

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ТЕ2

Дослідження вольт-амперних характеристик компонентів електричних кіл

2.1. Мета роботи

Дослідження вольт-амперних характеристик джерел напруги, струму, а також пасивних компонентів електричних кіл.

2.2. Основні теоретичні положення

Вольт-амперною характеристикою (ВАХ) електричного приладу називається залежність між струмом, що протікає через прилад і напругою, яка виділяється на його виводах. Для пасивних компонентів ВАХ визначається з закону Ома:

$$U = I \cdot R, \quad (1)$$

і для постійного опору зображається у вигляді прямої лінії, крутизна якої в системі координат I, U залежить від величини опору R .

Для джерел постійної напруги ВАХ визначається рівнянням:

$$U = E - I \cdot r, \quad (2)$$

де E – електрорушійна сила джерела напруги, тобто максимальне значення напруги джерела, яке визначається в режимі його холостого ходу (при розімкненому колі навантаження, коли струм навантаження відсутній); r – внутрішній опір джерела живлення.

Для джерела постійного струму ВАХ будується в системі координат струм-напруга, тобто, залежність величини вихідного струму від напруги на навантаженні:

$$I = J - U \cdot g, \quad (3)$$

де J – максимальне значення струму в режимі короткого замикання; g – внутрішня провідність джерела струму.

Формули (1)-(3) – справедливі і для електричних кіл змінного струму.

При використанні в електричних схемах резисторів, слід мати на увазі, що номінальний опір резистора справедливий тільки для температури 20°C. Якщо схема працює в іншому температурному середовищі, використовується коригуючий коефіцієнт ТКС, який береться із довідникової літератури. Дійсний опір резистора можна підрахувати по формулі:

$$R_T = R_0 [1 + TC1 (T_2 - T_H) + TC2 (T_2 - T_H)^2],$$

де R_0 – опір резистора при температурі 20°C;

T_H – номінальна температура резистора (20°C);

T_2 – робоча температура резистора;

$TC1, TC2$ – відповідно, лінійний та квадратичний температурний коефіцієнт (на 1 градус Цельсія).

2.3. Використання віртуальної лабораторії EWB для виконання роботи

У віртуальній лабораторії **EWB** джерела напруги і струму є ідеальними. Внутрішній опір ідеального джерела напруги дорівнює нулю, тому його вихідна напруга не залежить від навантаження. Ідеальне джерело струму має нескінченно великий внутрішній опір, тому його струм не залежить від опору навантаження.

Для побудови ВАХ резисторів можна використовувати схеми, що приведені на рис.2.1а,б. У першій схемі використовується джерело е.р.с., на яке навантажується опір, що досліджується. У цій схемі зняття даних для побудови ВАХ забезпечується шляхом зміни установочних значень е.р.с. з записом відповідних значень струму, які контролюються амперметром. В другій схемі, навпаки, необхідно встановити значення величини струму джерела струму, а напруга замірюється за допомогою вольтметра.

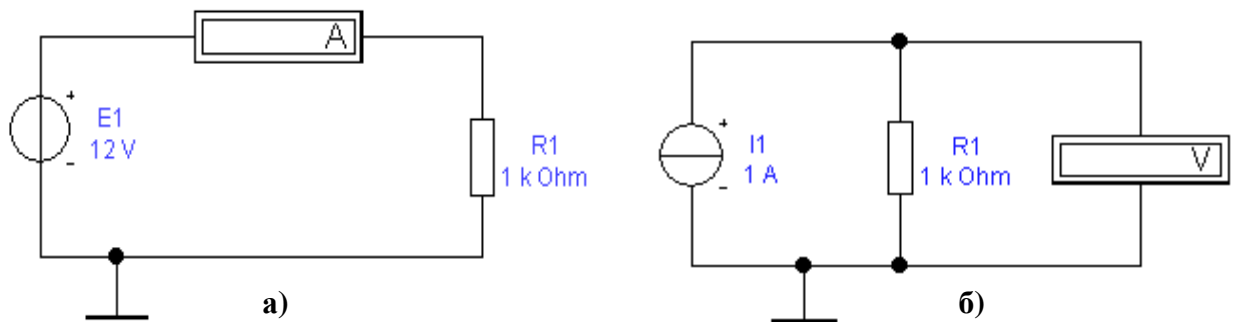


Рис. 2.1

Для проведення дослідів по визначенню ВАХ реальних джерел живлення необхідно, перш за все, створити такі реальні джерела. Для цього послідовно з джерелом е.р.с. встановлюється активний опір (r_1), величина якого повинна бути досить малою. Вона задається у відповідних варіантах. Паралельно з джерелом струму необхідно встановити значний опір (r_2), величина якого буде визначати внутрішній опір джерела струму. Схеми, які використовуються для проведення вимірювань з метою побудови ВАХ реальних джерел струму і напруги, приводяться на рис. 2.2а,б.

2.4. Порядок виконання роботи

2.4.1. Використовуючи схему, зображену на рис. 2.1, зробити заміри для побудови ВАХ резисторів. Експериментальна ВАХ заміряється при температурі 27°C (номінальний режим роботи резистора в EWB).

2.4.2. Встановити, відповідно до варіанту, лінійний коефіцієнт температурної залежності **ТС1** і знову провести заміри в тих же точках. Перед тим, як ввести температурний коефіцієнт, треба встановити температуру, при якій працюватиме резистор (У вікні **Resistor Properties** вибрати вкладку *Analysis Setup*, зняти флажок *Use global temperature* та встановити температуру за варіантом).

2.4.3. Встановити квадратичний коефіцієнт температурної залежності TC_2 і повторити проведений дослід.

2.4.4. Побудувати ВАХ ідеальних джерел живлення.

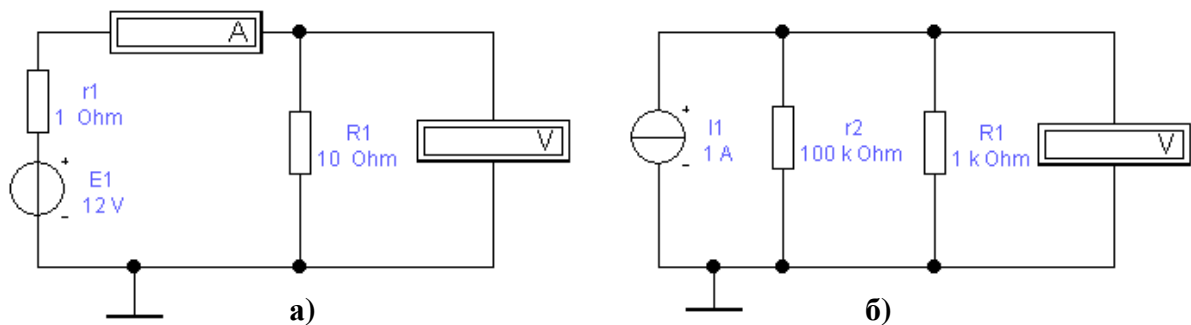


Рис. 2.2

2.4.5. Побудувати схеми за рис.2.2 і, відповідно до варіанту у додатку, встановити параметри електричного кола. Виконуючи заміри в 2-х - 3-х точках, побудувати ВАХ реального джерела напруги. Повторити дослід для послідовного з'єднання двох джерел напруги ($E_1-r_1 - E_2-r_1$).

2.4.6. Провести аналогічний дослід для заданих параметрів реального джерела струму і навантаження. Повторити дослід для паралельного з'єднання двох джерел струму ($I_1-r_2 - I_2-r_2$).

2.4.7. Розробити схеми і провести досліди для визначення еквівалентного опору при паралельному з'єднанні резисторів; при їх послідовному з'єднанні (взяти опори резисторів з додатку – R_{1a} та $R_{1б}$).

2.5. Вимоги до звіту

2.5.1. Побудувати ВАХ резистора.

2.5.2. Побудувати графік залежності опору резистора від температури оточуючого середовища.

2.5.3. Побудувати ВАХ ідеальних і реальних джерел живлення.

2.5.4. Привести і обґрунтувати розроблені схеми для заміру еквівалентних параметрів резисторів. Порівняти експериментальні результати з обчисленими.

2.4.5. У звіті необхідно привести схеми, таблиці і графіки проведених досліджень.

2.4.6. Зробити власні висновки.

2.6. Питання до атестації

2.6.1. Пояснити різницю між джерелом е.р.с. і джерелом напруги.

2.6.2. Пояснити різницю між ідеальними і реальними джерелами струму та джерелами напруги.

2.6.3. Обґрунтувати способи знаходження еквівалентного опору резистора, ємності конденсаторів, величини індуктивності дроселів при їх послідовному і паралельному з'єднанні.

2.6.4. Пояснити, що таке температурний коефіцієнт опору резистора.

2.6.5. Пояснити причини температурної залежності опорів. Чи можуть мати коефіцієнти температурної залежності від'ємні значення.

2.7. Задачі

2.7.1. Визначити еквівалентний опір групи резисторів в відповідності до схеми на рис.2.3.

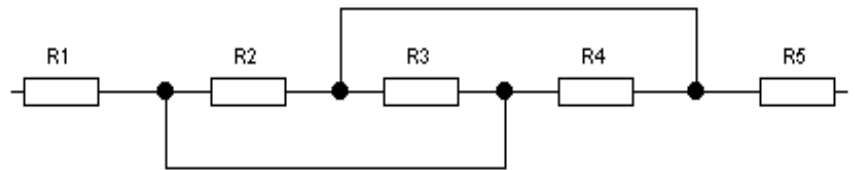


Рис. 2.3

2.7.2. Побудувати ВАХ такого джерела

напруги, яке містить в собі 6 елементів з е.р.с., що дорівнює $E=2.2\text{В}$. Внутрішній опір цього джерела – $r_0=0,01\text{ Ом}$.

2.7.3. На рис.2.4. приведена схема електричного кола. Відомо, що через резистор R_2 протікає струм $I=1\text{А}$. Визначити е.р.с. ідеального джерела напорах і струми, що протікають через резистори.

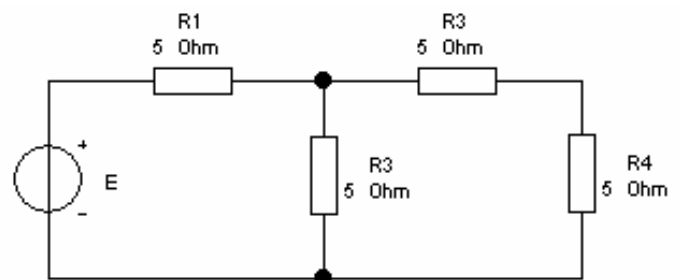


Рис. 2.4.

2.7.4. Побудувати ВАХ джерела струму, яке містить в собі 3 батареї із струмом $I=1,1\text{А}$ і внутрішнім опором $r_0=1\text{Мом}$.

2.7.5. На рис.2.5 приведена схема електричного кола. Відомо, що через опір R_3 протікає струм $I=1\text{А}$. Визначити напруги U_{AB} , U_{AC} , U_{BC} .

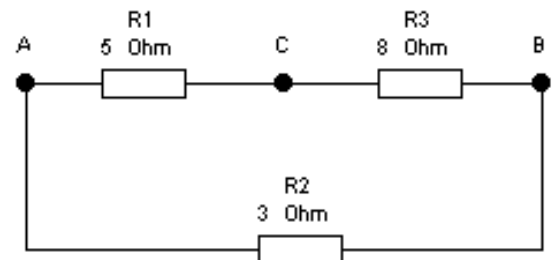


Рис. 2.5.

2.7.6. Яка потужність виділяється на навантаженні $R_H = 5\text{ Ом}$, якщо навантаження приєднане до джерела з параметрами, які були отримані в задачі 2.7.2.

2.7.7. Визначити, яка енергія накопичена в індуктивності L , що розміщена в електричному колі (Рис.2.6). Чи залежить вона від величини опору R ?

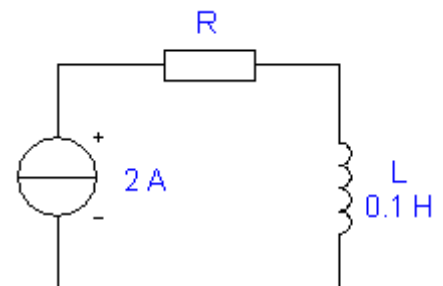


Рис. 2.6.

2.7.8. Джерело напруги з е.р.с. $E=10\text{В}$ і $r_0=0.1\text{ Ом}$ працює на навантаження R . Визначити величину R , при якому потужність, що віддається джерелом в навантаження, буде мати максимальну величину.

2.7.9. На рис.2.7. схема пристрою для зарядки конденсатора від ідеального джерела струму. Які обмеження накладаються на роботу пристрою. Визначити залежність, що існує між струмом та

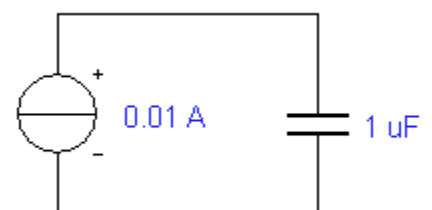


Рис. 2.7.

напругою на конденсаторі. Як в часі змінюється напруга на конденсаторі.

2.7.10. Визначити величину падіння напруги на R_1 , якщо струм через R_4 дорівнює 0.1A (Рис.2.8).

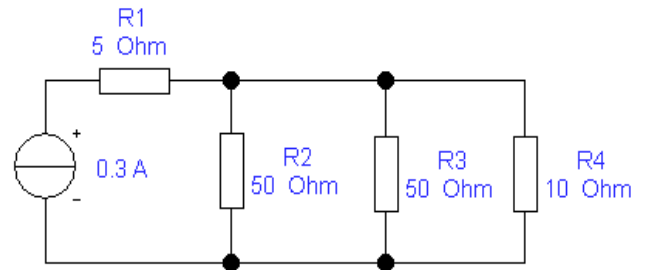


Рис. 2.8.

2.7.11. До джерела з $E=1.5\text{В}$ та внутрішнім опором, що дорівнює $r_0=2.5\text{ Ом}$, під'єднали резистор з опором $R=10\text{ Ом}$. Визначити струм в колі та падіння напруги на джерелі.

2.7.12. Визначити е.р.с. генератора та його внутрішній опір, якщо при потужності навантаження $P_1=2.7\text{кВт}$ напруга на затискачах генератора дорівнює $U=225\text{В}$, а при потужності $P_2=1.84\text{кВт}$ – дорівнює $U=230\text{В}$.

2.7.13. До джерела постійної напруги $U=150\text{В}$ під'єднали навантаження, яке складається з 4-х паралельних гілок. Потужність, що споживається кожною гілкою дорівнює: $P_1=90\text{Вт}$, $P_2=270\text{Вт}$, $P_3=157.5\text{Вт}$, $P_4=360\text{Вт}$. Визначити провідність і струм кожної гілки, загальну провідність та еквівалентний опір навантаження

2.7.14. Визначити напругу U , якщо $I_2=1\text{А}$, $R_1=R_2=R_3=20\text{ Ом}$ (Рис. 2.9).

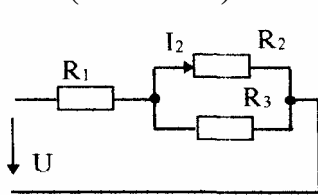


Рис. 2.9.

2.7.15. Визначити струм I_1 , якщо $U=150\text{В}$, $R_1=R_2=R_3=50\text{ Ом}$ (Рис. 2.10)..

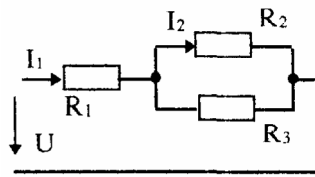


Рис. 2.10.

2.7.16. Визначити струм I_2 , якщо $R_1=10\text{ Ом}$, $R_2=6\text{ Ом}$, $R_3=R_4=8\text{ Ом}$, $U=10\text{В}$ (Рис. 2.11).

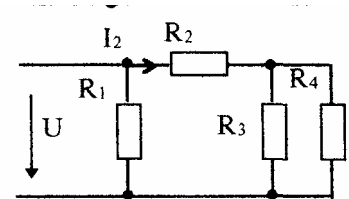


Рис. 2.11.

2.7.17. Визначити струм I_3 , якщо $R_1=1\text{ Ом}$, $R_2=1.5\text{ Ом}$, $R_3=R_4=3\text{ Ом}$, $U=16\text{В}$ (Рис. 2.12).

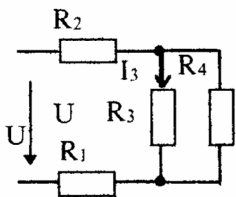


Рис. 2.12

2.7.18. Як зміняться струм та напруга після нагріву опора R_3 (Рис. 2.13).

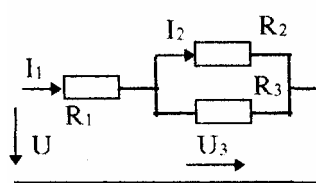


Рис. 2.13.

2.7.19. Визначити R_{ab} , якщо $R_1=10\text{ Ом}$, $R_2=6\text{ Ом}$, $R_3=R_4=8\text{ Ом}$ (Рис. 2.14).

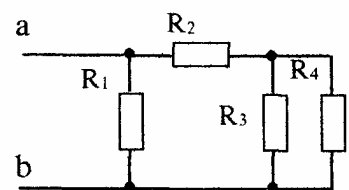


Рис. 2.14.

2.7.20. Визначити опір R_3 , якщо $U=120\text{В}$, ватметр показує $P=400\text{Вт}$, $R_1=20\text{ Ом}$, $R_2=30\text{ Ом}$ (Рис. 2.15).

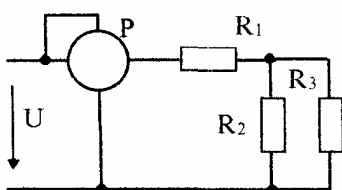


Рис. 2.15.

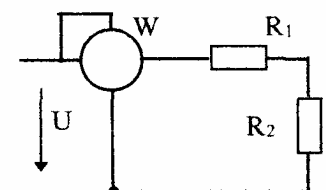
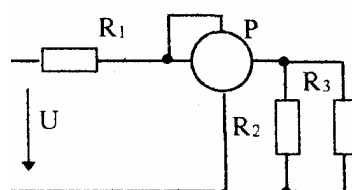


Рис. 2.17.

2.7.21. Визначити показання ватметра, якщо $R_1=5 \text{ Ом}$, $R_2=2 \text{ Ом}$, $R_3=8 \text{ Ом}$, $U=49\text{В}$ (Рис. 2.16).

2.7.22. Визначити опір R_2 , якщо $R_1=20 \text{ Ом}$, ватметр показує $P=200\text{Вт}$, $U=100\text{В}$ (Рис. 2.17).

2.7.23. Визначити показ ватметра W , якщо $R_1=5 \text{ Ом}$, $R_2=2\text{Ом}$, $U=14\text{В}$ (Рис.2.18).

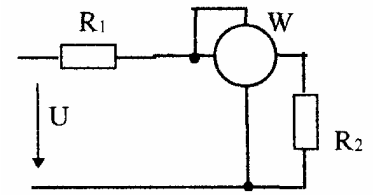


Рис. 2.18.

2.7.24. Конденсатори $C_1=10\text{мкФ}$ і $C_2=15\text{мкФ}$ з'єднані послідовно. Визначити їх еквівалентну ємність.

2.7.25. Конденсатори $C_1=47\text{пФ}$, $C_2=75\text{пФ}$, $C_3=2\text{мкФ}$ з'єднані паралельно. Визначити загальну ємність ділянки кола.

2.7.26. Дві котушки індуктивності з $L=15\text{мГн}$ і $L=27\text{мГн}$ з'єднані послідовно. Визначити еквівалентну індуктивність ділянки кола.

2.7.27. Дві котушки індуктивності з $L=15\text{мГн}$ і $L=27\text{мГн}$ з'єднані паралельно. Визначити еквівалентну індуктивність ділянки кола.

2.7.28. Для кола, що зображене на рис.2.19, визначити еквівалентний опір відносно затискачів

a-b, якщо резистори кола мають наступні опори: $R_1=4 \text{ Ом}$, $R_2=3 \text{ Ом}$, $R_3=6 \text{ Ом}$, $R_4=2 \text{ Ом}$, $R_5=4 \text{ Ом}$, $R_6=4 \text{ Ом}$, $R_7=9 \text{ Ом}$.

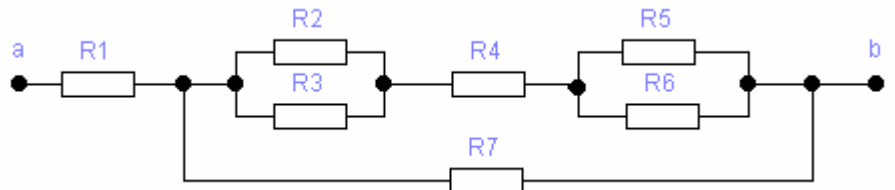


Рис. 2.19.

2.7.29. Два джерела постійної напруги, що з'єднані паралельно, мають $E_1=11.5\text{В}$, $r_1=2.5 \text{ Ом}$, $E_2=16.5\text{В}$, $r_2=6 \text{ Ом}$ та опір навантаження $R_H=30 \text{ Ом}$. Визначити величину струмів і напрямок струмів через джерела та навантаження. Визначити падіння напруги на затискачах джерел.

2.7.30. На джерело напруги $U=4,5\text{В}$ навантажено опір $R=250 \text{ Ом}$. Напруга на затискачах того ж джерела без навантаження – $U=4,77\text{В}$. Визначити внутрішній опір джерела.

2.7.31. До джерела постійної напруги $E=125\text{В}$ послідовно під'єднані три резистора з опорами $R_1=100 \text{ Ом}$, $R_2=30 \text{ Ом}$, $R_3=120 \text{ Ом}$. Визначити струм в колі, падіння напруги і потужність на кожному резисторі. Внутрішнім опором джерела знехтувати.

2.7.32. Резистори R_1 , R_2 , R_3 з'єднали послідовно і підвели напругу $U=24\text{В}$. На резисторі з опором $R_1=8 \text{ Ом}$ виділяється потужність $P=4,5\text{Вт}$. Визначити опори резисторів R_2 і R_3 та падіння напруги на кожному з них, якщо опір $R_1=0,5 R_2$.

2.7.33. Провідність 3-х паралельних гілок в колі постійного струму дорівнює: $G_1=0,015\text{См}$, $G_2=0,02\text{См}$, $G_3=0,016\text{См}$. Струм в нерозгалуженій частині кола дорівнює $I=4,8\text{А}$. Визначити прикладену напругу, струми в гілках і потужність, що споживається схемою.

2.7.34. До джерела з напругою $U=300\text{В}$ під'єднані паралельно чотири лампи розжарювання з опорами $R_1=R_2=1200 \text{ Ом}$, $R_3=500 \text{ Ом}$, $R_4=750 \text{ Ом}$. Потрібно визначити загальний опір і провідність кола, струми в лампах і загальну потужність, що споживається.

2.7.35. Визначити опір ламп розжарювання, якщо потужності, що вказані на них, дорівнюють $P=25; 40; 60; 100; 150; 500\text{Вт}$. Напруга – $U=220\text{В}$.

2.7.36. Електронагрівачий елемент споживляє потужність $P=770\text{Вт}$ при напрузі $U=220\text{В}$. Визначити струм, що проходить через цей елемент.

2.7.37. Задано провідності чотирьох паралельних гілок: $G_1=0,11\text{См}$, $G_2=0,03\text{См}$, $G_3=0,07\text{См}$, $G_4=0,04\text{См}$. Визначити еквівалентну провідність та еквівалентний опір.

2.7.38. На рис.2.20 схема електричного кола з джерелом $U=50\text{В}$ на яке навантажені споживачі в вигляді опорів: $R_1=80\ \text{Ом}$, $R_2=300\ \text{Ом}$, $R_3=700\ \text{Ом}$, $R_4=110\ \text{Ом}$. Знайти струми во всіх гілках електричного кола.

2.7.39. В схемі на рис.2.21 задано значення еквівалентної провідності кола $G=0,025\text{См}$. Знайти провідність G_1 , якщо $G_2=0,01\text{См}$, $G_3=0,04\text{См}$.

2.7.40. Для електричного кола на рис.2.22 знайти загальну провідність кола, якщо $R_1=25\ \text{Ом}$, $R_2=50\ \text{Ом}$, $R_3=40\ \text{Ом}$, $R_4=60\ \text{Ом}$.

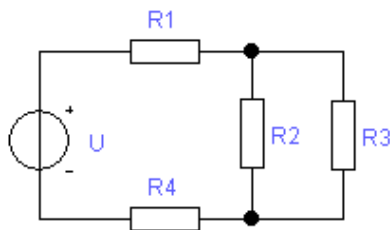


Рис. 2.20.

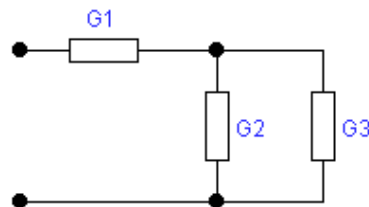


Рис. 2.21.

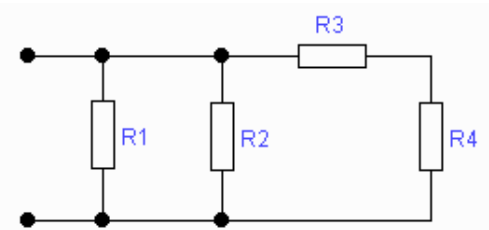


Рис. 2.22.

2.7.41. Визначити провідності G_2 та G_3 електричного кола (Рис.2.23), якщо $G_1=0,05\text{См}$, $G_4=0,2\text{См}$, $G_5=0,1\text{См}$, загальна провідність дорівнює $G=0,17\text{См}$, а провідність $G_2= G_3$.

2.7.42. Визначити еквівалентний опір на затискачах a-b схеми на рис.2.24, де $R_1=0,5\ \text{Ом}$, $R_2=5\ \text{Ом}$, $R_3=9\ \text{Ом}$.

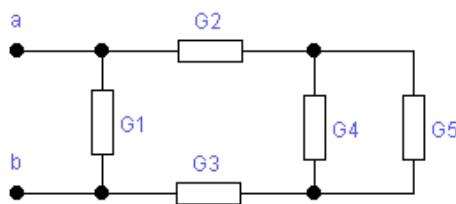


Рис. 2.23.

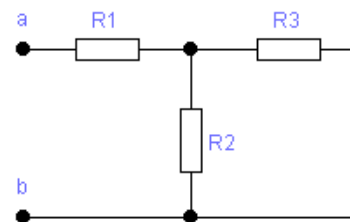


Рис. 2.24.

2.7.43. Визначити еквівалентний опір електричного кола, що на рис.2.25, якщо $R_1=2,5\ \text{Ом}$, $R_2=6\ \text{Ом}$, $R_3=2\ \text{Ом}$, $R_4=1,5\ \text{Ом}$, $R_5=3\ \text{Ом}$.

2.7.44. Три джерела постійної напруги, що мають е.р.с. $E=4,5\text{В}$ кожний, с внутрішнім опором $r_0=0,6\ \text{Ом}$, ввімкнули в електричне коло паралельно. Потім на ці джерела навантажили резистор з опором $R=2,4\ \text{Ом}$. Визначити струм навантаження і падіння напруги на джерелах, якщо ввімкнути тільки одне джерело е.р.с.

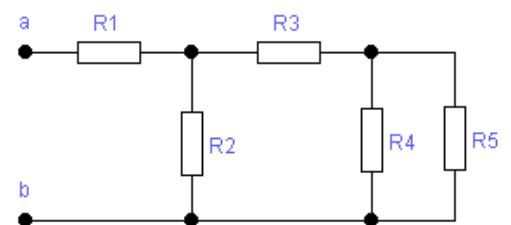


Рис. 2.25.

2.7.45. До батареї з трьох паралельно з'єднаних акумуляторів з е.р.с. $E=2,4\text{В}$ і внутрішнім опором $r_0=0,75\text{ Ом}$ кожний, під'єднали навантаження з опором, що змінюється від $0,35\text{ Ом}$ до $2,75\text{ Ом}$. Визначити, в яких межах змінюється струм навантаження і потужність, що віддає джерело е.р.с. при максимальному і мінімальному значенні струму.

2.7.46. Резистор з номінальним опором $R=44\text{ Ом}$ працює при температурі 45°С . Температурний коефіцієнт резистора дорівнює $\alpha=5\cdot 10^{-4}$. Визначити дійсний опір резистора.

2.7.47. Резистор з номінальним опором $R=440\text{ Ом}$ працює при температурі 45°С . Температурний коефіцієнт резистора дорівнює $\alpha=5\cdot 10^{-4}$. Визначити дійсний опір резистора.

2.7.48. Резистор з номінальним опором $R=44\text{ Ом}$ працює при температурі 5°С . Температурний коефіцієнт резистора дорівнює $\alpha=5\cdot 10^{-4}$. Визначити дійсний опір резистора.

5.7.49. Резистор з номінальним опором $R=44\text{ Ом}$ працює при температурі, що дорівнює -5°С . Температурний коефіцієнт резистора дорівнює $\alpha=5\cdot 10^{-4}$. Визначити дійсний опір резистора.

2.8. Додаток

Таблиця варіантів до схем, що приведені на рис. 2.1. та 2.2.

Номер варіанту	ТС1	ТС2	Т, град	E1, В	E2, В	r1, Ом	I1, mA	I2, mA	r2, Ом	R1a, Ом	R1b, Ом
1	0.1	0.3	25	12	200	1.0	100-	700	10к	12	100
2	0.2	0.25	30	24	100	1.0	200	800	15к	30	200
3	0.1	0.26	24	36	150	2.0	300	900	18к	60	300
4	0.05	0.23	31	30	170	1.0	380	700	5к	50	350
5	0.15	0.3	23	20	190	1.0	500	800	5.5к	40	50
6	0.18	0.29	32	20	180	1.0	500	900	7к	40	250
7	0.3	0.1	22	25	300	1.0	130	700	16к	80	150
8	0.21	0.2	33	15	120	1.0	220	800	19к	60	200
9	0.22	0.1	21	10	150	2.0	360	900	11к	65	400
10	0.23	0.1	34	30	170	1.0	350	700	6к	34	280
11	0.3	0.15	20	35	190	1.0	50	800	9к	55	550
12	0.27	0.12	35	14	140	1.0	250	900	7к	45	320
13	0.11	0.25	19	20	170	2.0	130	700	7к	60	250
14	0.17	0.21	36	25	190	1.0	220	800	16к	65	150
15	0.15	0.23	18	15	180	1.0	360	900	19к	34	200