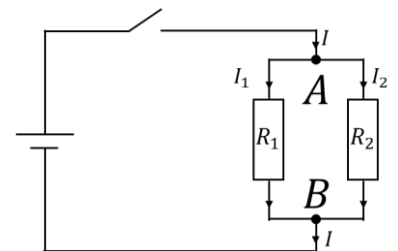
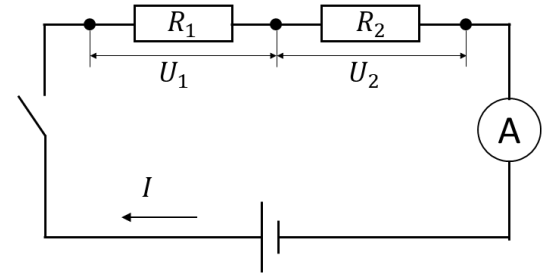
$$U_{12} = \varphi_A - \varphi_B \quad U_1 = \varphi_A - \varphi_B \quad U_2 = \varphi_A - \varphi_B \quad U = U_1 = U_2$$

2) Сила струму в нерозгалуженій частині кола дорівнює сумі сил струмів у відгалуженнях (окремих вітках):

$$I = I_1 + I_2$$

Заряд у вузловій точці не накопичується, тому заряд  $q$ , який надійшов у вузол за деякий час  $t$ , дорівнює сумі зарядів, які вийшли із цього вузла за той самий час:  $q = q_1 + q_2$ .

$$\frac{q}{t} = \frac{q_1}{t} + \frac{q_2}{t} \quad I = \frac{q}{t} \quad \Rightarrow \quad I = I_1 + I_2$$



3) Величина, обернена до загального опору розгалуженої ділянки кола, дорівнює сумі величин, кожна з яких обернена до опору відповідної вітки цього розгалуження:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$I = I_1 + I_2 \quad \frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$$

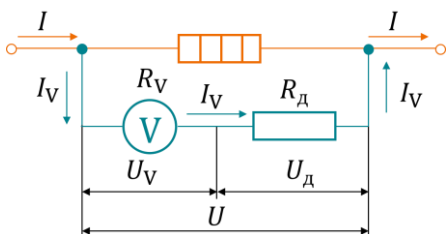
$$U_1 = U_2 = U \quad \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$n$  паралельно з'єднаних провідників:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Загальний опір паралельно з'єднаних провідників опором  $R_0$  кожен дорівнює:  $R = \frac{R_0}{n}$ , де  $n$  – кількість провідників.

### 3. Шунти і додаткові опори



Додатковий опір – резистор, який послідовно приєднують до вольтметра з метою збільшити верхню межу вимірювання вольтметра.

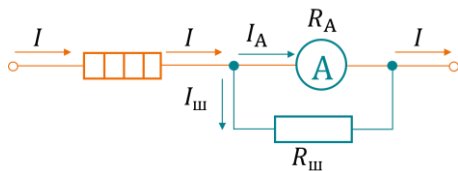
У разі застосування додаткового опору напруга розподілиться між вольтметром і додатковим опором:  $U = U_V + U_D$ .

Дізнаймося, який додатковий опір необхідно приєднати послідовно з вольтметром, щоб збільшити верхню межу вимірювання вольтметра в  $n$  разів:

$$U = nU_V \quad U = U_V + U_D$$

$$nU_V = U_V + U_D \quad \Rightarrow \quad U_D = U_V(n - 1)$$

$$I_D R_D = I_V R_V(n - 1) \quad I_D = I_V \quad \Rightarrow \quad R_D = R_V(n - 1)$$



Шунт – резистор, який паралельно приєднують до амперметра з метою збільшити верхню межу вимірювання амперметра.

У разі застосування шунта струм, який тече в колі, розділяється на дві частини: одна частина йде на

амперметр, друга – на шунт:  $I = I_A + I_ш$ .

Дізнаймося, який шунт необхідно приєднати паралельно амперметру, щоб збільшити верхню межу вимірювання амперметра в  $n$  разів:

$$I = nI_A \quad I = I_A + I_ш$$

$$nI_A = I_A + I_ш \quad \Rightarrow \quad I_ш = I_A(n - 1)$$

$$\frac{U_ш}{R_ш} = \frac{U_A}{R_A}(n - 1) \quad U_ш = U_A \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{R_ш} = \frac{(n - 1)}{R_A} \quad \Rightarrow \quad R_ш = \frac{R_A}{(n - 1)}$$

### ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАТЬ І ВМІНЬ

1. Ділянка кола складається з трьох провідників, опори яких становлять 1 Ом, 2 Ом і 3 Ом. Накресліть електричні схеми провідників, якщо вони з'єднані: а) послідовно; б) паралельно; в) два паралельно з'єднаних провідника – послідовно з третім. Знайдіть загальний опір у цих випадках.

Дано:

$$R_1 = 1 \text{ Ом}$$

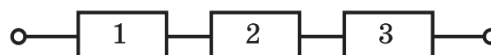
$$R_2 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 3 \text{ Ом}$$

$$R = ?$$

Розв'язання

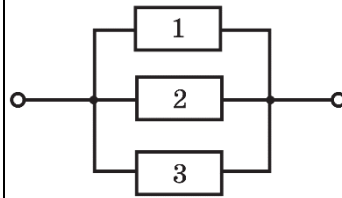
а)  $R_1, R_2, R_3$  з'єднані послідовно:



$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad [R] = \text{Ом} + \text{Ом} + \text{Ом} = \text{Ом}$$

$$R = 1 + 2 + 3 = 6 \text{ (Ом)}$$

б)  $R_1, R_2, R_3$  з'єднані паралельно:



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

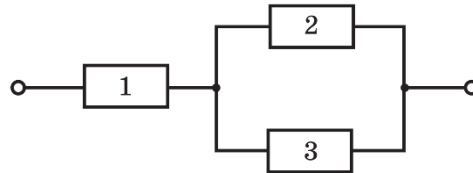
$$\frac{1}{R} = \frac{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}{R_1 R_2 R_3}$$

$$R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}$$

$$[R] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{Ом} \cdot \text{Ом}}{\text{Ом} \cdot \text{Ом} + \text{Ом} \cdot \text{Ом} + \text{Ом} \cdot \text{Ом}} = \text{Ом}$$

$$R = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{2 \cdot 3 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 2} \approx 0,55 \text{ (Ом)}$$

в) Мішане з'єднання:



$R_2, R_3$  з'єднані паралельно:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$[R_{23}] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{Ом}}{\text{Ом} + \text{Ом}} = \text{Ом} \quad R_{23}$$

$$= \frac{2 \cdot 3}{2 + 3}$$

$$= 1,2 \text{ (Ом)}$$

$R_1, R_{23}$  з'єднані послідовно:

$$R = R_1 + R_{23} \quad [R] = \text{Ом} + \text{Ом} = \text{Ом}$$

$$R = 1 + 1,2 = 2,2 \text{ (Ом)}$$

**Відповідь:**  $R = 15 \text{ Ом}$ .

2. Всі резистори, з яких складається ділянка електричного кола, мають однаковий опір 1 Ом. Амперметр показує 2 А, вольтметр – 12 В. Знайдіть напругу й силу струму в кожному з резисторів, а також загальну силу струму й напругу, підведену до всієї ділянки.

**а) Дано:**

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1 \text{ Ом}$$

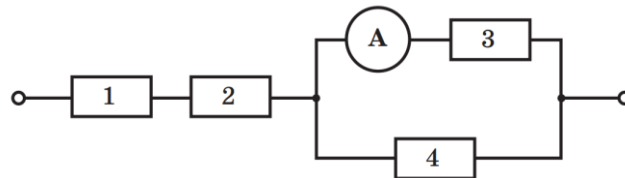
$$I - ? \quad I_1 - ? \quad I_2 - ?$$

$$I_3 - ? \quad I_4 - ?$$

$$U - ? \quad U_1 - ? \quad U_2 - ?$$

$$U_3 - ? \quad U_4 - ?$$

**Розв'язання**



$$I_3 = 2 \text{ А} \quad U_3 = I_3 \cdot R_3 \quad [U_3] = \text{А} \cdot \text{Ом} = \text{А} \cdot \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_3 = 2 \cdot 1 = 2 \text{ (В)} \quad U_3 = U_4 = U_{34} = 2 \text{ В}$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} \quad [I_4] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \quad I_4 = \frac{2}{1} = 2 \text{ (А)}$$

$$I_{34} = I_3 + I_4 \quad [I_{34}] = \text{А} + \text{А} = \text{А} \quad I_{34} = 2 + 2 = 4 \text{ (А)}$$

$$I_{34} = I_1 = I_2 = I = 4 \text{ А}$$

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 \quad [U_1] = \text{А} \cdot \text{Ом} = \text{А} \cdot \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_1 = 4 \cdot 1 = 4 \text{ (В)}$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2 \quad [U_2] = \text{А} \cdot \text{Ом} = \text{А} \cdot \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_2 = 4 \cdot 1 = 4 \text{ (В)}$$

$$U = U_1 + U_2 + U_{34} \quad [U] = \text{В} + \text{В} + \text{В} = \text{В}$$

$$U = 4 + 4 + 2 = 10 \text{ (В)}$$

$$\text{Відповідь: } U_1 = U_2 = 4 \text{ В; } U_3 = U_4 = 2 \text{ В;}$$

$$I_1 = I_2 = 4 \text{ А; } I_3 = I_4 = 2 \text{ А; } I = 4 \text{ А; } U = 10 \text{ В.}$$

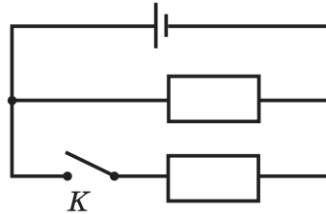
3. Два однакові резистори увімкнені в електричне коло, як показано на рисунку. Як зміниться загальна сила струму в колі, якщо замкнути ключ  $K$ ?

**Дано:**

$$R_1 = R_2 = R_0$$

$$\frac{I_{\text{заг 1}}}{I_{\text{заг 2}}} = ?$$

**Розв'язання**



$$I_{\text{заг 1}} = \frac{U}{R_{\text{заг 1}}} = \frac{U}{R_0}$$

$$\frac{1}{R_{\text{заг 2}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{2}{R_0} \quad R_{\text{заг 2}} = \frac{R_0}{2}$$

$$I_{\text{заг 2}} = \frac{U}{R_{\text{заг 2}}} = \frac{2U}{R_0} \quad \frac{I_{\text{заг 1}}}{I_{\text{заг 2}}} = \frac{\frac{U}{R_0}}{\frac{2U}{R_0}} = \frac{1}{2}$$

**Відповідь:** загальна сила струму в колі, якщо замкнути ключ  $K$  збільшиться в 2 рази

## ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

### Бесіда за питаннями

1. Яке з'єднання провідників називають послідовним?
2. Які співвідношення справджуються для послідовного з'єднання провідників? Доведіть їх.
3. Яке з'єднання провідників називають паралельним?
4. Які співвідношення справджуються для паралельного з'єднання провідників? Доведіть їх.
5. Як можна збільшити верхню межу вимірювання вольтметра?
6. У якому випадку і як шунтують амперметри?

## VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 2, Вправа № 2 (4, 5)