

Змістовий модуль 2. Електричні кола постійного струму
Тема № 2.2. Електричне коло і його елементи

План лекції

1. *Електричне коло і його елементи. Закон Ома для замкненого кола.*
2. *Режими роботи джерел ЕРС.*
3. *Робота й потужність струму.*
4. *Теплова дія струму.*

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.

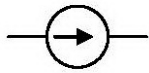




До групи пасивних елементів ставляться: активний опір R , індуктивність (індуктивна котушка) L і ємність (конденсатор) C .

В електротехнічних пристроях одночасно протікають три енергетичні процеси.

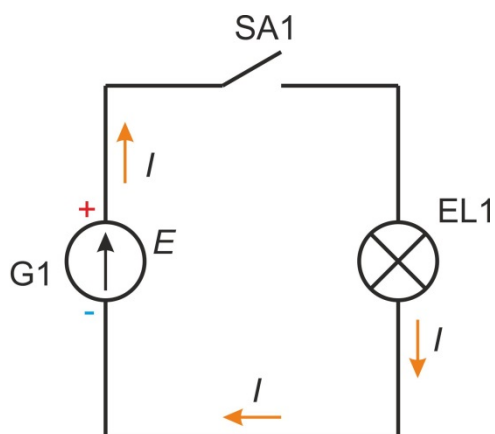
1. В активному опорі відбувається перетворення електричної енергії в тепло.
2. В індуктивному елементі енергія електричного поля джерела перетвориться в енергію магнітного поля котушки й навпаки.
3. У конденсаторі, при заряді, відбувається накопичення енергії джерела в електричному полі конденсатора 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.

Таб. 1. Таблиця ідеальних елементів електричного кола.

Ідеальні елементи	Параметр	Умовне графічне позначення
Джерело ЕРС	ЕРС E	E 
Джерело струму	Струм I	J 
Резистор	Опір R	R 
Індуктивна котушка	Індуктивність L	L 
Конденсатор	Ємність C	C 

Якщо з'єднати провідниками полюси джерела ЕРС із тим приладом, який повинен живитися струмом, наприклад, з лампою розжарювання, то виходить найпростіше замкнене електричне коло (мал. 1).



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

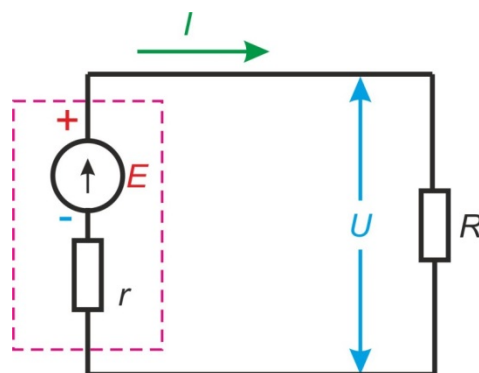
Поки джерело ЕРС працює (наприклад, поки в акумуляторній батареї відбувається хімічна реакція), у ланцюзі діє ЕРС. Якщо замкнути вимикач, по ланцюгу піде струм. Якщо розірвати ланцюг (розімкнути вимикач), струм припиниться, але ЕРС залишається діяти й у розімкнутому ланцюзі.

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**.



Мал. 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:

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1)$$

2. Режим роботи джерел ЕРС

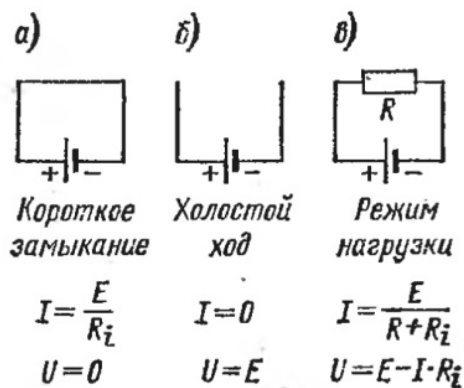
Нехай зовнішній опір ланцюга R зменшений до нуля (мал. 3, а). Режим електричного кола, при яким накоротко замкнута ділянка з одним або

декількома елементами, у зв'язку із чим напруга на цій ділянці дорівнює нулю, називається **режимом короткого замикання**. При $R = 0$ $U = IR = 0$, $I = \frac{E}{r}$.

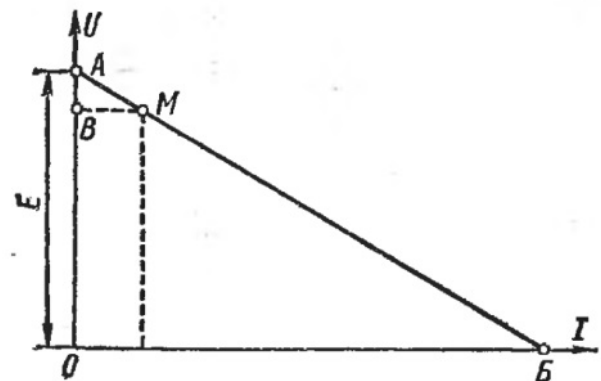
Коли ланцюг розімкнутий, тобто $R = \infty$, струм у ланцюзі відсутній: $I = 0$ (мал. 3, б). Джерело працює вхолосту, або в **режимі холостого ходу**. У цьому режимі напруга на затискачах джерела $U = E - Ir$ максимальна й рівна його ЕРС E .

Якщо зовнішній опір R у кілька раз більше внутрішнього опору r , то загублена усередині джерела напруга невелика, і напруга на затискачах генератора U близька до ЕРС E . Такий режим навантаження джерела звичайно є найбільш бажаним, і його можна назвати нормальним режимом або **режимом нормального навантаження** (мал. 3, в). Окремим випадком нормального є **номінальний режим** роботи, установлений заводом-виготовлювачем для даного електротехнічного пристрою відповідно до пропонувананих до нього технічних вимог.

Залежність напруги на затискачах джерела від струму навантаження $U = f(I)$ називають зовнішньою характеристикою джерела (мал. 4).



Мал. 3. Режимы работы джерела ЕРС



Мал. 4. Зовнішня характеристика джерела ЕРС

На мал. 4 точка А є точкою холостого ходу, у ній струм дорівнює нулю, а напруга U досягає найбільшого значення U_{xx} , тобто ЕРС E (відрізок OA). Точка Б є точкою короткого замикання, тому що для неї напруга дорівнює нулю, а струм I досягає найбільшого значення $I_{K3} = \frac{E}{r}$ (відрізок OB дорівнює струму короткого замикання). Нормальний режим відповідає різним точкам поблизу точки А, наприклад точці М. Для цієї точки відрізок OB показує напругу на затискачах джерела, а відрізок BA відповідає спаданню напруги усередині джерела.

3. Робота й потужність струму

Роботою електричного струму A називають перетворення його енергії в яку-небудь іншу енергію, наприклад у теплову, світлову, механічну.

Потужністю P називають роботу, чинену в одиницю часу:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{\Delta W}{t} = \frac{qU}{t} = UI = I^2R = \frac{U^2}{R} \quad (2)$$

Одиницею виміру потужності є ват (Вт, W). Потужність, рівна одному вату, є потужність струму силою один ампер при напрузі один вольт.

Відповідно до закону збереження енергія не виникає нізвідки й нікуди не зникає, а переходить із однієї форми в іншу. Тому в будь-якому ланцюзі потужність, що розвивається джерелами електричної енергії, дорівнює потужності необоротних перетворень енергії в приймачах:

$$\Sigma EI = \Sigma I^2 R \quad (3)$$

Ця рівність називається рівнянням балансу потужностей.

4. Теплова дія струму

Кожний провідник при проходженні струму нагрівається. Електрони, що рухаються в провіднику, зустрічаючись із молекулами провідника, передають їм частину своєї енергії й змушують рухатися швидше. Більш швидкий рух молекул приводить до підвищення температури. Таким чином, для проведення струму через провідник джерело струму затрачає деяку енергію, яка перетворюється в теплоту. Перехід електричної енергії в теплову описує закон Джоуля-Ленца, або закон теплової дії струму.

У 1844 р. незалежно один від одного Дж.Джоуль і Е.Ленц установили, що при проходженні електричного струму по провідникові кількість теплоти Q , виділюване провідником, прямо пропорційно квадрату струму I , опору провідника R і часу t , протягом якого електричний струм протікав по провідникові:

$$Q = I^2 R t \quad (4)$$

Теплова дія струму має велике значення. У лампах розжарювання розігріта до білого розжарення (температура 2500 – 2700°C) вольфрамова нитка служить джерелом світла. Теплова дія струму використовується в електронагрівальних приладах (електричний камін, праска, плита, чайник і т.д.). У плавких запобіжниках тонка вставка розплавляється при коротких замиканнях у ланцюзі й захищає від аварійних ситуацій.

Однак електричне нагрівання провідників не завжди знаходить корисне застосування. Так, у проводах лінії електропередач нагрівання приводить до втрати електроенергії й при великих струмах може створювати небезпеку виникнення пожеж.

Струм, при якому встановлюється найбільша допустима температура проводу, називається допустимим. Найбільша допустима температура залежить від ізоляції проводу й способу його прокладки. На практиці допустимий для даного струму перетин проводу (таб. 2) визначається по таблицях допустимих тривалих струмових навантажень на проводи й кабелі, наведеним у Правилах устрою електроустановок (ПУЕ).

Таб. 2. Допустимі струмові навантаження для ізольованих проводів

Поперечні сечення провідників, мм ²	Допустимий ток, А для проводів		Поперечні сечення провідників, мм ²	Допустимий ток, А для проводів	
	Медных	Алюминиевых		Медных	Алюминиевых
0,5	11	—	6	50	36
1	17	—	10	80	55
2,5	30	24	25	140	105
4	41	32	50	215	165

Провідник вибирається такого перетину, щоб допустимий струм був рівний або більше заданого (розрахункового) струму.

Питання для самоконтролю

1. Що називають електричним колом і які його основні елементи?
2. Перерахуйте ідеальні елементи електричного кола, назвіть їхні параметри та наведіть їхні умовні графічні зображення.
3. Які елементи кола називають активними, а які – пасивними?
4. Які процеси відбуваються в пасивних елементах кола?
5. Сформулюйте закон Ома для замкнутого електричного кола.
6. Основні режими роботи джерела ЕРС.
7. Чому рівний струм при короткім замиканні затискачів джерела енергії?
8. Чому дорівнює напруга на джерелі ЕРС в режимі холостого ходу?
9. Чому дорівнюють робота й потужність електричного струму й у яких одиницях вони виражаються?

10. Сформулюйте закон Джоуля-Ленца і наведіть приклади його застосування.
11. За якими умовами визначається перетин електричного проводу (тип кабелю) для підключення навантаження до джерела живлення?

Список літератури

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для неэлектротехн. спец. техникумов. – М.: Высш. шк., 2005. – §§ 2.1, 2.9 – 2.11, (с. 28 – 29, 42 - 57).
2. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учеб. пособие. – 15-е изд., стереотипное – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – §§2.1, 2.7 - 2.9 (с. 28 - 31, 46 – 54).
3. Славинский А.К., Туревский И.С. Электротехника с основами электроники: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. – §§ 2.7 – 2.8 (с. 42 – 45).