



ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Кафедра «Загальна електротехніка»

Професор, д-р техн. наук
Болюх Володимир Федорович

Електричні кола постійного струму та їх структура

Електричне коло – це сукупність пристроїв та об'єктів, утворюючих шлях для електричного струму і призначених для отримання, передачі та перетворення електричної енергії, електромагнітні процеси в яких можуть бути описані за допомогою понять електрорушійної сили (ЕРС), струму та напруги.

Елементи електричного кола :

1. джерела електроенергії (генератори, гальванічні елементи, термопари, батареї, фотоелементи та ін.);
2. споживачі електроенергії (електродвигуни, нагрівачі, лампи розжарювання, та ін.);
3. лінії зв'язку або електропередачі (двох-, трьох- чотирьохпровідні);
4. перетворювачі електроенергії (трансформатори, випрямлячі, інвертори);
5. комутаційна апаратура (ключі, контакти, захисна апаратура);
6. вимірювальні пристрої

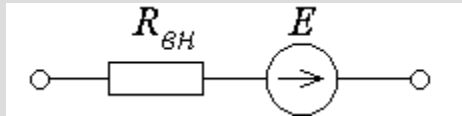


Схема заміщення джерела ЕРС

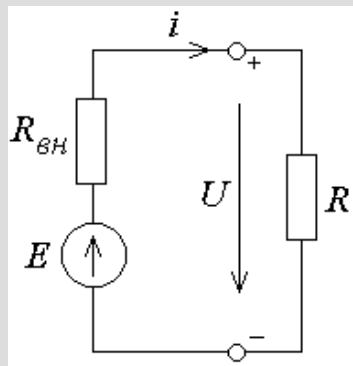
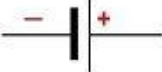
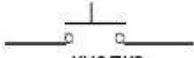
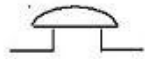
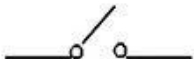
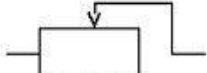
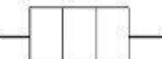


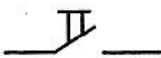
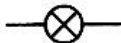
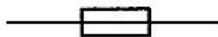
Схема електричного кола постійного струму

Сила струму I в електричному колі визначається кількістю електричного заряду q , що тече через переріз провідника за одну секунду:

$$I = \frac{q}{t}$$

Условное обозначение элементов электрической цепи

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

Выключатель	
Кнопочный выключатель	
Электрическая лампа накаливания	
Предохранитель	
Катушка	
Катушка с железным сердечником	
Амперметр	

Лампочка  Элемент № 8

Выключатель  Насос/двигатель 

Множительный выключатель  Заземление 

Предохранитель  Гнездо 

Резистор  Датчик 

Переменный резистор  Разделение провода 

Соединение  Соленоид 

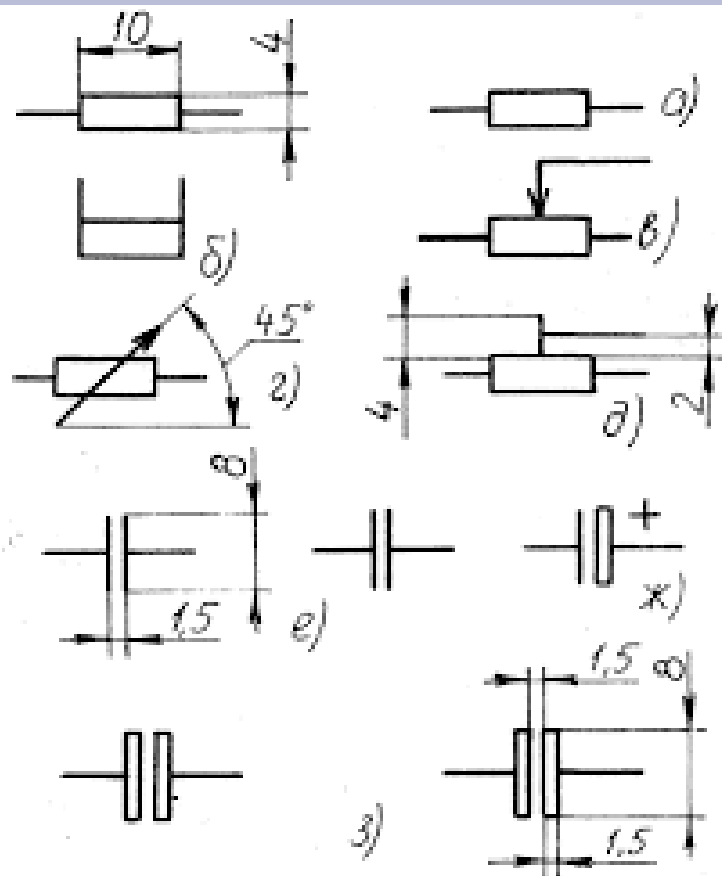
Соединение с другой схемой 

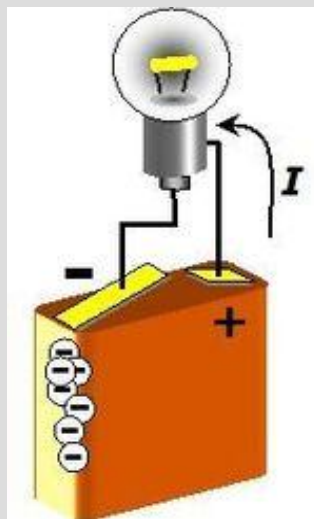
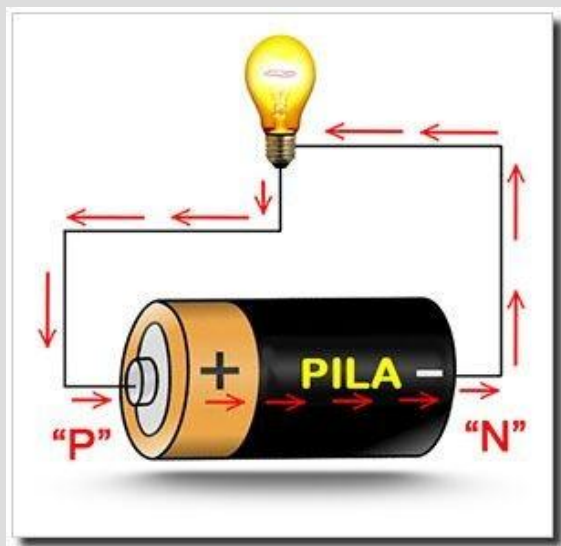
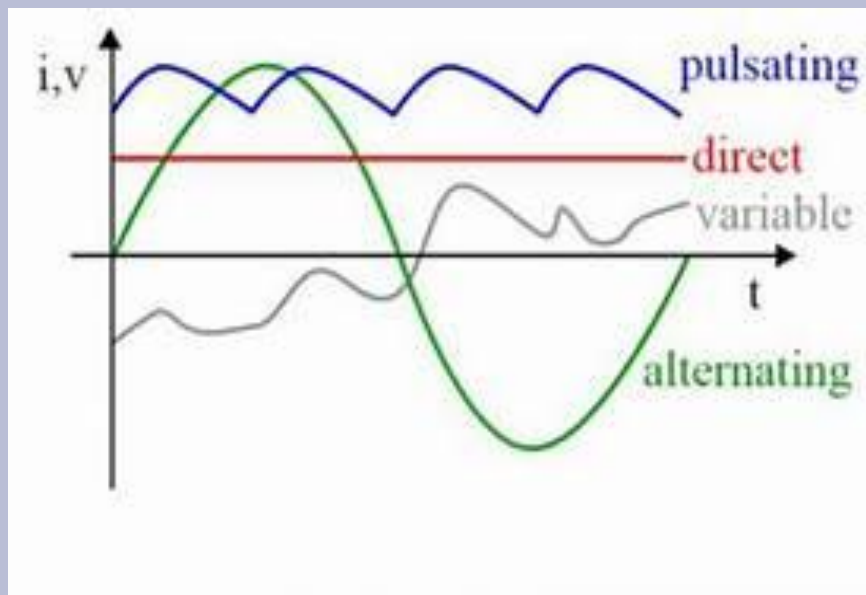
Альтернативный вариант соединения 

Экранированный кабель 

Пунктирная рамка обозначает больший элемент

T8b/4 - идентификация соединения
30 - идентификация клеммы





Постійні значення електричних величин електричних кіл позначають прописними літерами:
струм I , ЕРС E , напруга U , потужність P .

Змінні значення електричних величин позначають рядковими літерами:

струм i , ЕРС e , напруга u , потужність p .

Якщо значення струму в електричному колі непостійне, змінюється у часі, то миттєве значення струму визначається виразом

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Схема заміщення електричного кола.

Умовно-позитивні напрямки електричних величин

Закон Ома

На пасивній ділянці електричного кола (без ЕРС), струм I пропорційний напрузі U

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

$G = \frac{1}{R}$ – провідність ділянки електричного кола. Провідність вимірюється в сименсах (См).

Закон Ома для повного кола враховує всі опори кола та його ЕРС

$$I = \frac{E}{R_{\text{вн}} + R}$$

Падінням напруги або просто напругою U на певній ділянці кола називається величина, яка чисельно дорівнює роботі, що здійснюється електричним полем при переміщенні одиничного позитивного заряду (від плюса до мінуса).

$$U = I \cdot R$$

Джерела ЕРС та джерела струму

У **джерела ЕРС** внутрішній опір малий і напруга на його затисках при змінюванні струму від 0 до $I_{ном}$ змінюється незначно

$$E = IR_{вн} + IR = IR_{вн} + U$$

$$U = E - IR_{вн}$$

До **джерел струму** відносять джерела електроенергії з великим внутрішнім опором, в яких струм у колі слабо залежить від напруги на приймачі при його змінюванні від 0 до номінального значення.

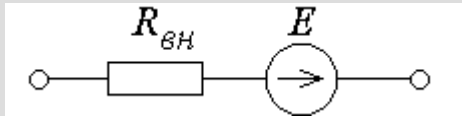


Схема заміння джерела ЕРС

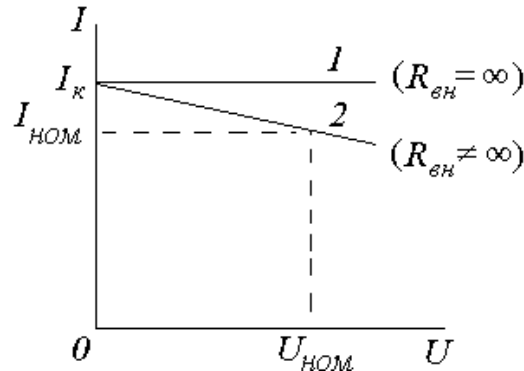
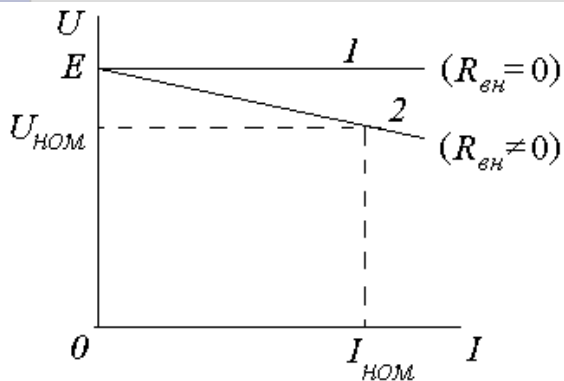
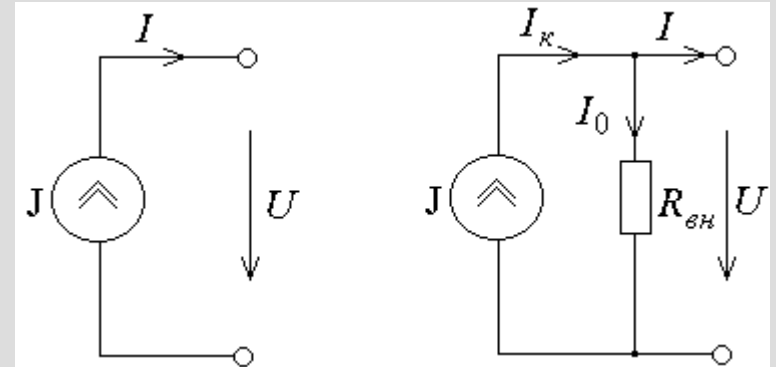
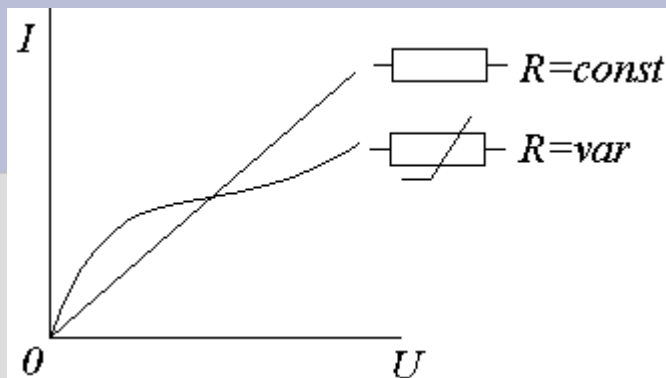


Схема заміння ідеального (а) і реального (б) джерела струму

Зовнішні характеристики джерел ЕРС (а) і джерел струму (б):
1 — ідеального; 2 — реального

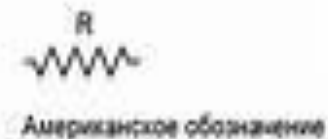
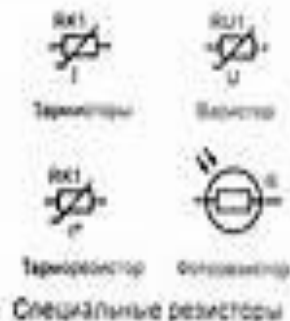
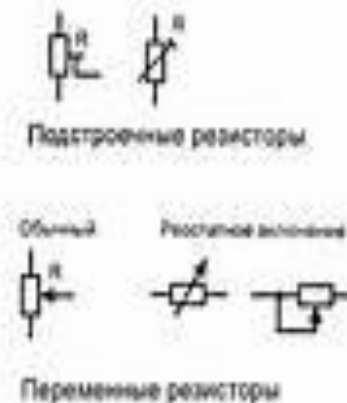
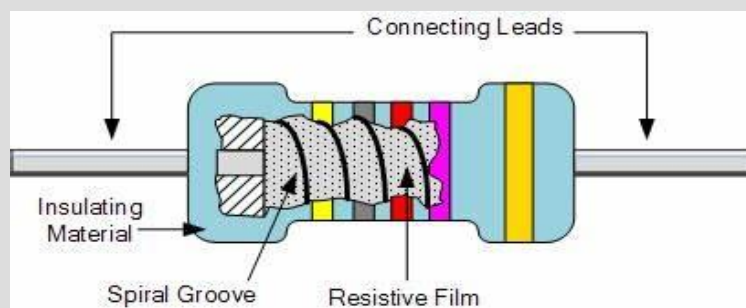
Опір R характеризує властивість елемента незворотно перетворювати електроенергію джерела в інші види енергії, наприклад, у теплову



Лінійний опір ($R = \text{const}$) залежить тільки від

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

де ρ – питомий опір (Ом·м); l , s – довжина і переріз провідника



Електротехнічні матеріали

В електротехніці широко використовуються провідникові, ізоляційні, напівпровідникові та магнітні (ферромагнітні) матеріали.



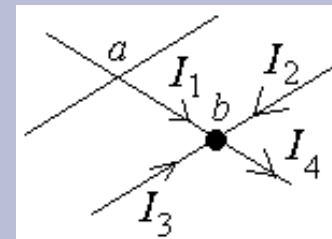
Магнитные материалы



1-й закон Кірхгофа: алгебраїчна сума струмів у вузлі дорівнює нулю

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

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4$$



Вузол – це точка електричного кола, в якій з'єднані не менше 3-х віток. Вузол на схемі позначається жирною точкою.

Вітка – це ділянка електричного кола, де всі елементи з'єднані послідовно, тобто по ним тече один струм.

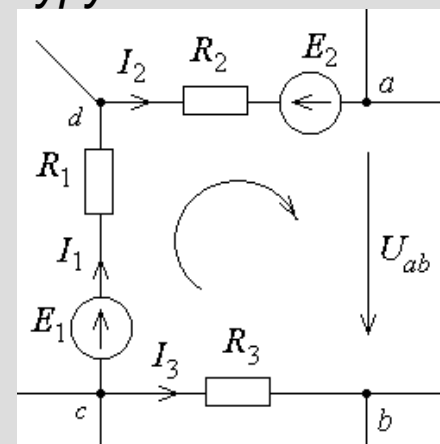
Будь-який замкнений путь, що проходить кількома ділянками, називається **контуром** електричного кола.

2-й закон Кірхгофа: алгебраїчна сума ЕРС, діючих вздовж будь-якого замкненого контуру розгалуженого електричного кола, дорівнює алгебраїчній сумі падінь напруг в усіх ділянках цього контуру

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

Для складання рівняння за 2-м законом Кірхгофа необхідно:
обрати додатний напрям струмів;
обрати додатний напрям обходу контуру

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 + U_{ab} - I_3 R_3$$



Ділянка електричного кола постійного струму

Енергетичний баланс електричного кола

За законом збереження енергії:

Кількість тепла, що виділяється в опорах споживачів за одиницю часу, має дорівнювати кількості енергії, що за той самий час віддають джерела живлення.

$$\sum_{k=1}^n E_k I_k = \sum_{k=1}^m I_k^2 R_k$$

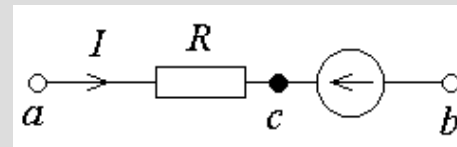
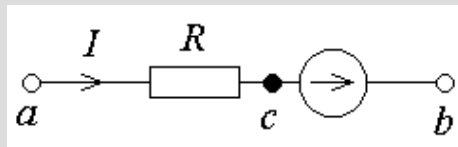
Закон Джоуля-Ленца: *Визначає кількість електричної енергії W , перетвореної у теплову на ділянці кола з опором R за час t*

$$W = R \cdot I^2 t$$

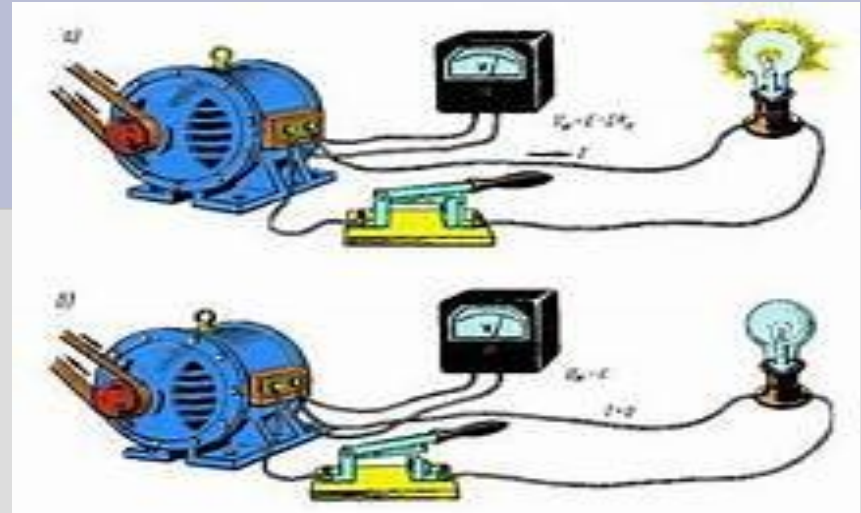
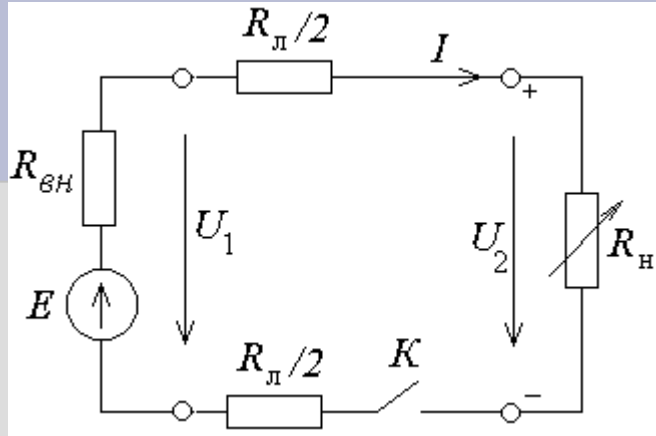
$$P = \frac{W}{t}$$

$P = I_k^2 R_k$ – за законом Джоуля-Ленца – це потужність, яку споживає опір R_k .
 $E_k I_k$ – потужність джерела.

Алгебраїчна сума потужностей усіх джерел енергії дорівнює арифметичній сумі потужностей усіх приймачів.



Режими роботи електричного кола



Номінальний – це режим, в якому усі елементи електричного кола за нормальними умовами навколишнього середовища можуть виконувати своє функціональне призначення досить тривалий час із заданою надійністю. Режим характеризують номінальні: напруга $U_{\text{НОМ}}$, струм $I_{\text{НОМ}}$, потужність $P_{\text{НОМ}}$ і ККД $\eta_{\text{НОМ}}$, які вказані у паспорті або на щитку пристрою.

$$I = \frac{E}{R_{\text{вн}} + R_{\text{с}} + R_{\text{л}}} \quad U = E - I(R_{\text{вн}} + R_{\text{с}}) \quad P_2 = I^2 R_{\text{л}} = \frac{E^2 R_{\text{л}}}{(R_{\text{вн}} + R_{\text{с}} + R_{\text{л}})^2} \quad P_1 = EI = \frac{E^2}{R_{\text{вн}} + R_{\text{с}} + R_{\text{л}}}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{вн}} + R_{\text{с}} + R_{\text{л}}}$$

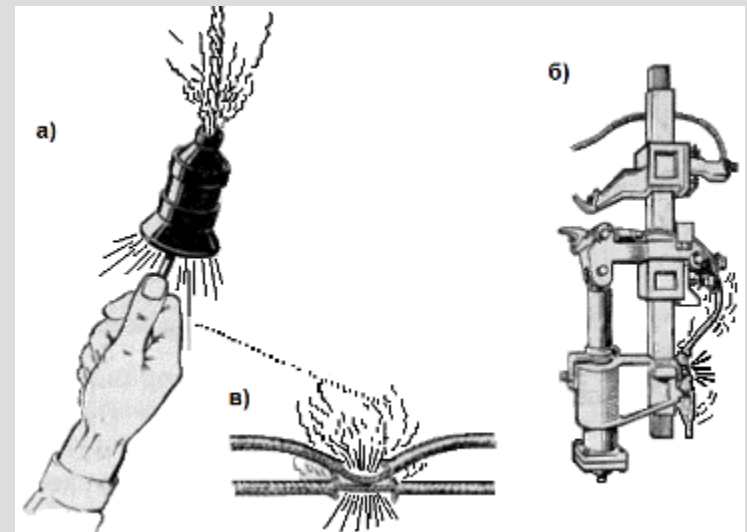
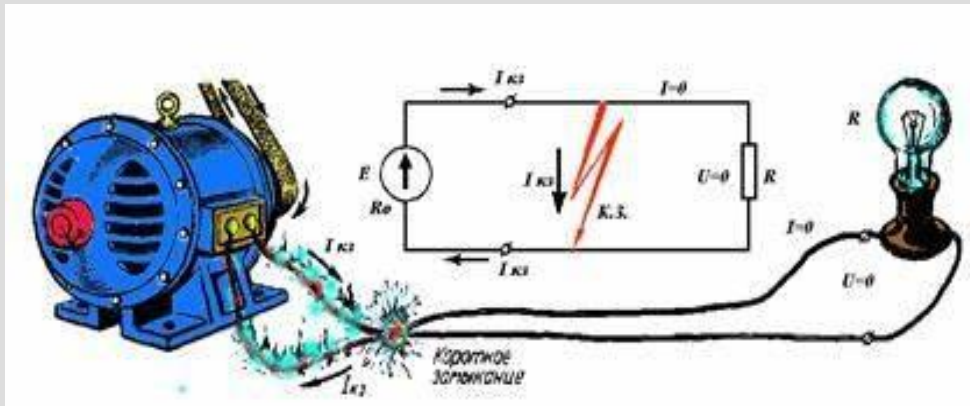
Неробочий хід (НХ) – це режим, в якому електричне коло розірване і струм відсутній $I = 0$

$$U_1 = U_2 = E.$$

Коротке замикання (КЗ) – це режим, в якому опір приймача наближається до нуля, або провідником замкнуті його полюси, а також коли замкнуті провідники лінії або полюси джерела.

напруга приймача $U_2 = 0$, струм $I_{кз} \gg I_{ном}$.

$$I_k = \frac{U_1}{R_{\Sigma}} = \frac{E}{R_{\Sigma i} + R_{\Sigma}}$$



Узгодженім називають режим, в якому потужність, яку віддає джерело у зовнішнє коло, є максимальною, якщо змінною величиною є опір приймача. Режим є можливим при певних значеннях опору приймача R_H .

$$R_i = R_{\Sigma i} + R_{\Sigma}$$

При цьому ККД $\eta=0,5$, а струм $I_y=0,5I_{кз} \gg I_{ном}$.

Thanks for your attention