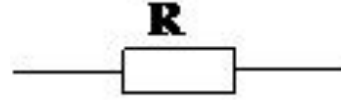


ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Основні поняття і визначення

Навантаженням називають перетворювач електричної енергії в інший її вид (механічну, хімічну, теплову і т.д.). Навантаження на електричних схемах прийнято позначати буквою R .

Одиниця опору (навантаження) - Ом. На електричних схемах навантаження зображують у вигляді.



Джерелом називають перетворювач механічної, хімічної, теплової та т.д. енергії в електричну. Джерело, генератор на електричних схемах прийнято позначати буквою E .

Одиниця - вольт (В). На електричних схемах його прийнято зображати у вигляді.

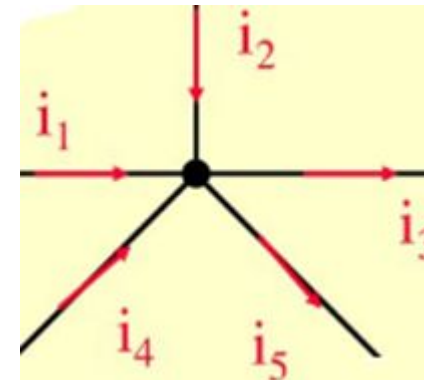


Джерело електрорушійної сили (ЕРС) - це таке джерело, яке виробляє постійну за величиною ЕРС ($E = \text{const}$), незалежно від навантаження. Таке джерело називають ідеальним.










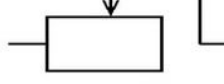
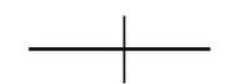


Неідеальний (реальний) джерело, це таке джерело, у якого внутрішній опір R_0 не дорівнює нулю

Гілка - ділянку електричного кола між двома вузлами, в якому всі елементи з'єднані послідовно.

Вузол - це точка з'єднання двох або декількох гілок. Вузол, який об'єднує дві гілки називають переборним, так як він знаходиться всередині нової утвореної гілки.



Умовні позначення основних елементів електричного кола

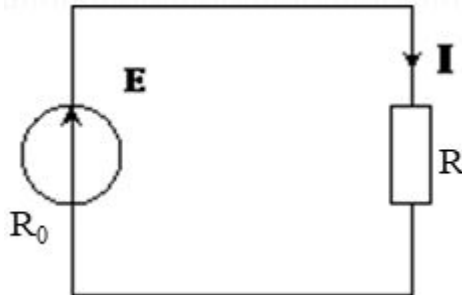
источники тока	потребители	управляющие элементы	провода
 гальванический элемент	 лампочка	 кнопка	 соединение проводов
	 звонok	 ключ	 клеммы
 батарея элементов	 резистор	 реостат	 пересечение проводов
	 нагревательный элемент	 предохранитель	

Електричне коло - це сукупність елементів (пристроїв), через які протікає електричного струм.


Графічне зображення електричного кола за допомогою умовних знаків називається **електричною схемою**.

Будь-який замкнутий шлях, що проходить по гілках цього кола, називається **контуром**.

Найпростіше електричне коло постійного струму містить джерело електроенергії (E), який має внутрішній опір (R_0) і приймач - резистор (R), з'єднані між собою.

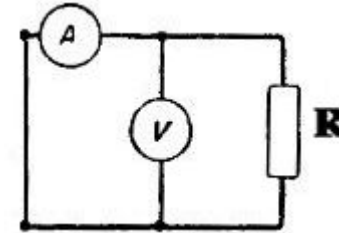


Умовне позначення вимірювальних приладів в електричному ланцюзі

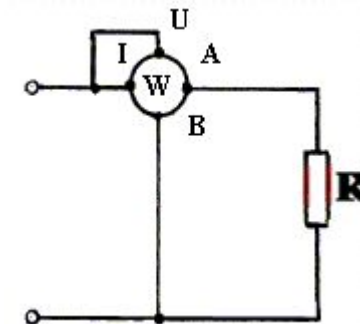
	Амперметр		Вольтметр
	Микроамперметр		Милливольтметр

Для вимірювання струму в електричній схемі, необхідно амперметр з'єднати послідовно з усіма елементами кола.

А для вимірювання напруги в електричній схемі, необхідно вольтметр з'єднати паралельно з усіма елементами кола.



Для вимірювання потужності використовують Ватметри. Ватметр забезпечений двома вимірювальними елементами у вигляді двох котушок: послідовної і паралельної. По першій катушці проходить струм, пропорційний навантаженні, а по другій - пропорційний напрузі в мережі.



Всі електротехнічні пристрої за призначенням, принципом дії і конструктивним оформленням можна розділити на три великі групи.

- **джерела енергії** - пристрої, що виробляють електричний струм (генератори, термоелементи, фотоелементи, хімічні елементи).
- **приймачі, або навантаження**, тобто пристрою, що споживають електричний струм (електродвигуни, електролампи, електронагрівачі і т.д.);
- **провідники**, а також різна комутаційна апаратура (вимикачі, реле, контактори та ін.)

Електричні кола моделюють елементами, що представляють собою ідеалізовані уявлення реальних складових електротехнічних пристроїв. Розрізняють **активні і пасивні** елементи. Активними елементами вважаються джерела електричної енергії. До пасивних елементів відносять опір, індуктивність і ємність.

Струм в провіднику визначається кількістю струму, що пройшов через поперечний переріз провідника за певний інтервал часу. Електричний струм, напрямок і величина якого незмінні, називають постійним струмом (I). Електричний струм, величина і напрямок якого не залишаються постійними, називається змінним струмом. Значення змінного струму в даний момент часу називають миттєвим і позначають рядковою буквою i (в розетці змінний струм (розетка 50 герц, 220 В)).

Будь-провідник можна характеризувати не тільки його опором, але і провідність - здатність проводити електричний струм. Величина, зворотна опору, називається провідністю.

$$g = \frac{1}{R} .$$

де R – опір (Ом);

g - провідність - в сименсах (См).

Внутрішній опір R_0 є невід'ємною частиною будь-якого замкнутого кола. Якщо до джерела з ЕРС і активним внутрішнім опором R_0 підключена навантаження з опором R , то струм, напруга і потужність в навантаженні виражаються наступним чином:

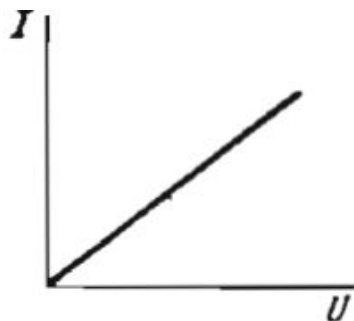
$$R_0 = \frac{E - U}{I}$$

где I – сила струму (А);

U – напруга (В);

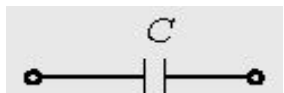
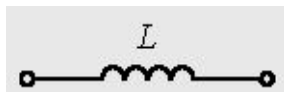
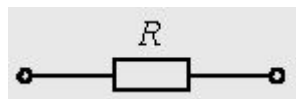
E – електрорушійна сила (В)

Залежність струму, що протікає по опорі, від напруги на цьому опорі називають **вольт-амперною характеристикою (ВАХ)**. По осі абсцис відкладають напруга, а по осі ординат - струм

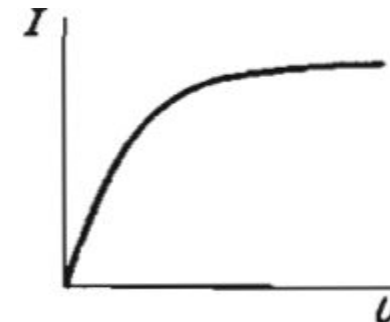


Елементи кола, параметри яких **не залежать** від струмів і напруг, називаються **лінійними**. Електричні кола, що складаються з лінійних елементів, називаються **лінійними електричними колом**.

Лінійність опорів R , індуктивності L і ємності C носить умовний характері, так як в дійсності всі реальні елементи електричного кола є нелінійними.



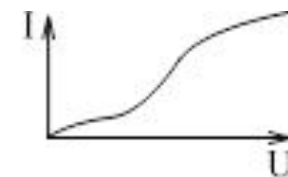
Однак в нормальному робочому режимі елементів ці зміни зазвичай настільки незначні, що при розрахунках можуть не прийматися до уваги і такі елементи електричного кола вважаються лінійними.



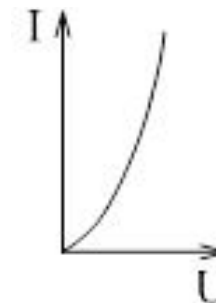
Елементи кола, параметри яких **залежать** від струмів і напруг, мають назви **нелінійними**. Електричні кола, що складалися з лінійних елементів, називаються **нелінійним електричним колом**

Приклади нелінійних елементів:

Лампа накаливання (з ростом струму опір нитки збільшується і зростання струму сповільнюється)



Терморезистор (застосовують для компенсації змін опорів елементів, виготовлених з металевих провідників, опір яких збільшується зі збільшенням струму в колі).

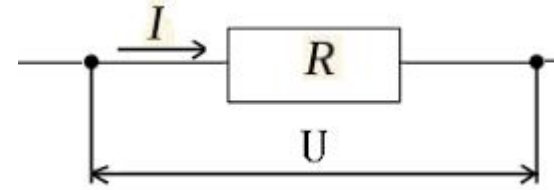


Закон Ома

Основним законом електротехніки, за допомогою якого можна вивчати і розраховувати електричні кола, є закон Ома, який встановлює співвідношення між струмом, напругою і опором.

Закон Ома для ділянки кола: Сила струму на ділянці кола прямо пропорційно напрузі і обернено пропорційна опору.

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



де I – сила струму [А];

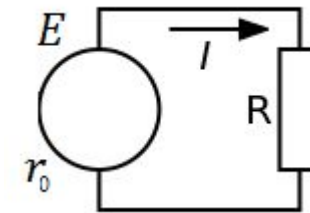
U – напруга [В];

R – опір, навантаження [Ом]

Якщо збільшити в кілька разів напруга, що діє в електричному колі, то струм в цьому колі збільшиться в стільки ж разів. А якщо збільшити в кілька разів опір кола, то струм в стільки ж разів зменшиться. (Подібно до цього водяний потік в трубі тим більше, чим сильніше тиск і чим менше опір, який чинить труба руху води.)

Закон Ома для замкнутого кола: Сила струму прямо пропорційна сумі ЕРС кола, і обернено пропорційна сумі опорів джерела і кола.

$$I = \frac{E}{r_0 + R}$$



где I – сила струму [А];

E – ЕРС [В];

R – опір, навантаження [Ом]

r_0 – внутрішній опір джерела [Ом]

Закони Кірхгофа

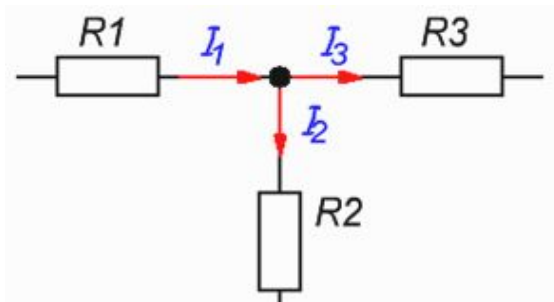
Закони Кірхгофа встановлюють співвідношення між струмами і напругами в розгалужених електричних колах довільного типу. Закони Кірхгофа мають особливе значення в електротехніці через свою універсальність, так як придатні для вирішення будь-яких електротехнічних задач. Закони Кірхгофа справедливі для лінійних і нелінійних колів при постійних і змінних напругах і токах.

Перший закон Кірхгофа: Алгебраїчна сума струмів, що сходяться в будь-якому вузлі, дорівнює нулю.

$$\sum_{k=1} I_k = 0$$

где $-I_k$ число струмів, що сходяться в даному вузлі.

Приклад



згідно з першим законом Кірхгофа рівняння можна записати у вигляді

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad \text{или} \quad I_1 = I_2 + I_3$$

У цьому рівнянні струми, спрямовані до вузла, прийняті позитивними. Фізично перший закон Кірхгофа - це закон безперервності електричного струму.

Другий закон Кірхгофа: Алгебраїчна сума падінь напруг на окремих ділянках замкнутого контуру, дорівнює алгебраїчній сумі ЕРС в цьому контурі

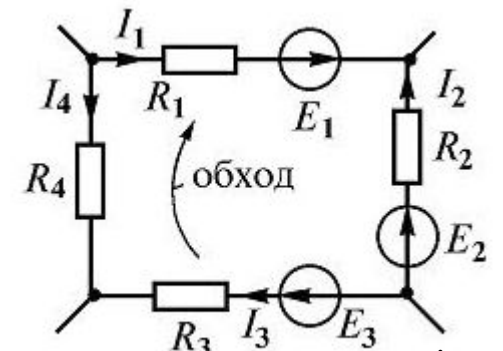
$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m R_k I_k$$

где n – кількість джерел ЕРС;

m – кількість гілок в замкнутому контурі;

I_k, R_k – ток і опір гілки.

Приклад



згідно з другим законом Кірхгофа рівняння можна записати у вигляді

$$E_1 - E_2 + E_3 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4$$

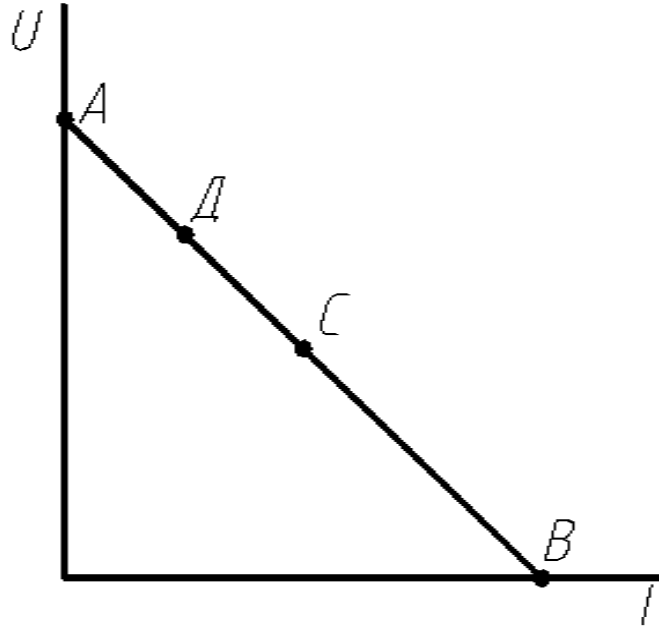
1. ЕРС позитивна, якщо її напрямок збігається з напрямком довільно обраного обходу контуру;
2. падіння напруги на резисторі позитивно, якщо напрямок струму в ньому збігається з напрямком обходу. Фізично другий закон Кірхгофа характеризує рівновагу напруг в будь-якому контурі ланцюга.

Напруга на затискачах джерела (приймачі) - U відрізняється від ЕРС E на величину падіння напруги у внутрішньому опорі джерела - ΔU :

$$U = E - \Delta U = E - IR_0$$

По мірі зниження опору приймача R струм I зростає, що призводить до зменшення напруги U .

На малюнку показана зовнішня характеристика залежність напруги на затискачах джерела U від струму I .



Залежно від величини опору приймача розрізняють наступні режими роботи електричного кола:

1. Режим холостого ходу (R - розрив кола / відключена навантаження). режим відповідає т. A .

$$R = \infty; I = 0; U = E;$$

В цьому режимі приєднана до джерела електричне коло розімкнуте, струму в колі немає.

2. Режим короткого замикання. Режим відповідає точці B .

Для джерел з малим R_0 (генератори, акумуляторні батареї) режим короткого замикання небезпечний. Застосовуються різні запобіжні пристрої (наприклад, плавкі запобіжники) для захисту від струмів короткого замикання.

$$R = 0. \quad I = \frac{E}{R_0};$$

3. Погоджений режим. Режим відповідає точці C .

$$R = R_0; \quad U = 0,5 E$$

В цьому режимі джерело віддає приймачу максимальну потужність

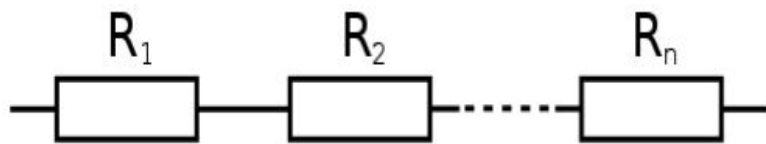
4. Номінальний режим. Режим відповідає точці D .

Цей режим розраховується на тривалу роботу з номінальними значеннями опору навантаження R_n і відповідними їй номінальним струмом I_n і номінальною напругою U_n .

Послідовне, паралельне з'єднання резисторів

Послідовне і паралельне з'єднання в електротехніці - два основних способи з'єднання елементів електричного кола. При послідовному з'єднанні всі елементи пов'язані один з одним так, що включає їх ділянку ланцюга не має жодного вузла. При паралельному з'єднанні всі вхідні в ланцюг елементи об'єднані двома вузлами і не мають зв'язків з іншими вузлами, якщо це не суперечить умові.

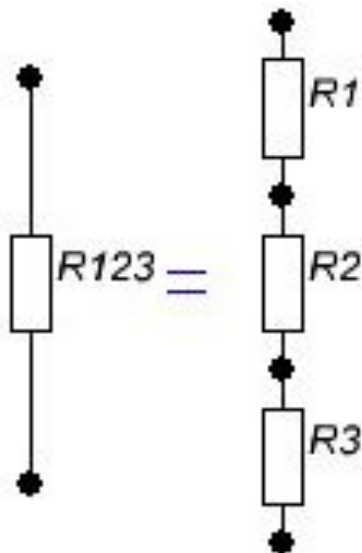
Послідовно з'єднані резистори МЛТ



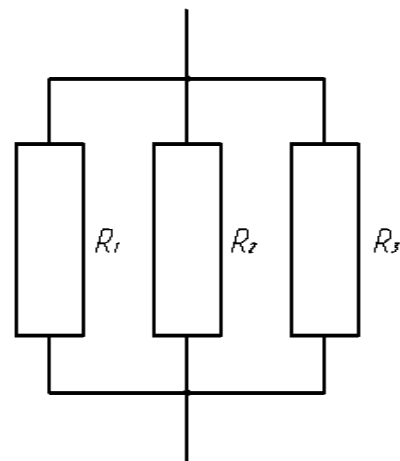
При послідовному з'єднанні резисторів загальний опір кола $R_{екв}$ дорівнює сумі всіх опорів.

$$R_{екв} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

При послідовному з'єднанні провідників сила струму в усіх провідниках однакова. При цьому загальну напругу в колі дорівнює сумі напруг на кінцях кожного з провідників.

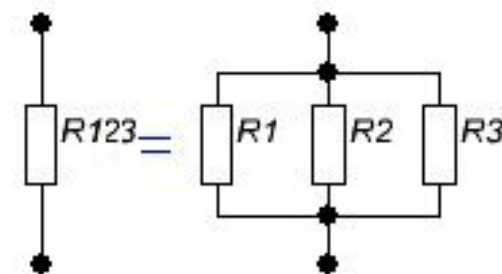


Два резистора МЛТ, з'єднаних паралельно



$$\frac{1}{R_{екв}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

При паралельному з'єднанні падіння напруги між двома вузлами, що об'єднують елементи кола, однаково для всіх елементів. При цьому величина, зворотна загальному опору кола, дорівнює сумі величин, зворотних опорів паралельно включених провідників.

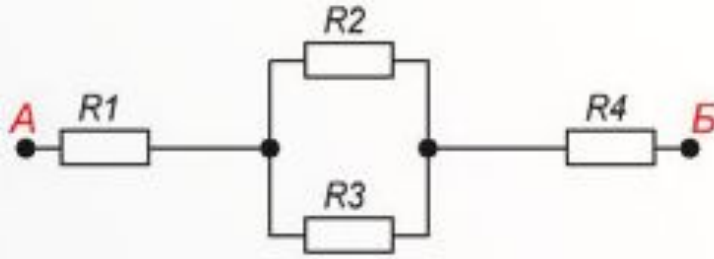


$$R_{общ} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}}$$

$$R_{общ} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

Змішане з'єднання резисторів

Змішаним з'єднанням називають ділянку ланцюга, де частина резисторів з'єднуються між собою послідовно, а частина паралельно. У свою чергу, змішане з'єднання буває послідовного і паралельного типів.



Резистори R2 R3 з'єднані паралельно, а R1, комбінація R2 R3 і R4 послідовно. Для розрахунку опору таких з'єднань, усе коло розбивають на найпростіші ділянки, з паралельно або послідовно з'єднаних резисторів. Далі йдуть таким алгоритмом:

1. Визначають еквівалентний опір ділянок з паралельним з'єднанням резисторів.
2. Якщо ці ділянки містять послідовно з'єднані резистори, то спочатку обчислюють їх опір.
3. Після розрахунку еквівалентних опорів резисторів перемальовували схему. Зазвичай виходить коло з послідовно з'єднаних еквівалентних опорів.
4. Розраховують опору отриманої схеми.



Баланс потужностей - це вираз закону збереження енергії, в електричному колі. Визначення балансу потужностей звучить так: сума потужностей споживаних приймачами, дорівнює сумі потужностей віддаються джерелами.

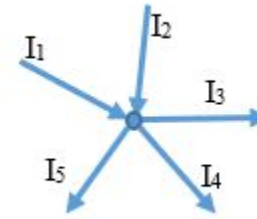
$$\sum P_u = \sum P_n$$
$$P_u = E \cdot I \quad P_n = R \cdot I^2$$
$$U = I \cdot R \quad E \cdot I = R \cdot I^2$$

де: P_u и P_n – активная потужність, Вт.

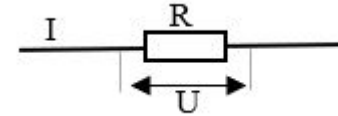
Якщо активна потужність, яку поставляють джерелами живлення, дорівнює за величиною активної потужності, витраченої в пасивних елементах електричного кола, то правильність розрахунків підтверджена.

ЗАВДАННЯ

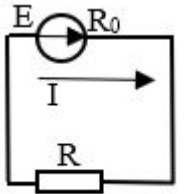
1. Розрахувати струм I_4 , якщо $I_1 = 5,3 \text{ A}$; $I_2 = 2,7 \text{ A}$; $I_3 = 1,5 \text{ A}$; $I_5 = 3,5 \text{ A}$



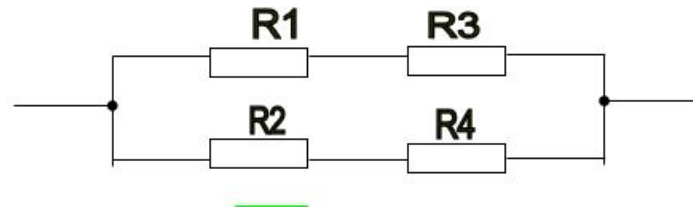
2. Визначити напругу на ділянці кола, якщо $R = 40 \text{ Ом}$, $I = 1,5 \text{ A}$



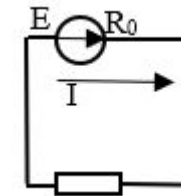
3. Знайти, чому дорівнює струм в замкнутому колі, якщо $R = 60 \text{ Ом}$, $R_0 = 20 \text{ Ом}$; $E = 200 \text{ В}$, $U = 110 \text{ В}$



4. Розрахувати еквівалентну опір, якщо $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10 \text{ Ом}$. Напишіть формулу розрахунку



5. Чому буде дорівнювати R_0 , якщо $I = 2 \text{ A}$, $U = 200 \text{ В}$; $E = 220 \text{ В}$, $R = 60 \text{ Ом}$



6. Розрахувати еквівалентний опір, якщо: $R_1 = 10 \text{ Ом}$; $R_2 = 39 \text{ Ом}$; $R_3 = 17 \text{ Ом}$; $R_4 = 65 \text{ Ом}$.

