РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ТЕМА 1. ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

1.1. Основні поняття кола постійного струму. Структурний аналіз кіл

Електричним струмом називаємо упорядкований рух носіїв електричних зарядів під дією електричного поля.

Постійний струм - струм, який не змінюється з часом ні за напрямком, ні за величиною.

Електричне коло – це сукупність джерел живлення та споживачів електричної енергії, з'єднаних між собою тілами або середовищами, що забезпечують протікання електричного струму.

Джерелами електричної енергії є пристрої, які перетворюють інші види енергії в електричну (хімічну –в акумуляторах, сухих батареях; механічну – в електромеханічних генераторах). Пристрої, що споживають електричну енергію, називаються приймачами електричної енергії або навантаженням. Споживачі перетворюють електричну енергію в інші види енергії.

Кожен пристрій електричного кола має назву **елемента електричного кола**. Самим розповсюдженим елементом електричного кола є резистор, який характеризується таким параметром, як опір. Опір резистора (**R**) характеризує спроможність елемента перетворювати електричну енергію на теплову. Іноді замість поняття опору вживається поняття провідності. Провідність (**g**) – це величина зворотна опору: **g = 1/ R** . **Опір** вимірюється в **Омах** (Ом), **провідність** у **Сименсах** (См).

Величини електричного кола

До величин електричного кола належать:

• сила струму;

• напруга на елементах;

• електрорушійна сила.

Прийняті позначення величин для кола постійного струму

I – сила струму (одиниця виміру – **Ампер**);

U – напруга (одиниця виміру – **Вольт**);

E – електрорушійна сила джерела живлення (одиниця виміру – **Вольт**).

Для виникнення струму необхідне **замкнуте електричне коло і джерело електрорушійної сили.**

Електричне коло в загальному випадку включає такі елементи:

• Джерело електричної енергії – генератори, джерела живлення.

• Приймачі, що перетворюють електроенергію в інші види енергії.

• Засоби, що з'єднують джерела енергії і приймачі.

Кожен пристрій електричного кола має назву елемента електричного кола. Елементи електричних кіл на схемах мають певне позначення (рис.1.1):

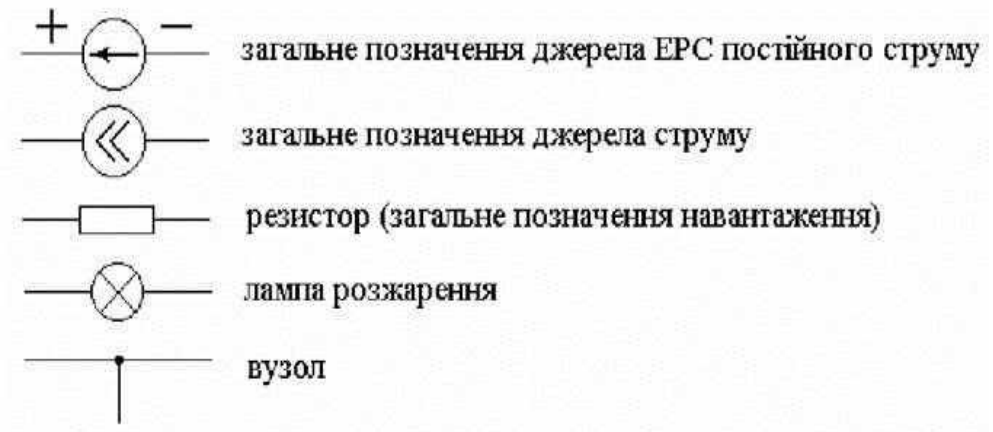


Рисунок 1.1 - Елементи електричних кіл

Види електричних схем

Графічне зображення кола називається **електричною схемою.**

Для зображення електричного кола використовують:

• принципову;

• схему заміщення (еквівалентну).

Графічне зображення електричного кола, складеного з умовних позначень елементів, називається принциповою. Принципова схема електричного кола (рис.1.2,а) показує призначення всіх елементів та їх взаємодію, але, склавши тільки таку схему кола, не можна розрахувати його режим роботи. Для того, щоб

виконати розрахунок, необхідно кожен з елементів представити схемою заміщення, тобто скласти схему заміщення (рис.1.2,б).

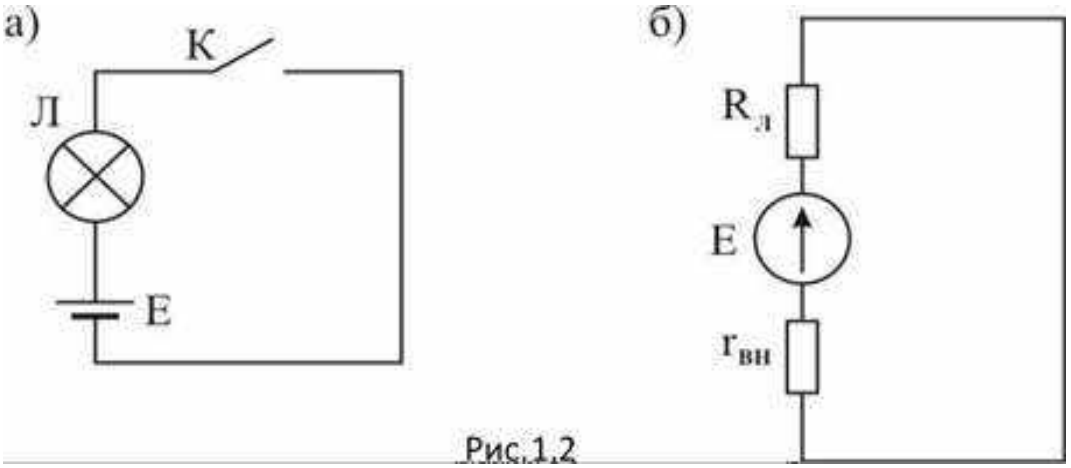


Рисунок 1.2 - Принципова схема і схема заміщення електричного кола

Електричні кола можуть бути **простими і складними**. До простих відносяться кола з одним джерелом живлення (або кількома джерелами в одній вітці); до складних – кола з двома або більше джерелами живлення в різних вітках.

Найпростіше коло складається з джерела енергії з ЕРСЕ, приймача електричної енергії або кажуть навантаження з опором R та з'єднувальних проводів (рис.1.3).

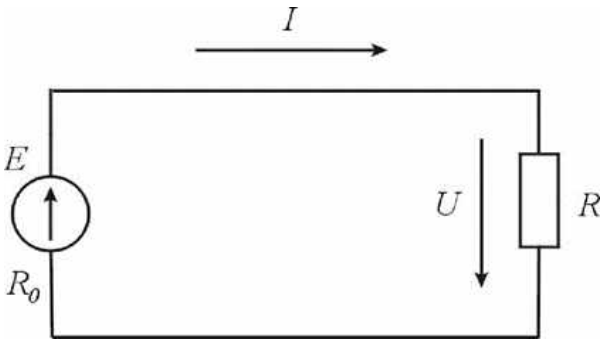


Рисунок 1.3 - Проста схема електричного кола

Частина кола, що включає з'єднувальні проводи і навантаження є ***зовнішнім колом джерела.***

Структурний аналіз електричних кіл

Для кожної електричної схеми існує поняття вузла, вітки (гілки) і контуру.

Вузол – точка з'єднання трьох або більше гілок.

Гілка – ділянка кола між двома вузлами, по елементам якої тече однаковий струм.

Контур – замкнутий шлях обходу віток.

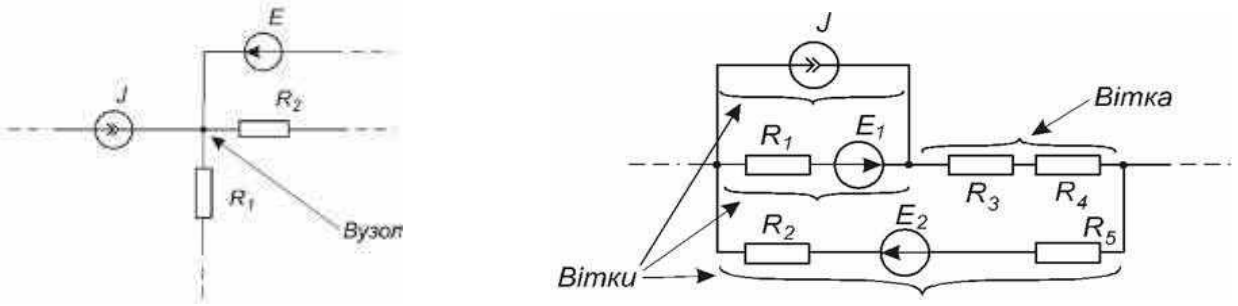


Рисунок 1.4 - Поняття вузол, гілка, контур

Незалежний контур – контур, який відрізняється від будь-якого іншого хоча би однією новою гілкою. Кількість незалежних контурів визначається за формулою

$$\mathbf{L = m - (n - 1).} \qquad (1.1)$$

Метою структурного аналізу схеми є визначення кількості вузлів **n**, гілок **m** і незалежних контурів **L**.

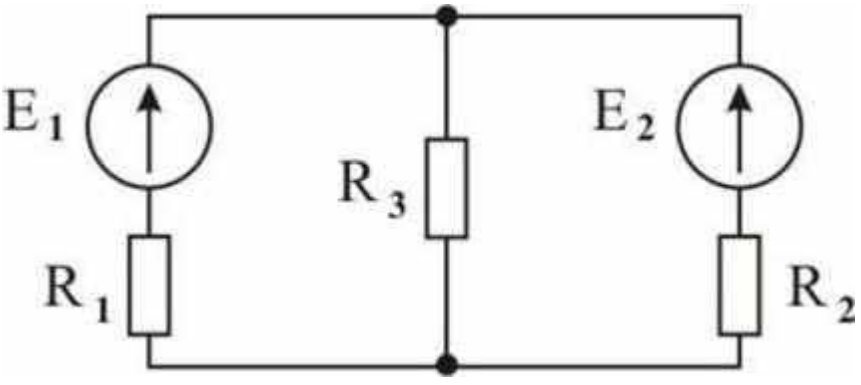


Рисунок 1.5 - Приклад: n=2, m=3, l=2

В теорії електричних ланцюгів розрізняють активні і пасивні елементи. Перші вносять енергію в електричну ланцюг, а другі її споживають.

Пасивні елементи електричних ланцюгів: резистивний опір, індуктивний опір, ємнісний опір.

Резистивним опором називається ідеалізований елемент електричного кола, що володіє властивістю незворотного розсіювання енергії.

Індуктивним елементом називається ідеалізований елемент електричного кола, що володіє властивістю накопичення їм енергії магнітного поля.

Ємнісним елементом (ємністю) називається ідеалізований елемент електричного кола, що володіє властивістю накопичення енергії електричного поля.

Активні елементи електричних ланцюгів.

Активними називаються елементи ланцюга, які віддають енергію в ланцюг, тобто джерела енергії.

Під дією електрорушійної сили **E** генератора в замкнутому колі виникає і підтримується направлений рух електричних зарядів – електричний струм.

Величина струму **I** визначається кількістю електричних зарядів, що проходять через поперечний перетин провідника за одиницю часу (одну секунду).

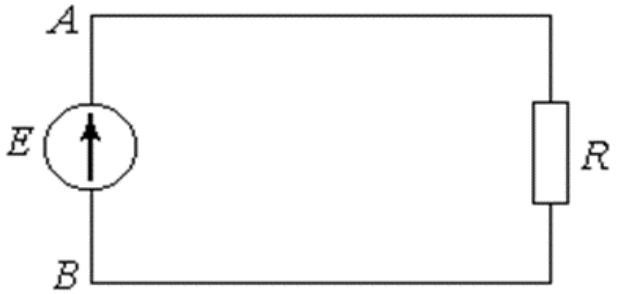


Рисунок 1.6 - Замкнуте електричне коло

Якщо величина струму в часі не змінюється, то

$$\mathbf{I = q / t}\,, \qquad (1.2)$$

де **q** – кількість електрики (кількість електричних за рядів), що проходить за **t** секунд.

Одиницею виміру електричного струму є ампер.

1 ампер = 1 кулон / секунда (1А = 1 Кл / сек).

В металевих провідниках електричний струм це є рух негативних зарядів – електронів. В інших випадках (наприклад, електролітах) електричний струм здійснюється переміщенням і негативних, і позитивних зарядів в протилежних напрямках.

Рух позитивних зарядів в одному напрямку рівноцінний переміщенню від'ємних зарядів в протилежному напрямку.

Для визначеності умовлено за позитивний напрямок струму в провідниках вважати напрямок руху позитивних зарядів.

В джерелі електрорушійної сили на переміщення електричних зарядів витрачається певна енергія. Відношення роботи **А**, що здійснюється зовнішніми силами при переносі зарядженої частки всередині джерела до її заряду **Q** називається електрорушійною силою джерела енергії **(ЕРС**).

$$\mathbf{E = A / Q .} \qquad (1.3)$$

Якщо **Q = 1 Кл**, то **Е = А**, тобто **ЕРС** чисельно дорівнює роботі, що здійснюється зовнішніми силами при переносі одиниці заряду на ділянці АВ (рис.1.6). **ЕРС визначається в вольтах**

$$\mathbf{E = A /Q ;} \qquad (\text{Дж} /1\text{Кл} = 1\text{В}). \qquad (1.4.)$$

Дією електрорушійної сили джерела забезпечується певна різниця потенціалів на його клемах. Клема з більш високим потенціалом називається **позитивною** і позначається знаком **« + ».** Клема з більш низьким потенціалом називається **від'ємною** і позначається знаком **« – ».** Іншими словами клема « + » має більше вільних позитивних зарядів або менше від'ємних, а клема « – » має менше позитивних або більше від'ємних зарядів.

У зовнішньому колі струм направлений від клеми « + » до клеми « – », тобто від точки з більш високим потенціалом до точки з більш низьким потенціалом.

В джерелі напрямок струму співпадає з напрямком ЕРС – від клеми « – » до клеми « + ».

Проходження електричного струму в колі пов’язане з втратою енергії. Ця енергія постачається в коло джерелом і перетворюється в колі в інші види енергії. Елемент кола, в якому здійснюється необоротний процес перетворення електроенергії в теплову називається **електричним активним опором**.

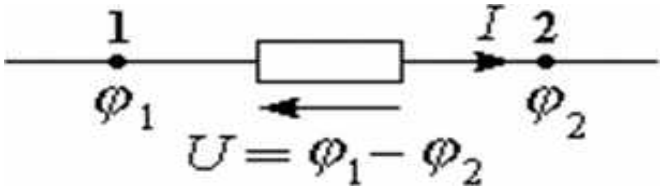


Рисунок 1.7 - Ділянка електричного кола з активним опором

Розглянемо ділянку кола 1 – 2 (рис.1.7)

Проходження струму на ділянці обумовлене різницею потенціалів

$$\mathbf{U = \varphi_1 - \varphi_2} \qquad (1.5)$$

на його кінцях або напругою **U** на ділянці.

Напруга на ділянці кола називають ще **падінням напруги**. Напруга вимірюється як і ЕРС в вольтах – «**В**».

1.2. Види з’єднань елементів, найпростіші еквівалентні перетворення

Види з’єднання резисторів

1) послідовне з’єднання (рис.1.8)

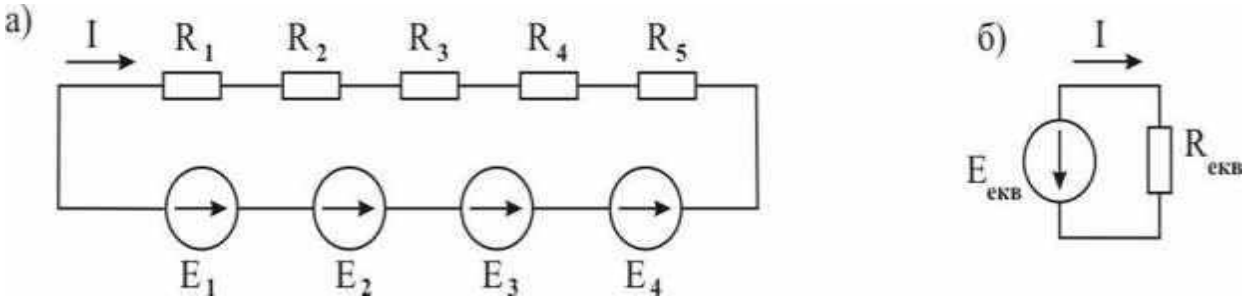


Рисунок 1.8 - а) коло послідовного з’єднання резисторів;

б)еквівалентне перетворення кола

При послідовному з’єднанні через всі елементи проходить однаковий струм. При такому з’єднанні для спрощення схеми послідовно з’єднані резистори

і джерела ЕРС замінюються одним резистором з еквівалентним опором, що знаходиться за формулою:

$$R_{ЕКВ} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots R_N = \sum R_K \qquad (1.6)$$

і одним джерелом з еквівалентною ЕРС:

$$E_{ЕКВ} = \sum E_K \qquad (1.7)$$

При послідовному з'єднанні джерел ЕРС негативний полюс одного джерела з'єднують з позитивним полюсом другого**. В результаті такого з'єднання загальна напруга буде дорівнювати сумі напруг всіх джерел**.



Рисунок 1.9 - Послідовне з'єднання акумуляторів

2) **Паралельне з'єднання** (рис.1.10)

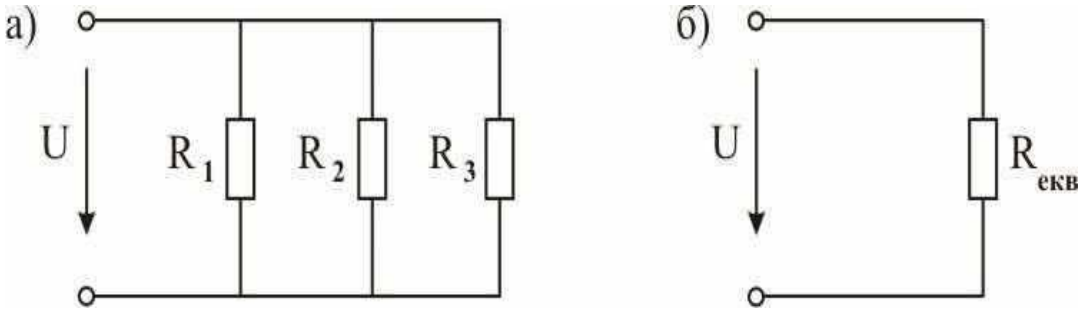


Рисунок 1.10 - Коло паралельного з'єднання резисторів

При паралельному з'єднанні елементів напруга на них однакова внаслідок під'єднання їх до двох загальних вузлів. Еквівалентний опір визначається за формулою**:**

$$1 / R_{ЕКВ} = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1/ R_3 + \ldots + 1 / R_N \qquad (1.8)$$

При паралельному з'єднанні джерел ЕРС з'єднують між собою одинакові полюси – позитивні з позитивними, від'ємні з від'ємними**. При такому**

з'єднанні загальна напруга буде такою ж, як у одного джерела, а сила струму збільшується у стільки раз, скільки джерел з'єднані між собою.



Рисунок 1.11 - Паралельне з'єднання акумуляторів

3) **Змішане з'єднання** (рис.1.12)

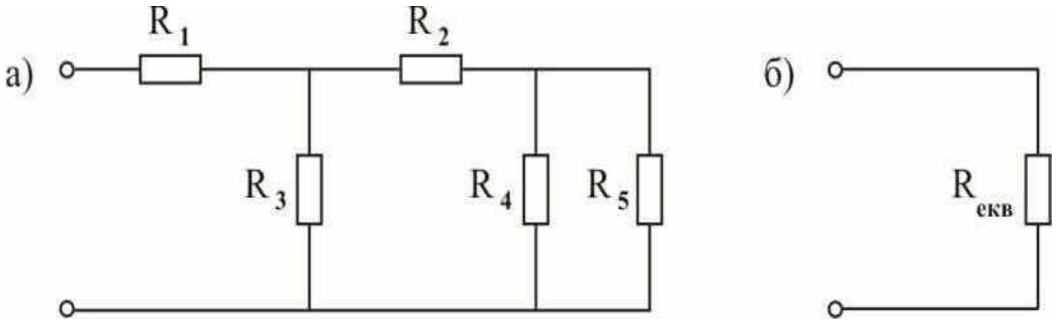


Рисунок 1.12 - Змішане з'єднання резисторів

$$R_{ЕКВ} = R_1 + R_3 (R_2 + R_4 R_5 / R_4 + R_5) / R_3 + (R_2 + R_4 R_5 / R_4 + R_5) \quad (1.9)$$

1.3. Основні закони та формули: закони Ома та Кірхгофа

А) Закони Ома

Закон Ома для ділянки кола

У 1827 р. німецький вчений **Ом** експериментально вивів закон, що встановлює залежність між трьома основними параметрами електричного кола: струмом, напругою й опором.

Згідно закону Ома, струм **I** на ділянці кола пропорційний напрузі **U** на цій ділянці і обернено пропорційний опору ділянки (рис.1.13).

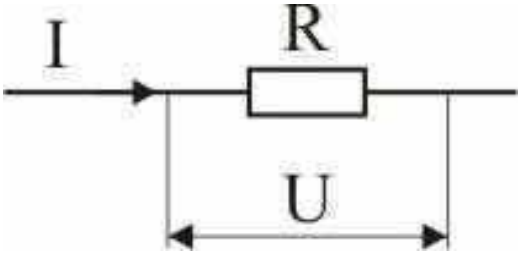


Рисунок 1.13 - Напруга на ділянці кола

$$I = U / R, \qquad (1.10)$$

де: **I** - сила струму на ділянці кола, А; **U** - напруга (падіння напруги) на даній ділянці, В; **R** - електричний опір ділянки кола, Ом.

З закону Ома випливають формули:

$$I = U / R, \quad U = I R, \quad R = U / I . \qquad (1.11)$$

Закон Ома для всього кола

Закон Ома для всього кола формулюється в такий спосіб: сила струму в електричному колі прямо пропорційна величині ЕРС джерела й зворотно пропорційна повному опору кола:

$$I = E / R_П , \qquad (1.12)$$

де **I** - сила струму в колі, А; **E** - ЕРС джерела, В;

$R_П$ - повний опір кола, Ом .

Повний опір кола $R_П$ являє собою суму опорів навантаження $R_Н$ (зовнішній опір кола), опору лінії $R_Л$ (опір сполучних проводів) і внутрішнього опору джерела R_0

$$R_П = R_Н + R_Л + R_0 . \qquad (1.13)$$

Б) Закони Кірхгофа

У теорії електричних кіл важливе значення мають експериментально встановлені в 1847 р. німецьким фізиком Г.Р. Кірхгофом закони, що одержали назву 1-го й 2-го законів Кірхгофа.

Перший закон Кірхгофа

Цей закон відносять до вузлів кола й для випадку постійних струмів формулюють в такий спосіб: **алгебраїчна сума струмів, що сходяться у вузлі, дорівнює нулю (**рис.1.14):

$$\sum \mathbf{I_K = 0.} \qquad (1.14)$$

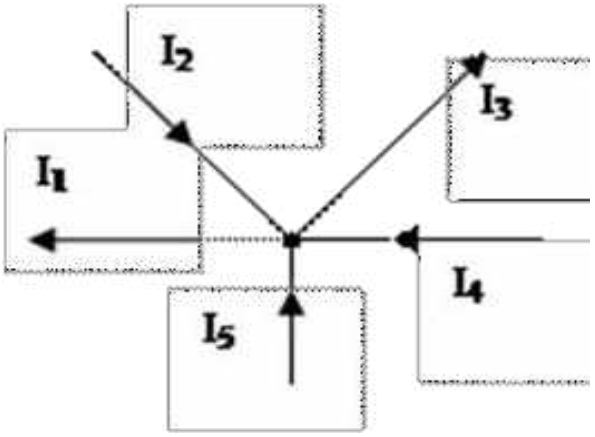


Рисунок 1.14 - Приклад: $\mathbf{-I_1 + I_2 - I_3 + I_4 + I_5 = 0}$

Струми, що **втікають у вузол**, беремо зі знаком **«+»,** а які **витікають** з вузла – зі знаком **«-»**.

Перший закон Кірхгофа можна формулювати і таким чином: алгебраїчна сума струмів, що втікають у вузол, дорівнює алгебраїчній сумі струмів, що витікають з нього.

Перший закон Кірхгофа є наслідком закону збереження кількості елетрики, відповідно до якого ні в якій точці заряди не можуть безмежно накопичуватися: кількість електрики, що притікає до даної точки за певний проміжок часу, повинна дорівнювати кількості електрики, що відтікає від неї за той же час.

Другий закон Кірхгофа

Алгебраїчна сума ЕРС в замкненому контурі дорівнює алгебраїчній сумі падінь напруг на елементах контуру

$$\sum \mathbf{E_K} = \sum \mathbf{I_K R_K .} \qquad (1.15)$$

1.4. Робота в колі постійного струму, потужність, баланс потужностей. Напруга на клемах джерела

Робота в колі постійного струму визначається як робота по переміщенню заряду **q** під дією різниці потенціалів:

$$A = qU. \tag{1.16}$$

Так як $q = I \cdot t$, то роботу можна визначити як

$$A = I \cdot t \cdot U . \tag{1.17}$$

Потужність – це робота, яка виконується електричним полем за одиницю часу:

$$P = A / t . \tag{1.18}$$

Потужність, що виділяється на резисторі :

$$P_R = I^2 R \quad \text{або} \quad P_R = U I. \tag{1.19}$$

Одиницею потужності є Ватт (Вт).

Потужність джерела ЕРС:

$$P_{дж} = E \cdot I \quad \text{або} \quad P_{дж} = U \cdot I , \tag{1.20}$$

де **I** – струм через джерело ЕРС.

Баланс потужності.

Потужність усіх джерел живлення електричного кола дорівнює сумі потужностей усіх споживачів цього кола $\sum P_{дж\,к} = \sum P_{сп\,к}$.

Цей закон є наслідком закону збереження енергії.

Якщо напрямки ЕРС та струму збігаються, то джерело віддає потужність у навантаження. У цьому разі добуток $E_к I_к$ треба брати зі знаком «+». Якщо напрямки ЕРС та струму протилежні, то джерело працює в режимі споживача. В цьому разі добуток $E_к I_к$ треба брати зі знаком «-».

Напруга на клемах джерела

В електричному колі кожний елемент – і джерело, і провід, і приймачі мають певний електричний опір.

Зобразимо схему найпростішого електричного кола з врахуванням опорів всіх його елементів (рис.1.15).

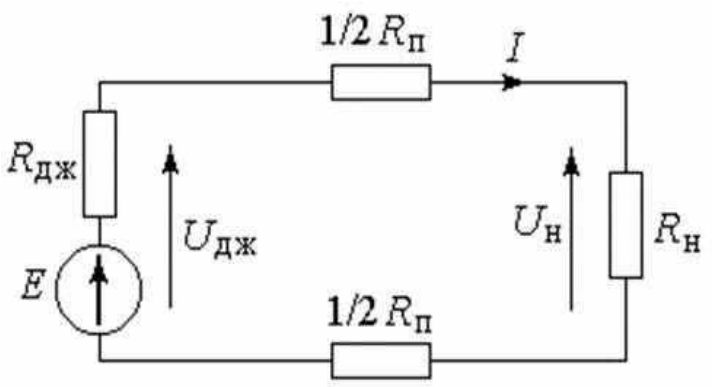


Рисунок 1.15 - Проста схема електричного кола

Через всі послідовно з'єднані елементи кола протікає один і той же струм **I.** Величина цього струму прямо пропорційна електрорушійній силі джерела і зворотно пропорційна загальному опору кола

$$\mathbf{I = E / R_{дж} + R_п + R_н = E / R_{дж} + R_{зовн}}, \qquad (1.21)$$

де $\mathbf{R_{дж}}$ – опір джерела; $\mathbf{R_п}$ – опір проводів; $\mathbf{R_н}$ – опір навантаження (приймача); $\mathbf{R_{зовн} = R_п + R_н}$ - загальний опір зовнішнього кола.

Частина електрорушійної сили, що витрачається на здолання внутрішнього опору джерела, називається падінням (втратою) напруги в джерелі

$$\mathbf{\Delta U_{дж} = I \cdot R_{дж}.} \qquad (1.22)$$

Друга частина ЕРС витрачається на здолання опору зовнішнього кола і називається **напругою на клемах джерела**

$$\mathbf{U_{дж} = E - I \cdot R_{дж} = E - \Delta U_{дж}}. \qquad (1.23)$$

При зменшенні зовнішнього опору $\mathbf{R_{зовн}}$ струм **I** в колі збільшується, падіння напруги в джерелі $\mathbf{\Delta U_{дж}}$ збільшується і тому напруга на клемах джерела $\mathbf{U_{дж}}$ зменшується. Залежність $\mathbf{U_{дж} = f (I)}$ називається **зовнішньою характеристикою джерела** (рис. 1.16)

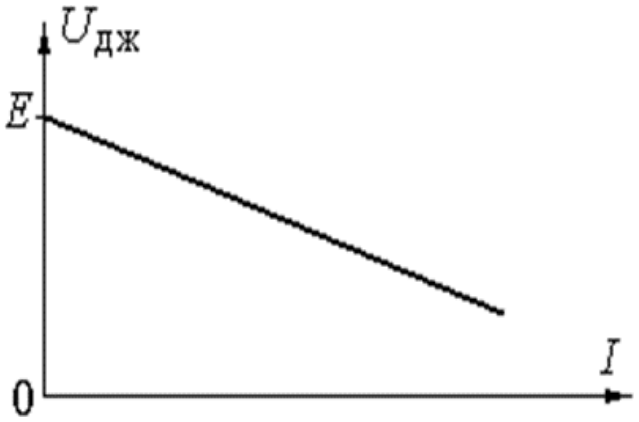


Рисунок 1.16 - Зовнішня характеристика джерела

Як правило **R дж << Rзовн** і, тому допустимо вважати **U дж ≈ E**.

Якщо джерело з'єднане з навантаженням лінією передачі (проводами), то при проходженні струму в ній втрачається частина напруги $\Delta U_П = I \cdot R_П$. Тому напруга $U_Н$ на клемах навантаження менша за напругу на клемах джерела на величину $\Delta U_П$

$$U_н = U_{дж} - \Delta U_п = E - I\,(R_{дж} + R_п). \qquad (1.24)$$

Лінії електропередачі, як правило, виконують мідними алюмінієвими і рідше сталевими проводами. Опір металевого провідника залежить від його довжини ***l***, площі поперечного перетину **S** і електропровідних можливостей металу : $R = \rho\, l / S$, (1.25)

де ***l*** – довжина провідника (м), **S** – площа поперечного перетину (мм^2),

ρ - питомий опір (Ом мм^2 /м).

На практиці площу перетину проводів вибирають так, щоб втрати напруги в них не перевищували 5 – 10% від напруги джерела.

1.5. Розрахунок складного ланцюга за допомогою законів Кірхгофа

Складним називають розгалужене електричне коло, що містить довільне число джерел і споживачів, яке неможливо звести до комбінації послідовних і паралельних з'єднань.

Для розрахунків складного ланцюга застосовують закони Кірхгофа, при цьому необхідно скласти стільки незалежних рівнянь, скільки гілок у схемі (**m**).

Спочатку складають рівняння за першим законом Кірхгофа. Для цього довільно задаються напрямками струмів і позначають їх стрілками. При цьому якщо схема має **n** вузлів, те можна скласти тільки (**n-1**) незалежних рівнянь, тому що рівняння для останнього вузла буде наслідком попередніх.

Тому для кожного вузла, крім останнього, записуємо рівняння: у лівій частині - алгебраїчна сума струмів (струми, спрямовані до вузла, тобто "втікають" у вузол, беруться зі знаком "плюс", а струми, які спрямовані від вузла, тобто "витікають" з нього - зі знаком "мінус"), у правій частині - нуль.

Інші рівняння складають за другим законом Кірхгофа. Тут теж треба пам'ятати, що незалежні рівняння можна скласти тільки для тих контурів, які не утворюються в результаті накладення вже розглянутих, тобто кожний новий контур повинен містити принаймні одну нову гілку, яка не входила в рівняння, уже складені для інших контурів.

Вибирають напрямок обходу контуру, як правило, за годинниковою стрілкою. Після чого складають рівняння, де в лівій частині - **алгебраїчна сума напруг** на всіх опорах контуру, а в правій частині - **алгебраїчна сума ЕРС**. При цьому позитивними (зі знаком "плюс") уважають ті струми й ЕРС, напрямку яких збігаються з напрямком обходу контуру, а негативними, (зі знаком "мінус") - напрямки яких протилежні напрямку обходу.

Розв'язок отриманої системи лінійних алгебраїчних рівнянь дає значення струмів у гілках схеми.

Приклад: Для схеми рис.1.17 знайти величини трьох струмів.

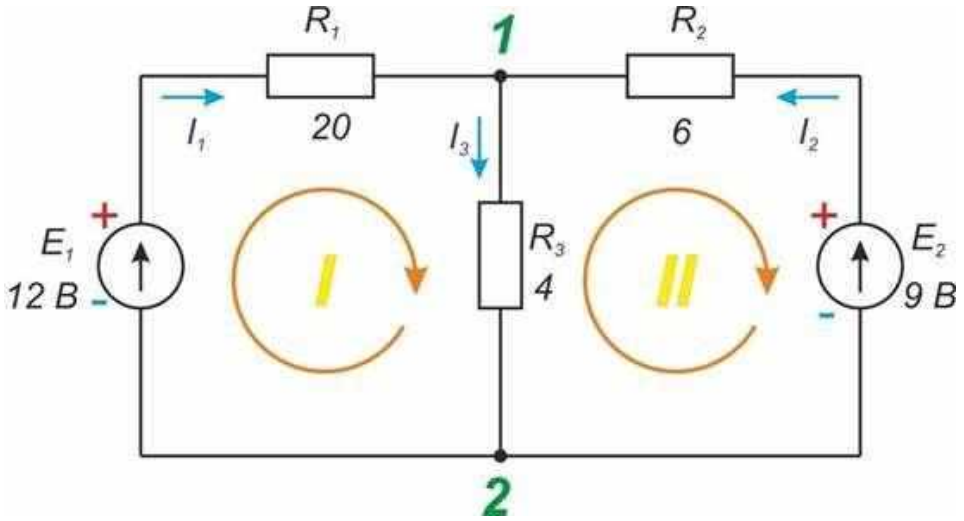


Рисунок 1.17 - Розгалужене електричне коло

Розв'язання.

У схемі три гілки (**m=3**), отже необхідно знайти три струми й для цього скласти три рівняння), два вузла (**n=2**), два незалежні контури.

Для вузла **1** рівняння, складаємо по першому закону Кірхгофа:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 . \quad (1.26)$$

Для вузла 2 рівняння складати не потрібно.

Два рівняння, що залишилися, складаємо за другим законом Кірхгофа.

Виберемо два незалежні контури на рис. 3 позначені римськими цифрами ***I, II***) і приймемо їхній обхід за годинниковою стрілкою. Тоді за другим законом Кірхгофа одержимо:

для контуру $I:\ I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1 ;$ (1.27)

для контуру $II:\ -I_2 R_2 - I_3 R_3 = -E_2 .$ (1.28)

Перепишем дані рівняння з урахуванням реальних опорів:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 . \quad (1) \quad (1.29)$$

$$20\, I_1 + 4\, I_3 = 12 ; \quad (2) \quad (1.30)$$

$$-6\, I_2 - 4\, I_3 = -9. \quad (3) \quad (1.31)$$

Рівняння вирішуємо, скориставшись методом Гауса.

Із рівняння (1.31) визначимо I_3 :

$$4\,I_3 = 9 - 6\,I_2\ ;\quad I_3 = 9/4 - 3\,I_2/2\ .\qquad (1.32)$$

Підставимо I_3 в рівняння (1.30) і визначаємо I_2 :

$$20\,I_1 + 4\,(9/4 - 3\,I_2/2) = 12.$$

Отримуємо результат: $I_2 = 10\,I_1/3 - 1/2\ .\qquad (1.33)$

Підставимо I_2 в рівняння (1.29) і визначаємо I_1 :

$$I_1 + (10\,I_1/3 - 1/2) - (I_3 - 9/4 - 3\,I_2/2) = 0$$

$$\mathbf{I_1 = 0,375\ A.}\qquad (1.34)$$

$$I_2 = 10\,I_1/3 - 1/2) = 10 \cdot 0{,}375/3 - 0{,}5 = 0{,}750\ A.$$

$$\mathbf{I_2 = 0{,}750\ A.}\qquad (1.35)$$

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0\ .\ I_3 = I_1 + I_2 = 0{,}375 + 0{,}750 = 1{,}125\ A.$$

$$\mathbf{I_3 = 1{,}125\ A.}\qquad (1.36)$$

При відсутності сучасних засобів обчислювальної техніки розв'язок системи з більшим числом рівнянь методом Гауса й т.п. методами лінійної алгебри досить трудомісткий. У цьому випадку було зручніше скористатися іншими методами розрахунків ланцюгів, так само заснованими на законах Кірхгофа, але таких, що дозволяють зменшити число рівнянь у системі – методами накладання (суперпозиції), контурних струмів, вузлових напруг .

Розглянемо метод накладання, який базується на суперпозиції.

1.6. Розрахунок складного ланцюга методом суперпозиції

Принцип **суперпозиції** : результуючий ефект від декількох незалежних впливів, тобто сума ефектів, які викликаються кожним діянням окремо. Принцип **суперпозиції** справедливий для систем, які описуються лінійними рівняннями.

За принципом суперпозиції струм будь-якої гілки електричного кола дорівнює алгебраїчній сумі струмів, викликаних дією кожного джерела струму окремо, що міститься в цьому колі.

Приклад. Для схеми кола, що на рис.1.18, приймемо такі початкові розрахункові дані: $E_1 = 10$ В; $E_2 = 7$ В; R_1 - 50 Ом; $R_2 = R_3 = 100$ Ом.

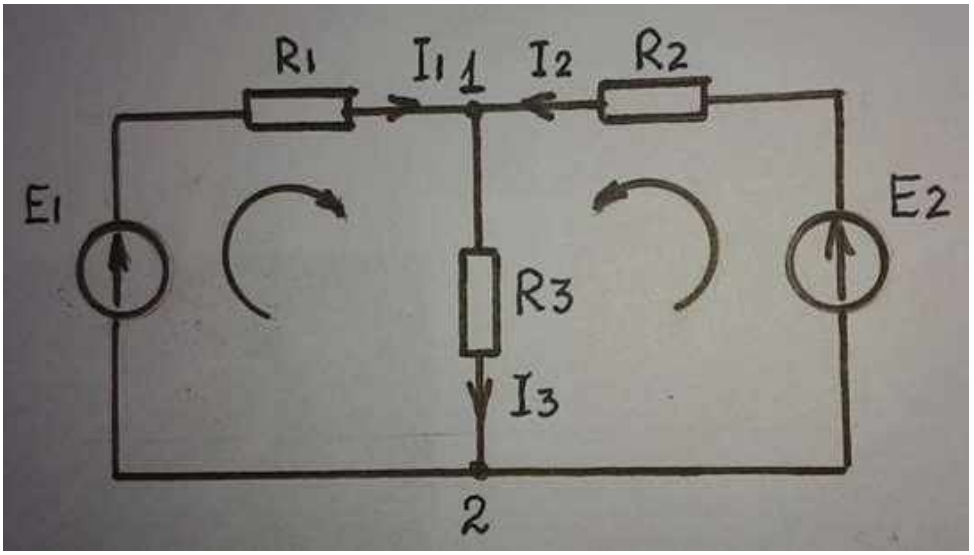


Рисунок 1.18 - Схема для розрахунку струмів

Струми методом накладання (суперпозиції) визначаються в такій послідовності:

1. Визначаємо струми, які виникають у колі від дії **ЕРС E_1** , тоді схема (рис.1.18) буде мати вигляд (рис.1.19).

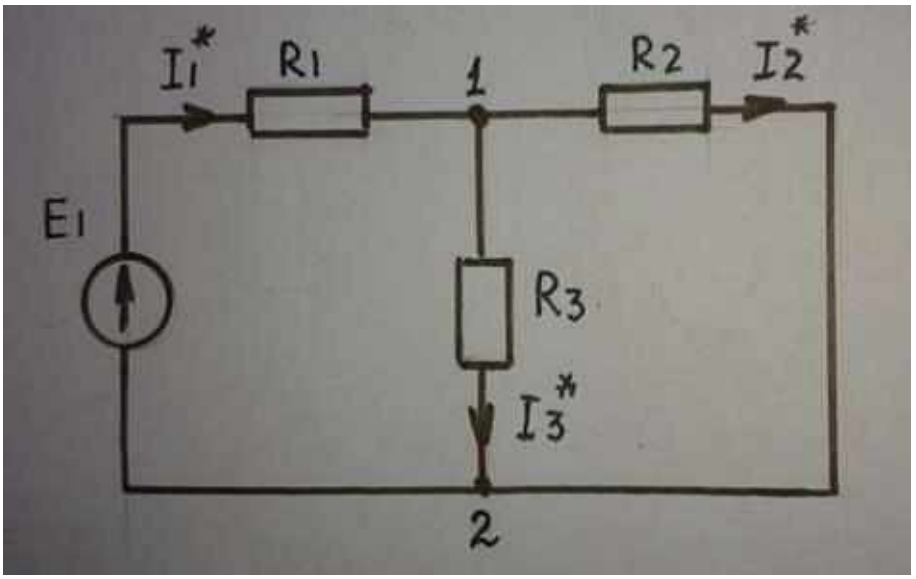


Рисунок 1.19 - Схема для розрахунку струмів

На схемі видно, що опори R_2 та R_3 з'єднані паралельно і в свою чергу послідовно з опором R_1 . Тоді згідно закону Ома та з урахуванням способу з'єднання опорів R_1, R_2, R_3 одержимо такі вирази для визначення струмів I_1^*, I_2^*, I_3^*.

$$I_1^* = E_1 / R_1 + R_2 \cdot R_3 / R_2 + R_3 = 0{,}1\ A; \quad (1.37)$$

$$I_2^* = I_1^* \cdot R_3 / R_2 + R_3 = 0{,}05\ A; \quad (1.38)$$

$$I_3^* = I_1^* \cdot R_2 / R_2 + R_3 = 0{,}05\ A. \quad (1.39)$$

2. Визначаємо струми, що течуть у колі від дії ЕРС E_2. Тоді схема (рис.1.18) матиме вигляд (рис.1.20). При тих же домовленостях визначимо струми $I_1^{**}, I_2^{**}, I_3^{**}$.

$$I_2^{**} = E_2 / R_2 + R_1 \cdot R_3 / R_1 + R_3 = 0{,}052\ A; \quad (1.40)$$

$$I_1^{**} = I_2^{**} \cdot R_3 / R_1 + R_3 = 0{,}035\ A; \quad (1.41)$$

$$I_3^{**} = I_2^{**} \cdot R_1 / R_1 + R_3 = 0{,}0175\ A. \quad (1.42)$$

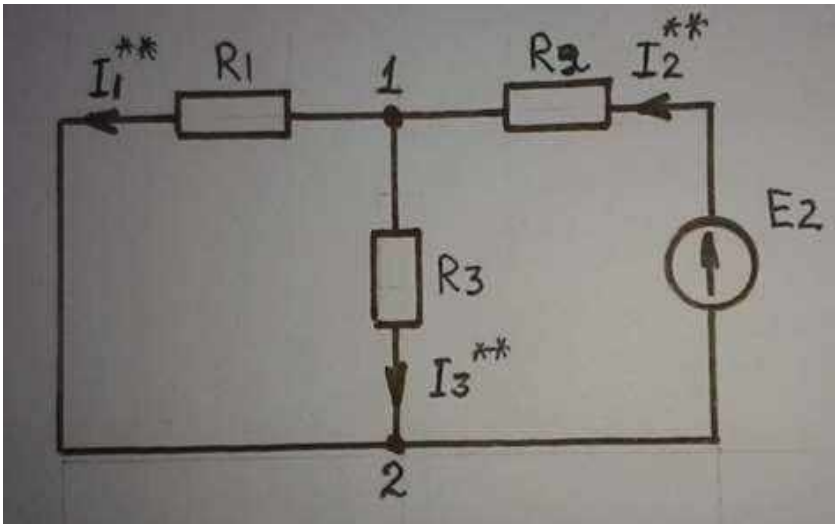


Рисунок 1.20 - Схема для розрахунку струмів

3.Тепер знайдемо дійсні струми у гілках, які дорівнюють сумі струмів, отриманих за розрахунками в пунктах **1** та **2**.

Причому, необхідно завжди пам'ятати, що знаки, з якими беруться струми, залежать від того, співпадають чи ні напрямки струмів на даній ділянці кола.

По домовленості напрям струму завжди співпадає з напрямом ЕРС. Тому для опору R_1 струм I_1^{*} тече зліва направо (рис.1.17) під дією E_1, і для цього ж опору струм I_1^{**} під дією E_2, згідно (рис.1.18) тече у зворотному напрямку. Тому дійсний струм $I_1 = I_1^{*} + (-I_1^{**}) = I_1^{*} - I_1^{**}$. Аналогічно необхідно врахувати цю обставину для опорів R_2 та R_3. В результаті одержимо:

$$I_1 = I_1^{*} - I_1^{**} = 0{,}065\ A. \qquad (1.43)$$

$$I_2 = I_2^{**} - I_2^{*} = 0{,}0025\ A. \qquad (1.44)$$

$$I_3 = I_3^{*} + I_3^{**} = 0{,}0675\ A. \qquad (1.45)$$

1.7. Контрольні питання з теми 1

1. Основні поняття кола постійного струму.
2. Які елементи включає електричне коло в загальному випадку?
3. Які є види електричних схем?
4. Дати визначення вузла, вітки, контуру.
5. Які елементи електричних ланцюгів називають активними і пасивними і чому?
6. Який вважається умовний напрямок струму в електричному ланцюзі?
7. Записати формулу для визначення загального опору кола послідовно з'єднаних резисторів.
8. Записати формулу для визначення загального опору кола паралельно з'єднаних резисторів.
9. Дати визначення закону Ома для ділянки кола і для всього кола.
10. Дати визначення першого та другого законів Кірхгофа.
11. Робота в колі постійного струму, потужність, баланс потужностей.
12. Дати пояснення напруги на клемах джерела.

13. Що розуміють під ЕРС? В яких одиницях її вимірюють?
14. Які ланцюги називаються складними?
15. Що характеризує зовнішня характеристика джерела живлення?
16. Для чого потрібна схема заміщення?
17. Як визначають кількість незалежних гілок в електричному ланцюзі?
18. Яким законом користуються при складанні рівняння для вузла?
19. Яким законом користуються при складанні рівняння для незалежних контурів?
20. Методика складання рівнянь для контурів.