ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

3. ЗАКОНИ КІРХГОФА В КОЛАХ ПОСТІЙНОМУ СТРУМУ

Мета роботи: експериментальна перевірка співвідношень, які визначаються законами Кірхгофа у складному лінійному колі постійного струму.

3.1. Загальні положення

Перший закон Кірхгофа стосується струмів та складається для вузлів електричних кіл.

Перший закон Кірхгофа (для вузла) формулюється так: алгебраїчна сума струмів гілок, що сходяться в даному вузлі, дорівнює нулю в будь-який момент часу.

Кількість рівнянь, які складаються за першим законом Кірхгофа, визначається кількістю вузлів мінус одиниця. Вузли з'єднують не менше трьох гілок.

У рівняннях за першим законом Кірхгофа струми, що направлені від вузла, беруться з позитивним знаком, а ті, що направлені до вузла – з негативним знаком.

Другий закон Кірхгофа стосується напруг і складається для контурів електричних кіл.

Другий закон Кірхгофа (для контуру електричного кола) формулюється так: алгебраїчна сума падінь напруг на пасивних елементах (добуток струму I та опору R) в будь-якому замкнутому контурі дорівнює алгебраїчній сумі електрорушійних сил (ЕРС), які входять в цей контур.

Контури, які відрізняються один від одного хоча би однією гілкою, є незалежними.

Кількість рівнянь, які складаються за другим законом Кірхгофа, можна визначити як кількість незалежних контурів.

При складанні рівнянь згідно з другим законом Кірхгофа довільно задаються напрямком обходу контуру.

3.2. Порядок виконання роботи

До початку виконання лабораторної роботи підготувати бланк ПРОТОКОЛУ (Додаток 3.1).

У ПРОТОКОЛІ накреслити схему досліджуваного електричного кола згідно з варіантом (Додаток 3.2).

В табл. 3.2 задана величина $E_2 = 15$ В, а величина E_1 розраховується за формулою: $E_1 = 12 + N$ (В), де N – номер студента в журналі групи.

УВАГА: роботу виконувати згідно з методичними вказівками, а результати експериментальних вимірювань заносити до відповідних таблиць ПРОТОКОЛУ.

3.3. *Експериментальна перевірка співвідношень, які визначаються законами Кірхгофа у складному лінійному колі постійного струму*

3.3.1. Мультимером в режимі омметра виміряти опори резисторів (рис. 3.1), номера яких наведені в табл. 3.1 протоколу.

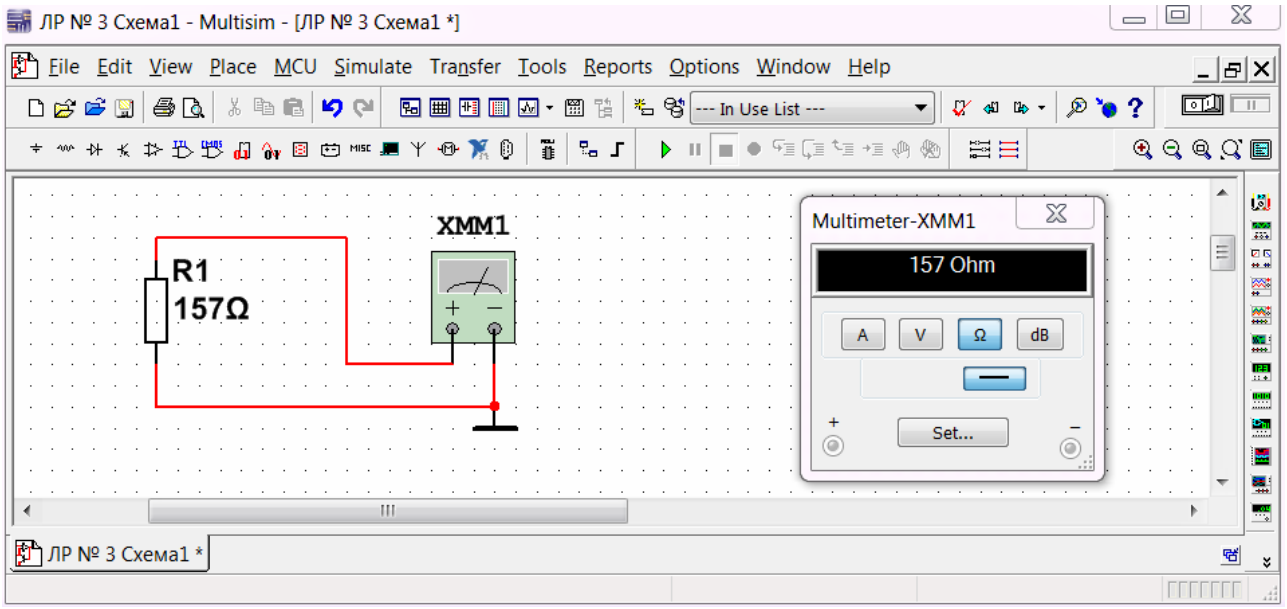


Рисунок 3.1 – Вимірювання опору мультиметром в програмному комплексі Multisim

Результати вимірювань занести в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати вимірювань опорів резисторів

Позначення на схемі	Формула розрахунку опору резистора, Ом	Величина виміряного опору резистора, Ом
R_1	$100+10\cdot N$	
R_2	$150+10\cdot N$	
R_3	$200+10\cdot N$	
R_4	$250+10\cdot N$	
R_5	$300+10\cdot N$	
R_6	$350+10\cdot N$	

(N – номер в журналі)

3.3.2. На набірному полі Multisim зібрати модель досліджуваного електричного кола згідно з варіантом N (Додаток 3.2).

Як джерела електричної енергії *EPC* використовуються залежне від номеру варіанту N джерело E_1=12+N (В), і однакове для всіх варіантів джерело живлення E_2 =15 В.

В кожній гілці схеми передбачена перемичка. У дослідженнях в Multisim замість неї (в розрив) підключається амперметр в режимі *DC* (постійний струм). Перед початком вимірювань на принциповій схемі вказати довільно вибрані позитивні напрямки струмів в усіх гілках (падінь напруги на резисторах).

Амперметр підключається послідовно з елементами досліджуваної гілки електричного кола і з полярністю відповідно до вибраного позитивного напрямку струму («+» на приладі відповідає початку стрілки струму, «–» – кінцю стрілки).

Підключити вольтметри до джерел ЕРС та паралельно кожному з резисторів.

У з'єднанні вольтметра з ЕРС «+» приладу слід підключати до «+» джерела.

Напрямок вимірювання вольтметром напруги (від «+» до «–») має збігатися з вибраним напрямком струму через кожен резистор.

3.3.3. Запустити моделювання в Multisim (натиснути кнопку «Run»).

Зібрану на набірному полі Multisim схему скопіювати (меню: **Tools/Capture_screene_area**) та вставити в Протокол, нижче принципової схеми.

Виміряти напругу джерела E_1. Результат вимірювання занести в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати вимірювань напруг на резисторах і ЕРС джерел

E_1, В	E_2, В	U_1, В	U_2, В	U_3, В	U_4, В	U_5, В	U_6, В
	15						

3.3.4. Виміряти падіння напруги на кожному резисторі згідно з обраним позитивним напрямком.

Результати вимірювань падінь напруги занести в табл. 3.2.

Перевірити виконання другого закону Кірхгофа для напруг.

3.3.5. Виміряти струм в кожній гілці згідно з його позитивним напрямком за допомогою амперметрів, що підключені в кожну гілку замість перемички (в розрив). Результати вимірювань занести в табл. 3.3 до графи «вим.».

Таблиця 3.3 – Результати вимірювань та розрахунків струмів

I_1, мА		I_2, мА		I_3, мА		I_4, мА		I_5, мА		I_6, мА	
вим.	розр.	вим.	розр.	вим.	розр.	вим.	розр.	вим.	розр.	вим.	розр.

Перевірити виконання першого закону Кірхгофа для струмів.

Зупинити моделювання в Multisim (натиснути кнопку «Stop»).

Зберегти файл схеми.

Результати дослідження показати викладачу.

3.4. *Виконання розрахунків за результатами експериментів*

УВАГА: данні для розрахунків брати з відповідних таблиць ПРОТОКОЛУ.

3.4.1. За даними табл. 3.3 перевірити виконання співвідношень, які визначаються першим законом Кірхгофа, **для вузлів електричного кола**:

$$\sum_k I_k = 0 .$$

Визначити відносну похибку у відсотках за формулою:

$$\delta = \frac{\left|\sum_k I_k\right|}{\sum |I_k|} \cdot 100\% .$$

Похибка не повинна перевищувати 5%.

3.4.2. За даними таблиць 3.1, 3.2, 3.3 перевірити виконання співвідношень, які визначаються другим законом Кірхгофа, **для всіх незалежних контурів**:

$$\sum_k E_k = \sum_k I_k R_k .$$

Визначити відносну похибку у відсотках за формулою:

$$\delta_u = \frac{\left|\sum_k E_k - \sum_k I_k R_k\right|}{\sum_k \left|I_k R_k\right|} \cdot 100\% .$$

Похибка не повинна перевищувати 5%.

3.4.3. Згідно із законом Ома розрахувати струми всіх гілок досліджуваного електричного кола за формулою:

$$I_k = \frac{U_k}{R_k} .$$

Даними для розрахунків є величини опорів резисторів R_k (табл. 3.1) та величини напруг U_k (табл. 3.2).

Результати розрахунків занести в табл. 3.2 до графи «розр.».

Порівняти результати експерименту та розрахунків.

3.4.4. За даними табл. 3.1, 3.2, 3.3 перевірити виконання балансу потужностей **для всього кола**:

$$\sum_k E_k I_k = \sum_k I_k^2 R_k ; \ (P_{ВИР} = P_{СПОЖ}) .$$

Визначити величину похибки у відсотках за формулою:

$$\delta_P = \frac{\left|\sum_k E_k I_k - \sum_k I_k^2 R_k\right|}{\sum_k E_k I_k} \cdot 100\% .$$

Похибка не повинна перевищувати 5%.

Питання для контролю

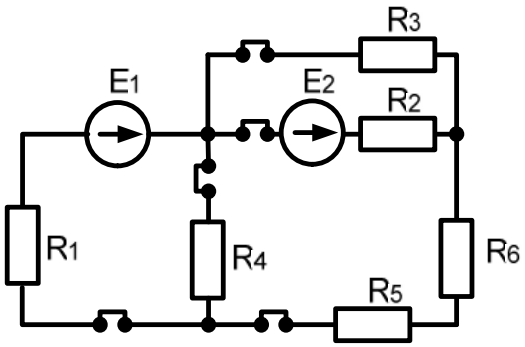
1. Дати визначення вузла електричного кола.
2. Який закон об’єднує між собою струми гілок, що підключені до спільного вузла?
3. Дати визначення контуру електричного кола.
4. Сформулювати перший і другий закони Кірхгофа.
5. Сформулювати правило знаків для першого та другого законів Кірхгофа.
6. Чому дорівнює число незалежних рівнянь за першим та за другим законами Кірхгофа?
7. Сформулювати і записати баланс потужностей у замкнутому колі.

ДОДАТОК 3.1

Група _____
Студент _____
П.І.пБ.
Викладач_____
П.І.пБ.

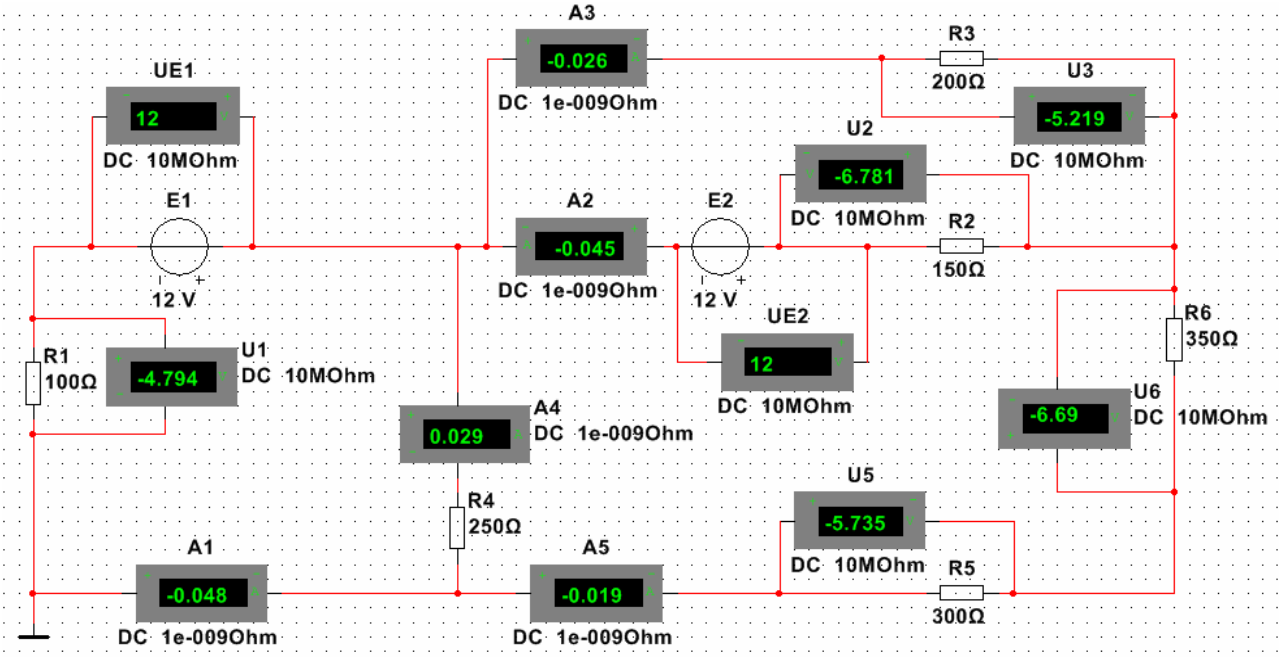
ПРОТОКОЛ
виконання лабораторної роботи №3

ЗАКОНИ КІРХГОФА В КОЛАХ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ



(приклад)

Рисунок 3.1 – Принципова схема досліджуваного електричного кола, згідно з варіантом *N* (Додаток 3.2)



(приклад)

Рисунок 3.2 – Модель досліджуваного електричного кола, згідно з варіантом *N*

Таблиця 3.1 – Результати вимірювань опорів резисторів

Позначення на схемі	Формула розрахунку опору резистора, Ом	Величина виміряного опору резистора, Ом
R_1	$100+10\cdot N$	
R_2	$150+10\cdot N$	
R_3	$200+10\cdot N$	
R_4	$250+10\cdot N$	
R_5	$300+10\cdot N$	
R_6	$350+10\cdot N$	

(N – номер в журналі)

E_1=12+ N= B.

Таблиця 3.2 – Результати вимірювань напруг на резисторах і ЕРС джерел

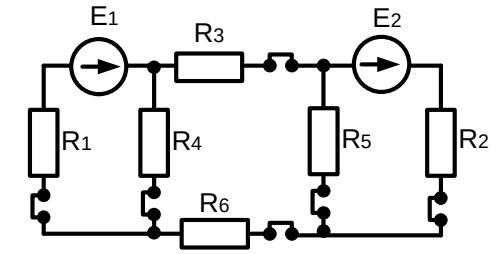
E_1, В	E_2, В	U_1, В	U_2, В	U_3, В	U_4, В	U_5, В	U_6, В
	15						

Таблиця 3.3 – Результати вимірювання та розрахунку струмів

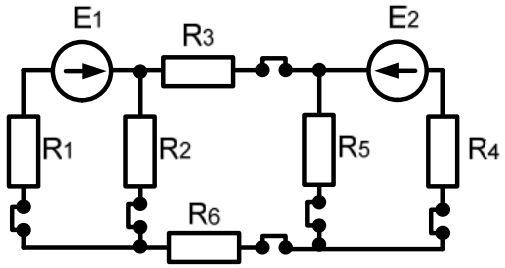
I_1, мА		I_2, мА		I_3, мА		I_4, мА		I_5, мА		I_6, мА	
вим.	розр.	вим.	розр.	вим.	розр.	вим.	розр.	вим.	розр.	вим.	розр.

ДОДАТОК 3.2

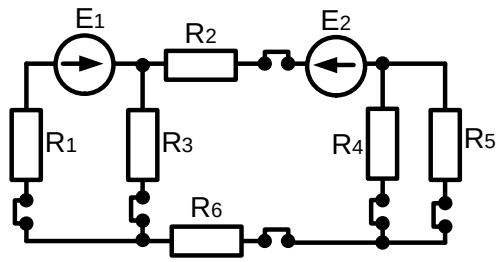
Варіанти схем досліджуваних електричних кіл



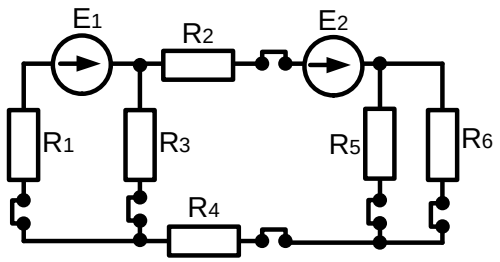
1



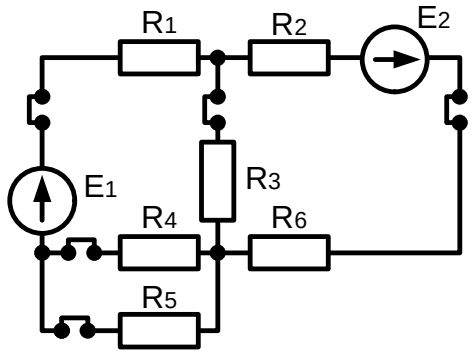
2



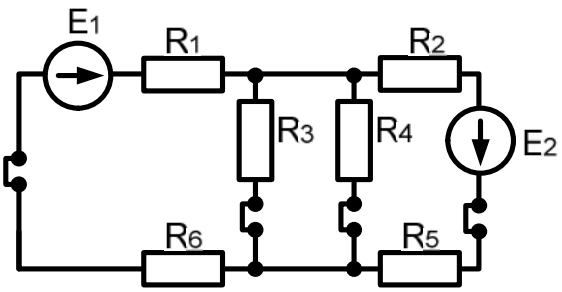
3



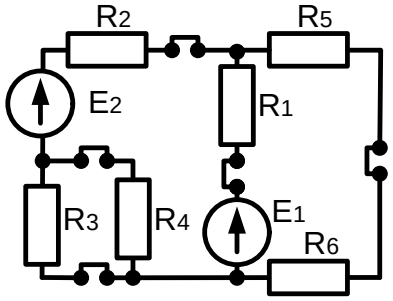
4



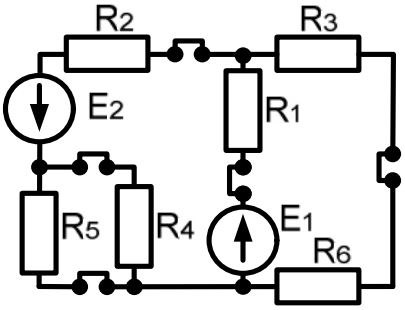
5



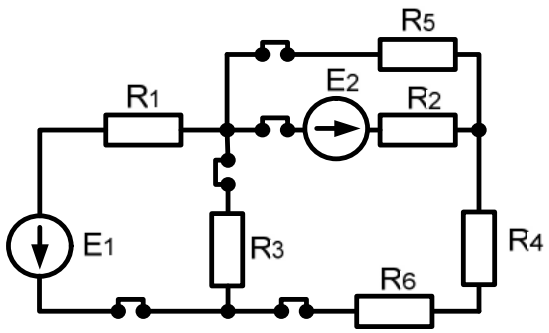
6



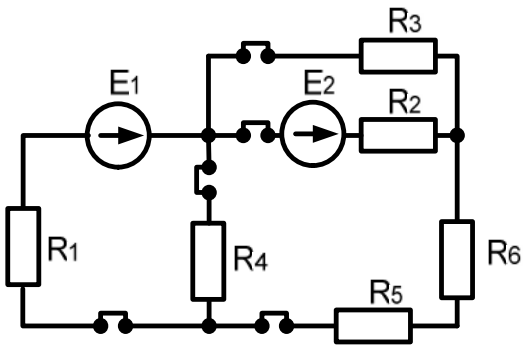
7



8



9



10