

Лекція 2. Електричне коло і його елементи. Закон Ома для замкненого кола

1. Електричне коло і його елементи. Закон Ома для замкненого ланцюга

Електричним колом називають сукупність пристроїв, призначених для одержання, передачі, перетворення й використання електричної енергії. Електричне коло складається з окремих пристроїв - **елементів** електричного кола (джерел електричної енергії, її споживачів, пристроїв для передачі енергії, перетворення, комутації, контролю і т.д.).

Джерело електричної енергії, її приймач і сполучні проводи вважаються основними елементами кола, тому що при відсутності хоча б одного з них електричне коло зібрати неможливо.

Джерела електричної енергії служать для одержання електричної енергії з інших видів енергії – механічної, хімічної, тепловий, променистої. При перетворенні будь-якого виду енергії в електричну в джерелі відбувається поділ позитивних і негативних зарядів і утворюється електрорушійна сила (ЕРС).

Приймачі електричної енергії служать для перетворення електричної енергії в інші види енергії: механічну, теплову, світлову, хімічну. Елементи ланцюга, що мають тільки один параметр, називають **ідеальними**.

Джерела електричної енергії (ЕРС, струму) належать до групи активних елементів електротехнічних пристроїв.

До групи пасивних елементів ставляться: активний опір R , індуктивність (індуктивна котушка) L і ємність (конденсатор) C .

В електротехнічних пристроях одночасно протікають три енергетичні процеси.

1. В активному опорі відбувається перетворення електричної енергії в тепло.

2. В індуктивному елементі енергія електричного поля джерела перетвориться в енергію магнітного поля котушки й навпаки.

3. У конденсаторі, при заряді, відбувається накопичення енергії джерела в електричному полі конденсатора й потім при розряді повернення її джерелу.

Величини опір R , індуктивність L і ємність C залежать від властивостей пристрою, його конструкції і є параметрами цього пристрою.

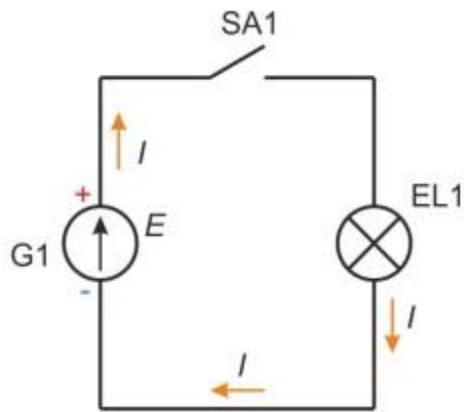


Рис 1. Просте електричне коло з одним джерелом і одним приймачем.

Поки джерело ЕРС працює (наприклад, поки в акумуляторній батареї відбувається хімічна реакція), у ланцюзі діє ЕРС. Якщо замкнути вимикач, по ланцюгу піде струм. Якщо розірвати ланцюг (розімкнути вимикач), **струм** припиниться, але ЕРС залишається діяти й у розімкнутому ланцюзі. Для того, щоб безупинно протікав струм, крім ЕРС, необхідно ще наявність замкненого електричного ланцюга.

У кожному замкненому ланцюзі розрізняють внутрішню частину, тобто джерело ЕРС, і зовнішню частину, до якої належать усі прилади й проводи, підключені до джерела ЕРС. Умовно вважають, що Струм у зовнішньому ланцюзі йде від «плюса» джерела до «мінуса», а усередині джерела - від «мінуса» до «плюса».

Кожне джерело ЕРС завжди має деякий опір. Його називають **внутрішнім опором** і позначають r (мал. 2). Струм усередині джерела ЕРС зустрічає в ньому опір, як і в будь якому провіднику. Акумулятори мають внутрішній опір близько часток ома, гальванічні елементи – від часток ома до декількох ом.

Зовнішній опір частий називають **навантажувальним опором** або **навантаженням**.

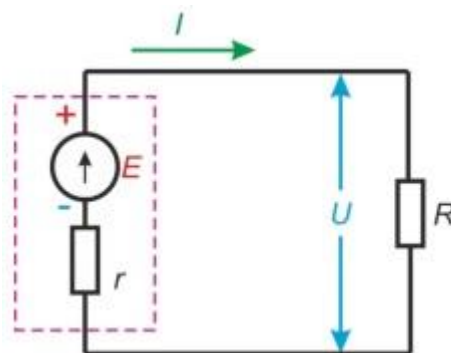


Рис. 2 Замкнене коло

Відповідно до **закону Ома для всього ланцюга сила струму в замкненому ланцюзі є відношення ЕРС до повного опору ланцюга**, тобто сумі зовнішнього й внутрішнього опорів:

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

Опір R провідника прямо пропорційний його довжині l , обернено пропорційний площі S його поперечного перерізу й залежить від речовини, з якої виготовлений провідник:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Питомий опір речовини – це фізична величина, яка характеризує електричні властивості речовини та чисельно дорівнює опору виготовленого з неї провідника довжиною 1 м і площею поперечного перерізу 1 м².

Одиниця питомого опору в СІ – ом-метр (Ом·м).

З'єднання провідників називають **послідовним**, якщо воно не містить розгалужень, тобто провідники розташовані послідовно один за одним

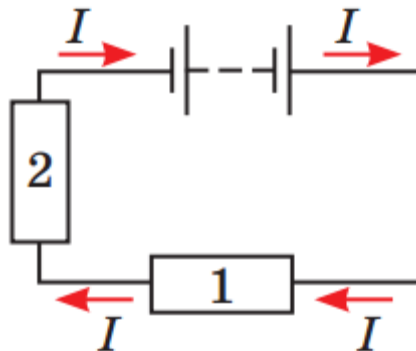


Рис. 3 Послідовне з'єднання

1. Сила струму в кожному з двох послідовно з'єднаних провідників однакова:

$$I_1 = I_2 = I$$

2. Загальна напруга на двох послідовно з'єднаних провідниках дорівнює сумі напруг на них:

$$U = U_1 + U_2$$

3. Загальний опір двох послідовно з'єднаних провідників дорівнює сумі їхніх опорів:

$$R = R_1 + R_2$$

З'єднання провідників називають **паралельним**, якщо для проходження струму є два чи більше шляхів – віток – і всі ці вітки мають одну пару спільних точок – вузлів

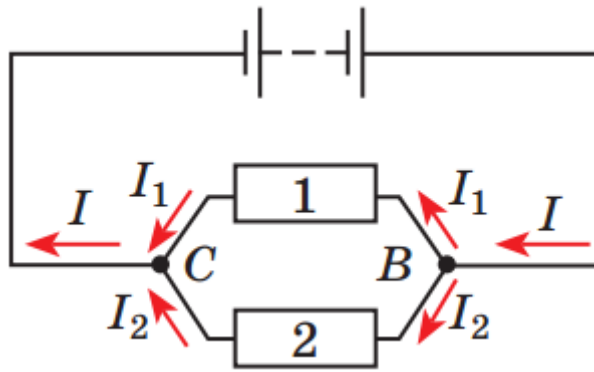


Рис. 4 Паралельне з'єднання

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

$$I = I_1 + I_2$$

2. Загальна напруга на ділянці та напруга на кожному з двох паралельно з'єднаних провідників є однаковими:

$$U = U_1 = U_2$$

3. Величина, обернена загальному опору розгалуженої ділянки кола, дорівнює сумі величин, кожна з яких обернена опору відповідної вішки цього розгалуження:

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

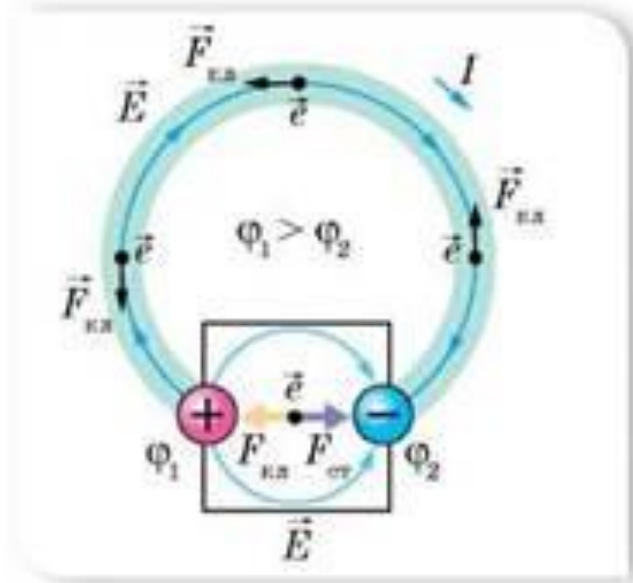
2. Електрорушійна сила. Закон Ома для повного кола

Електрорушійна сила – це скалярна фізична величина, яка характеризує енергетичні властивості джерела струму та дорівнює відношенню роботи сторонніх сил з переміщення позитивного заряду всередині джерела струму від негативного полюса до позитивного до значення цього заряду.

Якщо під'єднати до полюсів джерела провідник, то, завдяки наявності різниці потенціалів, вільні електрони провідності, не припиняючи хаотичного руху, під дією кулонівських сил почнуть рухатися напрямлено – від кінця провідника з нижчим потенціалом до кінця з вищим, тобто від негативного полюса джерела струму до позитивного (рис). Але сили електричного поля не можуть перемістити електричні заряди між полюсами всередині джерела, оскільки діють на них у протилежний бік. Тому всередині джерела, крім електричних сил $F_{кл}$, діють ще й сторонні сили $F_{ст}$. Природа сторонніх сил може бути різною: у хімічних елементах – це дія хімічних реакцій, у фотоелементах – дія сонячного випромінювання, в електрогенераторах – зміна магнітного потоку.

На переміщення зарядів затрачається відповідна робота $A_{ст}$, яку виконують сторонні сили. Що більший заряд переміщується, то більша робота затрачається.

Тоді робота буде дорівнювати $A_{ст} = \varepsilon q$, де ε — постійний коефіцієнт пропорційності, що характеризує відповідне джерело й називається електрорушійною силою джерела¹ (скорочено ЕРС).



$$\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$$

Одиниця ε (ЕРС) у системі СІ – вольт (В).

Сила струму I у повному електричному колі дорівнює відношенню ЕРС джерела струму до суми опорів зовнішньої частини кола R і внутрішньої його частини r :

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Підключення до полюсів джерела струму провідника з мізерно малим опором називають **коротким замиканням**, а струм, який при цьому виникає, – **струмом короткого замикання**. Значення сили струму короткого замикання ($I_{к.з.}$) є максимальним для даного джерела струму:

$$I_{к.з.} = \frac{\varepsilon}{R}$$

3. Робота і потужність електричного струму

Формула для розрахунку **роботи електричного струму** на даній ділянці кола:

$$A = UIt$$

Одиниця **роботи електричного струму** в СІ – джоуль (Дж); 1 Дж = 1В·А·с.

В електротехніці використовують позасистемну одиницю роботи струму – кіловатгодину; $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.

Потужність електричного струму P – фізична величина, яка характеризує швидкість виконання струмом роботи та дорівнює відношенню роботи A струму до часу t , за який цю роботу виконано:

$$P = \frac{A}{t},$$

або

$$P = UI,$$

де U – напруга на ділянці кола, на якій визначається потужність; I – сила струму в ділянці.

Одиниця потужності в СІ – Вт.

$$[P] = 1 \text{ Вт} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 1 \text{ А} \cdot \text{В}$$

Проходження струму в провіднику супроводжується виділенням теплоти, кількість якої прямо пропорційна квадрату сили струму, опору провідника та часу проходження струму (**закон Джоуля-Ленца**):

$$Q = I^2 R t$$