Урок 02 Послідовне і паралельне з'єднання провідників. Шунти і додаткові опори

Мета уроку:

Навчальна: Закріпити і поглибити знання учнів про закономірності, що існують у колах з послідовним і паралельним з'єднаннями провідників; ознайомити учнів з методами розширення меж вимірювання амперметра та вольтметра; формувати вміння обчислювати параметри простих комбінованих з'єднань.

Розвивальна. Розвивати вміння узагальнювати і систематизувати знання; розвивати необхідність постійного самовдосконалення і самоосвіти.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: комбінований.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник, амперметр, вольтметр, шунти, додаткові опори, джерело струму, резистор, з'єднувальні проводи.

Хід уроку

І. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

1. Провести бесіду за матеріалом § 1

Бесіда за питаннями

1. Що таке електричний струм? Якими є умови його виникнення та існування?

2. Які пристрої називають джерелами електричного струму? Наведіть приклади.

3. Відтворіть, як позначають на електричних схемах гальванічний елемент; резистор; реостат; амперметр; вольтметр; ключ. Для чого призначені ці пристрої?

4. Що прийнято за напрямок струму в колі?

5. Дайте характеристики фізичних величин: сила струму в колі; напруга на ділянці кола; опір провідника; питомий опір.

6. Сформулюйте закон Ома для ділянки кола.

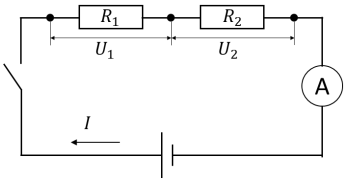
2. Перевірити виконання вправи № 1: завдання 2, 3.

ІІ. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Які види з'єднань провідників ви знаєте? Які основні властивості цих з'єднань?

ІІІ. 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: $q_1 = q_2 = q$.

$$\frac{q_1}{t} = \frac{q_2}{t} = \frac{q}{t} \qquad I = \frac{q}{t} \qquad => \qquad I_1 = I_2 = I$$

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: $A = A_1 + A_2$.

$$\frac{A}{q} = \frac{A_1}{q} + \frac{A_2}{q} \qquad U = \frac{A}{q} \qquad => \qquad U = U_1 + U_2$$

3) Загальний опір провідників дорівнює сумі опорів цих провідників: $R = R_1 + R_2$

$$U = U_1 + U_2 \qquad IR = I_1R_1 + I_2R_2$$

$$I_1 = I_2 = I \qquad IR = IR_1 + IR_2 \qquad => \qquad R = R_1 + R_2$$

n послідовно з'єднаних провідників: $I = I_1 = I_2 = \ldots = I_n$

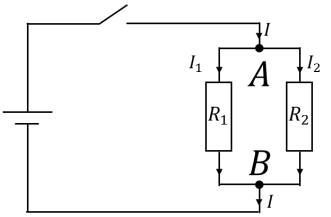
$$U = U_1 + U_2 + \ldots + U_n$$

$$R = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$$

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.

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

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: $q = q_1 + q_2$.

$$\frac{q}{t} = \frac{q_1}{t} + \frac{q_2}{t} \qquad I = \frac{q}{t} \qquad => \qquad I = I_1 + I_2$$

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

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

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

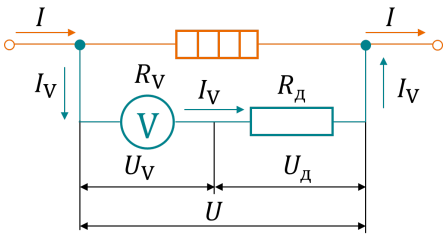
$$U_1 = U_2 = U \qquad \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \qquad => \qquad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

n паралельно з'єднаних провідників:

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

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.

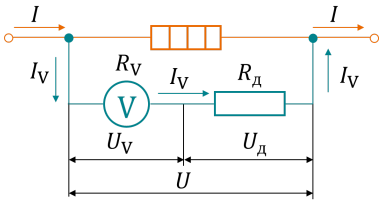
У разі застосування додаткового опору напруга розподілиться між вольтметром і додатковим опором: $U = U_V + U_д$.

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

$$U = nU_V \qquad U = U_V + U_д$$

$$nU_V = U_V + U_д \quad => \quad U_д = U_V(n-1)$$

$$I_д R_д = I_V R_V (n-1) \qquad I_д = I_V \quad => \quad R_д = R_V(n-1)$$



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: $I = nI_A \qquad I = I_A + I_ш$

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

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

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ 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:

$R_1 = 1$ Ом

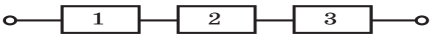
$R_2 = 2$ Ом

$R_3 = 3$ Ом

$R - ?$

Розв'язання

а) R_1, R_2, R_3 з'єднані послідовно:



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

$$R = 1 + 2 + 3 = 6\ (\text{Ом})$$

б) R_1, R_2, R_3 з'єднані паралельно:

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

$$\frac{1}{R} = \frac{R_2R_3 + R_1R_3 + R_1R_2}{R_1R_2R_3}$$

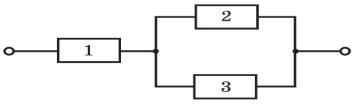
$$R = \frac{R_1R_2R_3}{R_2R_3 + R_1R_3 + R_1R_2}$$

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

$$R = \frac{1\cdot2\cdot3}{2\cdot3+1\cdot3+1\cdot2} \approx 0,55\ (\text{Ом})$$

в) Мішане з'єднання:

R_2, R_3 з'єднані паралельно:



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

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

$$\left[R_{23}\right] = \frac{\text{Ом}\cdot\text{Ом}}{\text{Ом}+\text{Ом}} = \text{Ом} \qquad R_{23} = \frac{2\cdot3}{2+3} = 1,2\ (\text{Ом})$$

R_1, R_{23} з'єднані послідовно:

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

$$R = 1 + 1,2 = 2,2\ (\text{Ом})$$

Відповідь: $R = 15$ 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:

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1$ Ом

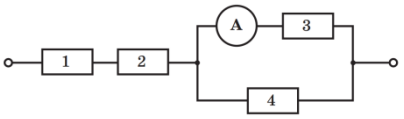
$I - ?\quad I_1 - ?\quad I_2 - ?$

$I_3 - ?\quad I_4 - ?$

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

$U_3 - ?\quad U_4 - ?$

Розв'язання



$$I_3 = 2\ \text{A} \qquad U_3 = I_3 \bullet R_3 \qquad \left[U_3\right] = \text{А}\cdot\text{Ом} = \text{А}\cdot\frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_3 = 2\cdot1 = 2\ (\text{В}) \qquad U_3 = U_4 = U_{34} = 2\ \text{В}$$

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

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

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

$$U_1 = I_1 \bullet R_1 \qquad \left[U_1\right] = \text{А}\cdot\text{Ом} = \text{А}\cdot\frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_1 = 4\cdot1 = 4\ (\text{В})$$

$$U_2 = I_2 \bullet R_2 \qquad \left[U_2\right] = \text{А}\cdot\text{Ом} = \text{А}\cdot\frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_2 = 4\cdot1 = 4\ (\text{В})$$

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

$$U = 4 + 4 + 2 = 10\ (\text{В})$$

Відповідь: $U_1 = U_2 = 4$ В; $U_3 = U_4 = 2$ В;
$I_1 = I_2 = 4$ А; $I_3 = I_4 = 2$ А; $I = 4$ А; $U = 10$ В.

б) Дано:

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 =$

$= 1$ Ом

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

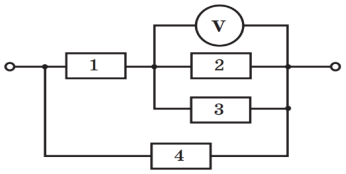
$I_3 - ?\ \ I_4 - ?$

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

$U_3 - ?\ \ U_4 - ?$

Розв'язання

$$U_2 = U_3 = U_{23} = 12\ \text{В}$$



$$I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

$$\left| = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \right.$$

$$I_2 = \frac{12}{1} = 12\ (\text{А})$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} \qquad [I_3] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad I_3 = \frac{12}{1} = 12\ (\text{А})$$

$$I_{23} = I_2 + I_3 \qquad [I_{23}] = \text{А} + \text{А} = \text{А}$$

$$I_{23} = 12 + 12 = 24\ (\text{А}) \qquad I_{23} = I_1 = 24\ \text{А}$$

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

$$U_1 = 24\cdot 1 = 24\ (\text{В})$$

$$U_{123} = U_1 + U_{23} \qquad [U_{123}] = \text{В} + \text{В} = \text{В}$$

$$U_{123} = 24 + 12 = 36\ (\text{В})$$

$$U_{123} = U_4 = U = 36\ \text{В}$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} \qquad [I_4] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad I_4 = \frac{36}{1} = 36\ (\text{А})$$

$$I = I_{123} + I_4 \quad [I] = \text{А} + \text{А} = \text{А} \quad I = 24 + 36 = 60\ (\text{А})$$

Відповідь: $U_1 = 24$ В; $U_2 = U_3 = 12$ В; $U_4 = 36$ В;
$I_1 = 24$ А; $I_2 = I_3 = 12$ А; $I_4 = 36$ А; $I = 60$ А;

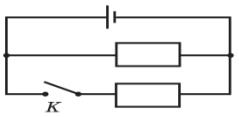
$U = 36$ В.

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

Дано: | ***Розв'язання***

$R_1 = R_2 = R_0$

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



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

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

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

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

V. 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)

Додаткові задачі

1. Два резистори з опором 2 Ом і 3 Ом з'єднали паралельно й підключили до джерела постійної напруги 6 В. Знайдіть силу струму в колі та в кожному з резисторів.

Дано:

$R_1 = 2$ Ом

$R_2 = 3$ Ом

$U = 6$ В

$I - ?$

$I_1 - ?$

$I_2 - ?$

Розв'язання

R_1, R_2 з'єднані паралельно:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad \frac{1}{R} = \frac{R_2+R_1}{R_1R_2} \qquad R = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U\left(R_1+R_2\right)}{R_1R_2} \qquad [I] = \frac{\text{В}\cdot(\text{Ом}+\text{Ом})}{\text{Ом}\cdot\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А}$$

$$I = \frac{6\cdot(2+3)}{2\cdot3} = 5\ (\text{А})$$

$$U = U_1 = U_2 = 5\ \text{В}$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} \qquad \left[I_1\right] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad I_1 = \frac{6}{2} = 3\ (\text{А})$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} \qquad \left[I_2\right] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad I_2 = \frac{6}{3} = 2\ (\text{А})$$

Відповідь: $I = 5$ А; $I_1 = 3$ А; $I_2 = 2$ А.

2. Всі резистори, з яких складається ділянка електричного кола, мають однаковий опір 2 Ом. Напруга, підведена до ділянки, становить 36 В. Знайдіть загальний опір ділянки, напругу й силу струму в кожному з резисторів.

а) Дано:

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

$= R_0 = 2$ Ом

$U = 36$ В

$R - ?$

$I_1 - ?$ $I_2 - ?$

$I_3 - ?$ $I_4 - ?$

$U_1 - ?$ $U_2 - ?$

$U_3 - ?$ $U_4 - ?$

Розв'язання



$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 4R_0$$

$$R = 4R_0 \qquad [R] = \text{Ом} \qquad R = 4\cdot2 = 8\ (\text{Ом})$$

$$I = \frac{U}{R} \qquad [I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad I = \frac{36}{8} = 4,5\ (\text{А})$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 4,5\ \text{А}$$

$$U = IR \qquad [U] = \text{А}\cdot\text{Ом} = \text{А}\cdot\frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_1 = 4,5\cdot2 = 9\ (\text{В}) \qquad U_2 = 4,5\cdot2 = 9\ (\text{В})$$

$$U_3 = 4,5\cdot2 = 9\ (\text{В}) \qquad U_4 = 4,5\cdot2 = 9\ (\text{В})$$

Відповідь: $R = 8$ Ом; $U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = 9$ В;

$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 4,5$ А.

б) Дано:

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_0 = 2$ Ом

$U = 36$ В

$R - ?$

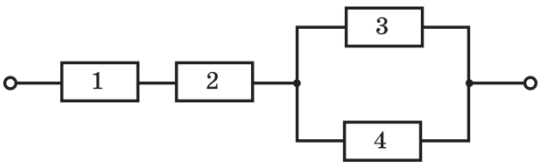
$I_1 - ?$ $I_2 - ?$

$I_3 - ?$ $I_4 - ?$

$U_1 - ?$ $U_2 - ?$

$U_3 - ?$ $U_4 - ?$

Розв'язання



$$R_{12} = R_1 + R_2 = 2R_0$$

$$[R_{12}] = \text{Ом} \qquad R_{12} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ (Ом)}$$

$$\frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{2}{R_0} \qquad R_{34} = \frac{R_0}{2}$$

$$[R_{34}] = \text{Ом} \qquad R_{34} = \frac{2}{2} = 1 \text{ (Ом)}$$

$$R = R_{12} + R_{34} \qquad [R] = \text{Ом} + \text{Ом} = \text{Ом}$$

$$R = 4 + 1 = 5 \text{ (Ом)}$$

$$I = \frac{U}{R} \qquad [I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad I = \frac{36}{5} = 7,2 \text{ (А)}$$

$$I = I_1 = I_2 = I_{34} = 7,2 \text{ А}$$

$$U = IR \qquad [U] = \text{А} \cdot \text{Ом} = \text{А} \cdot \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_1 = 7,2 \cdot 2 = 14,4 \text{ (В)} \qquad U_2 = 7,2 \cdot 2 = 14,4 \text{ (В)}$$

$$U_{34} = 7,2 \cdot 1 = 7,2 \text{ (В)}$$

$$U_{34} = U_3 = U_4 = 7,2 \text{ В}$$

$$I_3 = \frac{7,2}{2} = 3,6 \text{ (А)} \qquad I_4 = \frac{7,2}{2} = 3,6 \text{ (А)}$$

Відповідь: $R = 5$ Ом; $U_1 = U_2 = 14,4$ В;
$U_3 = U_4 = 7,2$ В; $I_1 = I_2 = 7,2$ А; $I_3 = I_4 = 3,6$ А.

в) Дано:

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

$= R_0 = 2$ Ом

$U = 36$ В

$R - ?$

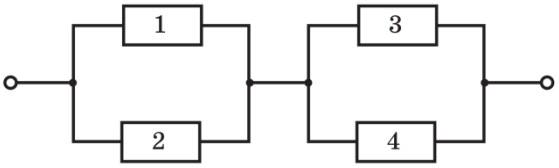
$I_1 - ?$ $I_2 - ?$

$I_3 - ?$ $I_4 - ?$

$U_1 - ?$ $U_2 - ?$

$U_3 - ?$ $U_4 - ?$

Розв'язання



$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{2}{R_0} \qquad R_{12} = \frac{R_0}{2}$$

$$[R_{12}] = \text{Ом} \qquad R_{12} = \frac{2}{2} = 1\ (\text{Ом})$$

$$\frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{2}{R_0} \qquad R_{34} = \frac{R_0}{2}$$

$$[R_{34}] = \text{Ом} \qquad R_{34} = \frac{2}{2} = 1\ (\text{Ом})$$

$$R = R_{12} + R_{34} \qquad [R] = \text{Ом} + \text{Ом} = \text{Ом}$$

$$R = 1 + 1 = 2\ (\text{Ом})$$

$$I = \frac{U}{R} \qquad [I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad I = \frac{36}{2} = 18\ (\text{А})$$

$$I = I_{12} = I_{34} = 18\ \text{А}$$

$$U = IR \qquad [U] = \text{А}\cdot\text{Ом} = \text{А}\cdot\frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_{12} = 18\cdot 1 = 18\ (\text{В}) \qquad U_{34} = 18\cdot 1 = 18\ (\text{В})$$

$$U_{12} = U_1 = U_2 = 18\ \text{В} \qquad U_{34} = U_3 = U_4 = 18\ \text{В}$$

$$I_1 = \frac{18}{2} = 9\ (\text{А}) \qquad I_2 = \frac{18}{2} = 9\ (\text{А})$$

$$I_3 = \frac{18}{2} = 9\ (\text{А}) \qquad I_4 = \frac{18}{2} = 9\ (\text{А})$$

Відповідь: $R = 2$ Ом; $U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = 18$ В;
$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 9$ А.

г) Дано:

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

Розв'язання

$= R_0 = 2$ Ом

$U = 36$ В

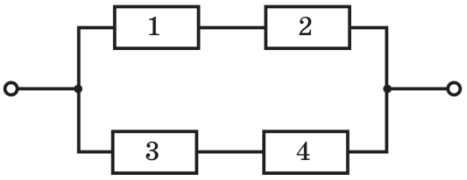
$R - ?$

$I_1 - ?$ $I_2 - ?$

$I_3 - ?$ $I_4 - ?$

$U_1 - ?$ $U_2 - ?$

$U_3 - ?$ $U_4 - ?$



$$R_{12} = R_1 + R_2 = 2R_0$$

$$[R_{12}] = \text{Ом} \qquad R_{12} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ (Ом)}$$

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 2R_0$$

$$[R_{34}] = \text{Ом} \qquad R_{34} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ (Ом)}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{2}{2R_0} \qquad R = R_0 = 2 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{U}{R} \qquad [I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad I = \frac{36}{2} = 18 \text{ (А)}$$

$$U_{12} = U_{34} = U = 36 \text{ В}$$

$$I_{12} = \frac{36}{4} = 9 \text{ (А)} \qquad I_{34} = \frac{36}{4} = 9 \text{ (А)}$$

$$I_{12} = I_1 = I_2 = 9 \text{ А} \qquad I_{34} = I_3 = I_4 = 9 \text{ А}$$

$$U = IR \qquad [U] = \text{А} \cdot \text{Ом} = \text{А} \cdot \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_1 = 9 \cdot 2 = 18 \text{ (В)} \qquad U_2 = 9 \cdot 2 = 18 \text{ (В)}$$

$$U_3 = 9 \cdot 2 = 18 \text{ (В)} \qquad U_4 = 9 \cdot 2 = 18 \text{ (В)}$$

Відповідь: $R = 2$ Ом; $U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = 18$ В;
$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 9$ А.

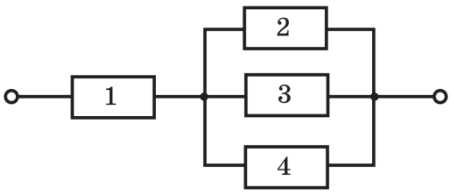
д) Дано:

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

$= R_0 = 2$ Ом

$U = 36$ В

Розв'язання



$R - ?$

$I_1 - ?\quad I_2 - ?$

$I_3 - ?\quad I_4 - ?$

$U_1 - ?\quad U_2 - ?$

$U_3 - ?\quad U_4 - ?$

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{3}{R_0} \qquad R_{234} = \frac{R_0}{3}$$

$$\left[R_{34}\right] = \text{Ом} \qquad R_{34} = \frac{2}{3}\ (\text{Ом})$$

$$R = R_1 + R_{234} \qquad [R] = \text{Ом} + \text{Ом} = \text{Ом}$$

$$R = 2 + \frac{2}{3} = \frac{8}{3}\ (\text{Ом})$$

$$I = \frac{U}{R} \qquad [I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad I = \frac{36}{\frac{8}{3}} = 12\ (\text{А})$$

$$I = I_1 = I_{234} = 13,5\ \text{А}$$

$$U = IR \qquad [U] = \text{А}\cdot\text{Ом} = \text{А}\cdot\frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_1 = 13,5\cdot 2 = 27\ (\text{В}) \qquad U_{234} = 13,5\cdot\frac{2}{3} = 9\ (\text{В})$$

$$U_{234} = U_2 = U_3 = U_4 = 9\ \text{В}$$

$$I_2 = \frac{9}{2} = 4,5\ (\text{А}) \qquad I_3 = \frac{9}{2} = 4,5\ (\text{А})$$

$$I_4 = \frac{9}{2} = 4,5\ (\text{А})$$

Відповідь: $R = \frac{8}{3}$ Ом; $U_1 = 27$ В; $U_2 = U_3 = U_4 = 9$ В
$I_1 = 13,5$ А; $I_2 = I_3 = I_4 = 4,5$ А.