



Міністерство освіти і науки України

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної
інженерії та електротехніки**

Методи та засоби автоматизації схемотехнічного проектування

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи №2**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та
(заочної) форми навчання, спеціальності
163 «Біомедична інженерія»**

**Харків
2024**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій
Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та
електротехніки

Методи та засоби автоматизації схемотехнічного проектування

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи № 2

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та (заочної)
форми навчання, спеціальності
163 «Біомедична інженерія»

ЗАТВЕРДЖЕНО
рішенням Науково-методичної
ради ФЕРКТ ДБТУ
Протокол №1 від 31 жовтня 2023 р.

Харків
2024

УДК 615.37+57.08

Схвалено на засіданні кафедри ЕРБМІЕ
Протокол №2 від 31 вересня 2023 р.

Методи та засоби автоматизації схемотехнічного проектування: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи № 2 [Текст] здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч., спец. 163 «Біомедична інженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад.: Н. Г. Косуліна, М. О. Чорна, В.В. Сухін. – Харків: [б. в.], 2023. – 21 с.

Методичні вказівки по виконанню лабораторної роботи № 2 з дисципліни «Методи та засоби автоматизації схемотехнічного проектування» розроблено відповідно до навчальної програми. Видання включає алгоритм виконання лабораторної роботи № 2 у комп'ютерній програмі Multisim та контрольні питання.

Видання призначене здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та (заочної) форми навчання, спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

Відповідальний за випуск: М. О. Чорна, доцент.

© Н.Г. Косуліна, 2024

© М.О. Чорна, 2024

© В.В. Сухін, 2024

© ДБТУ, 2024

Зміст

1. Мета та завдання роботи	4
2. Перелік обладнання та приладів, необхідних для досягнення запланованого результату.....	4
3. Короткий теоретичний коментар.....	4
4. Алгоритм виконання лабораторної роботи	18
5. Структурні елементи звіту	20
6. Порядок захисту лабораторної роботи	20
7. Контрольні питання	20
Список використаної літератури	21
Рекомендована література	21

Лабораторна робота № 2

Дослідження процесів у лінійних електричних колах постійного струму при послідовному, паралельному і змішаному з'єднанні приймачів електричної енергії

1. ОСНОВНІ ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Перед початком лабораторних занять студенти повинні ознайомитися з правилами техніки безпеки і суворо дотримуватися їх при виконанні лабораторних завдань. Слід пам'ятати, що напруга 220 В, яка застосовується в лабораторії, небезпечна для життя людини. Тому, щоб запобігти нещасним випадкам, необхідно дотримуватись наступних правил безпеки.

Перед початком роботи слід перевірити, в якому положенні знаходиться вимикач на робочому місці. Вимкнутим є нижнє положення ручки вимикача. Переконавшись у відсутності напруги на елементах схеми.

Ввімкнути схему під напругу, тільки переконавшись, що ніхто не торкається до струмоведучих частин схеми.

Перед ввімкненням вимикача попередити товаришів по роботі.

Вмикати схему в мережу без попередньої перевірки її викладачем або лаборантом категорично забороняється.

Після ввімкнення схеми забороняється торкатися руками проводів і частин приладів, що знаходяться під напругою.

Будь-які зміни в схемі виконувати тільки після вимкнення її з мережі. Ввімкнення в мережу після внесених змінень проводити з дозволу викладача.

При виявленні аварійних режимів в роботі схеми негайно відключити її від мережі і повідомити про це викладача або лаборанта.

Категорично забороняється залишати без нагляду електроустановку, що знаходиться під напругою.

Розбирати схему тільки після від'єднання її від джерел напруги на робочому місці.

Головні вимикачі на розподільному щиті вмикаються і вимикаються тільки викладачем або лаборантом.

При нещасному випадку негайно вимкнути напругу і надати першу допомогу тому, хто постраждав від електричного струму. У всіх випадках поразки струмом виклик лікаря є обов'язковим, незалежно від стану того, хто постраждав.

2. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторні роботи з ТОЕ виконують студенти 2 і 3 курсів факультету енергетики та комп'ютерних технологій.

Основною метою лабораторних робіт є поглиблення та закріплення здобутих теоретичних знань з окремих розділів курсу ТОЕ і здобуття навиків експериментальних досліджень.

У зв'язку з цим методичні вказівки, окрім опису лабораторних робіт, мають короткий опис вимірювальних приладів, що використовуються при виконанні лабораторних робіт, а також вказівки про порядок складання схеми, виконання робіт та оформлення звітів.

Основні завдання, що стоять перед студентом.

Зв'язати теорію з практикою – підтвердити вивчені положення теорії.

Вивчити роботу електричних кіл як постійного, так і змінного струму, ознайомитися з процесами, що в них відбуваються.

Навчитися узагальнювати та оформлювати результати досліджень.

Перед виконанням роботи студент повинен знати теорію досліджуваного питання, також чітко уявляти собі порядок виконання досліджень, ознайомитися з приладами і обладнанням, що будуть застосовуватися в даній електричній схемі.

Для занять в лабораторії група розбивається на бригади. Кожна бригада за 4 години виконує одну лабораторну роботу, оформляє звіт і здає його для перевірки викладачеві.

3. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Кожна лабораторна робота виконується на окремому робочому місці. Виконання роботи містить в собі: складання схем, виміри, обробку одержаного із досліду матеріалу та складання звіту спостережень.

До виконання лабораторних робіт допускаються тільки попередньо підготовлені студенти.

Перед складанням схеми необхідно ознайомитися з приладами, автотрансформаторами, джерелами живлення, осцилографами та ін., записати їх паспортні дані.

Дуже важливо з'ясувати, які затискачі приладів відповідають тим чи іншим джерелам схеми. На першому занятті студенти ознайомлюються з основними правилами техніки безпеки. Про знання цих правил та про відповідальність за їх виконанням кожен студент розписується в журналі реєстрації інструктажу з техніки безпеки.

Перед початком складання схеми необхідно переконатися в тому, що головний вимикач кола вимкнений.

При складанні схеми завжди слід збирати спочатку послідовне коло з амперметром і котушкою струму ватметра, потім допоміжні та паралельні кола, підключаючи вольтметр та котушку напруги ватметра.

При такій послідовності складання схеми зменшується можливість неправильних з'єднань.

Перед вмиканням електричного кола всі прилади, що регулюють струм і напругу (реостати, автотрансформатори) повинні бути встановлені в положення, що відповідає мінімуму величини, що регулюється. Всі багатограничні прилади повинні бути ввімкнені на максимальні границі вимірів. Перехід на менший діапазон вимірів допускається тільки після докладної перевірки роботи кола.

Зібрана схема обов'язково перевіряється членами бригади, які виконують дану роботу, а потім вже викладачем або лаборантом.

Без дозволу викладача під'єднувати коло мережі **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**.

На ввімкненій під напругу схемі слід зробити всі регулювання та перевірити почергово всі потрібні режими роботи. Постійно необхідно стежити за показами вимірювальних приладів. Якщо стрілки приладів виходять за границі шкали, необхідно негайно вимкнути вимикач.

Під час роботи забороняється відходити від обладнання, що знаходиться під напругою.

Забороняється використовувати прилади, обладнання та провідники з інших робочих місць.

При проведенні досліду покази приладів записують у заздалегідь складені таблиці з вказівкою постійної ціни поділки шкали приладу.

Після закінчення всіх спостережень і вимірювань схема вимикається з мережі, але не розбирається до утвердження викладачем результатів роботи. Експеримент з помилковими даними слід повторити.

По виконаній лабораторній роботі складається звіт. Бригада, яка не подала звіт про попередню роботу, до наступних лабораторних робіт не допускається.

Під час роботи в лабораторії студенти повинні додержуватися правил техніки безпеки і правил внутрішнього розпорядку вищого навчального закладу.

Студенти, які порушують ці правила, від роботи в лабораторії відсторонюються.

У випадках, коли порушення правил тягне за собою пошкодження обладнання, ремонт та відновлення останнього проводиться за рахунок порушника.

4. ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

За кожною виконаною роботою студенти складають звіт. Титульний лист звіту повинен бути виконаний за встановленою формою.

У звіті приводяться наступні відомості:

- назва лабораторної роботи;
- мета роботи;
- необхідне обладнання;
- перелік апаратури та приладів, що використовуються в роботі, з їх технічними характеристиками (найменування, тип, система, номінальне значення напруги і струму, клас точності та ін.).

Принципова електрична схема кола, що досліджується. Схеми викреслюються за допомогою інженерної лінійки з додержанням умовних графічних позначень, встановлених стандартами.

Порядок виконання роботи з таблицями результатів вимірювань та обчислень.

Графічні побудови. Графіки та векторні діаграми будуються за даними вимірювань і обчислень у масштабі в прямокутній системі координат. На вісях координат повинні бути вказані позначки, розмірність та числові значення величини.

Якщо декілька змінних є функцією будь-якої одної змінної і ці змінні необхідно відобразити графічно, то усі криві слід креслити на одній діаграмі.

При побудові кривої за дослідними даними попередньо наносять точки, а потім проводять пряму або плавну криву, яка характеризує загальну закономірність зміни величини, що досліджується.

У звіті необхідно привести основні розрахункові формули, підставити в них експериментальні дані і дати кінцевий результат розрахунків.

У кінці звіту необхідно навести основні висновки, що випливають з виконаної роботи, які повинні представляти собою самостійний аналіз проведеного експерименту.

Дослідження процесів у лінійних електричних колах постійного струму при послідовному, паралельному і змішаному з'єднанні приймачів електричної енергії

1.1. Мета роботи

Експериментально перевірити закони Ома та Кірхгофа для кіл постійного струму при послідовному, паралельному та змішаному з'єднанні опорів.

1.2. Основні теоретичні положення

Сукупність з'єднаних один з одним елементів, по яким може текти електричний струм, називають електричним колом.

Електричні кола, у яких одержання електричної енергії, передача і її перетворення відбувається при незмінних у часі струмах і напругах, називають колами постійного струму.

У теорії електричних кіл розрізняють активні і пасивні елементи.

Кола, що містять джерела енергії, називаються активними, кола, що не містять джерел енергії і в яких електрична енергія перетворюється в тепло, називаються пасивними.

Зображення електричного кола за допомогою умовних позначок називають електричною схемою.

Характеристикою резистора є опір "R" і відповідне йому позначення, що використовується для

елемента, в якому електрична енергія перетворюється в інші види енергії (теплову і ін.) \boxed{R} , а також для кількісної оцінки величини, яка дорівнює відношенню напруги на даному елементі кола до струму, що тече через нього:

$$R = \frac{U}{I}, \text{ Ом.} \quad (1.1)$$

Величина, зворотна до опору, називається провідністю:

$$G = \frac{1}{R}, \text{ См.} \quad (1.2)$$

У системі СІ опір R вимірюється у Омах (Ом), а провідність G у Сіменсах (См).

Залежність струму, що тече через опір, від напруги на тому ж опорі прийнято називати вольт-амперною характеристикою:

$$I = f(U). \quad (1.3)$$

Розглянемо коло, яке складено з n послідовно з'єднаних опорів (рис. 1.1).

Послідовним з'єднанням опорів називають таке з'єднання, при якому через всі опори тече один і той же струм.

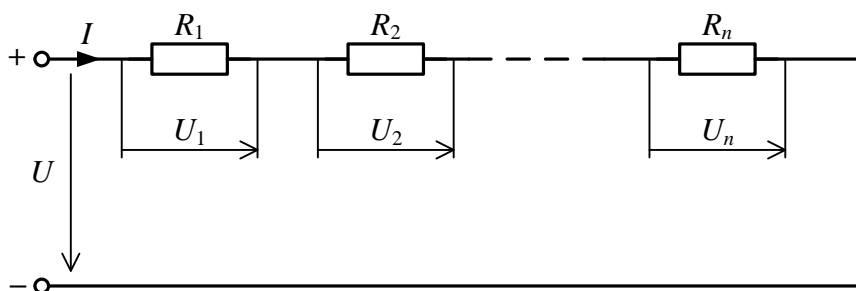


Рис. 1.1. Коло, яке складено з n послідовно з'єднаних опорів

Нехай до затискачів кола прикладена напруга U . Опори елементів мають позначення: R_1, R_2, \dots, R_n . Напруга U дорівнює сумі падінь напруг на окремих опорах:

$$U = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n. \quad (1.4)$$

Якщо винести значення струму I за дужки, отримаємо:

$$U = I(R_1 + R_2 + \dots + R_n). \quad (1.5)$$

Введемо позначення: $R_1 + R_2 + \dots + R_n = R$, отримаємо:

$$U = IR. \quad (1.6)$$

Таким чином, еквівалентний опір R кола, що складається з послідовно з'єднаних елементів, дорівнює арифметичній сумі опорів:

$$R = \sum_{k=1}^n R_k. \quad (1.7)$$

Паралельним з'єднанням опорів електричного кола називається таке з'єднання, при якому всі опори знаходяться під однією напругою.

Розглянемо коло, що складається з n числа паралельно з'єднаних опорів провідності яких відповідно G_1, G_2, \dots, G_n (рис. 1.2). До затискачів прикладена напруга U .

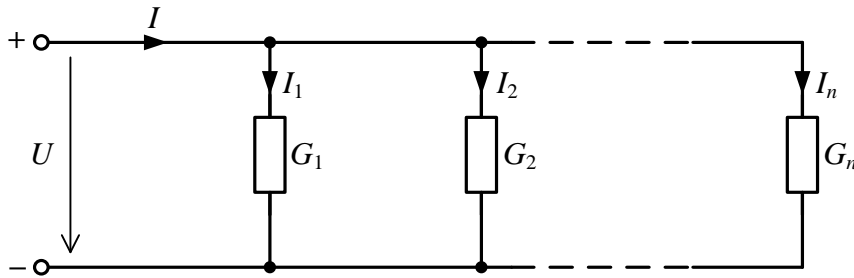


Рис. 1.2. Коло, що складається з n числа паралельно з'єднаних опорів

З наведеного визначення паралельного з'єднання виходить, що напруга на всіх опорах однакова:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n. \quad (1.8)$$

Визначимо провідності через опори:

$$G_1 = \frac{1}{R_1}; \quad G_2 = \frac{1}{R_2}; \quad G_n = \frac{1}{R_n}. \quad (1.9)$$

За першим законом Кірхгофа струм в нерозгалуженій частині кола дорівнює сумі струмів окремих опорів:

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + \dots + I_n = UG_1 + UG_2 + \dots + UG_n = \\ &= U(G_1 + G_2 + \dots + G_n); \end{aligned} \quad (1.10)$$

або
$$I = UG,$$

де $G = G_1 + G_2 + \dots + G_n$.

Еквівалентна провідність кола дорівнює сумі провідностей опорів. Еквівалентний опір з трьох паралельних віток визначається за такими формулами:

$$G = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_1 R_2 R_3}; \quad (1.11)$$

$$R = \frac{1}{G} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}. \quad (1.12)$$

Методи, наведені раніше, використовують також при розрахунку кіл зі змішаним з'єднанням опорів, яке являє собою комбінацію послідовного та паралельного з'єднання (рис. 1.3).

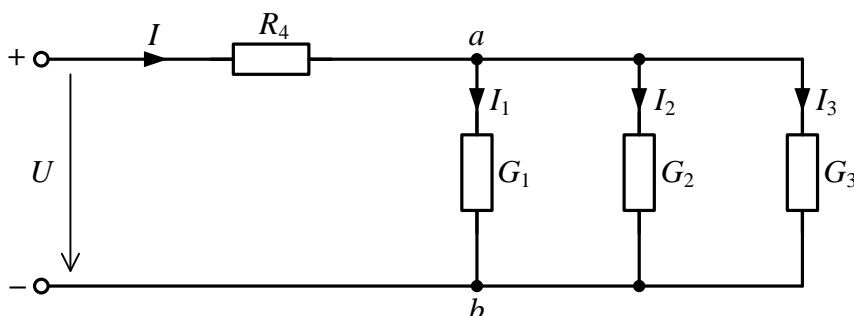


Рис. 1.3. Коло з комбінацією послідовного та паралельного з'єднання

Еквівалентний опір розгалуженої частини кола, що складається з трьох паралельно з'єднаних елементів, буде:

$$R_{ab} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}. \quad (1.13)$$

Еквівалентний опір всього кола:

$$R_{екв} = R_4 + R_{ab}. \quad (1.14)$$

Струм у нерозгалуженій частині кола визначається за законами Ома для замкненого кола:

$$I = \frac{U}{R_{екв}}. \quad (1.15)$$

Падіння напруги на опорі R_4 визначається:

$$U_4 = IR_4. \quad (1.16)$$

Падіння напруги на розгалуженій частині кола, тобто точках a і b дорівнює:

$$U_{ab} = IR_{ab}. \quad (1.17)$$

Тоді струми у вітках розгалуженої частини дорівнюють:

$$I_1 = \frac{U_{ab}}{R_1}; I_2 = \frac{U_{ab}}{R_2}; I_3 = \frac{U_{ab}}{R_3}. \quad (1.18)$$

Загальна потужність всього кола дорівнює сумі потужностей окремих елементів:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I^2 R_4. \quad (1.19)$$

1.3. Програма роботи

1.3.1. Визначити параметри і побудувати вольт-амперні характеристики кожного опору, що використовується в роботі.

1.3.2. Виконати дослідження послідовного з'єднання опорів та перевірити виконання 2-го закону Кірхгофа.

1.3.3. Виконати дослідження паралельного з'єднання опорів та перевірити виконання 1-го закону Кірхгофа.

1.3.4. Розрахувати струми при змішаному з'єднанні опорів у колі.

1.4. Необхідне обладнання

Персональний комп'ютер, комп'ютерна програма Multisim v 14.2.

1.5. Порядок виконання роботи

1.5.1. Зібрати схему послідовного з'єднання опорів (рис. 1.5).

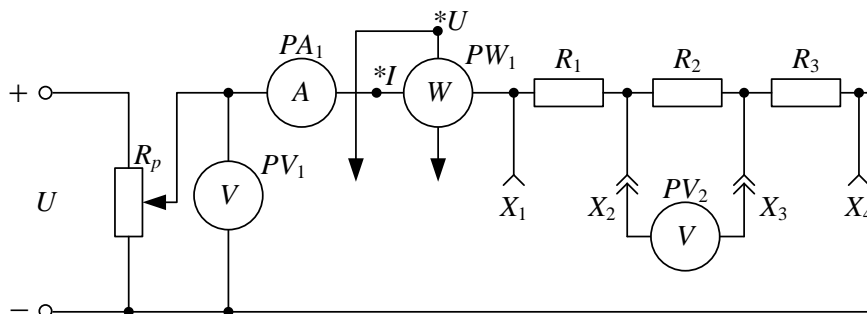


Рис. 1.5. Схема послідовного з'єднання опорів при виконанні експерименту

1.5.2. Після перевірки схеми ввімкнути живлення і реостатом R_p встановити напругу, вказану викладачем.

1.5.3. Виміряти струми, напруги та потужності на кожному опорі кола та на всьому колі, змінюючи напругу реостатом через кожні 10 В від 60 В до 100 В. Результати занести в табл. 1.1.

Результати експерименту

Опори	Виміри														
	U	I	P	U	I	P	U	I	P	U	I	P	U	I	P
	В	А	Вт	В	А	Вт	В	А	Вт	В	А	Вт	В	А	Вт
R_1															
R_2															
R_3															
Все коло	40			50			60			70			80		

1.5.4. Визначити опори та потужність окремих елементів і всього кола, порівняти їх з дослідними даними. Результати розрахунків занести у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Розрахункові дані

Опори	Розрахунки									
	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P
	Ом	Вт	Ом	Вт	Ом	Вт	Ом	Вт	Ом	Вт
R_1										
R_2										
R_3										
Все коло										

1.5.5. Користуючись даними табл. 1.1 та 1.2, побудували вольт-амперні характеристики кожного з опорів, а також графік залежності $I = f(U)$ для всього кола.

1.5.6. Скласти схему паралельного з'єднання приймачів R_1, R_2, R_3 за схемою, наведеною на рис. 1.6.

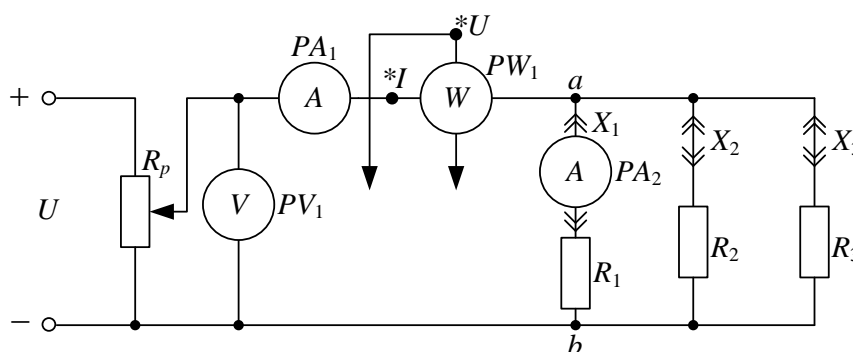


Рис. 1.6. Схема паралельного з'єднання елементів

1.5.7. Після перевірки схеми ввімкнути джерело живлення і реостатом встановити початкову напругу, вказану викладачем.

1.5.8. Змінюючи напругу, як це робилося у попередньому досліді, за допомогою переносного амперметра по черзі виміряти струм у опорах R_1, R_2, R_3 . Результати вимірювань занести у табл. 1.3.

Результати вимірювання

Виміри						Розрахунки								
U	I	P	I_1	I_2	I_3	R_1	R_2	R_3	G_1	G_2	G_3	P_1	P_2	P_3
В	А	Вт	А	А	А	Ом	Ом	Ом	См	См	См	Вт	Вт	Вт
10														
20														
30														
40														

1.5.9. Виконати розрахунки і перевірити формули паралельного з'єднання:

$$I = I_1 + I_2 + I_3;$$

$$G_{ab} = G_1 + G_2 + G_3;$$

$$P_{ab} = P_1 + P_2 + P_3.$$

1.5.10. Послідовно до схеми паралельного з'єднання приєднати опір R_4 , перетворивши дану схему у схему змішаного з'єднання елементів (рис. 1.7).

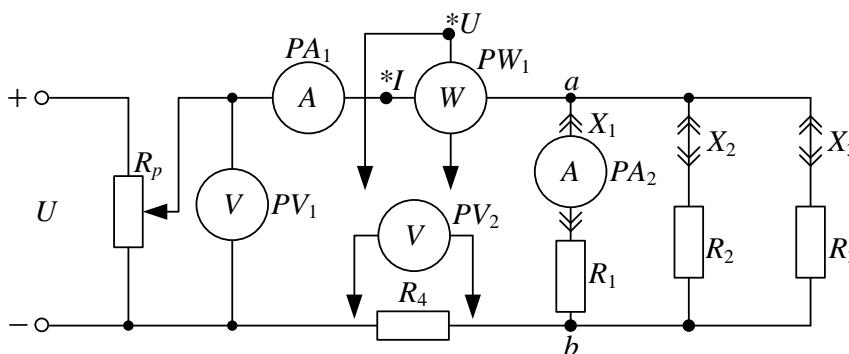


Рис. 1.7. Схема змішаного з'єднання елементів

1.5.11. Після перевірки схеми реостатом R_p встановити початкову напругу, вказану викладачем.

1.5.12. Переносним вольтметром PV_2 виміряти напругу на опорі R_4 , та між вузлами $a-b$, а потім переносним амперметром PA_2 виміряти струми у вітках. Ватметром PW_1 виміряти потужність. Результати вимірів занести у табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Розрахункові та експериментальні дані

Виміри							Розрахунки									
U	U_{ab}	U_4	I	I_1	I_2	I_3	R_1	R_2	R_3	R_4	G_1	G_2	G_3	G_4	P_{ab}	P
В	В	В	А	А	А	А	Ом	Ом	Ом	Ом	См	См	См	См	Вт	Вт

1.6. Задачі

Задача 1.6.1. Визначити еквівалентний опір між точками a та c при розімкненому і замкненому контакті Q для схеми, наведеної на рис. 1.8 якщо $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 10$ Ом

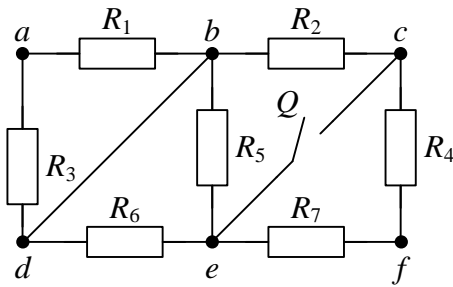
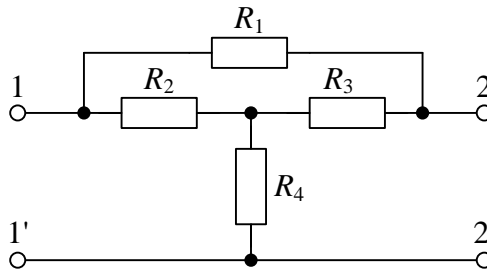


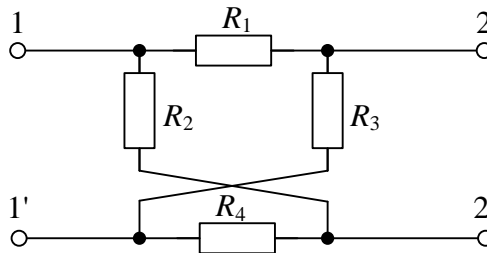
Рис. 1.8

Задача 1.6.2. Визначити опори кола при холостому ході та короткому замиканні для наведених схем рис. 1.9 (а), (б). Режим холостого ходу – коли затискачі 2–2' розімкнені, короткого замикання – коли затискачі 2–2' замкнуті.



$$R_1 = 120 \text{ Ом}; R_2 = 160 \text{ Ом}; R_3 = 40 \text{ Ом}; R_4 = 40 \text{ Ом}.$$

Рис. 1.9 (а)



$$R_1 = 10 \text{ Ом}; R_2 = 40 \text{ Ом}; R_3 = 20 \text{ Ом}; R_4 = 20 \text{ Ом}.$$

Рис. 1.9 (б)

Задача 1.6.3. Визначити покази вольтметра для схеми рис. 1.10, опір якого значно більший ніж опори R_1, R_2 , якщо $E_1 = 40 \text{ В}$; $E_2 = 20 \text{ В}$; $R_1 = 10 \text{ Ом}$; $R_2 = 5 \text{ Ом}$.

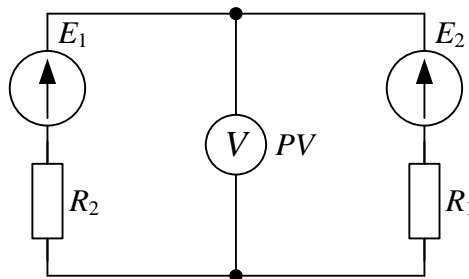


Рис. 1.10

Задача 1.6.4. Для кола, схема якого наведена на рис. 1.11, визначити відношення напруги на виході кола U_2 до напруги на вході U_1 , якщо $R_1 = 24 \text{ Ом}$; $R_2 = 10 \text{ Ом}$; $R_3 = 40 \text{ Ом}$; $R_4 = 25 \text{ Ом}$; $R_5 = 20 \text{ Ом}$; $R_6 = 30 \text{ Ом}$.

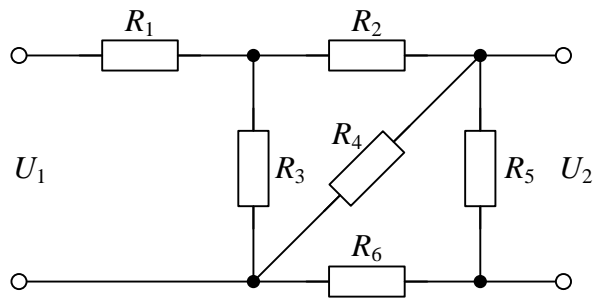


Рис. 1.11

1.7. Контрольні запитання

1.7.1. Дати визначення послідовного, паралельного та змішаного з'єднання елементів.

1.7.2. Чому дорівнюють еквівалентні опори послідовного і паралельного з'єднання елементів.

1.7.3. Навести закон Ома для ділянки кола без ЕРС та закон Ома для кола, що містить ЕРС.

Узагальнений закон Ома.

1.7.4. Сформулювати перший та другий закони Кірхгофа та їх використання для розрахунку кіл.

1.7.5. Що розуміють під складними електричними колами ?

1.7.6. Яке джерело називається джерелом ЕРС, а яке – джерелом струму?

Список використаної літератури

1. Шадріна Г.М., Дедів Л.Є., Дозорський В.Г. Методичні вказівки до проведення лабораторних занять з дисципліни «Основи конструювання біомедичної апаратури» для студентів за напрямом підготовки 6.051302 «Біомедична інженерія» // Г.М. Шадріна, Дедів Л.Є., Дозорський В.Г – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 106 с.
2. Електроніка та мікросхемо техніка: курс лекцій для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / укладачі: Н. Г. Косуліна, М. О. Чорна; ДБТУ. – Харків: [б. в.], 2023. – 146 с.
3. Основи конструювання БМА та основи технології виробництва БМА для біооб'єктів: лекції для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / укладач: Н. Г. Косуліна, М. О. Чорна, В. В. Сухін; ДБТУ. – Харків: [б. в.], 2023. – 130 с.

Рекомендована література

1. Основи проектування електронних систем: лабораторний практикум / Уклад.: Т.В.Мелешко, В.А. Швець, А.О. Краснопольський, Н.О. Касперович, О.О. Туз. – К.: НАУ, 2013. – 102 с.
2. Практична електротехніка. Посібник для виконання лабораторних і практичних робіт з курсу «Основи теорії електричних кіл та сигналів» на основі віртуальної лабораторії Multisim. Частина I / В.М. Рябенський, В.С. Буряк. – Миколаїв: НУК, 2016. – 163 с.
3. Болюх В.Ф., Данько В.Г. Основи електроніки і мікропроцесорної техніки: Навч. посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – 257 с.

ЗМІСТ

стор.

1. ОСНОВНІ ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	3
2. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	3
3. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	4
4. ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	6
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 Дослідження процесів у лінійних електричних колах постійного струму при послідовному, паралельному і змішаному з'єднанні приймачів електричної енергії.....	7
1.1. Мета роботи	7
1.2. Основні теоретичні положення	7
1.3. Програма роботи.....	9
1.4. Необхідне обладнання.....	9
1.5. Порядок виконання роботи.....	9
1.6. Задачі	13
1.7. Контрольні запитання	13
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	14

**Методи та засоби автоматизації схемотехнічного
проектування**

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи №1**

КОСУЛІНА Наталія Геннадіївна
ЧОРНА Марія Олександрівна
СУХІН Віталій Володимирович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 1,22
Наклад 50 пр.
Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44