

Практична робота №1

Тема: Змішане з'єднання еквівалентних опорів

Розрахункові формули і методика розрахунку

При розрахунку змішаного з'єднання використовуємо формулу закону Ома ($U = RI$), вираз, що визначає еквівалентний опір R_e послідовного з'єднання кількох елементів ($R_e = R_1 + R_2 + \dots + R_m$), і вираз, що визначає еквівалентний опір паралельного з'єднання кількох елементів ($\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_m}$).

Методика розрахунку наступна: шляхом перетворення ділянок паралельного і послідовного з'єднань в еквівалентні опори спрощуємо схему до такої, що дозволяє скористатися формулою закону Ома і визначити величину струму джерела енергії $I_1 = U/R_e$ (див. рис. 1) або $I_1 = E/(R_e + r)$, якщо за умовами задачі задано джерело е.р.с. з певним внутрішнім опором, як це показано на рис.2.

Після цього визначаємо величину падіння напруги на паралельному з'єднанні $U_p = I_1 R_p$ і величини струмів у паралельних вітках схеми: $I_2 = U_p/R_2$; $I_3 = U_p/R_3$;..... і так далі. Швидкість розсіяння теплової енергії (потужність, [Вт]=[Джоуль/секунду]) електричного струму певного приймача обраховуємо за формулою $P_k = I_k^2 R_k$ (Вт), величина теплової енергії, що виділяється струмом за певний проміжок часу t на першому опорі, $Q_1 = P_1 \cdot t = I_1^2 R_1 \cdot t$ (Дж), на четвертому - $Q_4 = P_4 \cdot t = I_4^2 R_4 \cdot t$ (Дж) тощо. Електричну енергію, що віддається джерелом у навантаження за певний проміжок часу t , розраховуємо за формулою $W_E = P \cdot t = UI \cdot t$ (Дж), де U - напруга на клеммах джерела, I - струм джерела, t - час.

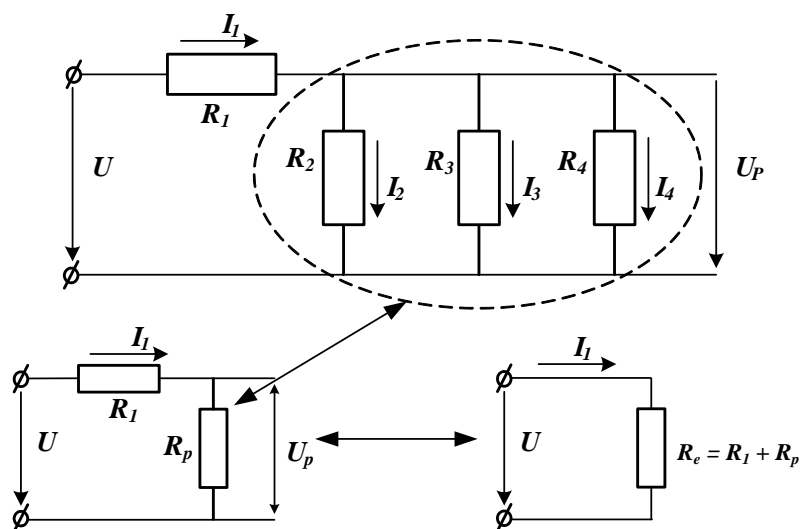


Рис. 1. Перетворення змішаного з'єднання

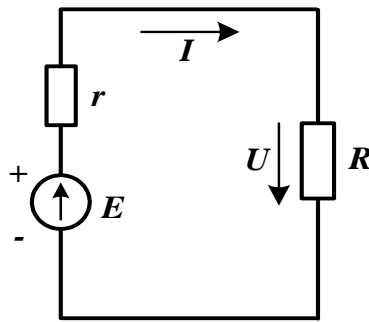


Рис 2. Схема ланцюга з опором навантаження R і джерелом е.р.с., що має внутрішній опір r .

Практична робота №1

Топологія схеми змішаного з'єднання для всіх варіантів практичної роботи однакова і приведена на рис 3. Змішане з'єднання вміщає одне джерело електричної енергії, яке має відповідні ЕРС і внутрішній опір, величини котрих указані в таблиці 1.

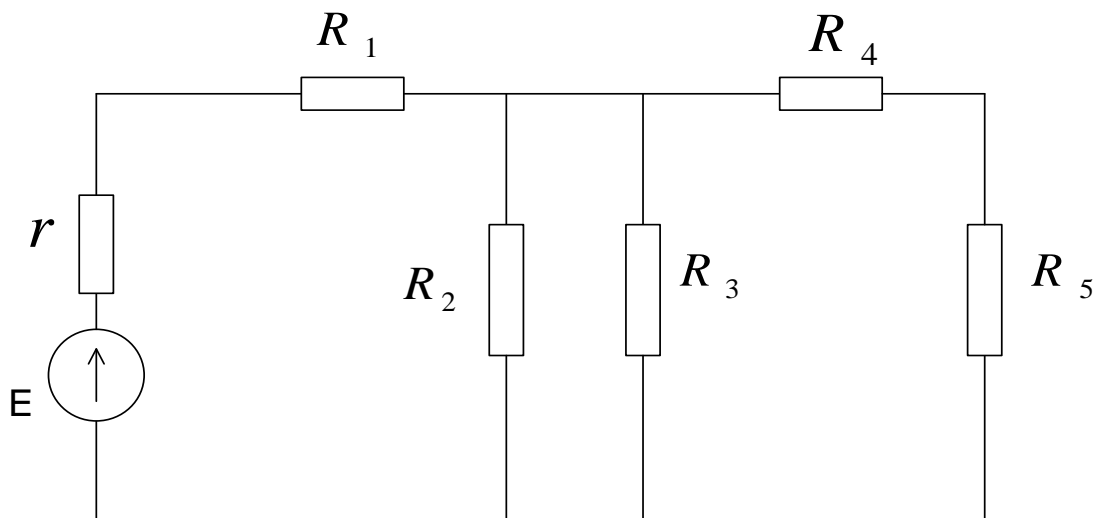


Рис.3. Схема змішаного з'єднання

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку змішаного з'єднання

№/№	E (В)	r (Ом)	R_1 (Ом)	R_2 (Ом)	R_3 (Ом)	R_4 (Ом)	R_5 (Ом)
0	100	0	30	20	20	4	6
1	100	20	30	20	20	4	6

2	100	10	20	30	30	4	6
3	80	20	20	10	10	0	5
4	80	20	30	10	10	0	5
5	80	40	0	10	10	20	15
6	60	40	10	20	20	0	10
7	60	20	0	30	30	5	10
8	60	20	10	20	20	5	5
9	60	0	5	20	20	10	10
10	120	0	30	20	20	4	6
11	120	20	30	20	20	4	6
12	120	10	20	30	30	4	6
13	120	20	20	10	10	0	5
14	120	20	30	10	10	0	5
15	120	40	0	10	10	20	15
16	120	40	10	20	20	0	10
17	120	20	0	30	30	5	10
18	120	20	10	20	20	5	5

Розрахувати:

1. Величину струму, що протікає джерелом енергії.
2. Електричну енергію, що віддається джерелом енергії в зовнішні елементи ланцюга в секунду (W_E).
3. Теплову енергію, що виділяється струмом у секунду на опорах $R_1 - R_5$ ($Q_1 - Q_5$).
4. Сумарну теплову енергію, що виділяється струмом у секунду на зовнішніх опорах.

Практичну роботу завершити таблицею отриманих результатів наступної форми:

Результати розрахунку змішаного з'єднання.

Номер варіанта	I (A)	W_E (Дж)	Q_1 (Дж)	Q_2 (Дж)	Q_3 (Дж)	Q_4 (Дж)	Q_5 (Дж)	Q_Σ (Дж)

=====

Приклад знаходження еквівалентних опорів змішаного єднання

Знайдіть розподіл сил струмів і напруг, а також загальний (еквівалентний) опір кола, зображеного на малюнку 1, якщо вольтметр показує 30 В , а опори мають наступні значення:

$$R_1 = 6,4\ \text{Ом},\ R_2 = 4\ \text{Ом},\ R_3 = 12\ \text{Ом},$$

$$R_4 = 6\ \text{Ом},\ R_5 = 3\ \text{Ом},\ R_6 = 8\ \text{Ом},\ R_7 = 20\ \text{Ом}.$$

Дано:

$$U = 30\ \text{В};$$

$$R_1 = 6,4\ \text{Ом};$$

$$R_2 = 4\ \text{Ом};$$

$$R_3 = 12\ \text{Ом};$$

$$R_4 = 6\ \text{Ом};$$

$$R_5 = 3\ \text{Ом};$$

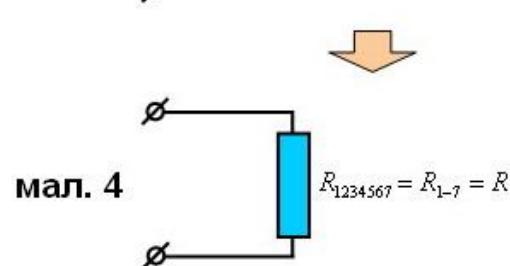
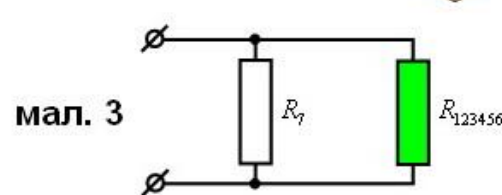
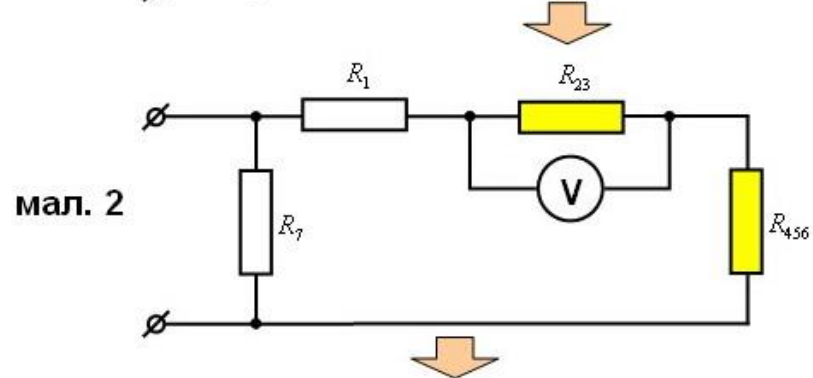
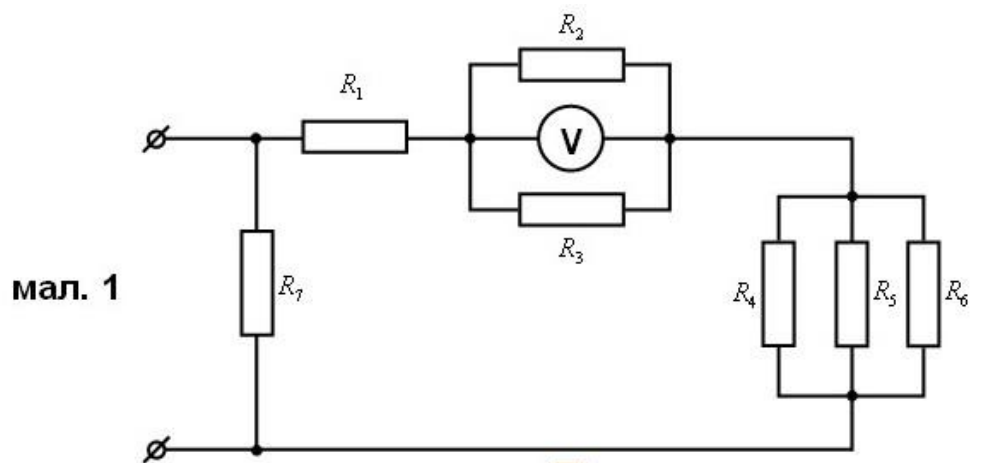
$$R_6 = 8\ \text{Ом};$$

$$R_7 = 20\ \text{Ом};$$

$$I_1, I_2, I_3, \dots, I_7 - ?$$

$$U_1, U_2, U_3, \dots, U_7 - ?$$

$$R - ?$$



Дивлячись на дану схему (мал. 1), чітко видно, що опори R_2 і R_3 з'єднані між собою паралельно, а також опори R_4 , R_5 , R_6 з'єднані між собою паралельно, тому можна одразу обрахувати опори цих ланок:

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{4 \cdot 12}{4 + 12} = \frac{48}{16} = 3 \text{ Ом};$$

$$R_{456} = \frac{R_4 R_5 R_6}{R_4 R_5 + R_5 R_6 + R_4 R_6} = \frac{6 \cdot 3 \cdot 8}{6 \cdot 3 + 6 \cdot 8 + 8 \cdot 3} = \frac{8}{5} \text{ Ом} = 1,6 \text{ Ом}$$

Еквівалентна схема з урахуванням цих обчислень зображена на мал. 2, де добре видно, що опори R_1 , R_{23} , R_{456} з'єднані між собою послідовно, отже, їх еквівалентний опір

$$R_{1-6} = R_{123456} = R_1 + R_{23} + R_{456} = 6,4 + 3 + 1,6 = 11 \text{ Ом}$$

Маючи цей опір, ми викреслюємо еквівалентну схему на мал. 3. На цій схемі видно, що опори R_7 і R_{123456} з'єднані паралельно, тоді їх опір (а це і буде загальний опір) дорівнює

$$R = \frac{R_7 \cdot R_{1-6}}{R_7 + R_{1-6}} = \frac{20 \cdot 11}{20 + 11} = \frac{220}{31} \text{ Ом} \approx 7,1 \text{ Ом}$$

Як не дивно, надалі краще використовувати результат $\frac{220}{31} \text{ Ом}$, тобто якщо десятковий дріб ми отримали наближено, то при перевірці законів з'єднання потрібно використовувати якраз точне значення, щоб співпадіння було точним, а не наближеним, хоча відповідь для R можна подати і у вигляді десяткового дробу.

Тут ми відповіли спочатку на останнє питання задачі. А тепер візьмемось за розрахунок струмів і напруг. Для цього саме в цій задачі навіть необов'язково обраховувати загальний опір, адже з мал. 1 видно, що тут дано напругу на паралельній ланці R_2 і R_3 .

$$\text{Отже, } U_{23} = U_2 = U_3 = U = 30 \text{ В}$$

Тоді одразу струми через резистори R_2 і R_3 :

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{30 \text{ В}}{4 \text{ Ом}} = 7,5 \text{ А};$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{30 \text{ В}}{12 \text{ Ом}} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ А}$$

Струм в ланці, що містить опори R_1, R_{23}, R_{456} дорівнює:

$$I_{23} = I_{456} = I_1 = I_2 + I_3 = 7,5 \text{ A} + 2,5 \text{ A} = 10 \text{ A}$$

Отже, тепер можна знайти напруги на ланках з R_1 та з R_{456} (адже напруга на R_{23} уже відома):

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 10 \text{ A} \cdot 6,4 \text{ Ом} = 64 \text{ В};$$

$$U_{456} = I_{456} \cdot R_{456} = 10 \text{ A} \cdot 1,6 \text{ Ом} = 16 \text{ В};$$

$$U_4 = U_5 = U_6 = U_{456} = 16 \text{ В}.$$

Тоді струми

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{16 \text{ В}}{6 \text{ Ом}} = \frac{8}{3} \text{ А}$$

$$I_5 = \frac{U_5}{R_5} = \frac{16 \text{ В}}{3 \text{ Ом}} = \frac{16}{3} \text{ А}$$

$$I_6 = \frac{U_6}{R_6} = \frac{16 \text{ В}}{8 \text{ Ом}} = 2 \text{ А}$$

Перевіримо результат!

$$I_4 + I_5 + I_6 = I_1 = I_{23} = I_{456} = \frac{8}{3} + \frac{16}{3} + 2 = 10 \text{ А}$$

Знайдемо тепер напруги $U_{1-6} = U_{123456} = U_1 + U_{23} + U_{456} = 64 \text{ В} + 30 \text{ В} + 16 \text{ В} = 110 \text{ В}$.

За законами паралельного з'єднання:

$$U_7 = U_{1-6} = 110 \text{ В}$$