

## Лабораторна робота № 1

### Загальні теоретичні відомості

Для розрахунку складних електричних кіл застосовують закони Кірхгофа. Для складних кіл застосовують поняття *вітки*, *вузла* і *контуру*.

*Вітка* електричного кола – це ділянка кола, уздовж якої проходить один і той самий струм  $i$ , яка складається з послідовно з'єднаних елементів – резисторів, джерела енергії тощо.

*Вузол* електричного кола – це місце з'єднання трьох і більш віток.

*Контур* кола – це будь-який замкнений шлях, що його можна обійти, переміщуючись по кількох його вітках.

Другий закон Кірхгофа характеризує рівновагу в замкнених контурах електричного кола з послідовним з'єднанням струмоприймачів. Відповідно до цього закону в будь-якому замкненому електричному контурі алгебраїчна сума електрорушійних сил (е.р.с.) дорівнює алгебраїчній сумі напруг на резисторах, що входять у цей контур, іншими словами, алгебраїчна сума е.р.с. дорівнює алгебраїчній сумі добутків струмів на опори відповідних ділянок контуру:

$$\sum E = \sum I \cdot r. \quad (1.1)$$

У співвідношенні (1.1) позитивними варто вважати електрорушійні сили і струми, напрямки яких збігаються з довільно вибраним напрямком обходу контуру.

Другий закон Кірхгофа являється наслідком того, що потенціал будь-якої точки кола однозначно визначається її положенням у колі. Це наочно показує другий закон Кірхгофа (1.1), тобто алгебраїчна сума електрорушійних сил в замкненому контурі розгалуженого кола дорівнює алгебраїчній сумі спадів напруги в усіх резистивних елементах контуру. Застосування другого закону Кірхгофа необхідно при розрахунках більшості електричних кіл, що містять два і більше джерел електроенергії. Для складання рівняння за другим законом Кірхгофа для схеми, наведеної на рис.1.1, спочатку довільно вибираємо напрямок струмів  $I_1, I_2, I_3, I_4$  в ньому. Напрямок обходу контуру вибираємо також довільно, наприклад, за рухом годинникової стрілки. Тоді співвідношення (1.1) запишемо наступним чином:

$$E_2 - E_1 - E_3 = I_1 r_1 + I_2 r_2 - I_3 r_3 + I_4 r_4. \quad (1.2)$$

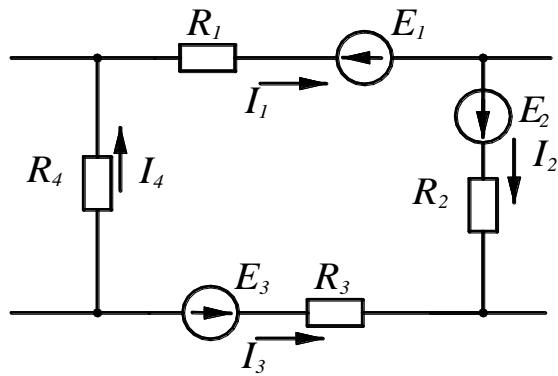


Рисунок 1.1 – Схема замкнутого контуру розгалуженого електричного кола.

По послідовно з'єднаних елементах електричного кола (рис. 1.2) проходить один і той же самий струм  $I$ , який можна визначити за законом Ома:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{U}{R_e}, \quad (1.3)$$

де  $U$  – напруга, прикладена до кола;  
 $R_1, R_2, R_3$  – опір окремих струмоприймачів;  
 $R_e$  – еквівалентний (загальний) опір кола.

Цей струм  $I$  на кожному елементі кола створює спад напруги:

$$U_1 = IR_1, \quad U_2 = IR_2, \quad U_3 = IR_3. \quad (1.4)$$

Напруга прикладена до кола дорівнює:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3. \quad (1.5)$$

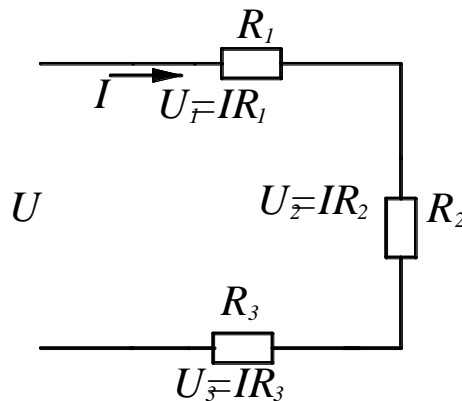


Рисунок 1.2 – Послідовне з'єднання опорів та спади напруг на них

Оскільки при послідовному з'єднанні напруга на струмоприймачах розподіляється прямо пропорційно їх опорам, то зміна опору одного із струмоприймачів призводить до зміни напруги, а отже і режиму роботи не тільки цього струмоприймача, але й всіх інших. Вимкнення одного із струмоприймачів призводить до розриву кола (вимкнення всіх струмоприймачів). Тому на практиці послідовне з'єднання струмоприймачів зустрічається не часто.

Потужність всього кола при послідовному з'єднанні елементів дорівнює:

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \quad (1.6)$$

де  $P_1, P_2, P_3$  – потужність окремих елементів кола.

Потужність будь-якого елемента дорівнює:

$$P_i = U_i I_i = U_i^2 g_i = I_i^2 r_i, \quad (1.7)$$

де  $U_i, I_i$  – відповідно напруга на елементі та струм, що проходить крізь нього;

$g_i, r_i$  – відповідно його провідність і опір.

Перший закон Кірхгофа (закон струмів) відноситься до вузлів електричного кола з паралельним з'єднанням струмоприймачів. Відповідно до цього закону в будь-якому вузлі електричного кола сума струмів, спрямованих від вузла, дорівнює сумі струмів, направлених до вузла. Іншими словами, алгебраїчна сума струмів у будь-якому вузлі кола дорівнює нулю:

$$\sum I = 0. \quad (1.8)$$

Для вузла, що зображений на рис. 3.1: рівняння першого закону Кірхгофа матиме вигляд:

$$I - I_1 - I_2 = 0 \quad \text{або} \quad I = I_1 + I_2 \quad (1.9)$$

Позитивними вважаємо струми, що направлені від вузла і негативними – направлені до вузла. Перший закон Кірхгофа являється наслідком принципу збереження заряду елементарних частинок, при стаціонарному русі яких утворюється струм.

На підставі першого закону Кірхгофа і закону Ома визначаються загальна провідність і опір розгалуження, тобто параметри паралельно з'єднаних резисторів. Резистори з'єднані паралельно, якщо вони підключені до однієї і тієї пари вузлів (вузли а і б на рис. 1.2) і, отже, знаходяться під тією ж самою напругою  $U$ .

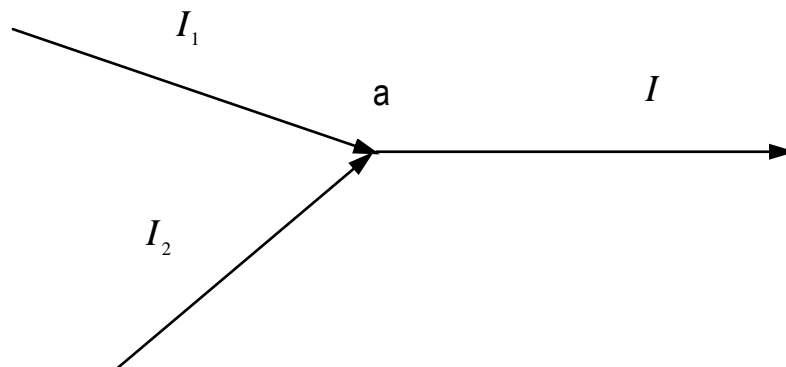


Рисунок 1.1. До першого закону Кірхгофа (векторне зображення струмів)

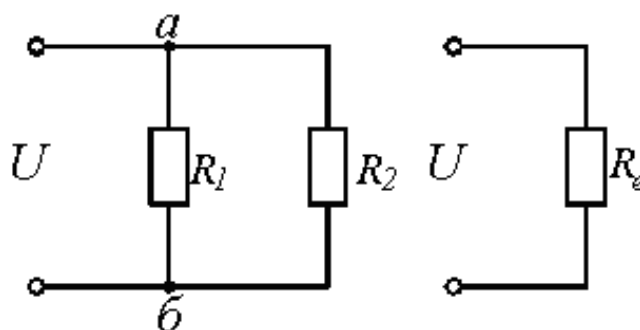


Рисунок 1.2. Паралельне з'єднання елементів (резисторів  $R_1$  і  $R_2$ )

Струми при паралельному з'єднанні двох резисторів  $R_1$  і  $R_2$  в окремих вітках відповідно до закону Ома визначатимуться:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}. \quad (1.10)$$

Отже,  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{G_1}{G_2}$ , тобто струми при паралельному з'єднанні розподіляються обернено пропорційно опорам і прямо пропорційно до провідності віток. Провідність  $g$  є величина, що обернена опорю. Одиниця виміру провідності – сіменс [См]. На підставі першого закону Кірхгофа

струм джерела енергії:  $I = I_1 + I_2 = U\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ . Відношення напруги  $U$  до загального струму  $I$  розгалуження визначає опір розгалуження, тобто такий опір еквівалентного резистора  $R_e$ , при вмиканні якого на місце двох паралельно з'єднаних резисторів електричні умови у всьому колі не змінюються. Еквівалентний опір розгалуження буде:

$$R_e = \frac{U}{I} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.11)$$

У загальному випадку при з'єднанні декількох резисторів  $k$  паралельно загальний струм  $I$  буде дорівнювати:

$$I = \sum I_k = U \sum \frac{1}{R_k} \quad (1.12)$$

і відповідно:

$$R_e = I / \sum \frac{1}{R_k} \quad (1.13)$$

Зокрема, при паралельному з'єднанні трьох резисторів ( $k=3$ )  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  еквівалентний опір  $R_e$ :

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} \quad (1.14)$$

Потужність всього кола при паралельному з'єднанні елементів дорівнює:

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \quad (1.15)$$

де  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  – потужність окремих елементів (резисторів  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) кола.

Потужність будь-якого елемента дорівнює:

$$P_i = U_i I_i = U_i^2 g_i = I_i^2 R_i, \quad (1.16)$$

де  $U_i$ ,  $I_i$  – відповідно напруга на елементі та струм, що проходить крізь нього;

$G_i$ ,  $R_i$  – відповідно його провідність і опір.