

1. Загальна електротехніка

1.1 Електричні кола постійного струму

☐ Прочитайте і опрацюйте

Л6, с. 32...56; Л10, с. 6...94, 128...162.



Короткі теоретичні відомості та методичні вказівки:

1. Основні поняття. Закон Кулона.

Вихідними поняттями електротехніки є *електричний заряд* та *електромагнітне поле*. Електричний заряд можуть мати елементарні частинки (електрони і протони) та макроскопічні тіла, в яких більше електронів чи протонів.

Електричним зарядом елементарної частинки називається її фізична властивість, яка характеризує наявність у частинки власного електромагнітного поля та його силову взаємодію із зовнішнім електромагнітним полем.

Електромагнітне поле є особливим видом матерії, яка оточує заряджені частинки та передає силові взаємодії між ними.

Елементарні частинки завжди знаходяться у стані руху, а макроскопічні тіла можуть рухатися або знаходитись у стані спокою.

Електромагнітне поле нерухомого зарядженого тіла позбавляється магнітної складової і називається *електростатичним* (електричним).

Для кількісної оцінки наявності електричного заряду в тілі введено фізичну величину - *кількість електричного заряду* (електричний заряд).

Електричні заряди можуть відрізнятися за знаком: (+) або (-). Встановлено, що однойменні заряди відштовхуються, а різнойменні притягуються.

В 1785 р. видатний французький фізик Ш. Кулон встановив кількісний закон взаємодії точкових зарядів:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \epsilon_a}, \quad (1.1.1)$$

Згідно із законом Кулона сила взаємодії F двох точкових зарядів прямо пропорційна добутку їх величин Q_1 , Q_2 обернено пропорційна квадрату відстані між ними R . і залежить від властивостей середовища, в якому вони знаходяться - ϵ_a .

2. Напруженість електричного поля. Електрична напруга.

Щоб встановити силову характеристику електричного поля окремого заряду у будь-якій точці, треба з формули закону Кулона виключити другий заряд або взяти його одиничним (1 Кл). Такою характеристикою є напруженість електричного поля, яка позначається (E) і вимірюється - В/м:

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}, \quad (1.1.2)$$

Напруженістю електричного поля в точці називається векторна величина, яка дорівнює силі, що діє на одиничний точковий позитивний заряд, розташований в цій точці, і спрямована за напрямком сили. Як видно з формули, електричне поле кожного заряду має певну напруженість у будь-якій точці простору, тобто електричні поля безмежні.

Напруженість сумарного поля двох або декількох зарядів в точці визначається як геометрична сума векторів напруженості полів всіх зарядів в цій точці

Графічно електричні поля зображуються *лініями напруженості*:

(силовими лініями), які будуються за певними правилами :

- силові лінії починаються на позитивних зарядах і закінчуються на негативних;

- силові лінії ніколи не перетинаються.

Як відмічалось раніше, кожній точці електричного поля відповідає певна силова характеристика - напруженість електричного поля.

Кожна сила може виконувати роботу, тобто у кожній точці поля є певна потенціальна енергія. Енергетичною характеристикою будь-якої точки поля є електричний потенціал.

Електричним потенціалом точки поля називається величина, що дорівнює потенціальній енергії, якою володіє одиничний точковий заряд, розташований в цій точці. Інакше, це енергія, яку витрачає поле на переміщення одиничного точкового позитивного заряду з цієї точки у нескінченність.

Потенціал позначається літерою φ (U) і вимірюється у вольтах:

$$\varphi = \frac{W}{q} \quad (1.1.3)$$

Оскільки електричні поля безмежні, теоретично нульовим потенціалом володітиме нескінченно віддалена точка простору $\varphi = 0$, але практично за точку з нульовим потенціалом приймається будь-яка точка земної поверхні або зв'язана з нею точка $\varphi = 0$.

На практиці ми маємо справу з електричними полями, в яких електрична енергія утворюється та перетворюється (виділяється) на певних ділянках, тобто між двома конкретними точками.

Якщо якийсь заряд перейде з точки 1 в точку 2, його енергія зменшиться (виділиться) на величину різниці потенціалів цих точок. Енергетичною

характеристикою двох точок є напруга.

Електричною напругою між двома точками поля називається величина, яка дорівнює різниці потенціалів цих точок або енергії, яку витрачає поле на переміщення одиничного точкового позитивного заряду з однієї точки в іншу. Напруга позначається літерою U і вимірюється у вольтах:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{W}{q} \quad (1.1.4)$$

Потенціал будь-якої точки можна визначити як напругу між цією точкою і точкою з нульовим потенціалом (заземленою).

3. Електричне коло і його головні елементи.

До параметрів електричного кола належать:

- опір (провідність);
- ємність;
- індуктивність;
- взаємна індуктивність.

Опір (R) характеризує спроможність елемента перетворювати електричну енергію на тепло. Інколи замість поняття опору вживається поняття провідності.

Ємність (C) характеризує спроможність елемента накопичувати електричні заряди (тобто збуджувати електричне поле).

Індуктивність (L) характеризує спроможність елемента збуджувати магнітне поле (перетворювати електричну енергію на магнітне поле).

Елементи електричного кола:

У загальному випадку кожний реальний елемент має R , L та C . Інколи є можливість обмежитися лише одним параметром. Такі елементи, що мають тільки один параметр, називаються ідеальними.

Наприклад, ідеальне джерело живлення має тільки E , ідеальний опір — тільки R тощо.

Елементи електричного кола бувають активними та пасивними. Якщо роботу елемента описують за допомогою поняття параметрів (R , L , C), цей елемент — пасивний. Якщо для опису роботи елемента потрібно вживати поняття величини електричного кола (I , U , E), то цей елемент - активний.

До активних елементів належать усі джерела живлення та деякі приймачі (акумулятори, двигуни тощо).

4. Закони Ома. Робота та потужність електричного струму.

Закон Ома для ділянки кола: Сила струму на ділянці кола прямо пропорційна напрузі на її кінцях і обернено пропорційна опорю цієї ділянки.

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{або} \quad U = I \cdot R \quad (1.1.5)$$

Електрична потужність - це швидкість перетворення енергії:

$$P = \frac{W}{t} = I^2 \cdot R = U \cdot I \quad (1.1.7)$$

Закон Ома повного кола: Струм у колі дорівнює відношенню ЕРС джерела до суми опорів зовнішньої та внутрішньої ділянки кола.

$$I = \frac{E}{\Sigma R} \quad (1.1.8)$$

5. Закони Кірхгофа.

Перший закон Кірхгофа: Алгебраїчна сума струмів вузла електричного кола дорівнює нулеві

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0 \quad (1.1.9)$$

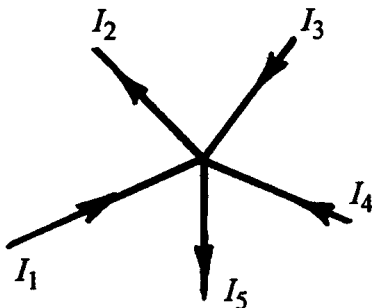


Рис 2 8

Рис.1.1.1

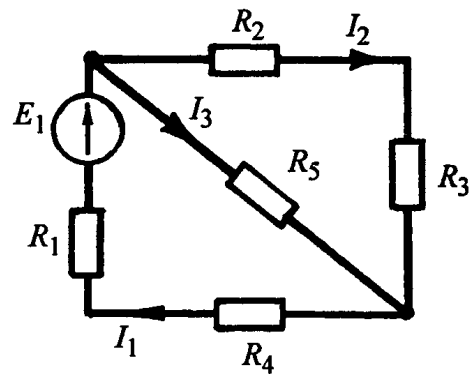


Рис 2 9

Для вузла, що наведений на рис.1.1.1.

$$I_1 - I_2 + I_3 + I_4 - I_5 = 0 \quad (1.1.10)$$

Другий закон Кірхгофа: Алгебраїчна сума ЕРС будь-якого замкненого контуру дорівнює алгебраїчній сумі напруг на елементах цього контуру

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m I_k R_k \quad (1.1.11)$$

Для кола, наведеного на рис. 1.1.2.

$$E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 + I_2 \cdot R_3 + I_1 \cdot R_4 \quad (1.1.12)$$

$$E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_5 + I_1 \cdot R_4 \quad (1.1.13)$$

$$E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_5 + I_1 \cdot R_4 \quad (1.1.14)$$

6. З'єднання приймачів електричної енергії.

Взагалі електричне коло являє собою змішане з'єднання приймачів (тобто послідовне та паралельне з'єднання резисторів).

Якщо коло має тільки *послідовне* з'єднання опорів (рис. 1.1.3), то еквівалентний опір

$$R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (1.1.15)$$

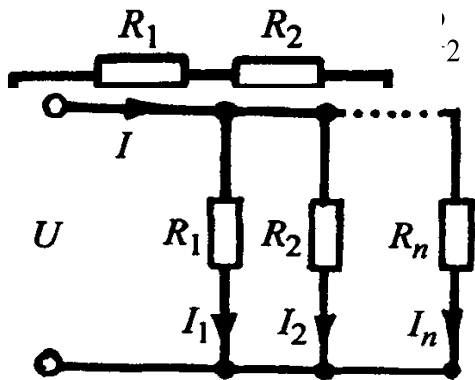


Рис 2 7

Рис 1.1.3.

При паралельному з'єднанні приймачів (рис.1.1.4)

Рис.1.1.4

$$\frac{1}{R_{екв}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_3} \quad (1.1.16)$$



Запам'ятайте:

Щоб розрахувати електричне коло за допомогою законів Кірхгофа, треба:

- а) у колі довільно призначити напрями струму;
- б) скласти рівняння за першим законом Кірхгофа на одне менше, ніж число вузлів у колі;
- в) рівняння, котрих бракує до повної системи, скласти за другим законом Кірхгофа. Контури треба вибирати таким чином, щоб у кожному була хоча б одна вітка, котра не розглядалася раніше;
- г) після визначення струмів треба уточнити дійсний напрям цих струмів.

? Питання для самоконтролю:

1. Що таке електричний заряд?
2. Що таке електричне поле?
3. Запишіть формулу, яка виражає закон Кулона і поясніть величини, які входять до неї.
4. Що таке напруженість електричного поля? В яких одиницях вона вимірюється?
5. Що називається електричним струмом?
6. Що таке е.р.с.? Чим вона відрізняється від напруги в фізичному розумінні?
7. Формула закону Ома для ділянки кола, для всього кола.
8. Потужність електричного струму.
9. Як формулюються перший і другий закони Кірхгофа?
10. Накресліть схеми послідовного та паралельного з'єднання споживачів.



Тести:

1. Фізична властивість елементарної частинки, яка характеризує наявність у частинки власного електромагнітного поля та його силову взаємодію із зовнішнім електромагнітним полем називається...
 - А. Напруженістю електричного поля.
 - Б. Електричним зарядом.
 - В. Електричною напругою.
2. Особливий вид матерії, яка оточує заряджені частинки та передає силову взаємодію між ними є ...
 - А. Електромагнітне поле.
 - Б. Магнітне поле.
 - В. Електростатичне поле.

3. Як діють між собою однойменні заряди?
А. Притягуються.
Б. Немає дії.
В. Відштовхуються.
4. Як діють між собою різнойменні заряди?
А. Притягуються.
Б. Немає дії.
В. Відштовхуються.
5. Електричний потенціал точки вимірюється в:
А. Амперах.
Б. Вольтах.
В. Кулонах.
6. Величина, яка дорівнює різниці потенціалів між двома точками поля або енергії, яку витрачає поле на переміщення одиничного точкового позитивного заряду з однієї точки в іншу називається ...
А. Електричною напругою.
Б. Електричним струмом.
В. Електричною потужністю.
7. Який параметр електричного кола характеризує спроможність елемента перетворювати електричну енергію на тепло?
А. Ємність (C).
Б. Індуктивність (L).
В. Опір (R).
8. Який параметр електричного кола характеризує спроможність елемента накопичувати електричні заряди (тобто збуджувати електричне поле)?
А. Ємність (C).
Б. Індуктивність (L).
В. Опір (R).
9. Який параметр електричного кола характеризує спроможність елемента збуджувати магнітне поле (перетворювати електричну енергію на магнітне поле)?
А. Ємність (C).
Б. Індуктивність (L).
В. Опір (R).
10. Закон Ома для ділянки кола описується емпіричною залежністю:
А. $I = U \cdot R$.
Б. $I = \frac{R}{U}$.
В. $I = \frac{U}{R}$.
11. По першому закону Кірхгофа: Алгебраїчна сума струмів вузла електричного кола дорівнює...
А. Алгебраїчній сумі напруг на елементах.
Б. Нулеві.

В. Алгебраїчній сумі ЕРС.

12. По другому закону Кірхгофа: Алгебраїчна сума ЕРС будь-якого замкненого контуру дорівнює ...

А. Алгебраїчній сумі напруг на елементах цього контуру.

Б. Нулеві.

В. Алгебраїчній різниці напруг на елементах цього контуру.

13. Еквівалентний опір послідовно з'єднаних опорів вираховується емпіричною залежністю:

А.
$$\frac{1}{R_{екв}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Б.
$$R_{екв} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

В.
$$R_{екв} = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n$$

14. Еквівалентний опір паралельно з'єднаних опорів вираховується емпіричною залежністю:

А.
$$\frac{1}{R_{екв}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Б.
$$R_{екв} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

В.
$$R_{екв} = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n$$