

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ОСНОВИ ТЕОРІЇ КІЛ-1

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,
спеціалізацією «Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2019

Основи теорії кіл-1: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», спеціалізації «Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. М. Бондаренко, Г. В. Іваннік. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 28 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 01.04.2019 р.)
за поданням Вченої ради факультету (протокол № 03/2019 від 25.03.2019 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

ОСНОВИ ТЕОРІЇ КІЛ-1

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Укладачі: *Бондаренко Віктор Миколайович*, канд. техн. наук, доц.
Іваннік Геннадій Васильович, канд. техн. наук

Відповідальний редактор *Корнєв В.П.*, канд. техн. наук, доц.

Рецензент: *Тодоренко В.А.*, канд. техн. наук, доц.

Навчальний посібник має сприяти практичному засвоєнню студентами матеріалу кредитного модуля «Основи теорії кіл-1», який викладається згідно з планом бакалаврської підготовки студентів кафедри конструювання електронно-обчислювальної апаратури на другому курсі у третьому семестрі. Основною метою кредитного модуля є вивчення методів аналізу радіоелектронних кіл на постійному струмі, основ теорії схемних функцій та теорії чотириполюсника. В результаті виконання лабораторних робіт студент повинен знати умови настання режиму постійного струму, основні методи аналізу радіоелектронних кіл на постійному струмі, вміти використовувати закони і теореми теорії електричних кіл та проводити розрахунки проходження постійних сигналів через лінійні кола.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019

Зміст

	ВСТУП	4
1.	ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ОСНОВНІ ВИМІРИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ	6
2.	ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ЗАКОНИ КІРХГОФА. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦІЇ	12
3.	ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦІЇ. ТЕОРЕМА ПРО ЕКВІВАЛЕНТНИЙ ГЕНЕРАТОР	17
4.	ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ПРОХІДНИЙ ЧОТИРИПОЛЮСНИК	21
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	27
	ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	28

ВСТУП

Дійсні методичні рекомендації містять опис лабораторних робіт на постійному струмі кредитного модуля “Основи теорії кіл -1”.

Метою даного циклу лабораторних робіт є:

- закріпити теоретичні знання студентів;
- експериментально перевірити виконання основних законів електричних кіл;
- отримати досвід практичної роботи з вимірювальними приладами і дослідження з їх допомогою найпростіших електричних схем.

Студенти самостійно готуються до проведення і до виконання будь-якої лабораторної роботи; ознайомлюються з описом даної роботи; вивчають теоретичний матеріал за конспектом лекцій і літератури, що рекомендується; готують протокол роботи і вносять у нього необхідні для роботи теоретичні дані, розрахункові формули, таблиці і довідкові дані; проводять під час заняття виміри, зазначені в завданні, і вносять їх до протоколу, обробляють результати вимірів, оформляють і захищають звіт по роботі. Студент допускається до виконання лабораторної роботи за умов наявності підготовленого протоколу. Перед початком виконання роботи чи в період підготовки до неї студент зобов'язаний ознайомитися з інструкціями з експлуатації чи описами використовуваних приладів і макетів. Перед увімкненням приладів необхідно перевірити правильність з'єднань і підключень і, одержавши дозвіл викладача, приступити до виконання експериментальної частини. Виміри варто робити в порядку, зазначеному в описі роботи чи рекомендованому викладачем.

Звіт по кожній роботі має містити короткі теоретичні дані і розрахункові формули, умови проведення вимірів, схеми досліджуваних кіл,

результати вимірів, представлені у вигляді таблиць і графіків, розрахунки і результати обчислень, висновки по роботі. Для одержання заліку за лабораторним курсом необхідно вчасно й у повному обсязі виконати роботи і захистити результати їх виконання. Перед початком циклу лабораторних робіт проводиться інструктаж з техніки безпеки з відповідними записами в робочому журналі. У випадку порушення правил техніки безпеки, навмисного псування устаткування і майна лабораторії студент від виконання лабораторних робіт відстороняється.

У процесі виконання експериментальної частини роботи забороняється:

- без відома викладача чи учбово-допоміжного персоналу подавати напругу на робочі місця з розподільного щитка;
- розкривати захисний кожух і усувати виникаючі несправності у вимірювальних приладах і макетах;
- самостійно під'єднувати і від'єднувати прилади, переставляти і використовувати їх з метою, не передбаченою лабораторним завданням.

Дані методичні рекомендації видаються кожному студенту перед початком циклу лабораторних робіт і підлягають поверненню в такому ж стані на останньому передбаченому навчальним розкладом занятті.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ОСНОВНІ ВИМІРИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ

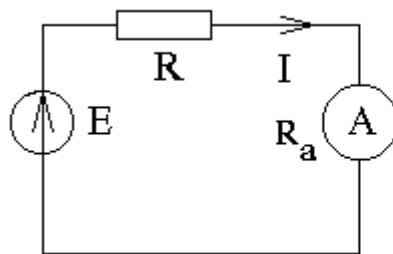
МЕТА РОБОТИ: вивчення методики вимірів в електричних колах постійного струму й ознайомлення з деякими комбінованими вимірювальними приладами при включенні їх у різних режимах.

ОПИС РОБОТИ

Основними вимірами в електричних колах постійного струму є виміри струмів і напруг на різних ділянках кола. Для цієї мети використовуються вимірювальні прилади: амперметри і вольтметри. Використовуваний у даній роботі цифровий прилад (мультиметр) може служити амперметром або вольтметром, у залежності від встановленого на самому приладі режиму підключення.

При проведенні вимірів необхідно враховувати вплив вимірювальних приладів на режим роботи електричного кола. Ступінь впливу амперметра чи вольтметра залежить від їхнього внутрішнього опору, який необхідно знати для оцінки вірогідності результатів вимірів. Оскільки для виміру струму на деякій ділянці кола амперметр включається в це коло послідовно (рис. 1.1), то й опір ідеального амперметра має прямувати до нуля. Враховуючі те, що внутрішній опір реального приладу відмінний від нуля, то його включення послідовно з якою-небудь ділянкою кола збільшує результуючий опір цієї ділянки, струм у колі зменшується, і, таким чином, виміряний приладом струм менше, ніж струм, що тече через цю ділянку без амперметра. Тому

внутрішній опір амперметра повинен бути значно (у сотні раз) менше опорів вимірюваних ділянок.



Струм у колі без амперметра:

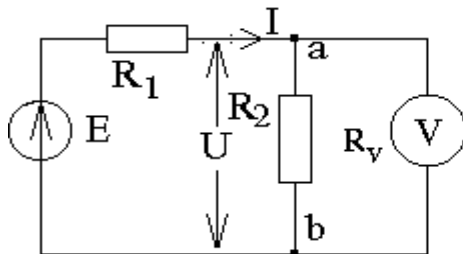
$$I = E/R$$

Амперметр покаже:

$$I_a = E/(R + R_a)$$

Рис. 1.1. Коло з амперметром

Для виміру падіння напруги між двома вузлами кола між цими вузлами включають вольтметр, паралельно іншим ділянкам схеми, включеним між цими вузлами (рис. 1.2). Тому опір ідеального вольтметра прагне до нескінченності. Оскільки внутрішній опір реального вольтметра завжди кінцевий, підключення приладу паралельно якоїсь ділянці завжди викликає зменшення опору між вузлами і, отже, зменшення напруги між ними. Тому внутрішній опір вольтметра повинен бути в сотні і тисячі разів більше опору вимірюваного кола.



Напруга між вузлами a і b:

$$U = IR_2$$

Вольтметр покаже:

$$U = I \frac{R_2 R_v}{R_2 + R_v}$$

Рис. 1.2. Коло з вольтметром

Внутрішні опори амперметра R_a і вольтметра R_v визначаються за допомогою схем вимірів, показаних на рис 1.3, де опір R (порядку одиниць кОм) уведено для обмеження струму через амперметр.

При використанні схеми рис. 1.3а внутрішній опір амперметра визначається за формулою:

$$R_a = (E - U)/I,$$

де E – ЕРС генератора, а U і I – відповідно показання вольтметра й амперметра.

Внутрішній опір вольтметра визначаємо як

$$R_v = U/I.$$

При використанні схеми рис. 1.3б ті ж опори визначаються за формулами:

$$R_a = U/I, \quad R_v = U/\{[(E - U)/R] - I\}.$$

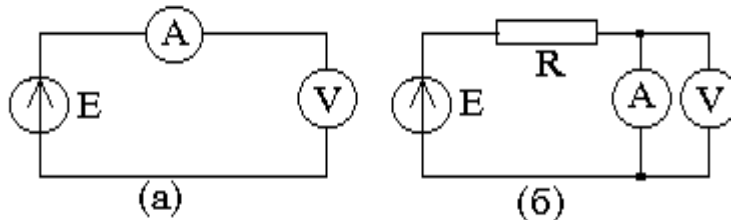


Рис. 1.3. Вимірювальні кола для визначення R_a , R_v

За допомогою амперметра і вольтметра можна визначити невідомий опір R_x . При використанні схеми рис. 1.4а, R_x визначається за формулою:

$$R_x = U/[I - (U/R_v)],$$

а при використанні схеми рис. 1.4б – за формулою:

$$R_x = (U - I \cdot R_a)/I.$$

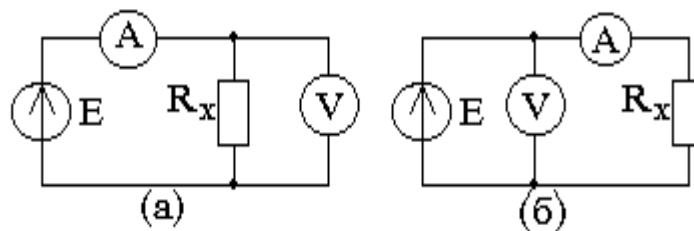


Рис. 1.4. Вимірювальні кола для визначення R_x

Еквівалентний опір електричного кола, що представляє собою послідовне і паралельне з'єднання резисторів, визначається за допомогою

схем вимірів, наведених відповідно на рис. 1.5а і 1.5б, за формулою:

$$R_{\text{екв}} = E/I.$$

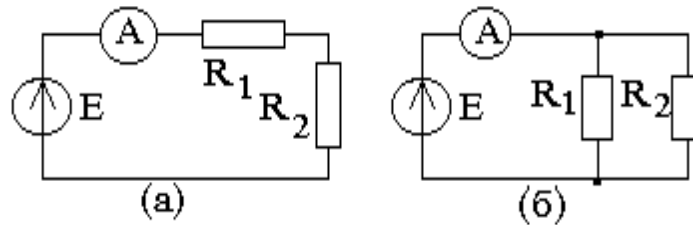


Рис. 1.5. Вимірювальні кола для визначення $R_{\text{екв}}$

ПРОГРАМА РОБОТИ

1. Вимірити точне значення напруги джерела живлення за допомогою вольтметра.

2. Визначити внутрішній опір вольтметра й амперметра двома способами, зібравши вимірювальні кола згідно рис. 1.3а і 1.3б. Порівняти отримані значення R_a і R_v і зробити висновки про те, чим викликані розходження в результатах.

3. Визначити невідомий опір резистора, зібравши кола відповідно до схем рис. 1.4а і 1.4б. Порівняти отримані результати.

4. Визначити еквівалентний опір послідовного і паралельного з'єднання резисторів, зібравши кола відповідно до схем рис. 1.5а і 1.5б. Обчислити еквівалентні опори за значеннями R_1 і R_2 і порівняти з результатами вимірів.

ПРИМІТКА. В усіх схемах використовуються резистори з опором від 1 КОм до 10 КОм.

Запобіжні заходи при роботі з цифровим мультиметром

1. Щупи повинні бути в справному стані. Перед використанням переконайтеся в тому, що щупи та ізоляція провідників не пошкоджена.
2. Для того щоб уникнути пошкодження приладу НЕ перевищуйте максимальні межі вхідних значень, зазначених в таблиці технічних специфікацій.
3. **Не підключайте щупи мультиметра до джерела напруги при включеному режимі виміру струму, опору, діодного тесту або перевірки цілісності кола, це може привести до пошкодження мультиметру.**
4. Перед зміною положення поворотного перемикача для вибору режиму роботи, відключіть щупи від досліджуваного кола.
5. Перед вимірюванням сили струму перевірте запобіжники мультиметра і відключіть напругу в досліджуваному пристрої перед підключенням приладу.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає відмінність понять "резистор" і "опір"?
2. Як розраховується еквівалентний опір (провідність) послідовного і паралельного з'єднань резисторів?
3. Як пояснити розходження в показаннях вимірювальних приладів у схемах на рис. 1.4а і 1.4б; 1.5а і 1.5б?
4. Для чого призначений резистор у схемі рис. 1.3б ?
5. У чому відмінність внутрішнього опору ідеального та реального амперметра?

6. У чому відмінність внутрішнього опору ідеального та реального вольтметра?

7. Які основні режими роботи цифрового мультиметра?

8. Які запобіжні заходи треба виконувати при роботі з мультиметром?

ВИКОРИСТОВУВАНІ ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ

1. Комбінований цифровий прилад (мультиметр) (MASTECH MS8233Z, UNI-T UT158 або аналогічні прилади).

2. Джерело постійної напруги 9В.

3. Макетна плата.

4. Комплект резисторів від 1 кОм до 10 кОм.

5. З'єднувальні дроти.

Література: [3] с.75–76, 164–177, 308–310; [7], [8].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ЗАКОНИ КІРХГОФА. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦІЇ

МЕТА РОБОТИ: *експериментальна перевірка першого і другого законів Кірхгофа і принципу суперпозиції в колах постійного струму.*

ОПИС РОБОТИ

Перевірка основних законів теорії електричних кіл виконується в даній роботі шляхом дослідження резистивних кіл, схеми яких наведені на рис. 2.1.

Перевірка першого закону Кірхгофа проводиться шляхом виміру струмів резисторів, інцидентних обраному вузлу, і перевірки виконання рівності

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0,$$

де I_i – виміряні значення струмів резисторів, а n – число резисторів, інцидентних даному вузлу.

Наприклад, для вузла a (рис. 2.1.1) повинна виконуватися рівність:

$$I_{R3} - I_{R5} + I_{R6} = 0$$

за умови, що значення струму, спрямованого *від вузла*, береться зі знаком “+”, а значення струму, спрямованого *до вузла*, – зі знаком “—”.

Перевірка другого закону Кірхгофа здійснюється шляхом виміру напруг на резисторах, інцидентних обраному контуру, і перевірки виконання рівності:

$$\sum_{i=1}^k U_i = 0,$$

де U_i – виміряні значення напруг на резисторах, а k – кількість резисторів, інцидентних даному контуру.

Наприклад, для контуру, утвореного резисторами $R2$, $R3$, $R4$, і $R6$ (рис. 2.1.1) повинна виконуватися рівність

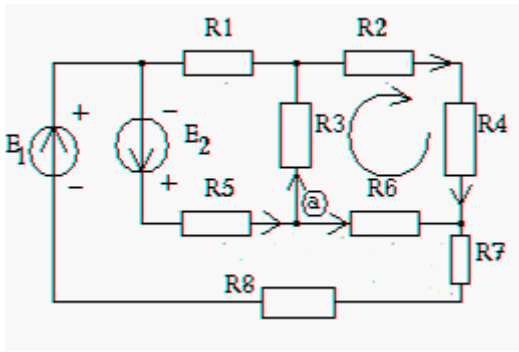
$$- U_{R2} - U_{R3} - U_{R4} + U_{R6} = 0$$

за умови, що напруга на резисторі береться зі знаком “+”, якщо її напрямок збігається з напрямком обходу контуру за стрілкою годинника, і зі знаком “—” – у іншому випадку.

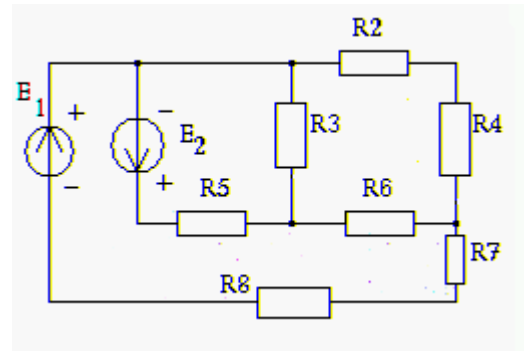
Перевірка принципу суперпозиції проводиться шляхом виміру струмів одного з резисторів досліджуваного кола, що протікають при роздільній і спільній дії джерел напруги, що впливають на коло. Наприклад, позначимо через I'_{R4} струм резистора R4 (рис. 2.1.1), що протікає при впливі джерела E1 (джерело E2 закорочене), а через I''_{R4} – струм, що протікає через цей же резистор, під впливом джерела E2 (джерело E1 закорочене). Тоді при спільній дії обох джерел повинна виконуватися рівність

$$I_{R4} = I'_{R4} + I''_{R4},$$

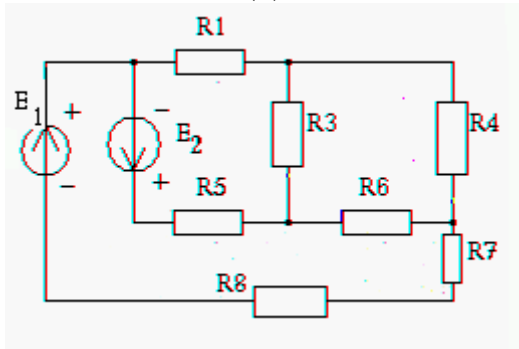
де I_{R4} – струм резистора R4, виміряний при одночасному підключенні джерел E1 і E2. Це справедливо, якщо напрямки струмів I'_{R4} і I''_{R4} збігаються з напрямком струму I_{R4} .



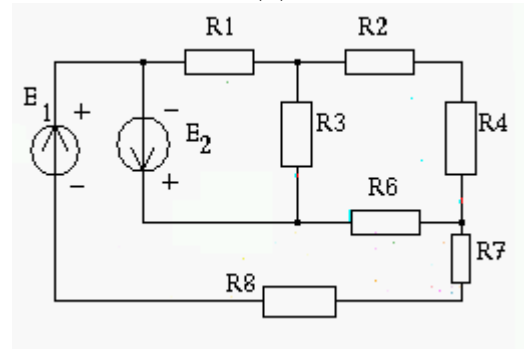
(1)



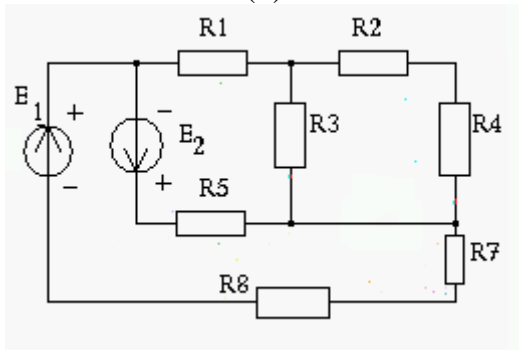
(2)



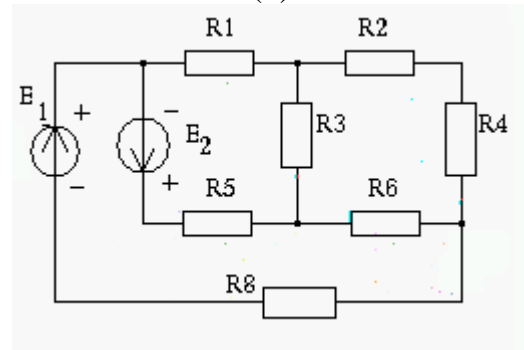
(3)



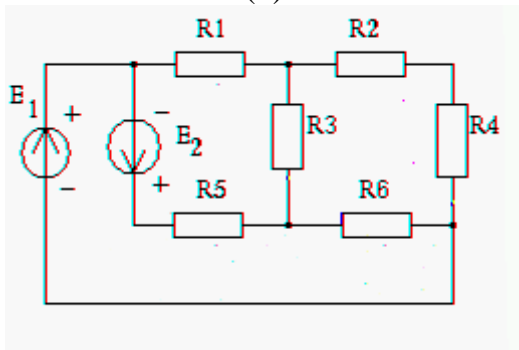
(4)



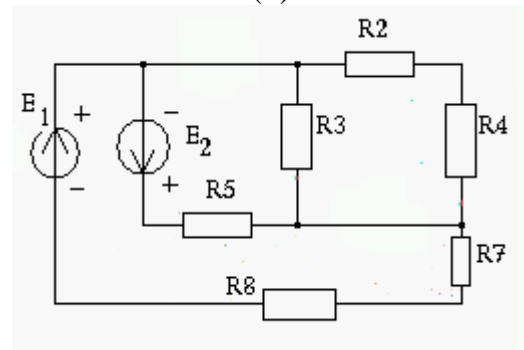
(5)



(6)



(7)



(8)

Рис. 2.1. Варіанти кіл (для бригад 1– 8)

ПРОГРАМА РОБОТИ

1. Зібрати досліджуване коло (рис. 2.1), номер (варіант) якого відповідає номеру бригади. Номінали резисторів узяти довільні, у діапазоні від 1 до 10 КОм.

2. Виміряти струми компонентів досліджуваного кола (з урахуванням знака). Перевірити виконання першого закону Кірхгофа для усіх вузлів схеми, яким інцидентні більш трьох резисторів.

3. Виміряти напруги на компонентах досліджуваного кола (з урахуванням знака). Перевірити виконання другого закону Кірхгофа для будь-яких трьох контурів схеми.

4. Перевірити виконання принципу суперпозиції для двох резисторів досліджуваної схеми при спільній і роздільній дії джерел E_1 і E_2 .

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Сформулюйте перший закон Кірхгофа. Для яких кіл він виконується?
2. Сформулюйте другий закон Кірхгофа. Для яких кіл він виконується?
3. Сформулюйте принцип суперпозиції. Для яких кіл він справедливий?
4. Поняття вузла та компонента в електричному колі.
5. Поняття контуру в електричному колі.
6. Як за допомогою мультиметру визначити реальний напрям струму в колі?
7. Як за допомогою мультиметра визначити реальний напрям падіння напруги в колі?

ВИКОРИСТОВУВАНІ ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ

1. Комбінований цифровий прилад (мультиметр) (MASTECH MS8233Z, UNI-T UT158 або аналогічні прилади).
2. Джерела постійної напруги 9В – 2 шт.
3. Макетна плата.

4. Комплект резисторів від 1 кОм до 10 кОм.

5. З'єднувальні дроти.

Література: [3] с.10–32, 95–103, 113–118, [4] с. 22–23, 58–62, [7], [8].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3
ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦІЇ.
ТЕОРЕМА ПРО ЕКВІВАЛЕНТНИЙ ГЕНЕРАТОР

МЕТА РОБОТИ: *експериментальна перевірка принципу суперпозиції і теорему про еквівалентний генератор.*

ОПИС РОБОТИ

Принцип суперпозиції (накладання) полягає в тому, що в лінійних колах з декількома джерелами живлення струм (напруга) на будь-якому компоненті схеми дорівнює алгебраїчній сумі струмів (напруг) на цьому компоненті при впливі одного з джерел і відключенні інших. Так, наприклад, струм через резистор R4 (рис. 3.1) дорівнює сумі струму, що тече через нього при включеному джерелі E1 і відключеному E2, і струму, що тече через R4 при включеному E2 і відключеному E1:

$$I_{R4} = I_{R4}^{E1} + I_{R4}^{E2}$$

При цьому підсумовування струмів виконується з урахуванням знака (напрямку струму).

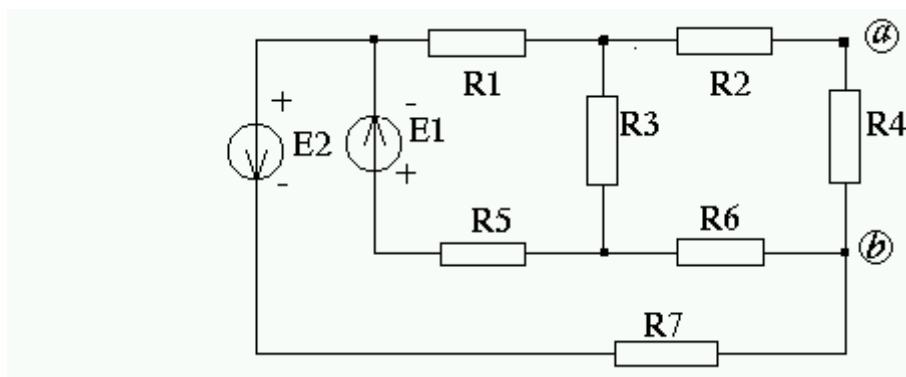


Рис. 3.1. Коло з джерелами напруги

Відповідно до теореми про еквівалентний генератор, будь-яка схема, що містить резистори і незалежні джерела напруги, може бути замінена еквівалентним генератором, що представляє собою джерело напруги з внутрішнім опором. Так, наприклад, якщо резистор R_4 у схемі рис. 3.1 вважати навантажувальним, то частину схеми, що залишилася, можна замінити еквівалентним генератором, характеристики якого розраховуються за формулами:

$$E_e = U_{XX}, \quad R_e = U_{XX}/I_{K3},$$

де U_{XX} – напруга ялового (холостого) ходу (замість резистора R_4 – розімкнута ділянка), I_{K3} – струм короткого замикання вузлів a і b . Схема, що вийшла в результаті заміщення, значно простіше первинної (рис. 3.2).

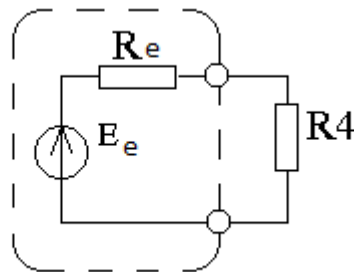


Рис. 3.2. Результат заміщення

ПРОГРАМА РОБОТИ

1. Зібрати досліджуване коло відповідно до схеми (рис. 2.1 лабораторної роботи №2), номер схеми відповідає номеру бригади.

2. Перевірити виконання принципу суперпозиції на будь-якому резисторі схеми.

3. Перевірити виконання теореми про еквівалентний генератор, вибравши довільний резистор у якості навантажувального:

За. Виміряти струм через навантажувальний резистор.

3б. Виміряти струм короткого замикання і напругу ялового ходу еквівалентного генератора.

3в. Обчислити характеристики еквівалентного генератора: напругу живлення і внутрішній опір.

3г. Розрахувати струм через навантажувальний резистор, використовуючи характеристики еквівалентного генератора за формулою:

$$I_{R_H} = E_e / (R_e + R_H).$$

Порівняти розрахункове значення струму з виміряним.

ПРИМІТКА. В усіх схемах використовуються резистори з опором від 1 КОм до 10 КОм.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Сформулювати принцип суперпозиції. Визначити межі його застосування.

2. Сформулювати теорему про еквівалентний генератор. Визначити межі її застосування.

3. Сформулювати закон Ома.

4. Лінійне електричне коло, визначення.

5. Як практичним шляхом визначають внутрішній опір еквівалентного генератора?

6. Як практичним шляхом визначають джерело напруги еквівалентного генератора?

7. Як теоретично розрахувати джерело напруги еквівалентного генератора?

8. Як теоретично розрахувати внутрішній опір еквівалентного генератора?

ВИКОРИСТОВУВАНІ ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ

1. Комбінований цифровий прилад (мультиметр) (MASTECH MS8233Z, UNI-T UT158 або аналогічні прилади).
2. Джерела постійної напруги 9В – 2 шт.
3. Макетна плата.
4. Комплект резисторів від 1 кОм до 10 кОм.
5. З'єднувальні дроти.

Література: [3] с.113–118, [4] с. 22–23, 58–62, [7], [8].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4
ПРОХІДНИЙ ЧОТИРИПОЛЮСНИК

МЕТА РОБОТИ: експериментальне знаходження схемних функцій, y - та h - параметрів чотириполюсника, розрахунок схемних функцій через y - та h -параметри.

ОПИС РОБОТИ

У роботі досліджується лінійний прохідний чотириполюсник, розглянутий як “чорна шухляда”:

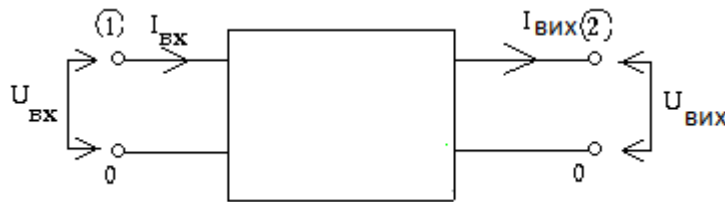


Рис. 4.1. Чотириполюсник

Чотириполюсник (рис. 4.1) може бути описаний рівняннями в системі y -параметрів:

$$I_{\text{ВХ}} = y_{11} \cdot U_{\text{ВХ}} + y_{12} \cdot U_{\text{ВІХ}}$$

$$I_{\text{ВІХ}} = y_{21} \cdot U_{\text{ВХ}} + y_{22} \cdot U_{\text{ВІХ}}$$

і h -параметрів:

$$U_{\text{ВХ}} = h_{11} \cdot I_{\text{ВХ}} + h_{12} \cdot U_{\text{ВІХ}}$$

$$I_{\text{ВІХ}} = h_{21} \cdot I_{\text{ВХ}} + h_{22} \cdot U_{\text{ВІХ}}$$

Парметри y_{11} , y_{21} і h_{11} , h_{21} обчислюються на підставі значень вхідного і вихідного струмів чотириполюсника, виміряних при замкненому виході (рис. 4.2):

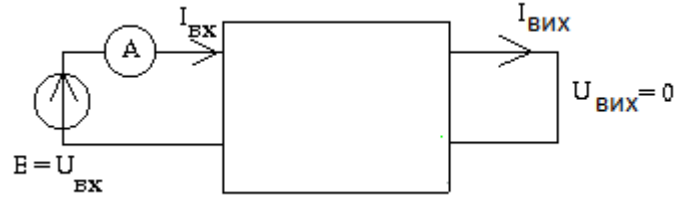


Рис. 4.2а. Вимірювальне коло с закороченим виходом

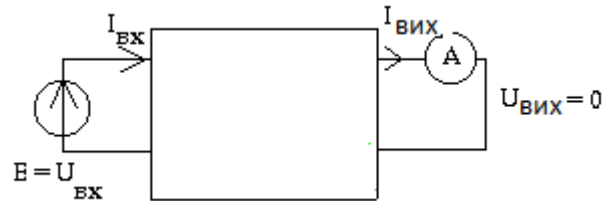


Рис. 4.2б. Вимірювальне коло с закороченим виходом

$$y_{11} = \left. \frac{I_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}} \right|_{U_{\text{вих}} = 0}, \quad y_{21} = \left. \frac{I_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} \right|_{U_{\text{вих}} = 0}.$$

$$h_{11} = \left. \frac{U_{\text{вх}}}{I_{\text{вх}}} \right|_{U_{\text{вих}} = 0}, \quad h_{21} = \left. \frac{I_{\text{вих}}}{I_{\text{вх}}} \right|_{U_{\text{вих}} = 0}.$$

Для визначення параметрів y_{12} і y_{22} необхідно зробити вимір вхідного і вихідного струмів чотирьохполюсника при закороченому вході ($U_{\text{вх}}=0$) і підключеному до виходу джерелі напруги (рис. 4.3).

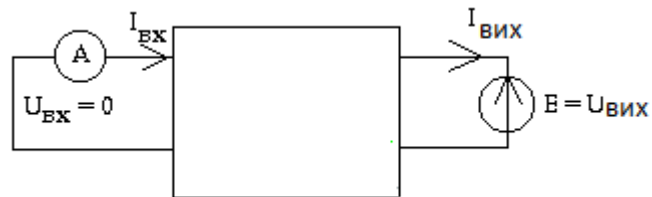


Рис. 4.3а. Вимірювальне коло с закороченим входом

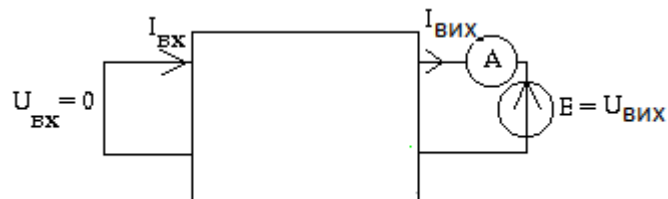


Рис. 4.3б. Вимірювальне коло с закороченим входом

$$y_{12} = \left. \frac{I_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}} \right|_{U_{\text{вх}}=0}, \quad y_{22} = \left. \frac{I_{\text{вих}}}{U_{\text{вих}}} \right|_{U_{\text{вх}}=0}.$$

Параметри h_{12} і h_{22} обчислюються на підставі значень вхідної напруги і вихідного струму, виміряних при відключеному вході ($I_{\text{вх}}=0$, рис. 4.4):

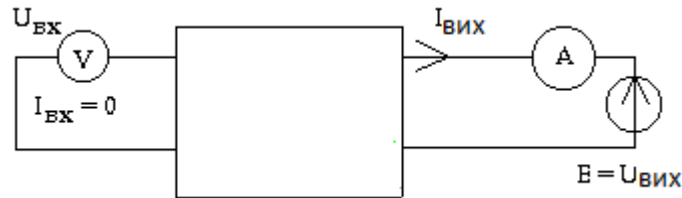


Рис. 4.4. Вимірювальне коло с відключеним входом

$$h_{12} = \left. \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вих}}} \right|_{I_{\text{вх}}=0}, \quad h_{22} = \left. \frac{I_{\text{вих}}}{U_{\text{вих}}} \right|_{I_{\text{вх}}=0}.$$

Знаючи y - і h -параметри, можна визначити схемні функції чотириполюсника: коефіцієнти передачі струму і напруги, передатні опір і провідність (табл.4.1):

Табл. 4.1. Схемні функції

Схемна Функція	система параметрів	
	[y]	[h]
Коефіцієнт передачі напруги $K_U = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}}$	$\frac{y_{21}}{Y_H - y_{22}}$	$\frac{h_{21}}{h_{11} \cdot Y_H - h }$
Коефіцієнт передачі струму $K_I = \frac{I_{\text{вих}}}{I_{\text{вх}}}$	$\frac{y_{21} \cdot Y_H}{y_{11} \cdot Y_H - y }$	$\frac{h_{21} \cdot Y_H}{Y_H - h_{22}}$
Провідність передачі $Y_{\text{пер}} = \frac{I_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}}$	$\frac{y_{21} \cdot Y_H}{Y_H - y_{22}}$	$\frac{h_{21} \cdot Y_H}{h_{11} \cdot Y_H - h }$
Опір передачі $Z_{\text{пер}} = \frac{U_{\text{вих}}}{I_{\text{вх}}}$	$\frac{y_{21}}{y_{11} \cdot Y_H - y }$	$\frac{h_{21}}{Y_H - h_{22}}$

Примітка. $|y| = y_{11} \cdot y_{22} - y_{12} \cdot y_{21}$, $|h| = h_{11} \cdot h_{22} - h_{12} \cdot h_{21}$

Кожен прохідний чотириполіусник може бути представлений П- чи Т-образною схемою заміщення (рис. 4.5), елементи якої обчислюються на підставі визначених раніше у-параметрів чотириполіусника за формулами:

$$Y_1 = y_{11} + y_{12}, \quad Y_2 = -y_{12}, \quad Y_3 = y_{12} - y_{22} \quad (\text{для П-образної схеми, рис.4.5a) і}$$

$$Z_1 = \frac{y_{22} - y_{12}}{y_{11} \cdot y_{22} + y_{12}^2}$$

$$Z_2 = \frac{y_{11} + y_{12}}{y_{11} \cdot y_{22} + y_{12}^2} \quad (\text{для Т-образної схеми, рис.4.5б}).$$

$$Z_3 = \frac{y_{12}}{y_{11} \cdot y_{22} + y_{12}^2}$$

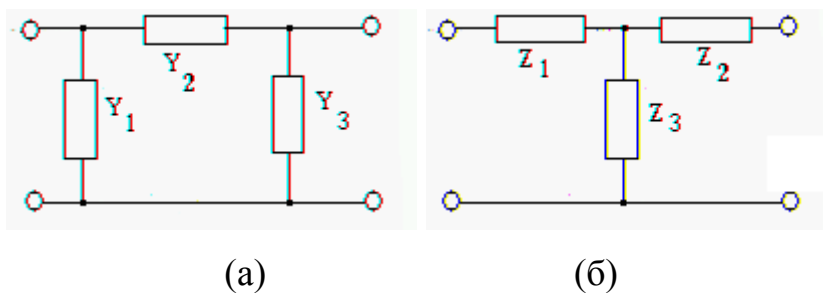


Рис. 4.5. П- та Т-образна схеми заміщення

ПРОГРАМА РОБОТИ

1. Збираючи послідовно схеми (рис. 4.2 – 4.4) і вимірявши всі необхідні величини (з урахуванням знака), розрахувати у- і h-параметри чотириполіусника. Як чотириполіусник використовувати: бригадам з парним номером – П-образну схему (рис. 4.5a), бригадам з непарним номером – Т-образну схему (рис. 4.5б).

2. Підключити до виходу чотириполіусника навантаження (резистор з опором від 1 кОм до 10 кОм, вибрати довільно). Виміряти напруги та струми на вході та виході навантаженого чотириполіусника. За виміряними значеннями розрахувати схемні функції.

3. На підставі знайдених значень y - та h -параметрів теоретично обчислити значення схемних функцій відповідно до формул (табл. 4.1), використовуючи вибране значення навантаження (його провідність позначена Y_H).

4. Порівняти значення схемних функцій, обчислених на підставі y -параметрів, з їхніми значеннями, обчисленими на підставі h -параметрів та з експериментальними значеннями схемних функцій. Скласти відповідну таблицю.

5. Зробити висновки.

ПРИМІТКА. В усіх схемах використовуються резистори з опором від 1 КОм до 10 КОм.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке прохідний чотириполіусник?
2. У якому випадку чотириполіусник можна описати рівняннями в системі y - і h -параметрів?
3. Як визначити значення y -параметрів чотириполіусника на підставі його h -параметрів і значення його h -параметрів на підставі y -параметрів?
4. Фізична суть параметрів y_{11} , y_{22} , одиниці виміру.
5. Фізична суть параметрів y_{12} , y_{21} , одиниці виміру.
6. Фізична суть параметрів h_{11} , h_{22} , одиниці виміру.
7. Фізична суть параметрів h_{12} , h_{21} , одиниці виміру.
8. Пасивний та активний чотириполіусники. Визначення.

ВИКОРИСТОВУВАНІ ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ

1. Комбінований цифровий прилад (мультиметр) (MASTECH MS8233Z, UNI-T UT158 або аналогічні прилади).
2. Джерело постійної напруги 9В.
3. Макетна плата.
4. Комплект резисторів від 1 кОм до 10 кОм.
5. З'єднувальні дроти.

Література: [3] с. 208–216, 226–235, [4] с. 295–306, [5] с. 118–129, [6] с. 73–75, [7], [8].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. – М.: Энергия, 1969. – 424 с.
2. Белецкий А.Ф. Основы теории линейных электрических цепей. – М.: Связь, 1967. – 608 с.
3. Кушнир Ф.В., Савенко В.Г. Электрорадиоизмерения. – М.: Энергия, 1975. – 279 с.
4. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи. – М.: Высшая школа, 1981. – 333 с.
5. Сигорский В.П., Петренко А.И. Основы теории электронных схем. – К.: Вища школа, 1971. – 568 с.
6. Бобало Ю.Я., Мандзій Б.А., Стахів П.Г., Писаренко Л.Д., Якименко Ю.І. Основи теорії електронних кіл. – Львів: «Магнолія 2006», 2017. – 296 с.
7. Цифровий мультиметр MASTECH MS8233Z. Інструкція з експлуатації.
8. Цифровий мультиметр UNI-T UT158. Інструкція з експлуатації.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЕРС	Електрорушійна сила
кОм	1000 Ом
КЗ	Коротке замикання
ХХ	Холостий хід
ЗКН	Закон Кірхгофа для напруг
ЗКС	Закон Кірхгофа для струмів