

Міністерство освіти і науки України
Національний університет Запорізька політехніка

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт з дисципліни

ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ТА СИГНАЛІВ

для студентів спеціальності
G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та
радіотехніка»
всіх форм навчання

Моделювання резистивних схем в пакетах EWB, Micro-Cap

Запоріжжя – 2026

Методичні вказівки «Моделювання резистивних схем в пакетах EWB, «Micro-Cap» призначені для студентів спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка» всіх форм навчання / Укладачі: В.О. Костенко, С.С. Самойлик – Запоріжжя: НУЗП, 2026 – 43 с.

Укладачі:

канд. техн. наук, доцент
канд. фіз-мат. наук, доцент

В.О. Костенко
С.С. Самойлик

Відповідальний за випуск:

канд. техн. наук, доцент

В.О. Костенко

Затверджено
на засіданні кафедри РТТ
Протокол № 6 від 03.02.2026 р.

Затверджено
на засіданні НМК факультету ФІБЕК
Протокол № 6 від 03.03.2026 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ	5
2 ПРИКЛАД ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ.....	7
2.1 Рішення першого завдання. Згорання схеми вручну без використання комп'ютера	7
2.2 Рішення другого завдання. Знаходження струмів в гілках.....	11
2.3 Рішення третього завдання. Визначення енергії споживання....	12
3 ПЕРЕВІРКА РІШЕНЬ МОДЕЛЮВАННЯМ В ПРОГРАМІ EWB....	14
4 ПЕРЕВІРКА РІШЕНЬ МОДЕЛЮВАННЯМ В ПРОГРАМІ MICROCAP	16
5 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ.....	18
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	43

ПЕРЕДМОВА

Дані методичні вказівки розроблені для закріплення навичок у студентів з перетворення електричних схем сталого струму шляхом згортання до джерела живлення або якоїсь пари затискувачів. В подальшому ці навички дозволять студенту «читати» електричні схеми, тобто бачити які ділянки ланцюгів можна згорнути та спростити таким чином розрахунок струмів та напруг. Представлення методичних вказівок в цифровій формі дозволяє виконувати завдання в режимі on-line.

Кожне завдання передбачає на першому етапі згортання схеми вручну, тобто без використання комп'ютера, і тільки на другому етапі включаємо комп'ютер для моделювання і перевірки одержаних результатів.

Для контролю результатів перетворення електричних ланцюгів та розрахунків електричних параметрів і режимів їх роботи використовуються віртуальні контрольно-вимірювальні прилади, які входять до програмних продуктів «Electronics Workbench», «Micro-Cap».

У цій методичці наведено приклад детального виконання лабораторного завдання.

Звіт з лабораторної роботи оформлюється та роздруковується на білих аркушах формату А4 згідно вимогам ДСТУ 3008:2015 «Звіти у сфері науки і техніки» або надсилається в електронній формі через систему дистанційного навчання в Moodle. На титульному листі зазначається: тема лабораторної роботи, прізвище виконавця, номер академічної групи, номер варіанту.

Після виконання й оформлення робота проходить рецензію у викладача та підлягає захисту перед викладачем у термін, що встановлено навчальним планом.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Для виконання наступних завдань треба знати декілька простих правил, знайомих зі шкільного курсу.

По-перше, електричний струм тече від точки (нехай вузла) **a** з більшим потенціалом (φ_a) до точки **b** з меншим потенціалом (φ_b) подібно до того, як тече вода з гори до низу.

Струм I і напруга U_{ab} на електричному опорі (резисторі, наприклад) зв'язані законом Ома [1]:

$$U_{ab} = R * I.$$

Для гілки електричного ланцюга, яка складається тільки з опорів, а позитивний напрям струму від точки **a** до точки **b**, струм можна визначити наступним чином:

$$I = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_{ab}} = \frac{U_{ab}}{R_{ab}}.$$

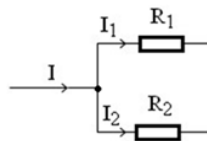
По-друге, два послідовно включених опори можна замінити одним еквівалентним [2]:

$$R_E = R_1 + R_2, \quad (1.1)$$

а два паралельно включених опори теж можна замінити одним еквівалентним:

$$R_E = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}. \quad (1.2)$$

По-третє, коли струм I підтікає до вузла і розподіляється на два струми I_1 та I_2 , корисно використовувати формулу розкиду струмів:



$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}. \quad (1.3)$$

Звичайно, згідно 1-го закону Кірхгофа $I = I_1 + I_2$.

2 ПРИКЛАД ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ

В якості прикладу розглянемо схему на рисунку 2.1 і завдання до неї:

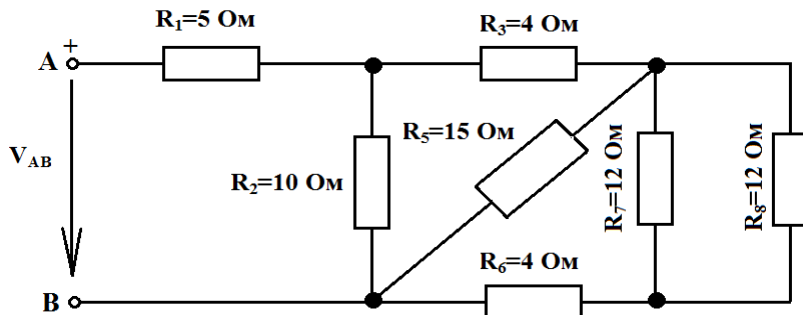


Рисунок 2.1 – Електрична схема досліджуваного ланцюга

Треба визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_7 , якщо $V_{AB} = 150\text{В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

2.1 Рішення першого завдання. Згортання схеми вручну без використання комп'ютера

Подивимось разом на запропонований ланцюг. Якщо візьмемо точку В і заземлимо її, стане $\varphi_B = 0\text{ В}$. Струморозподіл в даній схемі не зміниться, а потенціал точки А буде дорівнювати $\varphi_A = 150\text{ В}$.

На наступній схемі (рис. 2.2) позначимо всі струми в гілках схеми, а також позначимо вузли буквами **a, c, d, f, b**.

Струми течуть від вузла з більшим потенціалом φ_A до вузла з меншим потенціалом φ_B .

Зазвичай згортання схеми роблять від найбільш віддаленої гілки до джерела енергії. На рисунку 2.2 ми бачимо, що опори R_7 і R_8 підключені паралельно один до одного («припаяні» між вузлами **d, f**). Зробимо заміну: замість двох опорів «вставимо» в схему рисунок 2.1 один опір R_{78} :

$$R_{78} = \frac{R_7 * R_8}{R_7 + R_8}$$

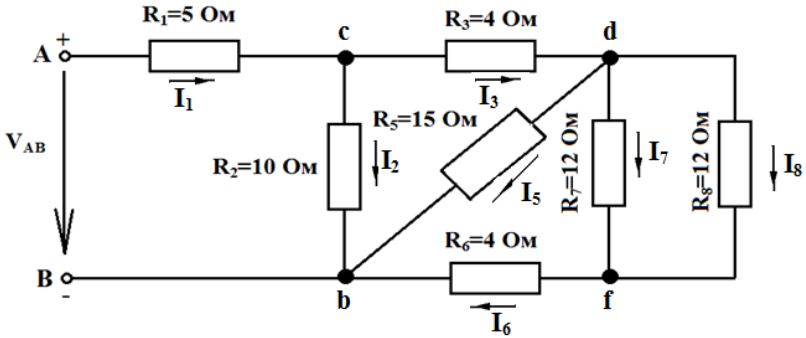


Рисунок 2.2 – Струми в гілках ланцюга

В нашому випадку $R_7 = R_8 = 12 \text{ Ом}$. Звісно, що паралельне включення двох однакових опорів зменшує еквівалентний опір вдвоє, тобто

$$R_{78} = \frac{12}{2} = 6 \text{ Ом.}$$

Відобразимо цю заміну на електричній схемі (рис. 2.3):

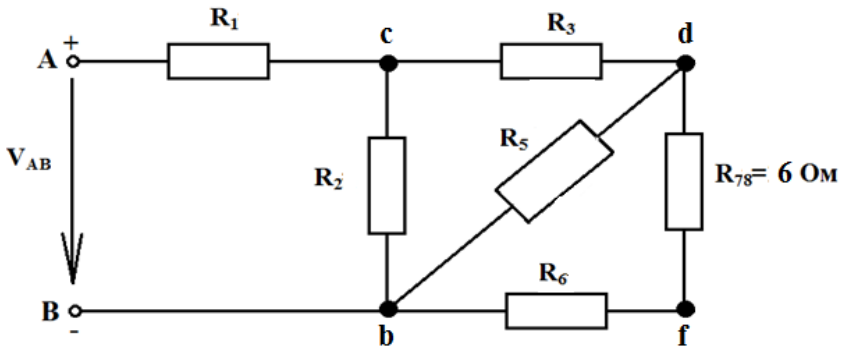


Рисунок 2.3 – Електрична схема ланцюга після першого кроку по згортанню

На рисунку 2.3 видно, що опори R_{78} та R_6 між точками **d** і **b** включені послідовно один за одним. Схему можна знову спростити:

замість R_6 та R_{78} включити опір $R_{678} = 4 + 6 = 10$ Ом. На наступному рисунку 2.4 відобразимо цю заміну:

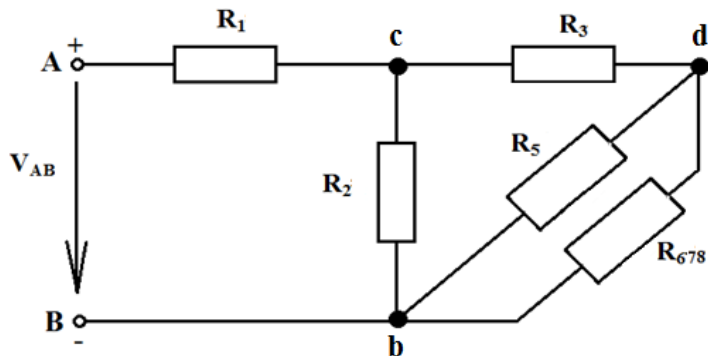


Рисунок 2.4 – Електрична схема ланцюга після другого кроку по згортанню

На рисунку 2.4 ми бачимо, що опори R_5 та R_{678} включені паралельно один до одного, бо «припаяні» між точками **b** і **d**. Їх також можна замінити на один опір:

$$R_{5678} = \frac{R_5 \cdot R_{678}}{R_5 + R_{678}} = \frac{15 \cdot 10}{15 + 10} = 6 \text{ Ом.}$$

Електрична схема знову змінилась. На рисунку 2.5 наведемо її.

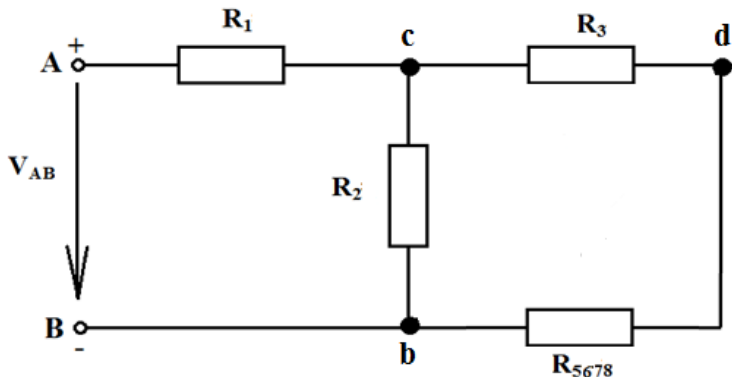


Рисунок 2.5 – Електрична схема ланцюга після третього кроку по згортанню

На рисунку 2.5 ми бачимо, що опори R_3 та R_{5678} включені

поєднуємо один до одного між точками **c** і **b**, тобто новий опір

$$R_{35678} = R_3 + R_{5678} = 4 + 6 = 10 \text{ Ом}$$

Електрична схема знову змінилась. На рисунку 2.6 відображена ця зміна.

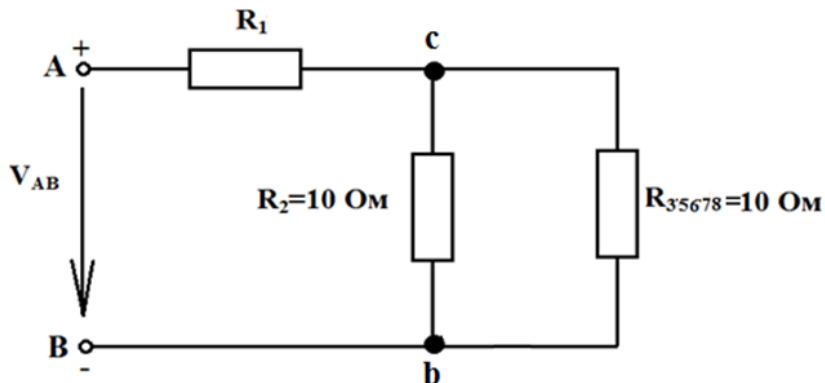


Рисунок 2.6 – Електрична схема ланцюга після четвертого кроку по згортання

На цій схемі бачимо, що R_2 і R_{35678} включені паралельно:

$$R_{235678} = \frac{R_2 * R_{235678}}{R_2 + R_{235678}} = \frac{10 * 10}{10 + 10} = 5 \text{ Ом.}$$

Схема знову змінилась (рис. 2.7):

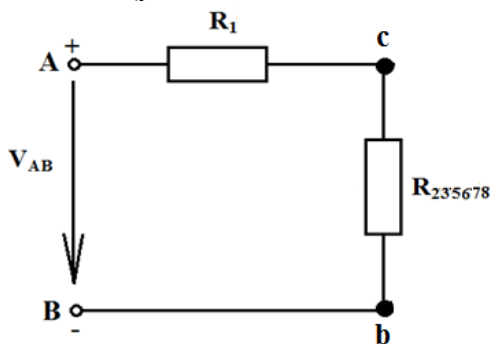


Рисунок 2.7 – Електрична схема ланцюга після п'ятого кроку по згортання

На рисунку 2.7 опори R_1 і R_{235678} включені послідовно, їх також можна замінити одним еквівалентним опором.

$$R_{\text{екв}} = R_{1235678} = R_1 + R_{235678} = 5 + 5 = 10 \text{ Ом.}$$

Таким чином еквівалентний опір ланцюга: $R_{\text{екв}} = 10 \text{ Ом.}$

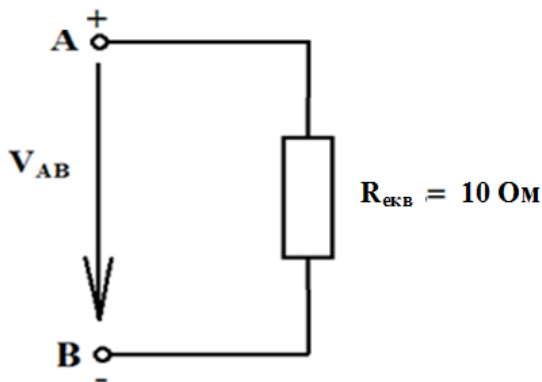


Рисунок 2.8 – Згорнута схема ланцюга

Відповідь на перше завдання: $R_{\text{екв}} = 10 \text{ Ом.}$

2.2 Рішення другого завдання. Знаходження струмів в гілках

Для знаходження струмів в гілках будемо рухатись в зворотному напрямку – від джерела напруги до віддаленої гілки.

Згідно рисунків 2.7 та 2.8 загальний струм буде дорівнювати:

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_{\text{екв}}} = \frac{\varphi_A - \varphi_B}{R_{\text{екв}}} = \frac{150}{10} = 15 \text{ А.}$$

Згідно рисунка 2.6 до вузла с підтікає струм I_1 та розподіляється на два струми: I_2 і I_{35678} . Згідно першому закону Кирхгофа:

$$I_1 = I_2 + I_{35678}.$$

По формулі розкиду струмів:

$$I_2 = I_1 * \frac{R_{35678}}{R_2 + R_{35678}} = 15 * \frac{10}{10 + 10} = 7,5 \text{ A};$$

$$I_{35678} = I_1 * \frac{R_2}{R_2 + R_{35678}} = 15 * \frac{10}{10 + 10} = 7,5 \text{ A},$$

$$\text{або } I_{35678} = I_1 - I_2 = 15 - 7,5 = 7,5 \text{ A}.$$

На рисунку 2.5 показано, що від точки **c** до точки **d** тече струм I_3 , який і є струмом I_{35678} : $I_3 = 7,5 \text{ A}$.

Потенціал точки **b** дорівнює нулю (земля). Струм I_3 тече від точки **d** до точки **b**, бо потенціал точки **b** вище нуля на падіння напруги на R_{5678} , тобто:

$$\varphi_d = \varphi_c - I_3 \times R_3 = 75 - 7,5 \times 4 = 45 \text{ В}.$$

Згідно рисунку 2.4:

$$I_5 = \frac{\varphi_d - \varphi_b}{R_5} = \frac{45 - 0}{15} = 3 \text{ A}.$$

$$I_{678} = I_3 - I_5 = 7,5 - 3 = 4,5 \text{ A}.$$

Згідно рисунку 2.3:

$$\varphi_f = I_{678} \times R_6 = 4,5 \times 4 = 18 \text{ В}.$$

Тоді на R_{78} буде напруга U_{78} :

$$U_{78} = \varphi_d - \varphi_f = 45 - 18 = 27 \text{ В}.$$

Але ця напруга буде також і на R_7 . Звичайно

$$I_7 = \frac{\varphi_d - \varphi_b}{R_7} = \frac{45 - 18}{12} = 2,25 \text{ A}.$$

Відповідь на друге завдання: $I_7 = 2,25 \text{ A}$.

2.3 Рішення третього завдання. Визначення енергії споживання

Енергію, яку споживає ланцюг за 8 годин роботи [3]:

$E=P \times t = 150 \text{ В} \times 15 \text{ А} \times 8 \text{ год} = 2250 \text{ Вт} \times 8 \text{ год} = 18000 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 18 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

Відповідь на третє завдання: 18 кВт·годин.

Розрахунок шуканих параметрів без застосування комп'ютерних програм автоматизації розрахунків закінчено. Далі проведемо перевірку одержаних результатів за допомогою пакета програм EWB та MicroCAP.

3 ПЕРЕВІРКА РІШЕНЬ МОДЕЛЮВАННЯМ В ПРОГРАМІ EWB

Зберемо схему в програмному пакеті Electronic Workbench (EWB) та підключимо мультиметр до входу схеми [4]. Переведемо мультиметр в режим вимірювання опору, як показано на рисунку 3.1.

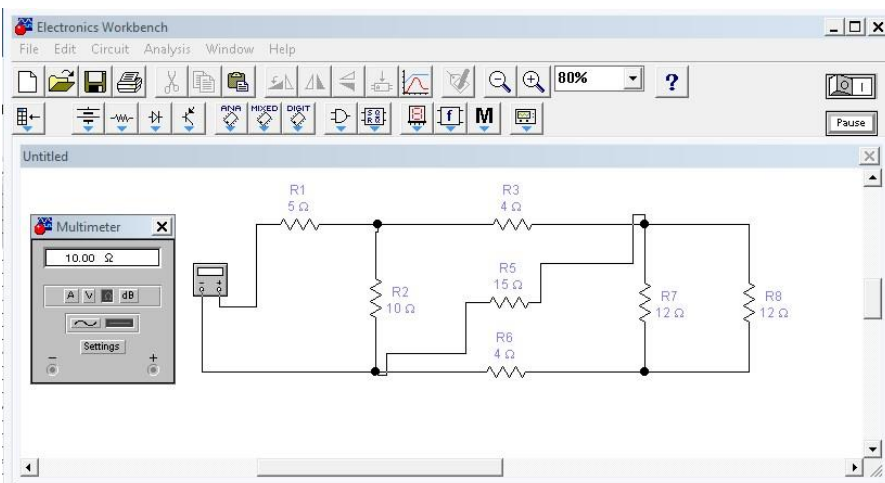


Рисунок 3.1 – Вимірювання еквівалентного опору за допомогою пакета програм EWB

Відповідь: $R_{\text{екв}} = 10 \text{ Ом}$

Для знаходження струму, що протікає через резистор R_7 , зберемо схему в програмному пакеті Electronic Workbench (EWB), що представлена на рисунку 3.2. При цьому на вхід схеми слід підключити джерело постійної напруги, відповідно до завдання у нашому випадку це 150 В, а до резистора R_7 послідовно амперметр, який і покаже шуканий струм.

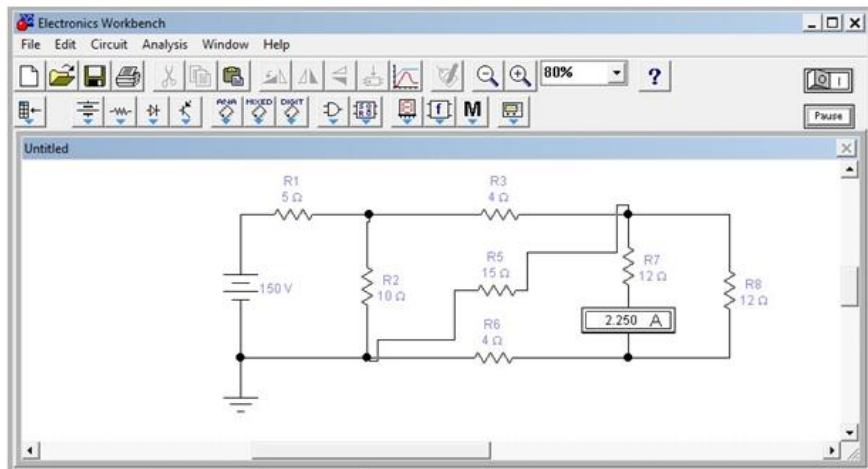


Рисунок 3.2 – Вимірювання шуканого струму I_7 за допомогою пакета програм EWB

Відповідь: $I_7 = 2,25 \text{ A}$.

4 ПЕРЕВІРКА РІШЕНЬ МОДЕЛЮВАННЯМ В ПРОГРАМІ MICROCAP

Зберемо схему в програмному пакеті MICROCAP (рис. 4.1).

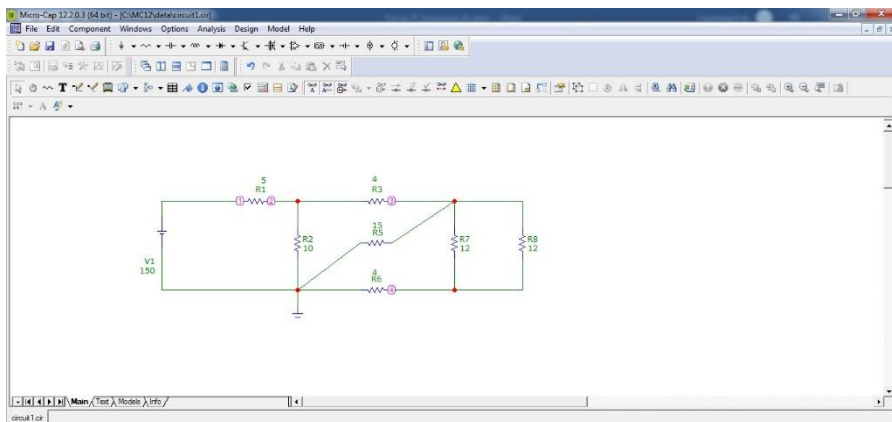


Рисунок 4.1 – Досліджувана схема в Мігросар

Запустимо режим аналізу **Analysis > Dynamic DC** див. рис. 4.2.

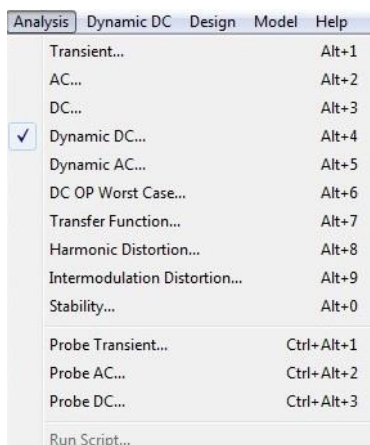


Рисунок 4.2 – Вибір режиму аналізу

Активуємо на панелі інструментів піктограму Currents  .

На робочому полі відобразяться напрямок та сила струму в кожній гілці схеми, дивись рисунок 4.3.

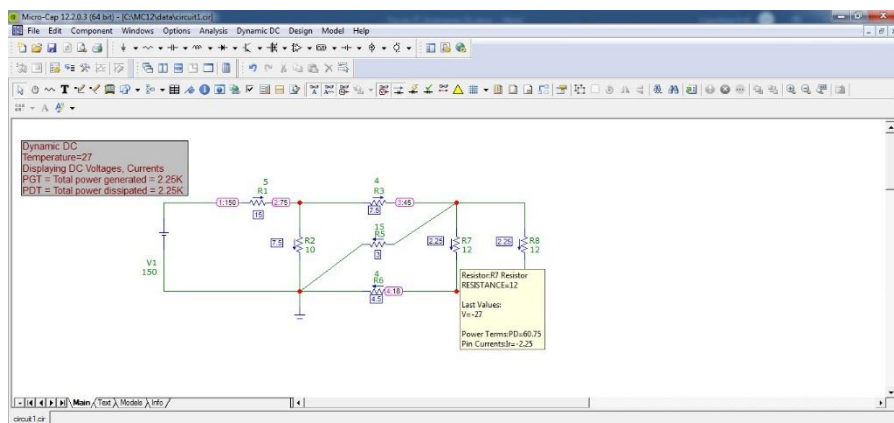


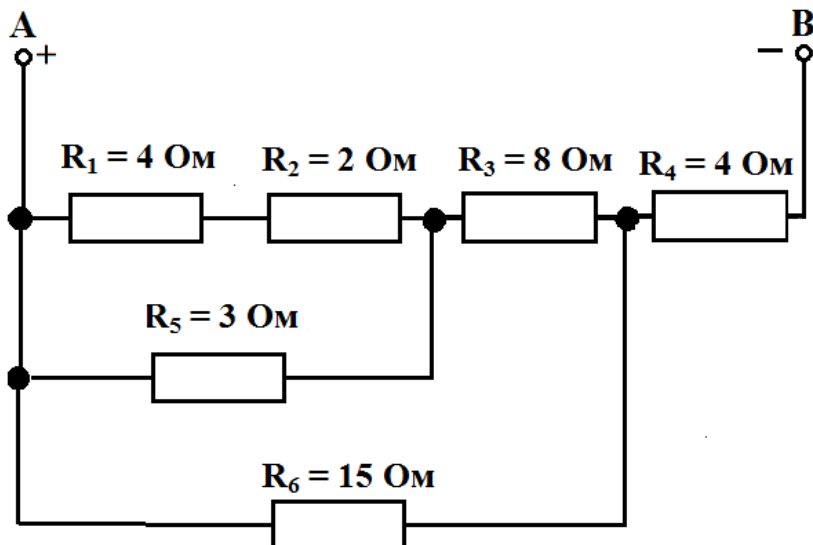
Рисунок 4.3 – Струми гілок та потенціали вузлів схеми.

Переконатися, що значення струму через резистор R_7 співпадає з теоретичними розрахунками, та результатами моделювання в EWB [5].

Відповідь: $I_7 = 2,25$ А.

5 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

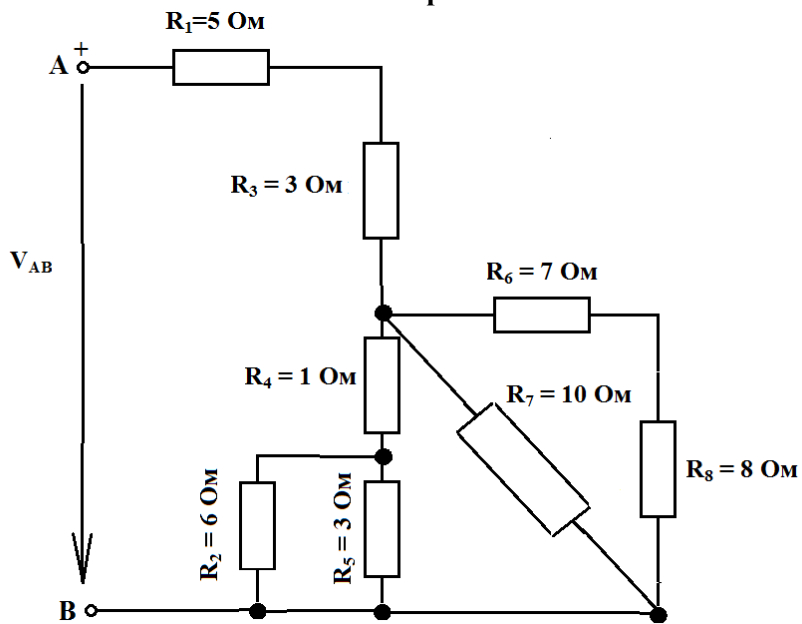
Варіант 1



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Напругу V_1 , якщо $V_{AB} = 80 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

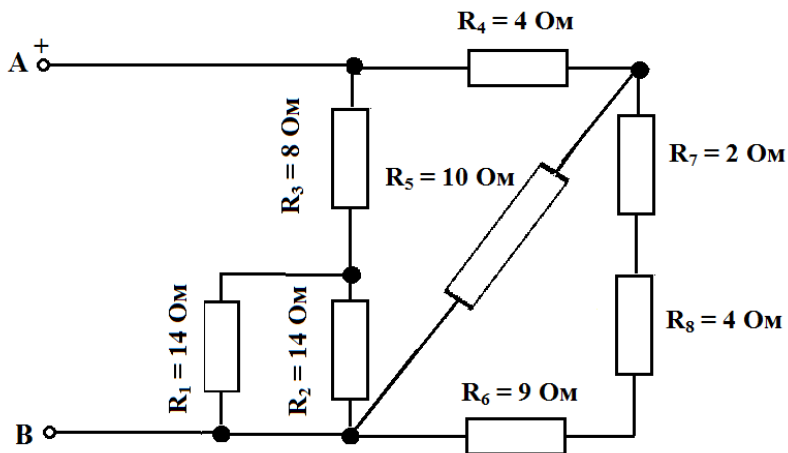
Варіант 2



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_7 , якщо $V_{AB} = 120 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

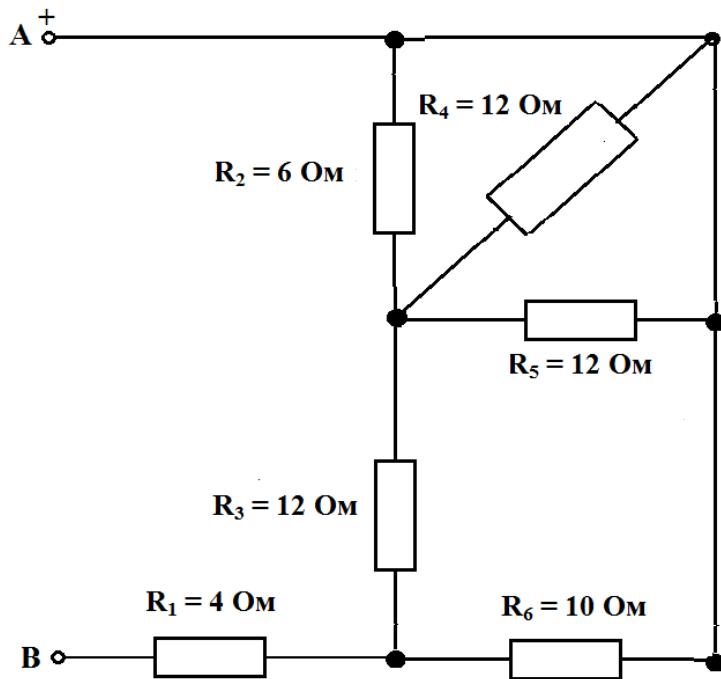
Варіант 3



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Напругу V_7 , якщо $V_{AB} = 120 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

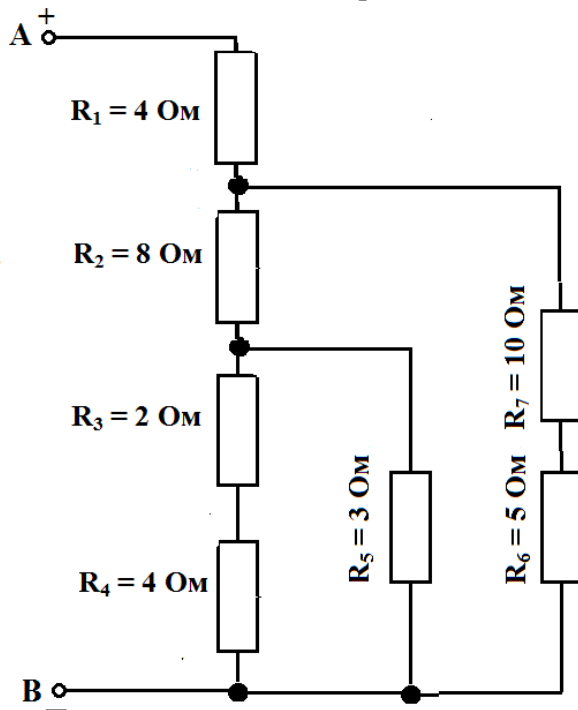
Варіант 4



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Напругу V_3 , якщо $V_{AB} = 240 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

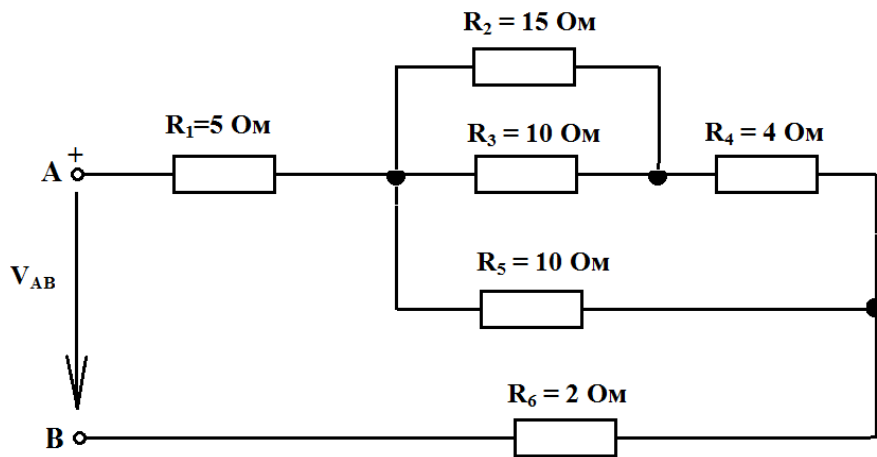
Варіант 5



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_4 , якщо $V_{AB} = 10 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

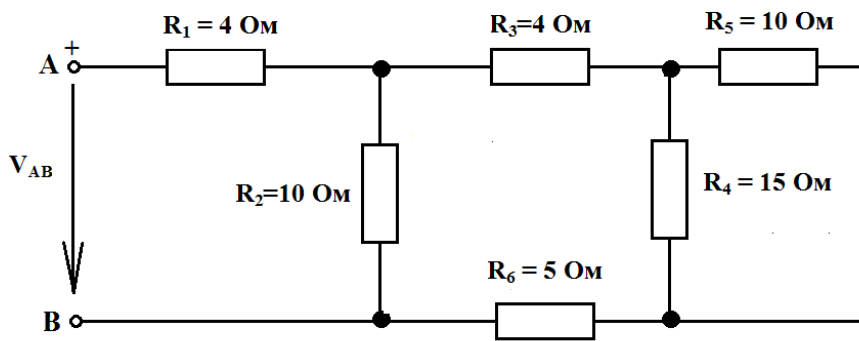
Варіант 6



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_2 , якщо $V_{AB} = 80 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

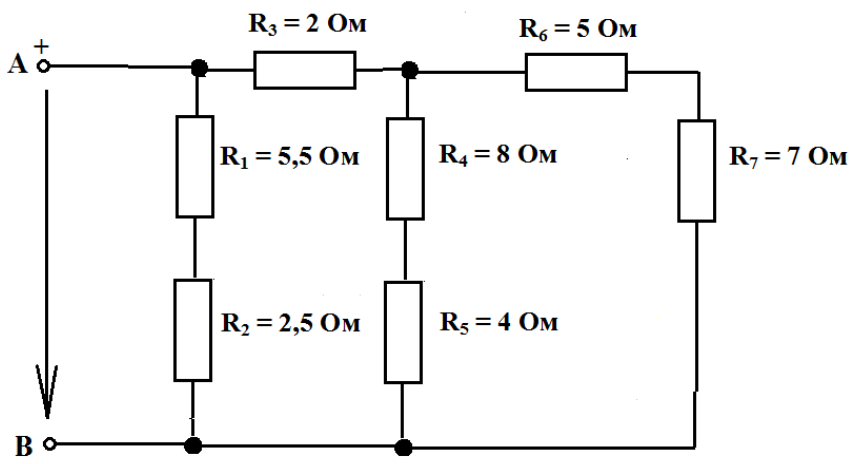
Варіант 7



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Напругу V_4 , якщо $V_{AB} = 48 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

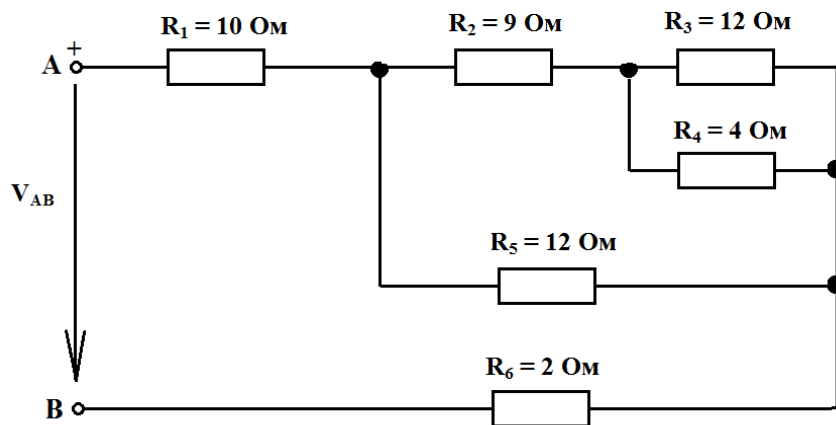
Варіант 8



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_7 , якщо $V_{AB} = 144 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

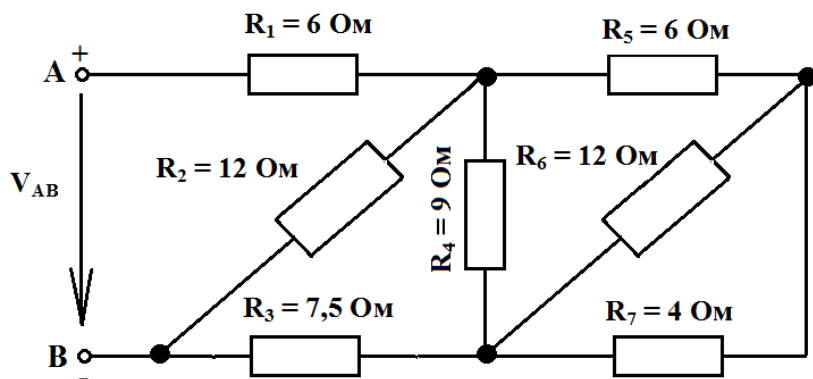
Варіант 9



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_4 , якщо $V_{AB} = 60 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

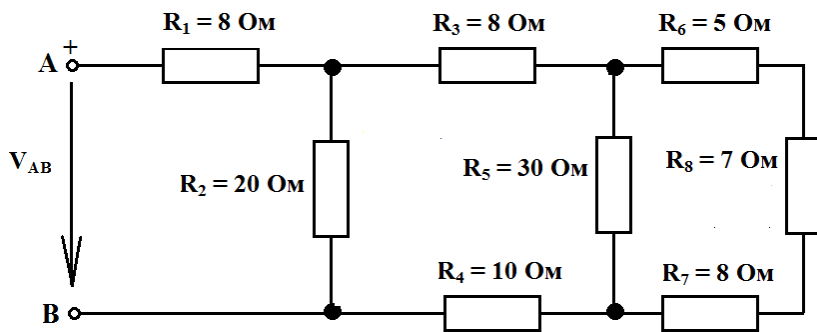
Варіант 10



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Напругу V_4 , якщо $V_{AB} = 120 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

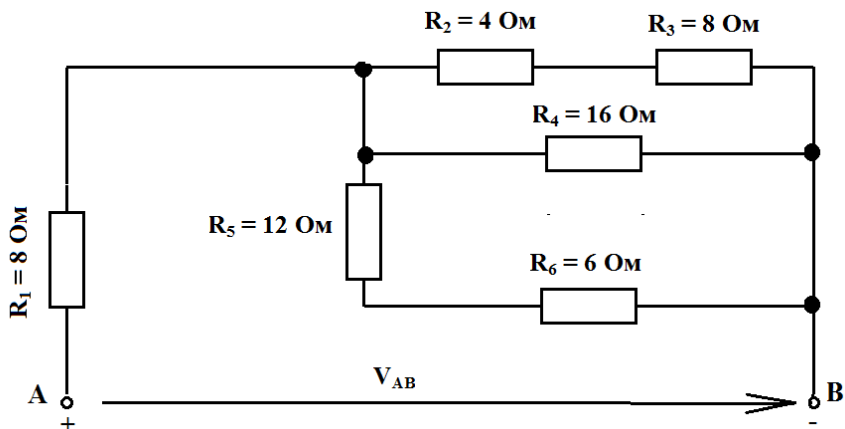
Варіант 11



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_5 , якщо $V_{AB} = 120$ В;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

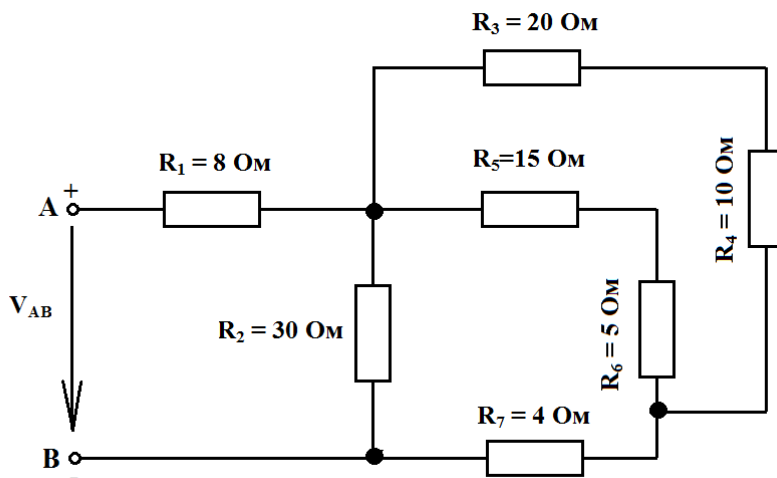
Варіант 12



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_6 , якщо $V_{AB} = 120 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

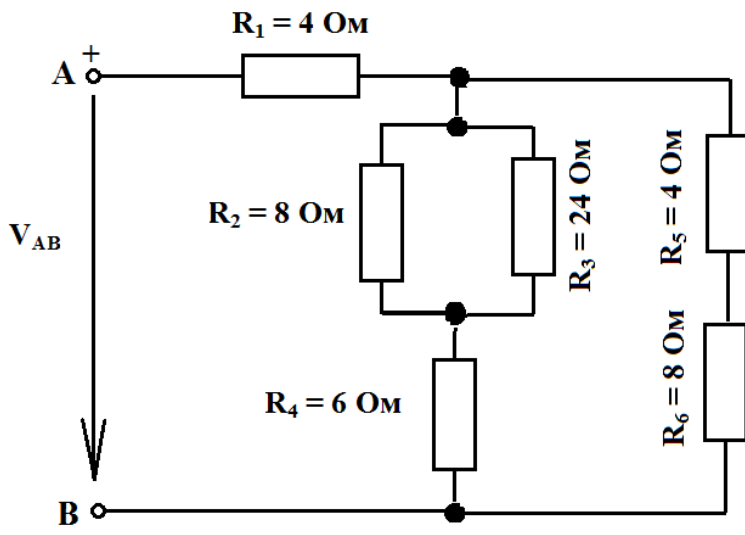
Варіант 13



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Напругу V_4 , якщо $V_{AB} = 100 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

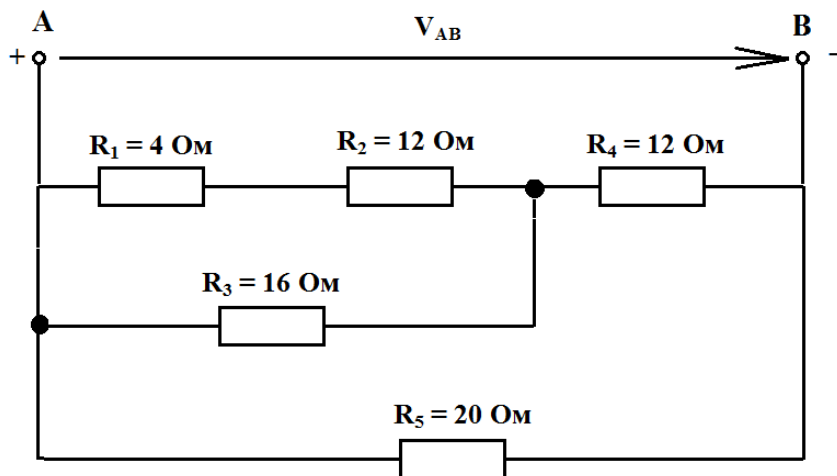
Варіант 14



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_3 , якщо $V_{AB} = 60 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

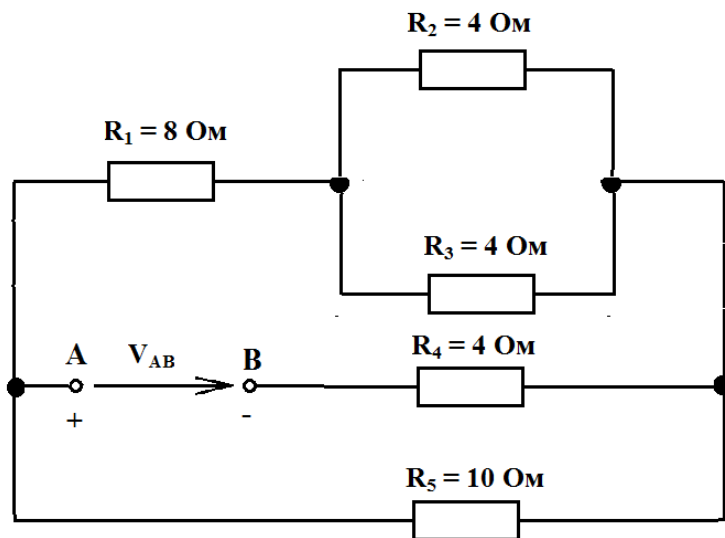
Варіант 15



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_2 , якщо $V_{AB} = 64 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

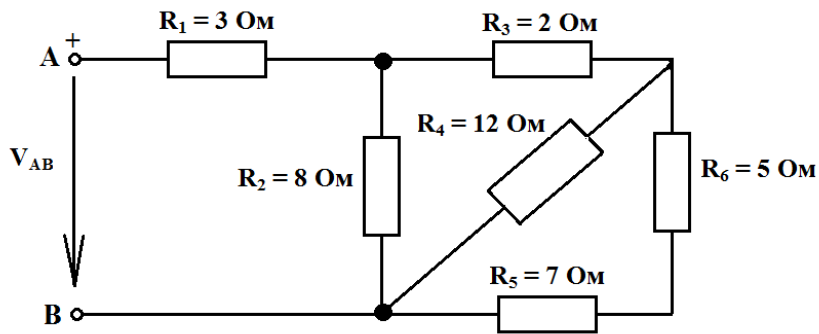
Варіант 16



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_1 , якщо $V_{AB} = 60 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

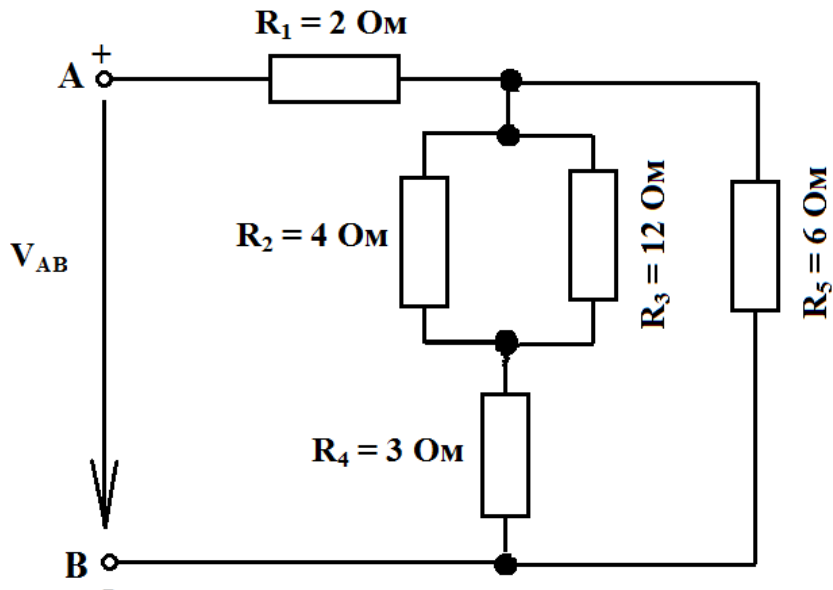
Варіант 17



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_4 , якщо $V_{AB} = 70 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

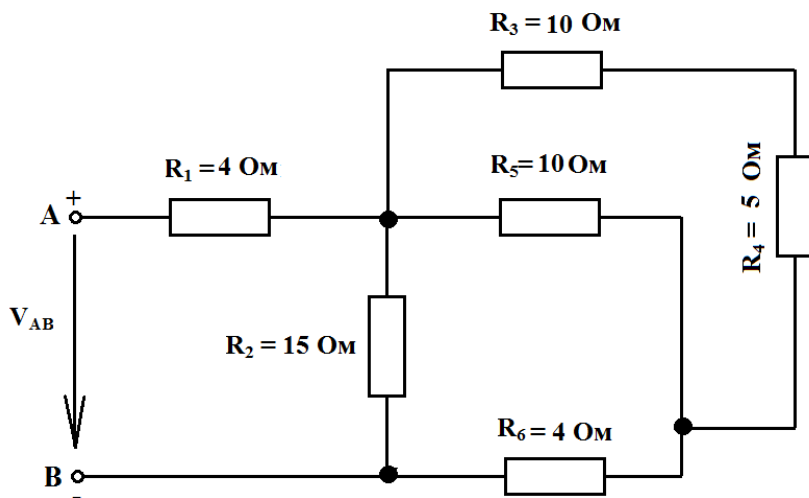
Варіант 18



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Напругу V_3 , якщо $V_{AB} = 60 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

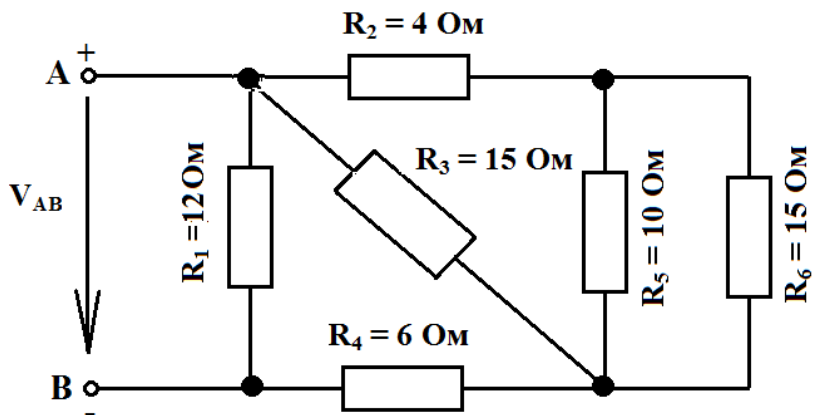
Варіант 19



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_5 , якщо $V_{AB} = 300 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

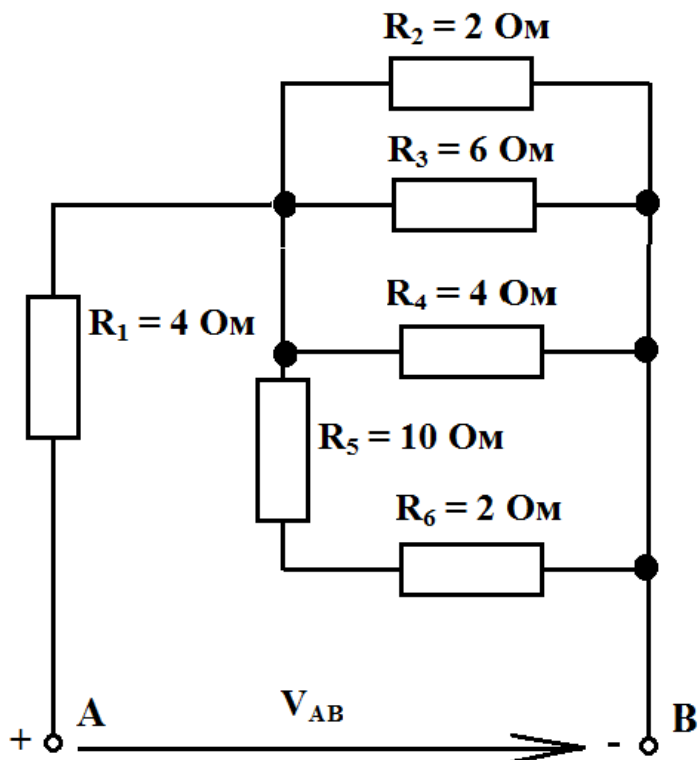
Варіант 20



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_5 , якщо $V_{AB} = 64 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

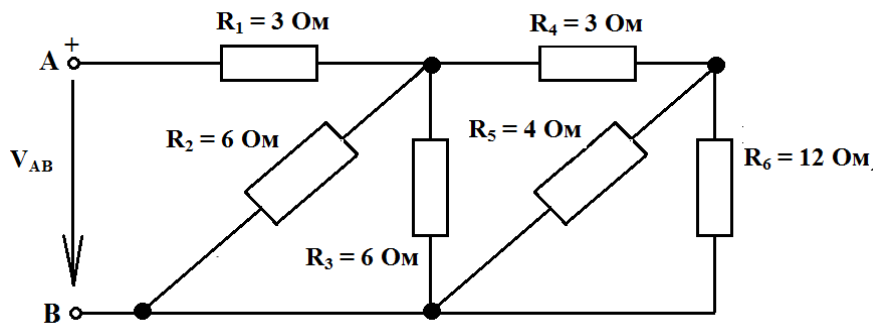
Варіант 21



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_5 , якщо $V_{AB} = 64\text{В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

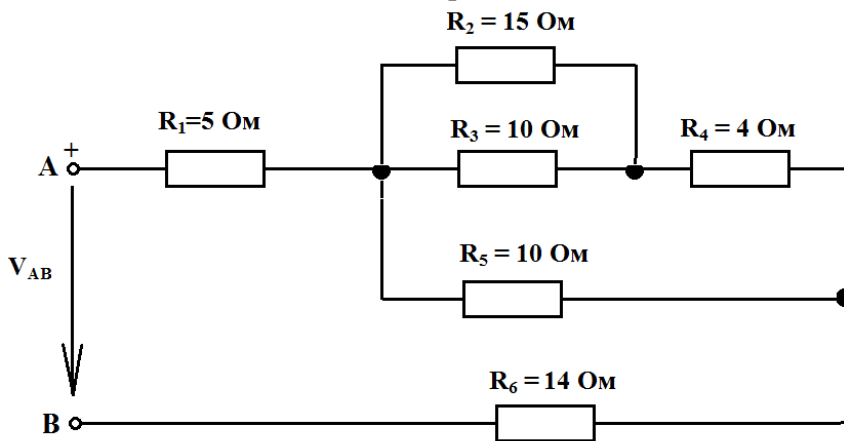
Варіант 22



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Напругу V_4 , якщо $V_{AB} = 64 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

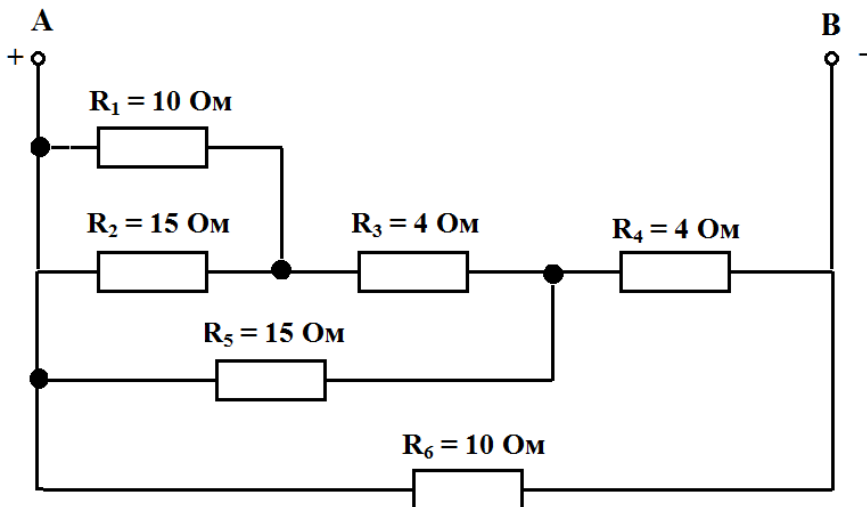
Варіант 23



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_4 , якщо $V_{AB} = 60 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

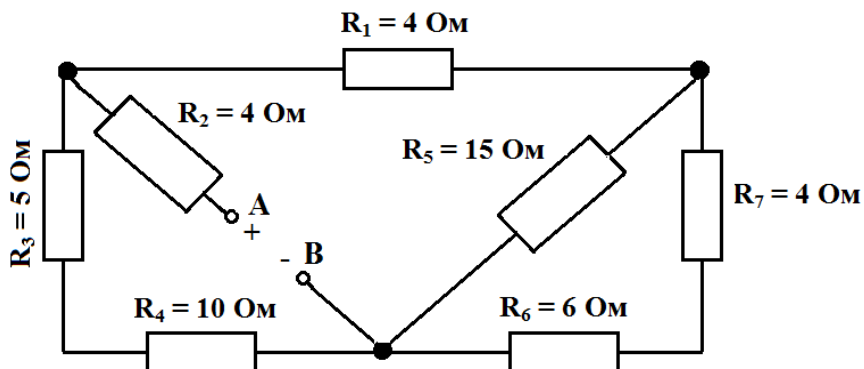
Варіант 24



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_2 , якщо $V_{AB} = 96 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

Варіант 25



Визначити:

- 1) Еквівалентний опір ланцюга;
- 2) Струм I_3 , якщо $V_{AB} = 90 \text{ В}$;
- 3) Енергію, що споживається ланцюгом за 8 годин роботи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Карпов Ю.О. Теоретичні основи електротехніки. Комп'ютерні розрахунки та моделювання лінійних електричних кіл. / Ю.О. Карпов, С.Ш. Каців, В.В. Кухарчук. – Херсон, вид. «Олді», 2019. – 210 с.

2. Костенко В.О. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія електричних кіл та сигналів» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» всіх форм навчання. Частина I. / Укл.: В.О. Костенко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 108 с.

3. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Електроніка і мікросхемотехніка». (Електронне видання) / Уклад.: А.С. Торопов. – Сєверодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2022. – 14 с.

4. Основи теорії кіл, сигналів та процесів в системах технічного захисту інформації, ч.1 / Ю.О. Коваль, І.О. Милютченко, А.М. Олейніков, В.М. Шокола та ін.; за ред. В.М. Шокола – Х.: НТМТ, 2011 – 544 с.

5. Шегодин О.І. Теоретичні основи електротехніки. Навчальний посібник для студентів дистанційної форми навчання електротехнічних та електромеханічних спеціальностей ВНЗ / О.І. Шегодин, В.С. Маляр. – Львів: «Магнолія 2006», 2012. – 168 с.