

Obwody elektryczne prądu stałego

1.1

Ładunek elektryczny. Prąd i gęstość prądu

- 1.1. Przez przekrój poprzeczny przewodu w czasie $t = 1$ s przepływa $5 \cdot 10^{18}$ elektronów. Oblicz wartość prądu (natężenia prądu)* w przewodzie, jeżeli ładunek elektronu $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C.
- 1.2. Oblicz wartość prądu i gęstość prądu w przewodzie o przekroju $S = 6$ mm², przez który przepływa $4 \cdot 10^{20}$ elektronów w czasie $t = 2$ s. Ładunek elektronu $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C.
- 1.3. Rozrusznik samochodowy pracował w czasie $t = 2$ s, pobierając z akumulatora prąd $I = 150$ A. Po uruchomieniu silnika prądnica zaczęła ładować akumulator prądem $I' = 6$ A. Po jakim czasie akumulator zostanie naładowany do pierwotnego ładunku? Strat nie uwzględniaj.
- 1.4. Jaki ładunek przepłynie przez przekrój poprzeczny przewodu w czasie $t = 30$ s, jeżeli wartość prądu w tym czasie zwiększa się równomiernie od 0 do 8 A?
- 1.5. Akumulator o pojemności $Q = 30$ Ah ładowano w czasie $t = 8$ h (osiem godzin), zmniejszając po każdym 2 h wartość prądu ładowania o połowę. Oblicz wartość prądu w każdym okresie ładowania.

1.2

Prawo Ohma w zastosowaniu do odcinka obwodu

- 1.6. W żarówce latarki kieszonkowej prąd $I = 0,2$ A, napięcie na żarówce $U = 3,6$ V. Oblicz wartość rezystancji (oporu) żarówki oraz jej konduktancji (przewodności).

* W kolejnych zadaniach będzie stosowane wyłącznie określenie „prąd”.

- 1.7. Woltomierz o rezystancji wewnętrznej $R_v = 200 \text{ k}\Omega$ wskazuje napięcie $U = 10 \text{ V}$. Oblicz wartość prądu w woltomierzu.
- 1.8. Przez grzejnik o rezystancji $R = 57,5 \text{ }\Omega$ przepływa prąd $I = 4 \text{ A}$. Oblicz wartość napięcia doprowadzonego do grzejnika.
- 1.9. Amperomierz o rezystancji wewnętrznej $R_a = 0,12 \text{ }\Omega$ wskazuje wartość prądu $I = 0,25 \text{ A}$. Oblicz spadek napięcia na amperomierzu.
- 1.10. Rezystancja ciała ludzkiego w najbardziej niesprzyjających warunkach $R = 1 \text{ k}\Omega$. Prąd, który jeszcze nie powoduje porażenia zagrażającego życiu, $I_{\text{dop}} = 24 \text{ mA}$. Oblicz dopuszczalną wartość napięcia, przy której nie nastąpi porażenie zagrażające życiu ludzkiemu.
- 1.11. Rezystor nastawny suwakowy o rezystancji nastawianej w granicach od 5 do 100 Ω przyłączono do źródła o napięciu $U = 24 \text{ V}$. Wyznacz zakres nastawiania prądu.
- 1.12. Spirale grzejną o rezystancji $R = 100 \text{ }\Omega$ i średnicy drutu $d = 0,5 \text{ mm}$ włączono do źródła o napięciu $U = 230 \text{ V}$. Oblicz wartość prądu i gęstość prądu przepływającego przez spiralę.
- 1.13. Przez odcinek przewodu AB przepływa prąd $I_{AB} = 1,5 \text{ A}$. Rezystancja odcinka przewodu $R_{AB} = 0,8 \text{ }\Omega$. Oblicz potencjał w punkcie B , jeżeli potencjał w punkcie A : $V_A = 3,8 \text{ V}$, a kierunek prądu jest od punktu A do punktu B . Oblicz potencjał V_B , gdy kierunek prądu zmienimy na przeciwny*.
- 1.14. W linii przesyłowej o rezystancji $R = 2 \text{ }\Omega$ wartość prądu I zmienia się w granicach od 0 do 8 A. Sporządź wykres zależności spadku napięcia w linii od prądu [$\Delta U = f(I)$].
- 1.15. Podczas zwiększania napięcia doprowadzonego do obwodu liniowego ($R = \text{const}$) od pewnej wartości do 30 V, wartość prądu przepływającego przez rezystor zwiększył się od 0,6 do 5 A. Oblicz wartość rezystancji rezystora i napięcia początkowego.

1.3

Zależność rezystancji przewodu od jego wymiarów, rodzaju materiału i temperatury

- 1.16. Rezystywność (opór właściwy) miedzi $\rho_{\text{Cu}} = 17,25 \cdot 10^{-9} \text{ }\Omega \cdot \text{m}$. Oblicz wartość konduktywności (przewodności właściwej) miedzi. Wyraż rezystywność w $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, a konduktywność w $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.

* Do oznaczenia potencjału można również stosować grecką literę φ .

- 1.17. Oblicz wartość rezystancji drutu miedzianego o długości $l = 500$ m i przekroju poprzecznym $S = 0,12$ mm². Rezystywność miedzi $\rho_{Cu} = 18,2 \cdot 10^{-9}$ $\Omega \cdot m$.
- 1.18. Oblicz wartość rezystancji drutu aluminiowego o długości $l = 150$ m i średnicy $d = 1,6$ mm, jeżeli konduktywność aluminium $\gamma_{Al} = 35 \cdot 10^6$ S/m.
- 1.19. Na korpus cylindryczny o średnicy $D = 12$ mm nawinięto jedną warstwę drutu manganinowego o średnicy $d = 0,05$ mm i konduktywności $\gamma = 2,32 \cdot 10^6$ S/m. Ile zwojów drutu należy nawinąć, aby rezystancja $R = 1,5$ k Ω ?

Rozwiązanie

Przekrój drutu:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0,05 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 1,96 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2.$$

Długość drutu:

$$l = R\gamma S = 1500 \Omega \cdot 2,32 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \cdot 1,96 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 = 6,82 \text{ m}.$$

Liczba zwojów:

$$N = \frac{l}{\pi(D+d)} = \frac{6,82 \text{ m}}{\pi \cdot 0,01205 \text{ m}} \approx 180.$$

- 1.20. Oblicz średnicę, rezystancję i masę przewodu miedzianego o długości 1 km i znormalizowanym przekroju $S = 10$ mm², jeżeli gęstość miedzi $\delta_{Cu} = 8,9 \cdot 10^3$ kg/m³, a jej konduktywność $\gamma_{Cu} = 55 \cdot 10^6$ S/m.
- 1.21. Oblicz przekrój przewodu aluminiowego, który przy takiej samej długości i temperaturze miałby taką samą wartość rezystancji, jak przewód miedziany o przekroju $S = 6$ mm². Konduktywność aluminium $\gamma_{Al} = 35 \cdot 10^6$ S/m, a konduktywność miedzi $\gamma_{Cu} = 55 \cdot 10^6$ S/m.
- 1.22. Przewód miedziany o średnicy $d = 2$ mm należy zastąpić przewodem aluminiowym o takiej samej rezystancji. Wyznacz średnicę przewodu aluminiowego oraz oblicz, ile razy przewód aluminiowy będzie lżejszy od przewodu miedzianego, jeżeli konduktywność miedzi $\gamma_{Cu} = 55 \cdot 10^6$ S/m, konduktywność aluminium $\gamma_{Al} = 35 \cdot 10^6$ S/m, gęstość miedzi $\delta_{Cu} = 8,9 \cdot 10^3$ kg/m³, gęstość aluminium $\delta_{Al} = 2,7 \cdot 10^3$ kg/m³.

- 1.23. Oblicz spadek napięcia na 1 km przewodu trakcyjnego o przekroju poprzecznym $S = 100 \text{ mm}^2$, gdy prąd płynący w przewodzie $I = 400 \text{ A}$. Konduktywność materiału $\gamma = 50 \cdot 10^6 \text{ S/m}$.
- 1.24. Podczas pomiaru rezystywności drutu oporowego uzyskano następujące wyniki: rezystancja $R = 17 \text{ } \Omega$, długość drutu $l = 2,4 \text{ m}$, średnica drutu $d = 0,3 \text{ mm}$. Oblicz wartość rezystywności ρ .
- 1.25. W celu określenia miejsca zwarcia dwużyłowego kabla miedzianego o przekroju żyły $S = 25 \text{ mm}^2$, do jego żył przyłączono akumulator. W jakiej odległości nastąpiło zwarcie żył kabla, jeżeli woltomierz wskazywał napięcie $U = 12 \text{ V}$, a amperomierz prąd $I = 2,5 \text{ A}$? Konduktywność miedzi $\gamma_{\text{Cu}} = 55 \cdot 10^6 \text{ S/m}$.
- 1.26. W przewodzie szynowym o wymiarach: $S = 1 \times 6 \text{ cm}$ oraz $l = 30 \text{ m}$ spadek napięcia $U = 0,3 \text{ V}$. Oblicz wartość prądu płynącego w przewodzie oraz gęstość tego prądu, jeżeli szyny są wykonane z aluminium (konduktywność aluminium $\gamma_{\text{Al}} = 35 \cdot 10^6 \text{ S/m}$).
- 1.27. Jaka powinna być wartość napięcia doprowadzonego do cewki nawiniętej drutem miedzianym o długości $l = 200 \text{ m}$, aby gęstość prądu płynącego w przewodzie cewki $J = 2 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2 = 2 \text{ A/mm}^2$? Konduktywność miedzi $\gamma_{\text{Cu}} = 55 \cdot 10^6 \text{ S/m}$.
- 1.28. W temperaturze $\vartheta_1 = 20^\circ \text{ C}$ rezystancja cewki nawiniętej drutem miedzianym $R_1 = 45 \text{ } \Omega$. Oblicz wartość rezystancji tej cewki w temperaturze $\vartheta_2 = 70^\circ \text{ C}$, jeżeli współczynnik temperaturowy rezystancji miedzi $\alpha_{\text{Cu}} = 0,004 \frac{1}{^\circ \text{C}}$.
- 1.29. Uzwojenie twornika maszyny prądu stałego w temperaturze otoczenia $\vartheta_1 = 18^\circ \text{ C}$ ma rezystancję $R_1 = 0,8 \text{ } \Omega$. Oblicz temperaturę pracy twornika, jeżeli jego rezystancja zwiększy się do wartości $R_2 = 0,9 \text{ } \Omega$. Współczynnik temperaturowy rezystancji miedzi $\alpha_{\text{Cu}} = 0,004 \frac{1}{^\circ \text{C}}$.
- 1.30. Cewkę elektromagnesu wykonaną z drutu miedzianego przyłączono do źródła o napięciu $U = 14 \text{ V}$. Po pewnym czasie ustalił się prąd o wartości $I = 0,25 \text{ A}$. Oblicz temperaturę cewki, jeżeli długość drutu $l = 550 \text{ m}$, średnica drutu $d = 0,5 \text{ mm}$, konduktywność miedzi $\gamma_{\text{Cu}} = 55 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. Współczynnik temperaturowy rezystancji miedzi $\alpha_{\text{Cu}} = 0,004 \frac{1}{^\circ \text{C}}$.

Rozwiązanie

Przekrój drutu:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0,5 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 0,196 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.$$

Rezystancja cewki w temperaturze 20°C:

$$R_1 = \frac{l}{\gamma_{\text{Cu}} S} = \frac{550}{55 \cdot 10^6 \cdot 0,196 \cdot 10^{-6}} = 51 \Omega.$$

Rezystancja cewki po nagrzaniu:

$$R_2 = \frac{U}{I} = \frac{14}{0,25} = 56 \Omega.$$

W celu obliczenia temperatury cewki przekształcamy wzór $R_2 = R_1[1 + \alpha_{\text{Cu}}(\vartheta - 20)]$ i otrzymujemy:

$$\vartheta = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \alpha_{\text{Cu}}} + 20 = \frac{56 - 51}{51 \cdot 0,004} + 20 = 44,5^\circ\text{C}.$$

- 1.31.** Podczas pomiaru współczynnika temperaturowego rezystancji otrzymano następujące wyniki: $R_1 = 100 \Omega$, $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$, $R_2 = 116 \Omega$, $\vartheta_2 = 60^\circ\text{C}$. Oblicz wartość współczynnika α .
- 1.32.** Wartość prądu cewki zapłonowej samochodu podczas rozruchu w temperaturze $\vartheta_1 = 10^\circ\text{C}$ wynosi 3,5 A. Jaka będzie wartość prądu w cewce w temperaturze pracy ustalonej $\vartheta_2 = 60^\circ\text{C}$, jeżeli współczynnik temperaturowy rezystancji miedzi $\alpha_{\text{Cu}} = 0,004 \frac{1}{^\circ\text{C}}$? Przyjmij, że napięcie akumulatora $U = \text{const}$.
- 1.33.** Po podgrzaniu termistora NTC od temperatury $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$ do $\vartheta_2 = 30^\circ\text{C}$ rezystancja termistora zmniejszyła się z $R_1 = 100 \Omega$ do $R_2 = 85 \Omega$. Oblicz wartość średnią współczynnika α .
- 1.34.** O ile stopni Celsjusza należy podgrzać przewód miedziany, żeby wartość jego rezystancji zwiększyła się o 1%? Współczynnik temperaturowy rezystancji miedzi $\alpha_{\text{Cu}} = 0,004 \frac{1}{^\circ\text{C}}$.
- 1.35.** W celu kompensacji temperaturowej obwodu cewki miernika magneto-elektrycznego, szeregowo z cewką o rezystancji R_{Cu} łączymy rezystor manganinowy R_{Mn} o czterokrotnie większej rezystancji. Wyznacz wartość współczynnika temperaturowego rezystancji α powstałego układu, jeżeli współczynnik temperaturowy rezystancji miedzi $\alpha_{\text{Cu}} = 0,004 \frac{1}{^\circ\text{C}}$, a manganinu $\alpha_{\text{Mn}} \approx 0$. O ile procent zwiększy się wartość rezystancji w obu przypadkach, gdy temperatura wzrośnie o 1°C ?
- 1.36.** Rezystor wolframowy, którego rezystancja w temperaturze 0°C wynosi 40Ω , umieszczono w komorze niskich temperatur. Oblicz temperaturę w tej komorze, jeżeli wartość rezystancji zmniejszyła się do 32Ω , a współczynnik temperaturowy rezystancji wolframu $\alpha_w = 0,0046 \frac{1}{^\circ\text{C}}$.

1.4

Łączenie szeregowe i równoległe rezystorów

- 1.37. Dwa rezystory o rezystancjach $R_1 = 20 \Omega$ i $R_2 = 40 \Omega$ połączono szeregowo i przyłączono do źródła o napięciu $U = 12 \text{ V}$. Oblicz wartość rezystancji zastępczej obwodu oraz spadki napięcia na poszczególnych rezystorach.
- 1.38. Do obwodu składającego się z czterech rezystorów połączonych szeregowo doprowadzono napięcie $U = 200 \text{ V}$. Oblicz wartość rezystancji zastępczej obwodu, prądu przepływającego w obwodzie i spadki napięcia na poszczególnych rezystorach, jeżeli $R_1 = 8 \Omega$, $R_2 = 11 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$, $R_4 = 21 \Omega$.

Rozwiązanie

Rezystancja zastępcza obwodu:

$$R_z = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 8 + 11 + 10 + 21 = 50 \Omega.$$

Prąd w obwodzie:

$$I = \frac{U}{R_z} = \frac{200}{50} = 4 \text{ A}.$$

Spadki napięcia na poszczególnych rezystorach:

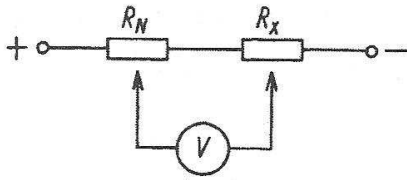
$$U_1 = IR_1 = 4 \cdot 8 = 32 \text{ V},$$

$$U_2 = IR_2 = 4 \cdot 11 = 44 \text{ V},$$

$$U_3 = IR_3 = 4 \cdot 10 = 40 \text{ V},$$

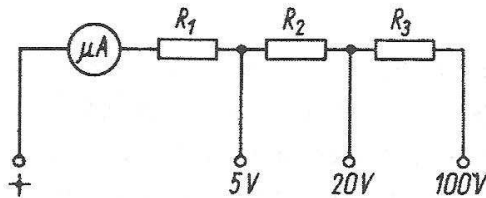
$$U_4 = IR_4 = 4 \cdot 21 = 84 \text{ V}.$$

- 1.39. Szeregowo z odbiornikiem o rezystancji $R = 20 \Omega$ połączono rezystor nastawny suwakowy o zakresie regulacji od 0 do 100Ω . W jakich granicach będzie można nastawiać wartość prądu i napięcia odbiornika, jeżeli do układu doprowadzono napięcie $U = 120 \text{ V}$?
- 1.40. Żarówkę o napięciu znamionowym $U_N = 6 \text{ V}$ i rezystancji „na gorąco” $R = 20 \Omega$ włączamy przez rezystor do źródła o napięciu $U = 15 \text{ V}$. Jaką wartość rezystancji powinien mieć ten rezystor, by napięcie na żarówce było równe 6 V ?
- 1.41. Podczas pomiaru rezystancji metodą porównawczą napięciową (rys. 1.1) otrzymano następujące wyniki: $U_x = 0,8 \text{ V}$, $U_N = 0,32 \text{ V}$. Rezystancja wzorcowa $R_N = 1 \Omega$. Oblicz wartość rezystancji R_x .



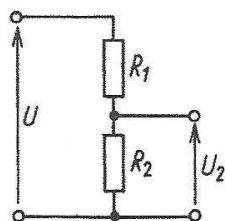
Rys. 1.1

- 1.42. Silnik o napięciu znamionowym $U_N = 230 \text{ V}$ i prądzie znamionowym $I_N = 20 \text{ A}$ znajduje się w odległości $l = 200 \text{ m}$ od źródła o napięciu $U = 240 \text{ V}$. Jaki musi być przekrój przewodów aluminiowych linii (konduktywność aluminium $\gamma_{\text{Al}} = 35 \cdot 10^6 \text{ S/m}$), aby zapewnić pracę znamionową silnika?
- 1.43. Odbiornik o rezystancji $R = 46 \Omega$ jest zasilany ze źródła miedzianą linią dwuprzewodową o $l = 275 \text{ m}$ i przekroju $S = 10 \text{ mm}^2$; konduktywność miedzi $\gamma_{\text{Cu}} = 55 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. Napięcie na początku linii $U = 235 \text{ V}$. Oblicz wartość prądu przepływającego w obwodzie, napięcie na odbiorniku i spadek napięcia w linii.
- 1.44. Woltomierz o zakresie $U_v = 6 \text{ V}$ ma rezystancję wewnętrzną $R_v = 30 \text{ k}\Omega$. Oblicz wartość rezystancji rezystora dodatkowego, który należy połączyć szeregowo z woltomierzem, aby jego zakres zwiększyć do $U = 60 \text{ V}$.
- 1.45. Miernik magnetoelektryczny o zakresie $I_a = 500 \mu\text{A}$ ma rezystancję wewnętrzną $R_a = 100 \Omega$. Dobierz wartości rezystancji R_1 , R_2 i R_3 rezystora dodatkowego (rys. 1.2) tak, aby otrzymać woltomierz o trzech zakresach: $U_1 = 5 \text{ V}$, $U_2 = 20 \text{ V}$ i $U_3 = 100 \text{ V}$.



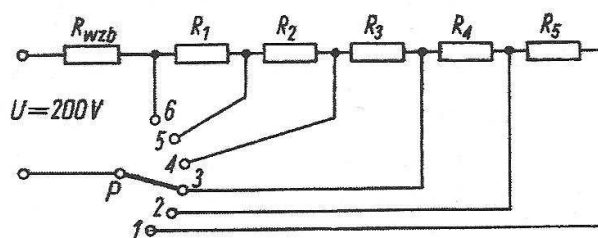
Rys. 1.2

- 1.46. Stosunek rezystancji trzech rezystorów połączonych szeregowo $R_1 : R_2 : R_3 = 2 : 3 : 5$. Napięcie doprowadzone do obwodu $U = 70 \text{ V}$. Prąd przepływający w obwodzie $I = 2 \text{ A}$. Oblicz wartości rezystancji R_1 , R_2 i R_3 .
- 1.47. Do dzielnika napięcia (rys. 1.3) doprowadzono napięcie $U = 200 \text{ V}$. Oblicz wartość napięcia U_2 , jeżeli rezystancje: $R_1 = 360 \Omega$ i $R_2 = 40 \Omega$.



Rys. 1.3

- 1.48. W dzielniku napięcia (rys. 1.3) rezystancja $R_1 = 750 \Omega$. Jaka musi być wartość rezystancji R_2 , aby napięcie U_2 było czterokrotnie mniejsze od napięcia zasilającego U ?
- 1.49. Do dzielnika napięcia składającego się z trzech rezystorów ($R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$, $R_3 = 60 \Omega$) doprowadzono napięcie $U = 300 \text{ V}$. Ile napięć i o jakich wartościach uzyskano na wyjściu dzielnika?
- 1.50. Jaka powinna być wartość rezystancji platformy służącej do napraw przewodu jezdnego sieci tramwajowej (o napięciu $U = 600 \text{ V}$ względem ziemi), aby prąd przepływający przez ciało człowieka naprawiającego sieć nie przekroczył wartości $I = 1 \text{ mA}$? Rezystancja ciała ludzkiego o wilgotnym naskórku $R = 5 \text{ k}\Omega$.
- 1.51. W celu regulacji prędkości kątovej silnika bocznikowego szeregowo z uzwojeniem wzbudzenia silnika o rezystancji $R_{wzb} = 400 \Omega$ połączono rezystor stopniowy z przełącznikiem (rys. 1.4). Dobierz wartość rezystancji stopni $R_1 \div R_5$ tak, aby przy napięciu zasilającym $U = 200 \text{ V}$ wartość prądu wzbudzenia zmieniała się skokowo co $0,05 \text{ A}$ w zakresie $0,25 \div 0,5 \text{ A}$.



Rys. 1.4

- 1.52. Trzy rezystory o rezystancjach $R_1 = 9 \Omega$, $R_2 = 18 \Omega$ i $R_3 = 12 \Omega$ połączono równolegle. Przez pierwszy rezystor przepływa prąd $I_1 = 2 \text{ A}$. Oblicz wartości prądów płynących przez pozostałe rezystory, wartość rezystancji i konduktancji zastępczej układu oraz prądu całkowitego.

Rozwiązanie

Mając dane I_1 i R_1 , można obliczyć wartość napięcia U_1 , która jest równa wartości napięcia na pozostałych rezystorach ($U_1 = U$):

$$U = I_1 R_1 = 2 \cdot 9 = 18 \text{ V.}$$

Prądy płynące przez pozostałe rezystory:

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{18}{18} = 1 \text{ A;}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{18}{12} = 1,5 \text{ A.}$$

Prąd całkowity:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 1 + 1,5 = 4,5 \text{ A.}$$

Konduktancja zastępcza:

$$G_z = \frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{9} + \frac{1}{18} + \frac{1}{12} = \frac{4+2+3}{36} = 0,25 \text{ S}$$

lub

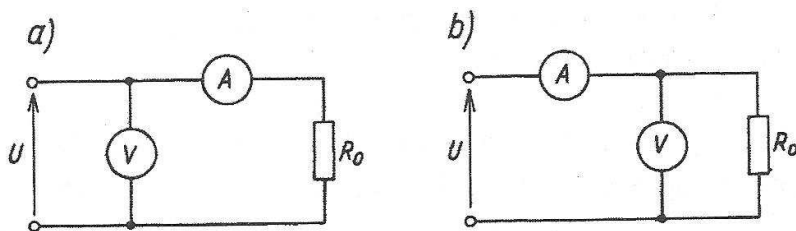
$$G_z = \frac{I}{U} = \frac{4,5}{18} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ S.}$$

Rezystancja zastępcza układu:

$$R_z = \frac{U}{I} = \frac{18}{4,5} = 4, \Omega.$$

- 1.53.** Jaka musi być wartość rezystancji rezystora połączonego równolegle z rezystorem o rezystancji 250Ω , aby wartość rezystancji zastępczej układu była równa 200Ω ?
- 1.54.** Trzy odbiorniki o rezystancjach $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$, $R_3 = 8 \Omega$, połączone równolegle, włączono do źródła o napięciu $U = 12 \text{ V}$. Oblicz wartości prądów płynących przez poszczególne odbiorniki oraz wartość rezystancji i konduktancji zastępczej obwodu.
- 1.55.** Całkowity prąd płynący w obwodzie złożonym z dwóch gałęzi równoległych $I = 1 \text{ A}$. Oblicz wartości prądów w poszczególnych gałęziach, jeżeli rezystancje $R_1 = 60 \Omega$, $R_2 = 90 \Omega$.
- 1.56.** Całkowity prąd płynący w obwodzie złożonym z czterech odbiorników połączonych równolegle $I = 41 \text{ A}$. Rezystancje odbiorników: $R_1 = 8 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$, $R_3 = 20 \Omega$, $R_4 = 15 \Omega$. Oblicz wartości prądów płynących przez poszczególne odbiorniki.
- 1.57.** Jaką wartość rezystancji powinien mieć bocznik przyłączony równolegle do amperomierza o zakresie $I_a = 0,5 \text{ A}$ i rezystancji wewnętrznej $R_a = 0,18 \Omega$, aby zakres amperomierza zwiększył się do $I = 5 \text{ A}$?
- 1.58.** Po dołączeniu bocznika o rezystancji $R_b = 0,5 \Omega$ do amperomierza o zakresie $I_a = 2 \text{ mA}$, zakres amperomierza zwiększył się do $I'_a = 0,04 \text{ A}$. Jaką wartość rezystancji powinien mieć posobnik przyłączony do amperomierza, aby otrzymać woltomierz o zakresie $U = 20 \text{ V}$?

- 1.59. Do zacisków amperomierza magnetoelektrycznego o rezystancji $R_a = 0,02 \Omega$ dołączono równolegle kawałek drutu miedzianego o średnicy $d = 2 \text{ mm}$ i długości $l = 20 \text{ cm}$. Konduktywność miedzi $\gamma_{\text{Cu}} = 50 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. Powstały w ten sposób amperomierz (z bocznikiem) połączono szeregowo z odbiornikiem. Amperomierz wskazał wartość prądu $0,8 \text{ A}$. Oblicz wartość prądu płynącego przez odbiornik.
- 1.60. Na każdy kilometr jednego przewodu linii napowietrznej przypada 20 izolatorów; rezystancja każdego izolatora $R = 1000 \text{ M}\Omega$. Oblicz wartość rezystancji izolacji przewodu względem ziemi, jeżeli długość przewodu $l = 5 \text{ km}$.
- 1.61. Rezystancja zastępcza dwóch odbiorników połączonych szeregowo $R_s = 50 \Omega$, a połączonych równolegle $R_r = 12 \Omega$. Oblicz wartości rezystancji R_1 i R_2 .
- 1.62. Do źródła o napięciu $U = 240 \text{ V}$ włączono dwa odbiorniki. Przy połączeniu szeregowym odbiorników wartość prądu płynącego w obwodzie wynosi 3 A , przy równoległym – 16 A . Oblicz wartości rezystancji R_1 i R_2 odbiorników.
- 1.63. Podczas pomiaru rezystancji metodą techniczną (rys. 1.5b) wskazania mierników były następujące: $I = 0,4 \text{ A}$, $U = 8 \text{ V}$. Oblicz błąd procentowy pomiaru, jeżeli nie uwzględniono prądu woltomierza. Rezystancja wewnętrzna woltomierza $R_v = 1000 \Omega$.
- 1.64. Podczas pomiaru rezystancji metodą techniczną skorzystano z dwóch układów pomiarowych (rys. 1.5a i b) i uzyskano następujące wyniki:



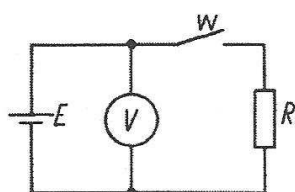
Rys. 1.5

$U_a = 100,5 \text{ V}$, $I_a = 0,5 \text{ A}$ oraz $U_b = 100 \text{ V}$, $I_b = 0,505 \text{ A}$. Rezystancje mierników: $R_a = 1 \Omega$, $R_v = 20 \text{ k}\Omega$. Oblicz wartość rezystancji przybliżoną i rzeczywistą (z uwzględnieniem błędów wynikających z rezystancji mierników) w obu układach. Oblicz błąd względny pomiaru w obu układach.

Prawo Ohma w zastosowaniu do obwodu całkowitego

1.65. Do źródła o sile elektromotorycznej (napięciu źródłowym) $E = 60 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_w = 4 \text{ } \Omega$ włączono odbiornik o rezystancji $R = 26 \text{ } \Omega$. Oblicz wartość prądu płynącego w obwodzie i napięcia na odbiorniku oraz prądu zwarcia źródła.

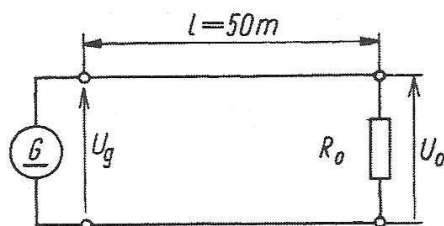
1.66. Wskazanie woltomierza w obwodzie z rysunku 1.6 przy otwartym wyłączniku w wynosi $2,05 \text{ V}$, a przy zamkniętym – 2 V . Oblicz wartość rezystancji wewnętrznej R_w źródła, wiedząc że rezystancja $R = 10 \text{ } \Omega$.



Rys. 1.6

1.67. Źródło napięcia o parametrach: $E = 6 \text{ V}$, $R_w = 4 \text{ } \Omega$ zastąp równoważnym źródłem prądu. Oblicz wartość prądu źródłowego I_z i wartość konduktancji wewnętrznej źródła G_w .

1.68. Prądnica, której siła elektromotoryczna $E = 225 \text{ V}$ i rezystancja wewnętrzna $R_w = 0,821 \text{ } \Omega$, zasila odbiornik oddalony o $l = 50 \text{ m}$ (rys. 1. 7). Rezystancja odbiornika $R_o = 24 \text{ } \Omega$. Przewody są aluminiowe o przekroju $S = 16 \text{ mm}^2$. Oblicz wartość prądu płynącego w obwodzie, napięcia na odbiorniku, napięcia na początku linii oraz spadek napięcia w linii. Konduktywność aluminium $\gamma_{Al} = 35 \cdot 10^6 \text{ S/m}$.



Rys. 1.7

Rozwiązanie

Rezystancja linii dwuprzewodowej:

$$R_1 = \frac{2l}{\gamma S} = \frac{2 \cdot 50 \text{ m}}{35 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \cdot 16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 0,179 \text{ } \Omega.$$

Prąd w obwodzie:

$$I = \frac{E}{R_o + R_w + R_1} = \frac{225 \text{ V}}{24 \Omega + 0,821 \Omega + 0,179 \Omega} = \frac{225 \text{ V}}{25 \Omega} = 9 \text{ A.}$$

Napięcie na odbiorniku:

$$U_o = IR_o = 9 \text{ A} \cdot 24 \Omega = 216 \text{ V.}$$

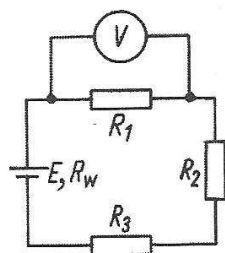
Napięcie na początku linii:

$$U_g = E - IR_w = 225 \text{ V} - 9 \text{ A} \cdot 0,821 \Omega \approx 217,6 \text{ V.}$$

Spadek napięcia w linii:

$$\Delta U_1 = IR_1 = 9 \text{ A} \cdot 0,179 \Omega \approx 1,6 \text{ V.}$$

- 1.69.** Źródło o sile elektromotorycznej $E = 240 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_w = 4 \Omega$ zasila odbiornik o rezystancji nastawnej R . Sporządź wykres zależności napięcia na odbiorniku i spadku napięcia na rezystancji wewnętrznej źródła w funkcji prądu w odbiorniku, gdy wartość prądu zmienia się w granicach $0 \div 12 \text{ A}$. Odczytaj z wykresu wartość prądu i oblicz wartość rezystancji R przy napięciu $U = 220 \text{ V}$.
- 1.70.** Odbiornik o rezystancji $R = 10 \Omega$ jest zasilany ze źródła o sile elektromotorycznej $E = 240 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_w = 0,5 \Omega$ za pomocą miedzianej linii dwuprzewodowej o przekroju $S = 6 \text{ mm}^2$ i długości $l = 248 \text{ m}$. Oblicz wartość prądu płynącego w obwodzie, napięcia na zaciskach źródła i odbiornika oraz spadek napięcia w linii. W jakiej odległości od źródła wartość napięcia między przewodami linii będzie równa 220 V ? Konduktywność miedzi $\gamma_{\text{Cu}} = 55 \cdot 10^6 \text{ S/m}$.
- 1.71.** Woltomierz w obwodzie z rysunku 1.8 wskazuje wartość napięcia $U = 8 \text{ V}$. Wartości rezystancji obwodu: $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 7 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$, $R_w = 1 \Omega$. Jakie będzie wskazanie woltomierza po zwarciu rezystora R_2 ?



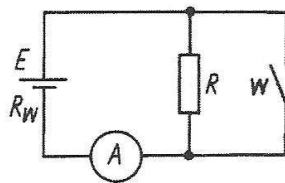
Rys. 1.8

- 1.72.** W tranzystorowym odbiorniku radiowym zasilanym z baterii, której siła elektromotoryczna $E = 9 \text{ V}$ i rezystancja wewnętrzna $R_w = 20 \Omega$, wartość

prądu waha się w granicach od 5 mA – przy braku sygnału, do 30 mA – przy pełnej głośności. Oblicz wahania wartości napięcia podczas pracy odbiornika.

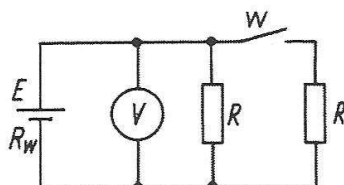
- 1.73. Prąd zwarcia akumulatora zasadowego o sile elektromotorycznej $E = 1,25 \text{ V}$ ma wartość 5 A. Do akumulatora włączono odbiornik. Jaka jest wartość rezystancji odbiornika, jeżeli napięcie na nim wynosi 1, 2 V?
- 1.74. Amperomierz w obwodzie przedstawionym na rysunku 1.9 wskazuje:
a) 5 A przy otwartym wyłączniku, b) 50 A przy zamkniętym wyłączniku.

Oblicz stosunek rezystancji $\frac{R}{R_w}$.



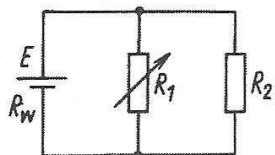
Rys. 1.9

- 1.75. Siła elektromotoryczna źródła $E = 6 \text{ V}$. Gdy rezystancja zewnętrzna obwodu $R = 1 \Omega$, wówczas prąd płynący w obwodzie $I = 3 \text{ A}$. Oblicz wartość prądu zwarcia źródła.
- 1.76. Do pomiaru siły elektromotorycznej źródła użyto woltomierza o rezystancji wewnętrznej $R_v = 1,5 \text{ k}\Omega$. Rezystancja wewnętrzna źródła $R_w = 1,2 \Omega$. Oblicz błąd pomiaru (w %), przyjmując że woltomierz wskazuje siłę elektromotoryczną źródła.
- 1.77. Układ składający się z trzech odbiorników połączonych równolegle jest zasilany ze źródła o rezystancji wewnętrznej $R_w = 0,1 \Omega$. Oblicz wartość siły elektromotorycznej źródła oraz prądów płynących w poszczególnych odbiornikach, wiedząc że rezystancje: $R_1 = 6 \Omega$, $R_2 = 12 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$, a prąd źródła $I = 0,6 \text{ A}$.
- 1.78. Woltomierz w obwodzie z rysunku 1.10 wskazuje 2 V przy otwartym wyłączniku w oraz 1,8 V – przy zamkniętym. Rezystancja $R = 2 \Omega$. Oblicz wartość siły elektromotorycznej E i rezystancji wewnętrznej R_w źródła.



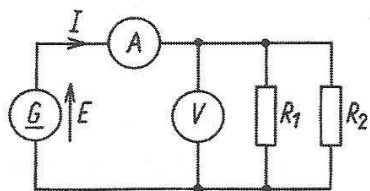
Rys. 1.10

- 1.79. W obwodzie rozgałęzionym (rys. 1.11) siła elektromotoryczna źródła $E = 6,3 \text{ V}$, rezystancja wewnętrzna $R_w = 0,2 \text{ } \Omega$ i rezystancja $R_2 = 12 \text{ } \Omega$. Dobierz wartość rezystancji nastawnej R_1 tak, żeby wartość napięcia na rezystorach R_1 i R_2 była równa 6 V .



Rys. 1.11

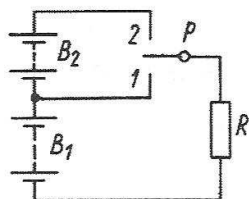
- 1.80. Odbiornik o rezystancji $R = 20 \text{ } \Omega$ jest zasilany ze źródła o sile elektromotorycznej $E = 120 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_w = 4 \text{ } \Omega$. Jakie będą wahania wartości napięcia na odbiorniku podczas włączania i wyłączenia odbiornika dodatkowego o rezystancji $R = 20 \text{ } \Omega$ (podczas zamykania i otwierania wyłącznika w – rys. 1.10)?
- 1.81. Do źródła o sile elektromotorycznej $E = 9 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_w = 10 \text{ } \Omega$ włączono żarówkę. Przez żarówkę przepływa prąd $I = 0,15 \text{ A}$. Oblicz wartość napięcia na zaciskach źródła. Sprawdź, jak zmieni się wartość napięcia na zaciskach źródła, gdy równolegle przyłączymy jeszcze jedną, a także dwie takie same żarówki. (W obliczeniach nie uwzględniaj zmian rezystancji żarówek.)
- 1.82. Przy połączeniu równoległym rezystorów R_1 i R_2 włączonych do źródła (rys. 1.12) wskazania mierników są następujące: 120 V i 10 A . Przy połączeniu szeregowym tych rezystorów mierniki wskazują odpowiednio: 160 V i $3,2 \text{ A}$. Oblicz wartości: rezystancji R_1 i R_2 , siły elektromotorycznej źródła i rezystancji wewnętrznej źródła.



Rys. 1.12

Obwody nierozgałęzione z kilkoma źródłami

- 1.83. Trzy jednakowe ogniwa Leclanchégo o siłach elektromotorycznych $E_0 = 1,5 \text{ V}$ i rezystancjach wewnętrznych $R_w = 0,6 \Omega$, połączone szeregowo zgodnie, zasilają odbiornik o rezystancji $R = 16,2 \Omega$. Oblicz wartość prądu przepływającego przez odbiornik, napięcia na odbiorniku i napięcie na zaciskach poszczególnych ogniw.
- 1.84. Bateria złożona z 8 ogniw połączonych szeregowo zasila odbiornik o rezystancji $R = 500 \Omega$. Siła elektromotoryczna każdego ogniwa $E_0 = 1,5 \text{ V}$. Oblicz wartość napięcia na odbiorniku, gdy rezystancja wewnętrzna ogniwa: a) $R_w = 1 \Omega$, b) $R_w = 5 \Omega$.
- 1.85. Czy wartość napięcia źródła może być większa od wartości jego siły elektromotorycznej?
- 1.86. Prądnica samochodowa, której siła elektromotoryczna $E_1 = 8 \text{ V}$ i rezystancja wewnętrzna $R_{w1} = 0,35 \Omega$, ładuje akumulator o sile elektromotorycznej $E_2 = 6,15 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_{w2} = 0,02 \Omega$. Oblicz wartości: prądu ładowania oraz napięcia na zaciskach akumulatora.
- 1.87. Prądnica o rezystancji wewnętrznej $R_g = 0,06 \Omega$ zasila silnik elektryczny o rezystancji $R_m = 0,1 \Omega$. Rezystancja przewodów łączących silnik z prądnicą, $R_p = 0,04 \Omega$. Prąd silnika $I = 400 \text{ A}$, a napięcie na jego zaciskach $U = 220 \text{ V}$. Oblicz wartości: sił elektromotorycznych E_g prądnicy i E_m silnika oraz napięcia U_g na zaciskach prądnicy.
- 1.88. Do zasilania odbiornika o rezystancji $R = 110 \Omega$ służyła bateria B_1 składająca się z 20 ogniw o sile elektromotorycznej $E_0 = 1,5 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej każdego ogniwa $R_{w1} = 0,5 \Omega$. Szeregowo z baterią B_1 połączono baterię B_2 (rys. 1.13) złożoną z trzech ogniw o sile elektromotorycznej $E_0 = 1,5 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej każdego ogniwa $R_{w2} = 10 \Omega$. Do otrzymanej w ten sposób baterii włączono wymieniony wyżej odbiornik. Oblicz wartość napięcia na odbiorniku przy obu położeniach przełącznika p .



Rys. 1.13

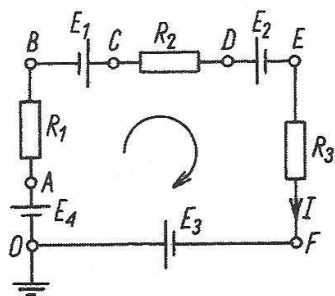
1.89. Obwód nierozgałęziony składa się z czterech źródeł i trzech odbiorników (rys. 1.14). Dane obwodu: $E_1 = 1,2 \text{ V}$, $E_2 = 2 \text{ V}$, $E_3 = 1,5 \text{ V}$, $E_4 = 1,3 \text{ V}$, $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$, $R_3 = 8 \Omega$, $R_{w1} = R_{w2} = R_{w3} = 0,2 \Omega$, $R_{w4} = 0,4 \Omega$. Oblicz wartości: prądu płynącego w obwodzie, napięć na poszczególnych odbiornikach, potencjałów w poszczególnych punktach obwodu po uziemieniu punktu 0 oraz sporządź wykres potencjałów w funkcji rezystancji obwodu.

Rozwiązanie

Prąd w obwodzie wyznaczamy, dzieląc algebraiczną sumę sił elektromotorycznych przez rezystancję całkowitą obwodu:

$$I = \frac{E_1 - E_2 + E_3 + E_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_{w1} + R_{w2} + R_{w3} + R_{w4}} =$$

$$= \frac{1,2 - 2 + 1,5 + 1,3}{5 + 6 + 8 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,4} = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ A.}$$



Rys. 1.14

Napięcia na odbiornikach:

$$U_1 = IR_1 = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ V,}$$

$$U_2 = IR_2 = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ V,}$$

$$U_3 = IR_3 = 0,1 \cdot 8 = 0,8 \text{ V.}$$

Z kolei przystępujemy do wyznaczenia potencjałów poszczególnych punktów, rozpatrując kolejne odcinki obwodu: na drodze 0A potencjał zwiększa się o wartość E_4 i jednocześnie zmniejsza się o spadek napięcia na rezystancji wewnętrznej źródła IR_{w4} :

$$V_A = 0 + E_4 - IR_{w4} = 1,3 - 0,1 \cdot 0,4 = 1,26 \text{ V.}$$

Potencjały kolejnych punktów:

$$V_B = V_A - U_1 = 1,26 - 0,5 = 0,76 \text{ V},$$

$$V_C = V_B + E_1 - IR_{w1} = 0,76 + 1,2 - 0,1 \cdot 0,2 = 1,94 \text{ V},$$

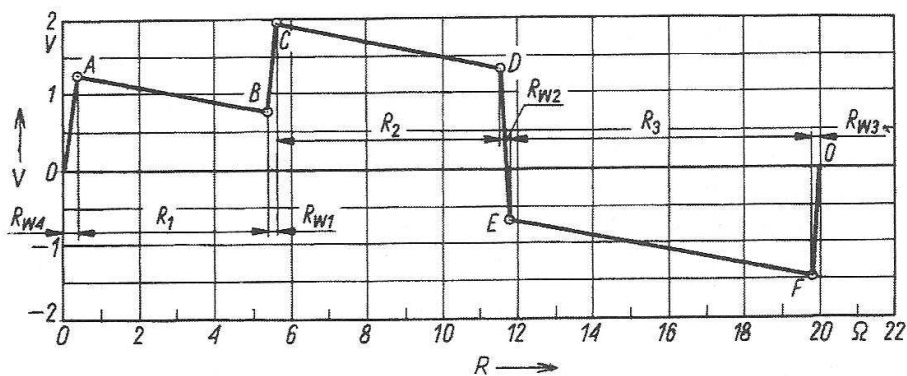
$$V_D = V_C - U_2 = 1,94 - 0,6 = 1,34 \text{ V},$$

$$V_E = V_D - E_2 - IR_{w2} = 1,34 - 2 - 0,1 \cdot 0,2 = -0,68 \text{ V},$$

$$V_F = V_E - U_3 = -0,68 - 0,8 = -1,48 \text{ V},$$

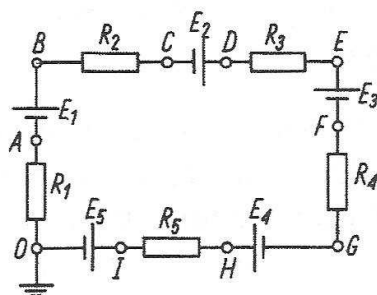
$$V_0 = V_F + E_3 - IR_{w3} = -1,48 + 1,5 - 0,1 \cdot 0,2 = 0.$$

Teraz można przystąpić do wykonania wykresu potencjałów (rys. 1.15).



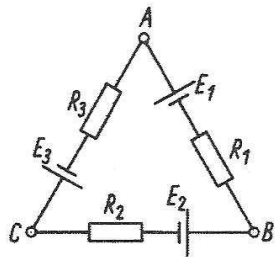
Rys. 1.15

- 1.90. Oblicz wartość prądu płynącego w obwodzie nierozgałęzionym (rys. 1.16), spadki napięcia na poszczególnych rezystorach i źródłach oraz potencjały w poszczególnych punktach obwodu. Sporządź wykres potencjałów po uziemieniu punktu 0. Dane obwodu: $E_1 = E_2 = 10 \text{ V}$, $E_3 = 8 \text{ V}$, $E_4 = 4 \text{ V}$, $E_5 = 6 \text{ V}$, $R_1 = R_4 = 15 \Omega$, $R_2 = R_3 = 4 \Omega$, $R_5 = 7 \Omega$, $R_{w1-5} = 1 \Omega$.



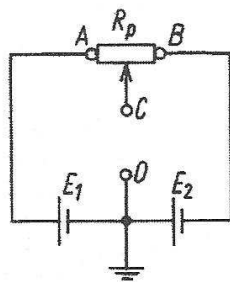
Rys. 1.16

- 1.91. W obwodzie przedstawionym na rysunku 1.17 siły elektromotoryczne źródeł: $E_1 = E_2 = E_3 = 2 \text{ V}$, rezystancje: $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \Omega$, rezystancje wewnętrzne źródeł: $R_{w1} = R_{w2} = R_{w3} = 2 \Omega$. Oblicz wartości napięć U_{AB} , U_{BC} i U_{CA} . Sporządź wykres potencjałów, przyjmując $V_A = 0$.



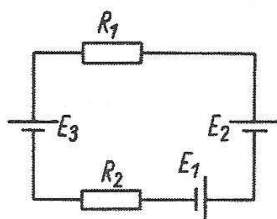
Rys. 1.17

- 1.92. W obwodzie z rysunku 1.18 uziemiono przewód łączący źródła. Siły elektromotoryczne źródeł: $E_1 = E_2 = 4,5 \text{ V}$, rezystancje wewnętrzne źródeł: $R_{w1} = 0,4 \text{ }\Omega$, $R_{w2} = 0,6 \text{ }\Omega$, rezystancja potencjometru $R_p = 26 \text{ }\Omega$. Wyznacz potencjały punktów A i B oraz oblicz, w jakich granicach będzie się zmieniała wartość napięcia U_{C0} podczas ruchu suwaka potencjometru z punktu B do punktu A.



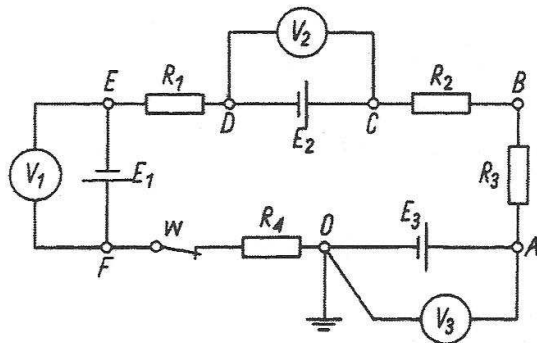
Rys. 1.18

- 1.93. Dwa źródła o siłach elektromotorycznych $E_1 = E_2$ i rezystancjach wewnętrznych $R_{w1} = 0,5 \text{ }\Omega$ i $R_{w2} = 0,7 \text{ }\Omega$, połączone szeregowo zgodnie, zasilają odbiornik o rezystancji R . Jaka musi być wartość rezystancji R , aby różnica potencjałów na zaciskach drugiego źródła była równa 0?
- 1.94. Bateria złożona z 60 ogniw akumulatora zasadowego jest ładowana ze źródła o napięciu $U = 115 \text{ V}$. Siła elektromotoryczna każdego ogniwa $E_0 = 1,2 \text{ V}$, a jego rezystancja wewnętrzna $R_w = 0,02 \text{ }\Omega$. Jaką wartość rezystancji powinien mieć rezystor przyłączony szeregowo do baterii, żeby wartość prądu ładowania była równa $2,5 \text{ A}$?
- 1.95. Jaką wartość ma siła elektromotoryczna źródła E_1 w obwodzie (rys. 1.19), jeżeli zmiana biegunowości źródła na przeciwną spowoduje dwukrotne zwiększenie wartości prądu w obwodzie? Siły elektromotoryczne pozostałych źródeł: $E_2 = 9 \text{ V}$, $E_3 = 24 \text{ V}$.



Rys. 1.19

- 1.96. Oblicz wartość prądu i wskazania woltomierzy oraz określ rodzaj pracy źródeł dołączonych do obwodu przedstawionego na rysunku 1.20. Dane obwodu: $E_1 = 24 \text{ V}$, $E_2 = 60 \text{ V}$, $E_3 = 12 \text{ V}$, $R_1 = 9 \Omega$, $R_3 = R_4 = 20 \Omega$, $R_{w1} = 1 \Omega$, $R_{w2} = R_{w3} = 0,5 \Omega$.



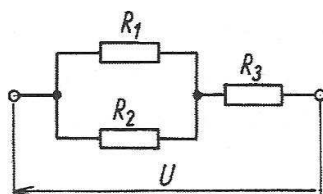
Rys. 1.20

- 1.97. Sporządź wykres potencjałów dla obwodu z zadania 1.96 (rys. 1.20), w którym uziemiono punkt 0.
- 1.98. Jak się zmieniają (zwiększą czy zmniejszą) wskazania woltomierzy w układzie z zadania 1.96 (rys. 1.20) po otwarciu wyłącznika w ?

1.7

Obwody rozgałęzione z jednym źródłem. Mieszane łączenie rezystorów

- 1.99. Układ o mieszanym połączeniu rezystorów (rys. 1.21) przyłączono do źródła o napięciu $U = 12 \text{ V}$. Oblicz wartości rezystancji zastępczej obwodu,



Rys. 1.21

prądów płynących we wszystkich gałęziach oraz napięć na rezystorach, jeżeli $R_1 = 24 \Omega$, $R_2 = 12 \Omega$, $R_3 = 16 \Omega$.

Rozwiązanie

Rezystancja zastępcza rezystorów R_1 i R_2 połączonych równolegle:

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{24 \cdot 12}{24 + 12} = 8 \Omega.$$

Rezystancja zastępcza całego obwodu:

$$R_z = R_{12} + R_3 = 8 + 16 = 24 \Omega.$$

Prąd całkowity w obwodzie równy prądowi w gałęzi trzeciej:

$$I = I_3 = \frac{U}{R_z} = \frac{12}{24} = 0,5 \text{ A}.$$

Napięcie na rezystorze R_3 :

$$U_3 = I_3 R_3 = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ V}.$$

Napięcie na rezystorach R_1 i R_2 :

$$U_{12} = I_3 R_{12} = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ V}.$$

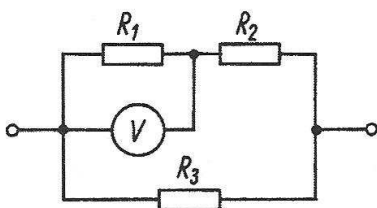
Prądy w gałęziach pierwszej i drugiej:

$$I_1 = \frac{U_{12}}{R_1} = \frac{4}{24} = \frac{1}{6} \text{ A},$$

$$I_2 = \frac{U_{12}}{R_2} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3} \text{ A}.$$

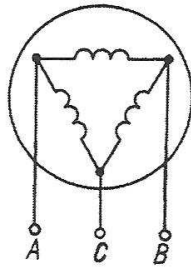
1.100. Jak należy połączyć trzy rezystory o rezystancji $R = 2 \Omega$ każdy, aby otrzymać rezystancję zastępczą $R_z = 3 \Omega$?

1.101. Woltomierz dołączony do obwodu przedstawionego na rysunku 1.22 wskazuje napięcie o wartości 4,4 V. Oblicz wartości: prądów płynących przez poszczególne rezystory, prądu całkowitego i napięcia zasilającego, jeżeli $R_1 = 22 \Omega$, $R_2 = 15 \Omega$ i $R_3 = 14,8 \Omega$ ($R_4 \approx \infty$).



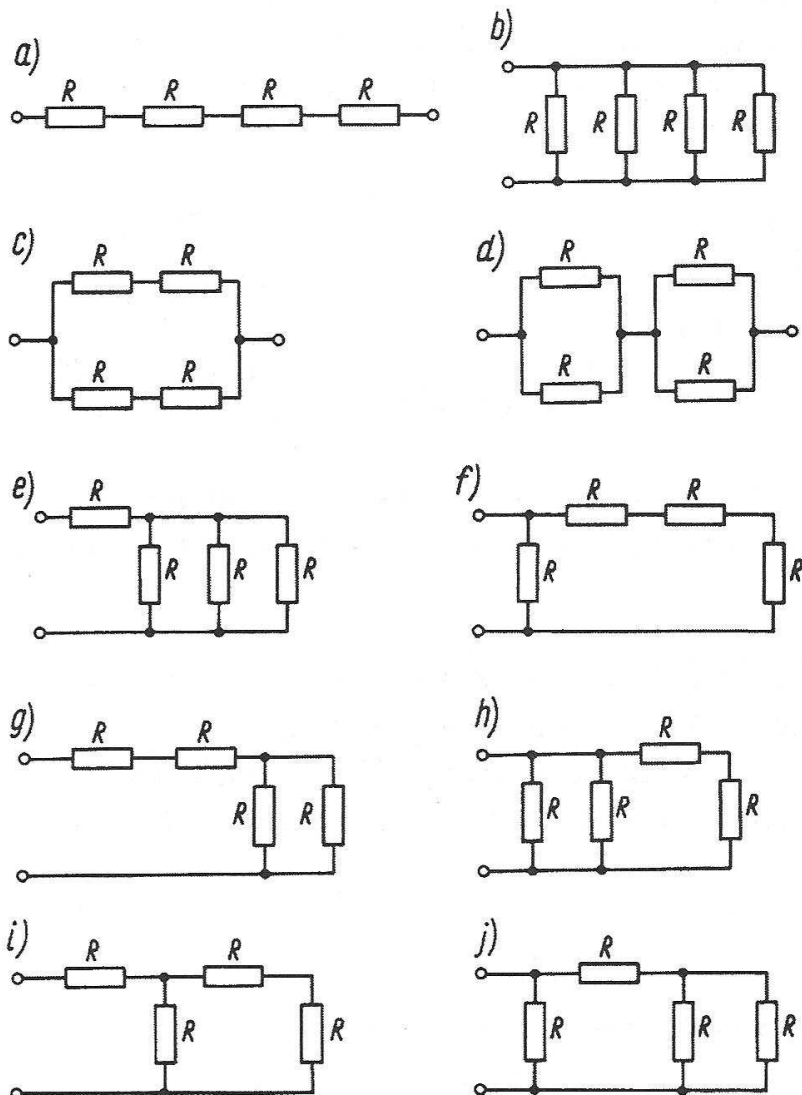
Rys. 1.22

- 1.102. Trzy jednakowe uzwojenia stojana silnika trójfazowego połączone w trójkąt (rys. 1.23). Rezystancja zmierzona między zaciskami A i B wynosi 44Ω . Oblicz wartość rezystancji jednego uzwojenia.



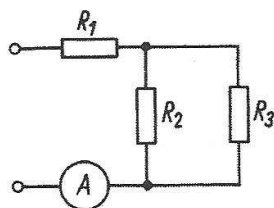
Rys. 1.23

- 1.103. Rezystory R_x i R_1 połączone szeregowo. Do powstałego układu dołączono równolegle rezystor R_2 , uzyskując rezystancję zastępczą $R_z = 40 \Omega$. Oblicz wartość rezystancji R_x , jeżeli rezystancja $R_1 = 15 \Omega$, a $R_2 = 60 \Omega$.
- 1.104. Cztery jednakowe rezystory, każdy o rezystancji R , połączone w sposób pokazany na rysunku 1.24. Oblicz wartość rezystancji zastępczej w poszczególnych wariantach połączeń.



Rys. 1.24

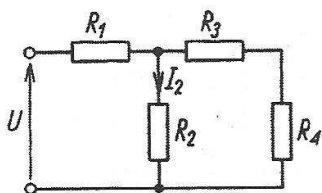
- 1.105. Oblicz spadki napięcia na poszczególnych gałęziach obwodu (rys. 1.25), jeżeli amperomierz wskazuje prąd o wartości 3 A. Wartości rezystancji $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$.



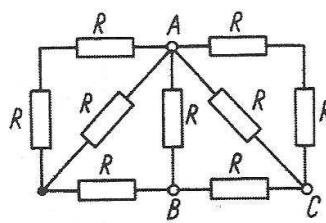
Rys. 1.25

- 1.106. Szeregowo z miliamperomierzem o zakresie $I_a = 2 \text{ mA}$ i rezystancji wewnętrznej $R_a = 18 \Omega$ połączono rezystor manganinowy (współczynnik temperaturowy rezystancji $\alpha \approx 0$) o rezystancji $R = 82 \Omega$. Do powstałego układu szeregowego dołączono równolegle bocznik. Oblicz wartość rezystancji bocznika R_b , jeżeli zakres miliamperomierza z bocznikiem ma wynosić $I = 20 \text{ mA}$. Oblicz spadek napięcia na miliamperomierzu o zakresie $I = 20 \text{ mA}$ przy maksymalnym odchyleniu jego wskazówki.

- 1.107. Prąd płynący w rezystorze R_2 obwodu z rys. 1.26, $I_2 = 2 \text{ A}$. Wartości rezystancji: $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 18 \Omega$, $R_3 = 3 \Omega$, $R_4 = 6 \Omega$. Oblicz wartość rezystancji zastępczej obwodu i napięcia zasilającego.



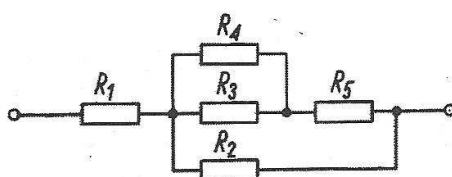
Rys. 1.26



Rys. 1.27

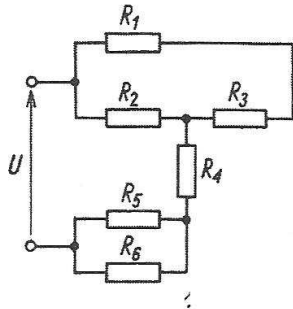
- 1.108. Dziewięć jednakowych rezystorów o rezystancji R każdy, połączono w sposób pokazany na rysunku 1.27. Oblicz wartości rezystancji zastępczych R_{AB} i R_{AC} .

- 1.109. Na rysunku 1.28 przedstawiono obwód o następujących danych: $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 12 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$, $R_4 = 3 \Omega$, $R_5 = 4 \Omega$; $I = 15 \text{ A}$. Oblicz wartości: prądów płynących we wszystkich gałęziach, napięcia doprowadzonego do układu oraz rezystancji zastępczej układu.

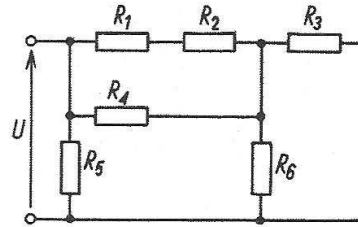


Rys. 1.28

- 1.110. Napięcie na rezystorze R_5 (obwód z rys. 1.29) jest równe 120 V. Oblicz wartości: prądów płynących we wszystkich gałęziach oraz doprowadzonego napięcia zasilającego, jeżeli $R_1 = R_4 = 2 \Omega$, $R_2 = R_3 = R_6 = 4 \Omega$, $R_5 = 12 \Omega$.

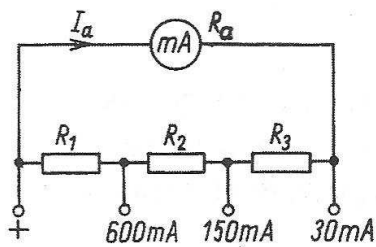


Rys. 1.29



Rys. 1.30

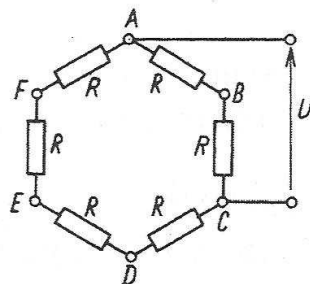
- 1.111. Oblicz wartości: prądu całkowitego i napięcia doprowadzonego do obwodu z rysunku 1.30, jeżeli spadek napięcia $U_6 = 36 \text{ V}$, a rezystancje: $R_1 = 1 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = R_4 = 12 \Omega$, $R_5 = 21 \Omega$, $R_6 = 4 \Omega$.
- 1.112. Miliamperomierz o zakresie $I_a = 15 \text{ mA}$ ma rezystancję wewnętrzną $R_a = 12 \Omega$. Dobierz tak wartości rezystancji R_1 , R_2 i R_3 bocznika uniwersalnego (rys. 1.31), aby zakresy miliamperomierza wynosiły: $I_1 = 30 \text{ mA}$, $I_2 = 150 \text{ mA}$, $I_3 = 600 \text{ mA}$.



Rys. 1.31

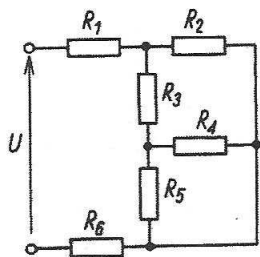
Wskazówka: obliczenia przeprowadź przy maksymalnym odchyleniu wskazówki miernika, równym jego zakresowi.

- 1.113. Sześciobok zestawiono z jednakowych rezystorów o rezystancji $R = 30 \Omega$ każdy (rys. 1.32). Do jego wierzchołków A i C doprowadzono napięcie $U = 120 \text{ V}$. Oblicz wartości: prądów płynących w gałęziach, rezystancji zastępczej obwodu R_{AC} oraz spadki napięcia U_{FB} i U_{EB} .



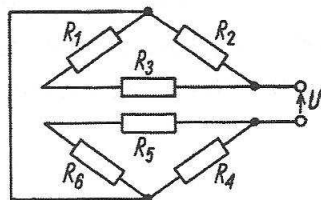
Rys. 1.32

- 1.114. Wyznacz wartości prądów w gałęziach obwodu (rys. 1.33), jeżeli $U = 120 \text{ V}$, $R_1 = R_6 = 45 \ \Omega$, $R_2 = 220 \ \Omega$, $R_3 = 76 \ \Omega$, $R_4 = 240 \ \Omega$, $R_5 = 360 \ \Omega$.



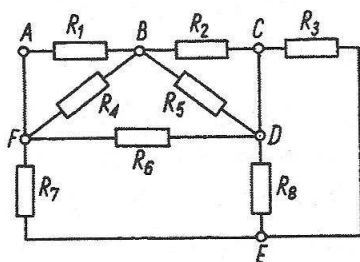
Rys. 1.33

- 1.115. Obwód pokazany na rysunku 1.34 ma następujące dane: $U = 44 \text{ V}$, $R_1 = 40 \ \Omega$, $R_2 = R_4 = 120 \ \Omega$, $R_3 = 20 \ \Omega$, $R_5 = 35 \ \Omega$, $R_6 = 45 \ \Omega$. Oblicz wartości prądów płynących w gałęziach i prądu całkowitego obwodu.



Rys. 1.34

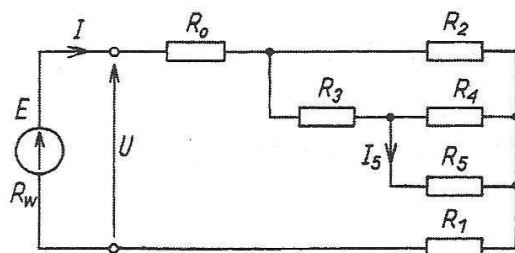
- 1.116. Rezystancje obwodu przedstawionego na rysunku 1.35 są następujące: $R_1 = 3 \ \Omega$, $R_2 = R_5 = R_7 = R_8 = 4 \ \Omega$, $R_3 = 12 \ \Omega$, $R_4 = 6 \ \Omega$, $R_6 = 12 \ \Omega$. Oblicz wartość rezystancji zastępczej między punktami A i E oraz C i F.



Rys. 1.35

- 1.117. W obwodzie z zadania 1.116 (rys. 1.35) napięcie $U_{AE} = 24 \text{ V}$. Oblicz wartości prądów przepływających przez rezystory R_5 i R_8 .
- 1.118. Do punktów C i E obwodu z zadania 1.116 (rys. 1.35) doprowadzono napięcie zasilające. Oblicz wartość tego napięcia, jeżeli wartość prądu $I_5 = 1 \text{ A}$.

- 1.119. W obwodzie, jak na rysunku 1.36, prąd $I_5 = 2$ A. Oblicz wartości: prądu źródła I , napięcia U , siły elektromotorycznej źródła E oraz rezystancji zastępczej obwodu zewnętrznego. Dane obwodu: $R_o = 2 \Omega$, $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 14 \Omega$, $R_3 = 30 \Omega$, $R_4 = 25 \Omega$, $R_5 = 50 \Omega$, $R_w = 1 \Omega$.



Rys. 1.36

Rozwiązanie

Rezystory R_4 i R_5 są połączone równolegle, a napięcie na nich:

$$U_{45} = I_5 R_5 = 2 \cdot 50 = 100 \text{ V.}$$

Prąd w gałęzi 4:

$$I_4 = \frac{U_{45}}{R_4} = \frac{100}{25} = 4 \text{ A.}$$

Z pierwszego prawa Kirchhoffa prąd w gałęzi 3:

$$I_3 = I_4 + I_5 = 4 + 2 = 6 \text{ A.}$$

Z kolei obliczamy:

$$U_3 = I_3 R_3 = 6 \cdot 30 = 180 \text{ V,}$$

$$U_2 = U_3 + U_{45} = 180 + 100 = 280 \text{ V,}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{280}{14} = 20 \text{ A.}$$

Prąd źródła:

$$I = I_2 + I_3 = 20 + 6 = 26 \text{ A.}$$

Napięcia na rezystorach R_o i R_1 :

$$U_o = I R_o = 26 \cdot 2 = 52 \text{ V,}$$

$$U_1 = I R_1 = 26 \cdot 3 = 78 \text{ V.}$$

Napięcie źródła:

$$U = U_o + U_2 + U_1 = 52 + 280 + 78 = 410 \text{ V.}$$

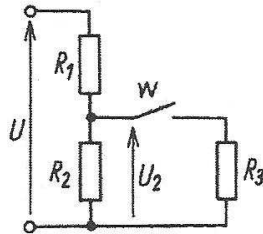
Siła elektromotoryczna źródła:

$$E = U + IR_w = 410 + 26 \cdot 1 = 436 \text{ V.}$$

Rezystancja zastępcza obwodu zewnętrznego:

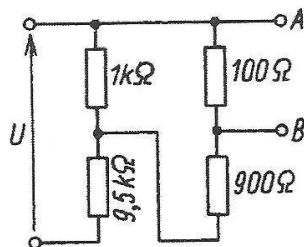
$$R_z = \frac{U}{I} = \frac{410}{26} = 15,77 \ \Omega.$$

- 1.120.** Do dzielnika napięcia składającego się z rezystorów R_1 i R_2 doprowadzono napięcie $U = 200 \text{ V}$ (rys. 1.37). Oblicz wartość napięcia U_2 na wyjściu dzielnika przy otwartym i zamkniętym wyłączniku w . Wartości rezystancji $R_1 = 100 \ \Omega$, $R_2 = R_3 = 300 \ \Omega$.



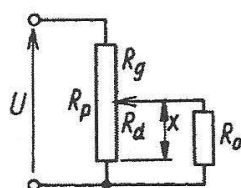
Rys. 1.37

- 1.121.** Oblicz wartość napięcia U doprowadzonego do zacisków obwodu przedstawionego na rysunku 1.38, jeżeli napięcie $U_{AB} = 2 \text{ V}$. Wartości rezystancji podano na rysunku.



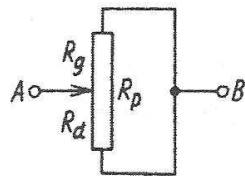
Rys. 1.38

- 1.122.** Odbiornik o rezystancji $R_o = 40 \ \Omega$ jest zasilany za pośrednictwem potencjometru ($R_p = 80 \ \Omega$), do którego końcówek doprowadzono napięcie $U = 120 \text{ V}$ (rys. 1.39). Oblicz wartości prądu i napięcia odbiornika, jeżeli suwak potencjometru znajduje się w położeniu środkowym ($R_g = R_d$).



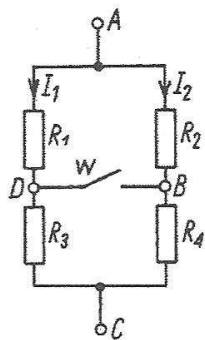
Rys. 1.39

- 1.123. Układ z zadania 1.122 (rys. 1.39) jest zasilany ze źródła o napięciu $U = 200 \text{ V}$. Rezystancja potencjometru $R_p = 80 \ \Omega$. Sporządź wykres zależności napięcia na odbiorniku w funkcji położenia suwaka potencjometru, gdy: a) $R_o = 40 \ \Omega$, b) jest przerwa w odbiorniku. ($\frac{R_d}{x} = \text{const}$, tzn. potencjometr jest liniowy.)
- 1.124. Odbiornik jest zasilany za pośrednictwem potencjometru (rys. 1.39). Rezystancja potencjometru $R_p = 200 \ \Omega$, napięcie zasilające $U = 300 \text{ V}$. Jaka jest wartość rezystancji odbiornika, jeżeli przy położeniu środkowym suwaka potencjometru napięcie na odbiorniku $U_o = 120 \text{ V}$?
- 1.125. W jakim położeniu należy ustawić suwak potencjometru (oblicz wartość R_g i R_d), aby wartość rezystancji R_{AB} (rys. 1.40) była równa $24 \ \Omega$? Rezystancja potencjometru $R_p = 100 \ \Omega$.



Rys. 1.40

- 1.126. Potencjometr liniowy o rezystancji R_p i długości l jest połączony według rysunku 1.40. Wyznacz zależność matematyczną między rezystancją R_{AB} a współrzędną y położenia suwaka potencjometru $R_{AB} = f(y)$. Jaka to jest funkcja?
- 1.127. Do obwodu (rys. 1.41) doprowadzono napięcie $U_{AC} = 6 \text{ V}$. Dane obwodu: $R_1 = 1 \ \Omega$, $R_3 = 3 \ \Omega$, $R_2 = R_4 = 6 \ \Omega$. Oblicz wartość napięcia U_{BD} przy otwartym wyłączniku w .



Rys. 1.41

Rozwiązanie

Najpierw obliczamy wartości prądów w gałęziach:

$$I_1 = \frac{U_{AC}}{R_1 + R_3} = \frac{6}{1 + 3} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ A},$$

$$I_2 = \frac{U_{AC}}{R_2 + R_4} = \frac{6}{6+6} = \frac{6}{12} = 0,5 \text{ A.}$$

Następnie obliczamy wartości napięć:

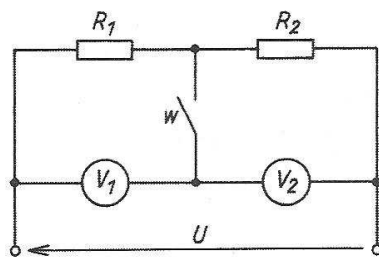
$$U_{AD} = I_1 R_1 = 1,5 \cdot 1 = 1,5 \text{ V,}$$

$$U_{AB} = I_2 R_2 = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ V.}$$

W celu obliczenia wartości napięcia U_{BD} można np. uziemić punkt D . Wówczas $V_D = 0$, a $U_{BD} = V_B$. Aby obliczyć potencjał V_B , należy posuwać się wzdłuż drogi DAB ; najpierw potencjał zwiększa się o wartość napięcia U_{AD} , a potem zmniejsza się o wartość napięcia U_{AB} , zatem:

$$U_{BD} = V_B = U_{AD} - U_{AB} = 1,5 - 3 = -1,5 \text{ V.}$$

- 1.128.** W obwodzie z zadania 1.127 (rys. 1.41), napięcie między biegunami otwartego wyłącznika wynosi 3 V. Oblicz wartość napięcia zasilającego U .
- 1.129.** Oblicz, czy większa będzie wartość prądu w obwodzie z zadania 1.127 (rys. 1.41) przy zamkniętym, czy przy otwartym wyłączniku w .
- 1.130.** Oblicz wartość prądu płynącego w gałęzi BD obwodu z rysunku 1.41 przy zamkniętym wyłączniku w . Dane obwodu: $U = 36 \text{ V}$, $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$, $R_4 = 4 \Omega$.
- 1.131.** Po zamknięciu wyłącznika w w obwodzie z rysunku 1.41, płynący między punktami D i B prąd $I_{DB} = 3 \text{ A}$. Oblicz wartość napięcia zasilającego U , jeżeli $R_1 = R_4 = 2 \Omega$, $R_2 = R_3 = 8 \Omega$.
- 1.132.** Mamy obwód jak na rysunku 1.42. Oblicz wskazania woltomierzy, gdy: a) wyłącznik w jest otwarty, b) wyłącznik w jest zamknięty. Dane obwodu: $R_{V1} = 30 \text{ k}\Omega$, $R_{V2} = 20 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$. Napięcie zasilające $U = 15 \text{ V}$.

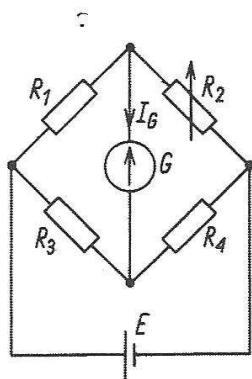


Rys. 1.42

- 1.133.** W obwodzie z rysunku 1.42 napięcie zasilające $U = 30 \text{ V}$. Oblicz wartości: a) napięcia na stykach otwartego wyłącznika w , b) prądu płynącego

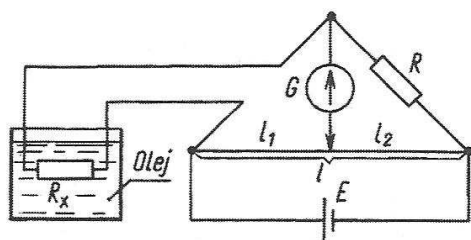
w gałęzi z wyłącznikiem w po jego zamknięciu. Wartości rezystancji, jak w zadaniu 1.132.

- 1.134.** Trzy spirale grzejnika są połączone w trójkąt, z którego wierzchołków wyprowadzono trzy przewody (rys. 1.23). Podczas pomiaru rezystancji między poszczególnymi przewodami, otrzymano następujące wyniki: $R_{AB} = 16 \Omega$, $R_{BC} = 25 \Omega$ i $R_{CA} = 21 \Omega$. Oblicz wartości rezystancji poszczególnych spirali grzejnika.
- 1.135.** Oblicz, jaka musi być wartość rezystancji R_1 , aby mostek Wheatstone'a (rys. 1.43) był w równowadze ($I_G = 0$). Rezystancje gałęzi mostka: $R_2 = 175 \Omega$, $R_3 = 100 \Omega$, $R_4 = 20 \Omega$.



Rys. 1.43

- 1.136.** Oblicz wartości prądów płynących w poszczególnych gałęziach mostka Wheatstone'a (z zadania 1.135) będącego w stanie równowagi ($I_G = 0$), jeżeli siła elektromotoryczna $E = 6 \text{ V}$.
- 1.137.** Temperaturę oleju transformatorowego mierzono mostkiem Wheatstone'a z drutem ślizgowym (rys. 1.44). Elementy mostka były następujące: rezystor o stałej rezystancji $R = 100 \Omega$, rezystor miedziany



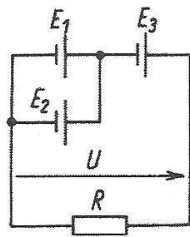
Rys. 1.44

o zmiennej rezystancji R_x , drut ślizgowy o długości $l = l_1 + l_2 = 100 \text{ mm}$. Gdy temperatura oleju $\vartheta = 20^\circ\text{C}$, równowagę mostka uzyskano przy $l_1 = l_2 = 50 \text{ mm}$. Podczas pracy transformatora, równowagę mostka uzyskano przy $l_1 = 52 \text{ mm}$. Oblicz temperaturę oleju, jeżeli temperatura otoczenia $\vartheta = 20^\circ\text{C}$. Współczynnik temperaturowy rezystancji miedzi $\alpha_{\text{Cu}} = 0,004 \frac{1}{^\circ\text{C}}$.

1.8

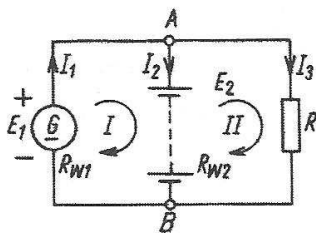
Rozwiązywanie obwodów rozgałęzionych metodą równań Kirchhoffa

- 1.138. Dwa źródła połączone równolegle zasilają odbiornik. Stosunek prądów źródeł jest odwrotnie proporcjonalny do ich rezystancji wewnętrznych. Jaki jest stosunek sił elektromotorycznych źródeł?
- 1.139. Trzy źródła o siłach elektromotorycznych $E_1 = E_2 = E_3 = 6,24 \text{ V}$ i rezystancjach wewnętrznych $R_{w1} = 0,2 \Omega$, $R_{w2} = 0,3 \Omega$, $R_{w3} = 0,6 \Omega$, połączone równolegle, zasilają odbiornik o rezystancji $R = 2,5 \Omega$. Oblicz wartości prądu płynącego przez odbiornik oraz prądów poszczególnych źródeł.
- 1.140. Oblicz wartość napięcia U oraz prądów I , I_1 , I_2 w obwodzie przedstawionym na rysunku 1.45, jeżeli siły elektromotoryczne: $E_1 = E_2 = 6,3 \text{ V}$, $E_3 = 6,2 \text{ V}$, a rezystancje wewnętrzne: $R_{w1} = 0,4 \Omega$, $R_{w2} = 0,6 \Omega$, $R_{w3} = 0,26 \Omega$, $R = 2 \Omega$.



Rys. 1.45

- 1.141. Sześć ogniw Leclanchégo ($E_0 = 1,51 \text{ V}$, $R_w = 3 \Omega$) należy połączyć w baterię służącą do zasilania odbiornika o rezystancji $R = 2 \Omega$. W jaki sposób należy połączyć ogniwa, żeby uzyskać największą wartość prądu płynącego przez odbiornik?
- 1.142. Prądnica samochodowa, której siła elektromotoryczna $E_1 = 14 \text{ V}$ i rezystancja wewnętrzna $R_{w1} = 0,2 \Omega$, ładuje akumulator o sile elektromotorycznej $E_2 = 12 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_{w2} = 0,1 \Omega$ oraz zasila odbiorniki o rezystancji zastępczej $R = 5 \Omega$ (rys. 1.46). Oblicz wartość prądu prądnicy I_1 , prądu ładowania akumulatora I_2 oraz prądu odbiorników I_3 .



Rys. 1.46

Rozwiązanie

Po oznaczeniu (dowolnym) zwrotu prądów, dla węzła A piszemy równanie wg pierwszego prawa Kirchhoffa. Następnie dla dwóch oczek I i II piszemy równania według drugiego prawa Kirchhoffa:

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (1)$$

$$E_1 - E_2 = I_1 R_{w1} + I_2 R_{w2} \quad (2)$$

$$E_2 = I_3 R - I_2 R_{w2} \quad (3)$$

Po podstawieniu danych rozwiązujemy układ równań z trzema niewiadomymi:

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (1)$$

$$14 - 12 = 0,2I_1 + 0,1I_2 \quad (2)$$

$$12 = 5I_3 - 0,1I_2 \quad (3)$$

Z równania drugiego wyznaczamy I_1 , a z trzeciego I_3 i podstawiamy do równania pierwszego:

$$I_1 = \frac{2 - 0,1I_2}{0,2}; \quad I_3 = \frac{12 + 0,1I_2}{5};$$

$$\frac{2 - 0,1I_2}{0,2} = I_2 + \frac{12 + 0,1I_2}{5}$$

Po rozwiązaniu powyższego równania otrzymamy:

$$I_2 = 5 \text{ A.}$$

Z kolei obliczamy wartości prądów:

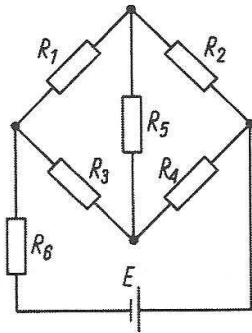
$$I_1 = \frac{2 - 0,1I_2}{0,2} = \frac{2 - 0,1 \cdot 5}{0,2} = \frac{1,5}{0,2} = 7,5 \text{ A,}$$

$$I_3 = \frac{12 + 0,1I_2}{5} = \frac{12 + 0,1 \cdot 5}{5} = \frac{12,5}{5} = 2,5 \text{ A.}$$

1.143. Oblicz, przy jakiej wartości rezystancji R w obwodzie z zadania 1.142 (pozostałe dane niezmiennione) akumulator nie będzie ładowany.

1.144. W obwodzie z zadania 1.142 zmieniono dane na następujące: $E_1 = 8 \text{ V}$, $E_2 = 6 \text{ V}$, $R = 3,4 \ \Omega$, $I_1 = 3 \text{ A}$, $I_3 = 2 \text{ A}$. Oblicz wartości rezystancji wewnętrznych prądnicy i akumulatora.

- 1.145. Dla układu mostkowego (rys. 1.47) napisz równania Kirchhoffa oraz oblicz wartość prądu płynącego w gałęzi 5, jeżeli $E = 16 \text{ V}$, $R_1 = 6 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 2 \Omega$, $R_4 = 6 \Omega$, $R_5 = 2 \Omega$, $R_6 = 2 \Omega$.



Rys. 1.47

1.9

Praca i moc prądu elektrycznego

- 1.146. Odbiornik o mocy $P = 600 \text{ W}$ pracuje w czasie $t = 18 \text{ h}$. Oblicz wartość energii pobranej przez ten odbiornik.
- 1.147. Oblicz straty mocy w uzwojeniu prądnicy, jeżeli prąd prądnicy $I = 20 \text{ A}$, siła elektromotoryczna $E = 236 \text{ V}$, a napięcie na zaciskach $U = 230 \text{ V}$. Oblicz sprawność układu.
- 1.148. Rezystancja uzwojenia silnika elektrycznego $R_m = 0,6 \Omega$, prąd silnika $I = 30 \text{ A}$. Oblicz straty mocy w silniku oraz straty energii w czasie 8 h pracy silnika.
- 1.149. Oblicz wartości rezystancji nagranych żarówek o mocy $P_1 = 40 \text{ W}$, $P_2 = 60 \text{ W}$, $P_3 = 100 \text{ W}$ i napięciu znamionowym $U_N = 230 \text{ V}^*$.
- 1.150. Rezystor ma następujące parametry: $R = 75 \text{ k}\Omega$, $P_{\text{max}} = 2 \text{ W}$. Oblicz, przy jakich maksymalnych wartościach prądu I_{max} i napięcia U_{max} nie nastąpi jeszcze uszkodzenie rezystora.
- 1.151. Akumulator samochodowy o pojemności 45 Ah , sile elektromotorycznej $E = 12 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_w = 0,02 \Omega$ uległ zwarcia. Oblicz wartość energii cieplnej, która spowoduje podgrzanie akumulatora przy całkowitym jego rozładowaniu. Czy energia ta zależy od rezystancji wewnętrznej akumulatora?

* Patrz norma PN-88/E-02000.

- 1.152. Bateria akumulatorowa samochodu elektrycznego o napięciu $U = 80 \text{ V}$ i pojemności $Q = 200 \text{ Ah}$ jest ładowana w ciągu 10 h prądem I liczbowo równym 0,1 wartości pojemności akumulatora. Oblicz koszt energii pobranej podczas ładowania, jeżeli średnia wartość napięcia podczas ładowania $U_z = 100 \text{ V}$, a cena 1 kWh = 0,38 zł.
- 1.153. Ile kosztuje energia pobrana w ciągu 30 dni przez chłodziarkę sprężarkową o mocy $P = 100 \text{ W}$, jeżeli stosunek czasu pracy chłodziarki do czasu jej przestoju wynosi 1/4, a cena energii elektrycznej wynosi 0,38 zł/kWh?
- 1.154. Oblicz długość drutu oporowego chromonikielinowego o średnicy $d = 0,5 \text{ mm}$, potrzebnego do nawinięcia spirali kuchenki elektrycznej o poborze mocy $P = 1000 \text{ W}$ przy napięciu $U = 230 \text{ V}$. Rezystywność $\rho = 1,08 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$.
- 1.155. Amperomierz i woltomierz, wmontowane na tablicy rozdzielczej, wskazują odpowiednio prąd $I = 50 \text{ A}$ i napięcie $U = 200 \text{ V}$. Oblicz wartość mocy pobieranej przez te przyrządy, jeżeli rezystancja wewnętrzna amperomierza $R_a = 0,003 \Omega$ i woltomierza $R_v = 5 \text{ k}\Omega$.
- 1.156. Podczas naprawy grzejnika elektrycznego o mocy $P = 600 \text{ W}$ skrócono drut spirali o 2%. Oblicz wartość mocy pobieranej przez naprawiony grzejnik ($U = \text{const}$). O ile procent wzrośnie moc grzejnika?
- 1.157. Do odbiornika o mocy $P = 20 \text{ kW}$ jest doprowadzana energia elektryczna za pomocą linii przesyłowej o rezystancji $R_1 = 0,2 \Omega$. Oblicz straty mocy w linii oraz sprawność przesyłu energii, gdy napięcie wynosi: 100 V, 200 V i 400 V.
- 1.158. Źródło o sile elektromotorycznej $E = 245 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_w = 5 \Omega$ zasila odbiornik. Oblicz wartości prądu i mocy odbiornika, mocy źródła, straty mocy w źródle oraz jego sprawność, jeżeli napięcie na zaciskach źródła $U = 200 \text{ V}$. Przedstaw na wykresie bilans mocy.

Rozwiązanie

Prąd w obwodzie:

$$I = \frac{E - U}{R_w} = \frac{245 - 200}{5} = 9 \text{ A.}$$

Moc odbiornika:

$$P_o = UI = 200 \cdot 9 = 1800 \text{ W.}$$

Moc źródła:

$$P_z = EI = 245 \cdot 9 = 2205 \text{ W.}$$

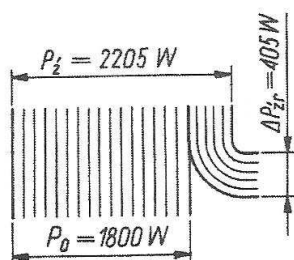
Straty mocy w źródle:

$$\Delta P_z = I^2 R_w = 9^2 \cdot 5 = 405 \text{ W.}$$

Sprawność źródła w %:

$$\eta = \frac{P_o}{P_z} 100\% = \frac{1800}{2205} 100\% = 81,6\%.$$

Na podstawie powyższych danych rysujemy bilans mocy (rys. 1.48).



Rys. 1.48

- 1.159.** Źródło napięcia o rezystancji wewnętrznej $R_w = 2 \Omega$ zasila odbiornik o rezystancji $R = 40 \Omega$. Rezystancja przewodów linii łączącej źródło z odbiornikiem $R_l = 3 \Omega$. Napięcie na odbiorniku $U = 220 \text{ V}$. Oblicz wartości siły elektromotorycznej E , napięcia źródła U_z , mocy odbiornika P_o i źródła P_z oraz straty mocy w źródle i przewodach linii. Przedstaw na wykresie bilans mocy.
- 1.160.** Moc grzejnika przy napięciu $U = 110 \text{ V}$ wynosi 40 W . Jaka moc będzie pobierał grzejnik po przyłączeniu go do źródła o napięciu dwukrotnie większym?
- 1.161.** Dwie żarówki o napięciu znamionowym $U_N = 230 \text{ V}$, mocy $P_1 = 40 \text{ W}$ i $P_2 = 100 \text{ W}$, połączone szeregowo, włączono do sieci o napięciu $U = 230 \text{ V}$. Która żarówka będzie świeciła jaśniej?
- 1.162.** Jaka wartość rezystancji powinien mieć rezystor połączony szeregowo z grzejnikiem z zadania 1.160, aby po doprowadzeniu do powstałego układu napięcia $U = 110 \text{ V}$, wartość mocy grzejnika zmniejszyła się do 20 W ?
- 1.163.** Obwód złożony z trzech rezystorów połączonych według rysunku 1.21 jest zasilany ze źródła o napięciu regulowanym. Przy jakiej wartości napięcia zasilającego będzie przekroczona dopuszczalna wartość mocy „najsłabszego” rezystora? Dane rezystorów: $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ (1 W), $R_2 = 8 \text{ k}\Omega$ (1 W), $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ (2 W).

Przemiana energii elektrycznej w ciepło

- 1.164. Wiedząc, że $1 \text{ J} = 0,239 \text{ cal}$, oblicz ile kalorii energii cieplnej otrzymuje się z 1 kWh energii elektrycznej.
- 1.165. Prąd przepływający przez grzejnik lutownicy elektrycznej $I = 0,2 \text{ A}$, a rezystancja grzejnika $R = 1,1 \text{ k}\Omega$. Oblicz ilość energii cieplnej wydzielonej w grzejniku w ciągu 1 h .
- 1.166. Jaka powinna być długość drutu oporowego grzejnika pieca elektrycznego wykonanego z chromonikieliny o przekroju $S = 0,5 \text{ mm}^2$, aby piec ten wytwarzał ciepło $Q_c = 360\,000 \text{ J}$ w czasie $t = 5 \text{ min}$? Napięcie zasilające $U = 230 \text{ V}$. Konduktywności materiałów podano w tablicy 4.
- 1.167. Ile wody o temperaturze 10°C można zagotować, zużywając 3 kWh energii elektrycznej? Sprawność $\eta = 1$. Ciepło właściwe wody $c_w = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) = 1 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.
- 1.168. Prąd przepływający przez grzejnik włączony do źródła o napięciu $U = 230 \text{ V}$ ma wartość 3 A . Oblicz sprawność grzejnika, jeżeli do podgrzania $1,5 \text{ l}$ wody od 20 do 60°C potrzeba 12 min . Ciepło właściwe wody $c_w = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.
- 1.169. Jaka musi być wartość mocy grzałki nurkowej mogącej w ciągu 5 min zagotować $0,4 \text{ l}$ wody o temperaturze 10°C ? Sprawność grzałki $\eta = 0,8$. Ciepło właściwe wody $c_w = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.
- 1.170. Imbryk elektryczny zagotuje $0,8 \text{ l}$ wody o temperaturze początkowej 16°C w ciągu 10 min . Sprawność imbryka $\eta = 75\%$. Oblicz wartości: mocy, rezystancji i prądu grzejnika oraz energii elektrycznej zużytej do zagotowania $0,8 \text{ l}$ wody, jeżeli $U = 230 \text{ V}$. Ciepło właściwe wody $c_w = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.

Rozwiązanie

Energia potrzebna do zagotowania $0,8 \text{ l}$ wody:

$$W_u = Q_u = c_w m (\vartheta_2 - \vartheta_1) = 4180 \cdot 0,8 (100 - 16) = 280\,896 \text{ J.}$$

Energia pobrana ze źródła:

$$W = \frac{W_u}{\eta} = \frac{280\,896}{0,75} = 374\,528 \text{ J.}$$

Moc grzejnika:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{374\,528}{10 \cdot 60} \approx 624 \text{ W.}$$

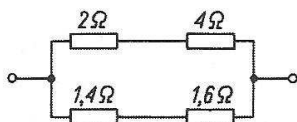
Prąd grzejnika:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{624}{230} \approx 2,71 \text{ A.}$$

Rezystancja grzejnika:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{230}{2,71} \approx 84,9 \, \Omega.$$

- 1.171. W którym z czterech rezystorów połączonych jak na rysunku 1.49 wydzieli się w określonym czasie największa ilość energii cieplnej po doprowadzeniu napięcia do układu?

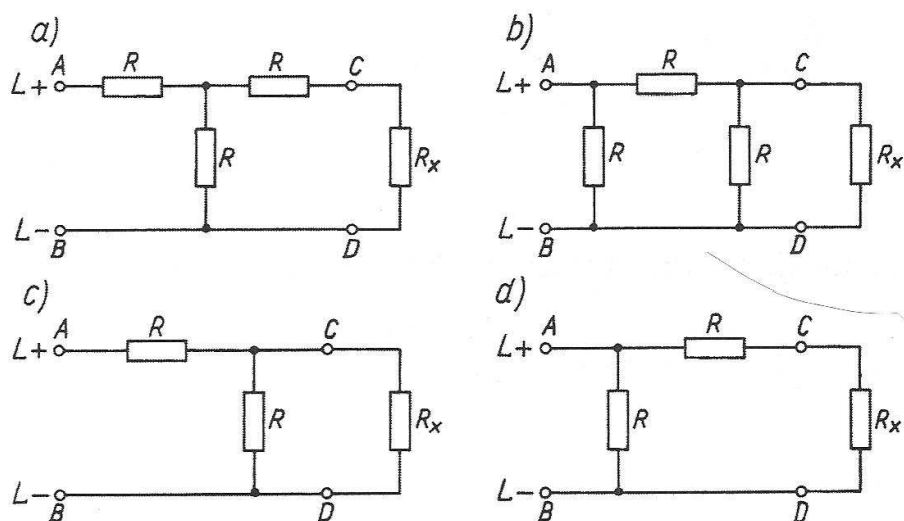


Rys. 1.49

- 1.172. Oblicz wartość mocy grzałki suszarki elektrycznej, która w ciągu 1 min ogrzałaby 300 l powietrza od 20 do 70°C. Gęstość powietrza $\delta = 1,29 \text{ kg/m}^3$, a ciepło właściwe powietrza $c_w = 1004 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$.
- 1.173. Komora suszarki przemysłowej ma wymiary $2 \times 2 \times 4 \text{ m}$. Po 15 min pracy, nagrzane do temperatury $\vartheta_2 = 60^\circ\text{C}$ powietrze zastępuje się świeżym o temperaturze $\vartheta_1 = 10^\circ\text{C}$. Oblicz koszt energii elektrycznej pobranej do ogrzewania powietrza w ciągu 8 h, jeżeli ciepło właściwe powietrza $c_w = 1004 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$, a gęstość powietrza $\delta = 1,29 \text{ kg/m}^3$. Cena energii elektrycznej wynosi 0,38 zł/kWh. Sprawność $\eta = 1$.
- 1.174. Urządzenie do grzania wody ma dwa grzejniki. Po włączeniu pierwszego grzejnika woda zaczyna wrzeć po 15 min, po włączeniu drugiego – po 30 min. Ile czasu potrzeba do zagotowania wody, gdy są włączone oba grzejniki: a) przy połączeniu szeregowym uzwojeń, b) przy połączeniu równoległym? Napięcie $U = \text{const}$.

1.11 Zadania różne

- 1.175.** Oblicz spadek napięcia w przewodzie miedzianym o długości $l = 500$ m i średnicy $d = 2$ mm, jeżeli prąd płynący w przewodzie $I = 2$ A. Konduktywność miedzi $\gamma_{\text{Cu}} = 55 \cdot 10^6$ S/m.
- 1.176.** Grzejnik kuchenki elektrycznej składa się z dwóch spiral o rezystancjach $R_1 = 40 \Omega$ i $R_2 = 60 \Omega$. Oblicz wartość mocy kuchenki przy czterech możliwych sposobach połączenia spirali (połączenie szeregowe, włączona tylko druga spirala, włączona tylko pierwsza, połączenie równoległe spirali). Napięcie zasilające $U = 230$ V.
- 1.177.** Mamy izolator w kształcie walca o wymiarach: $r = 10$ mm, $h = 30$ mm. Rezystywność materiału $\rho = 200\,000 \Omega \cdot \text{m}$. Obie podstawy izolatora są pokryte materiałem przewodzącym. Rezystancja powstałego układu po zawilgoceniu powierzchni bocznej wynosi $5 \text{ M}\Omega$. Wyznacz wartość rezystywności powierzchniowej.
- 1.178.** Podczas pomiaru mocy za pomocą amperomierza i woltomierza w układzie z rysunku 1.5a i b uzyskano następujące wyniki: $U_a = 100,5$ V, $I_a = 0,5$ A, $U_b = 100$ V, $I_b = 0,505$ A. Oblicz wartość przybliżoną oraz rzeczywistą mocy (po uwzględnieniu błędów metody) w układzie a i b . Rezystancje mierników: $R_a = 1 \Omega$, $R_v = 20 \text{ k}\Omega$.
- 1.179.** Dwa połączone szeregowo źródła o siłach elektromotorycznych E_1 i E_2 , gdzie $E_1 > E_2$, zasilają odbiornik. Oblicz stosunek E_1 do E_2 , wiedząc że po zmianie biegunowości siły elektromotorycznej E_2 wartość prądu płynącego w obwodzie zmniejszy się dwukrotnie.
- 1.180.** Na rysunku 1.50 przedstawiono cztery obwody: a , b , c , d . Jaką wartość rezystancji musi mieć rezystor R_x dołączony do punktów C , D każdego



Rys. 1.50

z tych obwodów, aby rezystancja „widziana” z punktów A, B była jej równa. Dana jest rezystancja R .

- 1.181.** Dwa źródła napięcia połączono równolegle (rys. 1.51a). Dane źródeł: $E_1 = 12 \text{ V}$, $R_{w1} = 2 \Omega$, $E_2 = 15 \text{ V}$, $R_{w2} = 3 \Omega$. Oblicz wartość siły elektromotorycznej E i rezystancji wewnętrznej R_w równoważnego źródła napięcia, korzystając z zamiany źródeł napięcia na źródła prądu i odwrotnie.

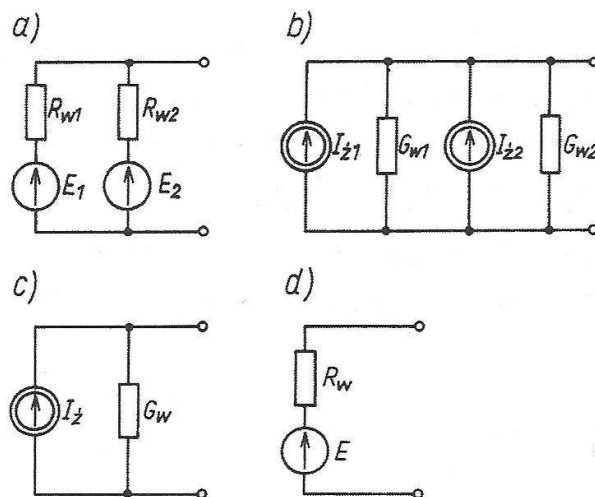
Rozwiązanie

Na wstępie zamieniamy źródła napięcia (rys. 1.51a) na równoważne źródła prądu (rys. 1.51b).

Prądy źródłowe (rys. 1.51b):

$$I_{z1} = \frac{E_1}{R_{w1}} = \frac{12}{2} = 6 \text{ A},$$

$$I_{z2} = \frac{E_2}{R_{w2}} = \frac{15}{3} = 5 \text{ A}.$$



Rys. 1.51

Konduktancje wewnętrzne źródeł prądu (rys. 1.51b):

$$G_{w1} = \frac{1}{R_{w1}} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ S},$$

$$G_{w2} = \frac{1}{R_{w2}} = \frac{1}{3} = 0,333 \text{ S}.$$

Prądy źródłowe źródeł prądu połączonych równolegle dodajemy, konduktancje wewnętrzne źródeł również. Zatem:

$$I_z = I_{z1} + I_{z2} = 6 + 5 = 11 \text{ A},$$

$$G_w = G_{w1} + G_{w2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6} \text{ S}.$$

Dwa źródła prądu zastępujemy jednym (rys. 1.51c) o wartości prądu źródłowego $I_z = 11 \text{ A}$ i konduktancji wewnętrznej $G_w = \frac{5}{6} \text{ S}$.

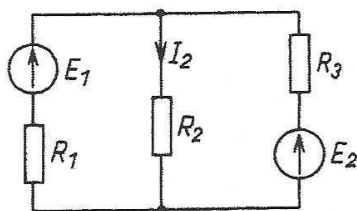
Z kolei źródło prądu zamieniamy na równoważne źródło napięcia (rys. 1.51d), którego rezystancja wewnętrzna:

$$R_w = \frac{1}{G_w} = \frac{6}{5} = 1,2 \ \Omega,$$

a siła elektromotoryczna:

$$E = \frac{I_z}{G_w} = 11 \cdot \frac{6}{5} = 13,2 \text{ V}.$$

- 1.182.** Oblicz wartość prądu I_2 płynącego w gałęzi środkowej obwodu przedstawionego na rysunku 1.52, korzystając z zamiany źródeł napięcia na źródła prądu. Dane są siły elektromotoryczne: $E_1 = 12 \text{ V}$, $E_2 = 6 \text{ V}$ i rezystancje: $R_1 = 6 \ \Omega$, $R_2 = 12 \ \Omega$, $R_3 = 4 \ \Omega$.

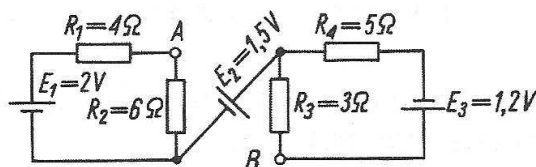


Rys. 1.52

- 1.183.** Oblicz wartość prądu I_z i konduktancji wewnętrznej G_w źródła prądu równoważnego źródła napięcia o sile elektromotorycznej $E = 12 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_w = 4 \ \Omega$. Wymienione wyżej źródło zasila odbiornik o rezystancji $R = 2 \ \Omega$. Oblicz wartość mocy pobieranej przez odbiornik oraz sprawność: a) źródła napięcia, b) źródła prądu.
- 1.184.** Temperatura cewki nawiniętej drutem miedzianym, przy jej pracy znamionowej, wynosi 30°C . Oblicz temperaturę tej cewki, gdy napięcie

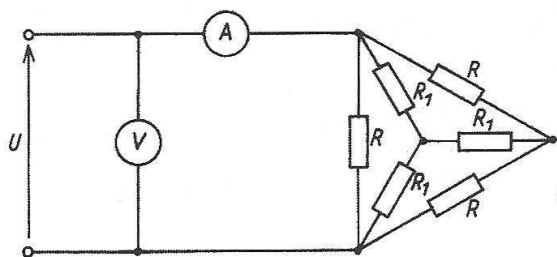
zasilające $U = 1,1U_N$, jeżeli wiadomo, że wartość prądu jest wówczas taka sama jak przy napięciu znamionowym. Współczynnik temperaturowy rezystancji miedzi $\alpha_{Cu} = 0,004 \frac{1}{^\circ C}$.

- 1.185. Jaka jest różnica potencjałów między punktami A i B układu przedstawionego na rysunku 1.53? Rezystancje wewnętrzne źródeł pominiń; pozostałe dane podano na rysunku 1.53.



Rys. 1.53

- 1.186. Źródło o rezystancji wewnętrznej R_w zasila odbiornik o rezystancji R . Oblicz stosunek rezystancji $\frac{R_w}{R}$, jeżeli wiadomo, że przy 2,25-krotnym zwiększeniu wartości rezystancji odbiornika moc odbiornika się nie zmienia.
- 1.187. Trzy rezystory o jednakowej rezystancji $R = 24 \Omega$ połączono w trójkąt. Oblicz wartości rezystancji równoważnego układu gwiazdy.
- 1.188. Amperomierz dołączony do obwodu przedstawionego na rysunku 1.54 wskazuje prąd $I = 15 \text{ A}$. Rezystancja wewnętrzna amperomierza $R_a \approx 0$. Wartości rezystancji: $R = 12 \Omega$, $R_1 = 4 \Omega$. Oblicz wskazanie woltomierza.



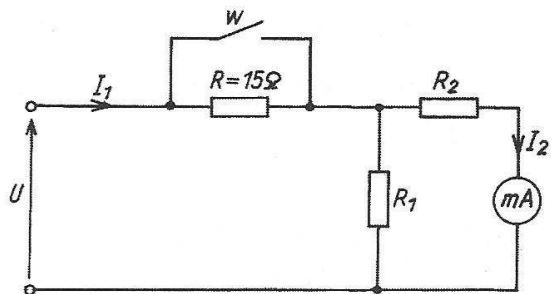
Rys. 1.54

- 1.189. Źródło o sile elektromotorycznej $E = 12 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_w = 2 \Omega$ zasila odbiornik o rezystancji nastawnej R . Wykreśl zależność $P = f(R)$ oraz $P = f(I)$ i z wykresu wyznacz wartość rezystancji odbiornika, przy której moc odbiornika ma największą wartość.
- 1.190. Odbiornik o rezystancji nastawnej R jest zasilany ze źródła o sile elektromotorycznej E i rezystancji wewnętrznej R_w . Moc maksymalną

pobieraną przez odbiornik $P_{\max} = 9 \text{ W}$ uzyskuje się, gdy prąd $I = 3 \text{ A}$. Oblicz wartość siły elektromotorycznej E i rezystancji wewnętrznej R_w źródła.

1.191. Oblicz wartość siły elektromotorycznej i rezystancji wewnętrznej źródła, wiedząc że moc odbiornika zasilanego z tego źródła jest równa 8 W przy dwóch różnych wartościach rezystancji odbiornika $R' = 2 \Omega$ i $R'' = 0,5 \Omega$.

1.192. W obwodzie przedstawionym na rysunku 1.55 po zamknięciu wyłącznika w przepływa prąd I_1 o wartości 10 A . Napięcie zasilające $U = 100 \text{ V}$. Ile razy zmniejszy się wskazanie miliamperomierza po otwarciu wyłącznika w?



Rys. 1.55

1.193. W obwodzie przedstawionym na rysunku 1.55 po zamknięciu wyłącznika w wartość prądu I_1 przepływającego w obwodzie przedstawionym na rysunku 1.55 wynosi 10 A , a miliamperomierz wskazuje prąd $I_2 = 200 \text{ mA}$. Jakie będzie wskazanie miliamperomierza po otwarciu wyłącznika w, jeżeli napięcie zasilające $U = 50 \text{ V}$? Oblicz wartości rezystancji R_1 i R_2 , wiedząc że rezystancja wewnętrzna miliamperomierza $R_a = 0,5 \Omega$.

1.194. Odbiornik jest zasilany z odległego o $l = 0,4 \text{ km}$ źródła za pomocą miedzianej linii napowietrznej. Napięcie źródła $U = 400 \text{ V}$, moc pobierana ze źródła $P = 10 \text{ kW}$. Oblicz, jaki musi być przekrój linii zasilającej, by straty mocy w linii nie przekroczyły 1% mocy pobieranej ze źródła. Konduktywność miedzi $\gamma_{\text{Cu}} = 55 \cdot 10^6 \text{ S/m}$.

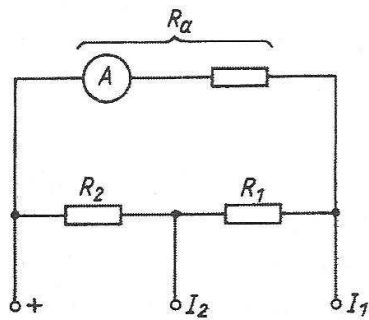
1.195. Piec elektryczny połączono z siecią o napięciu $U = 240 \text{ V}$ przewodami o rezystancji $R_p = 1 \Omega$. Oblicz wartość rezystancji pieca, jeżeli jego moc $P = 4,4 \text{ kW}$.

* **1.196.** Dwie połączone równolegle prądnice, o siłach elektromotorycznych $E_1 = 229 \text{ V}$, $E_2 = 232 \text{ V}$ oraz rezystancjach wewnętrznych $R_{w1} = 0,03 \Omega$,

* Zadania trudne.

$R_{w2} = 0,06 \Omega$, zasilają odbiornik. Moc pobierana przez odbiornik $P = 110 \text{ kW}$. Oblicz wartości: mocy oddawanej przez poszczególne prądnice i napięcie na zaciskach odbiornika.

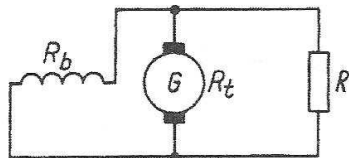
- 1.197.** Jak zmieniają się wartości (zwiększą się czy zmniejszą) prądów przepływających przez rezystory R_1 , R_2 i R_3 oraz napięć na tych rezystorach po zwiększeniu wartości rezystancji R_1 w obwodzie z rysunku 1.21? ($U = \text{const}$, $R_2 = \text{const}$, $R_3 = \text{const}$)
- 1.198.** Mamy amperomierz z bocznikiem. Zakres amperomierza $I_a = 0,5 \text{ A}$, rezystancja bocznika $R_b = 0,1 \Omega$, rezystancja cewki $R_c = 0,4 \Omega$. Cewkę miernika wykonano z miedzi (współczynnik temperaturowy rezystancji miedzi $\alpha_{Cu} = 0,004 \frac{1}{^\circ\text{C}}$), a bocznik z manganinu ($\alpha \approx 0$). W temperaturze 20°C amperomierz wskazuje bezbłędnie. Oblicz błąd względny amperomierza w temperaturze 30°C .
- 1.199.** Amperomierz (rys. 1.56) ma dwa zakresy: $I_1 = 0,15 \text{ A}$, $I_2 = 0,6 \text{ A}$. Rezystancje bocznika: $R_1 = 6 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$. Rezystancja ustroju pomiarowego wraz z rezystorem „temperaturowym” $R_a = 8 \Omega$. Oblicz błąd względny wskazań amperomierza na obu zakresach, gdy zwiększymy wartość rezystancji R_1 od 6 do $6,5 \Omega$.



Rys. 1.56

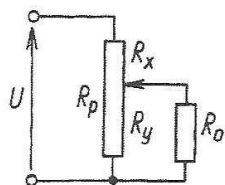
- 1.200.** Mamy obwód z rysunku 1.21. Moc wydzielana w rezystorze $R_1 = 100 \Omega$ wynosi 16 W . Napięcie na rezystorze $R_3 = 20 \Omega$ wynosi 40 V . Oblicz wartość rezystancji R_2 i siły elektromotorycznej źródła zasilającego obwód, jeżeli sprawność źródła $\eta = 80\%$.
- 1.201.** Rezystor nastawny włączono do źródła napięcia stałego. Przy pewnym położeniu suwaka, napięcie $U = 8 \text{ V}$, prąd $I = 2 \text{ A}$. Przy innym położeniu suwaka, napięcie $U = 6 \text{ V}$, prąd $I = 4 \text{ A}$. Oblicz wartość siły elektromotorycznej E i rezystancji wewnętrznej R_w źródła.

- 1.202. Prądnicą bocznikową prądu stałego (rys. 1.57) o sile elektromotorycznej $E = 294 \text{ V}$, rezystancji uzwojenia twornika $R_t = 0,5 \Omega$ i rezystancji uzwojenia wzbudzenia $R_b = 120 \Omega$ zasilana odbiornik o rezystancji $R = 30 \Omega$. Oblicz wartości: prądu przepływającego przez odbiornik, prądu wzbudzenia i napięcia na zaciskach prądnicy.

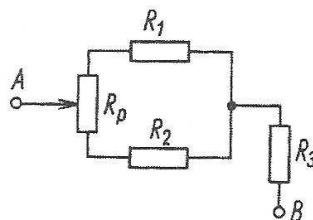


Rys. 1.57

- 1.203. Prądnicą bocznikową o sile elektromotorycznej $E = 130,5 \text{ V}$, rezystancji twornika $R_t = 0,4 \Omega$ i rezystancji uzwojenia wzbudzenia $R_b = 100 \Omega$ zasilana odbiornik. Prąd przepływający przez odbiornik $I = 25 \text{ A}$. Oblicz wartość napięcia prądnicy oraz jej prądu wzbudzenia.
- 1.204. Do dwóch cewek połączonych równolegle doprowadzono napięcie $U = 210 \text{ V}$. Prąd sumaryczny przepływający przez cewki $I = 25 \text{ A}$, a moc pobierana przez jedną z nich $P_1 = 3,15 \text{ kW}$. Oblicz wartości rezystancji cewek.
- 1.205. Szeregowo z rezystorem o rezystancji R połączono układ złożony z dwóch rezystorów połączonych równolegle ($R_1 = 12 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$). Cały układ pobiera moc $P = 96 \text{ W}$, a napięcie źródła $U = 24 \text{ V}$. Oblicz wartość rezystancji R .
- 1.206. Dobierz tak wartości rezystancji R_x i R_y potencjometru w układzie (rys. 1.58), aby napięcie na odbiorniku było równe 50 V . Napięcie zasilające $U = 100 \text{ V}$, rezystancja potencjometru $R_p = 200 \Omega$, rezystancja odbiornika $R_o = 240 \Omega$.



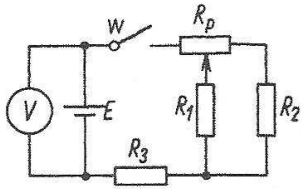
Rys. 1.58



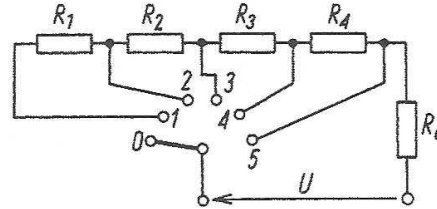
Rys. 1.59

- 1.207. W jakim położeniu należy ustawić suwak potencjometru włączonego w obwód (rys. 1.59), aby wartość rezystancji zastępczej obwodu R_{AB} była równa 50Ω ? Dane obwodu: $R_1 = 15 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$, $R_3 = 35 \Omega$, $R_p = 35 \Omega$.

- 1.208. Wskazanie woltomierza dołączonego do obwodu z rysunku 1.60 wynosi:
 a) 81 V – przy otwartym wyłączniku w , b) 80 V – przy zamkniętym wyłączniku w . Rezystancja wewnętrzna źródła $R_w = 2 \Omega$. Wyznacz położenie suwaka potencjometru, jeżeli rezystancje: $R_1 = 30 \Omega$, $R_2 = 40 \Omega$, $R_3 = 60 \Omega$ i $R_p = 100 \Omega$.



Rys. 1.60

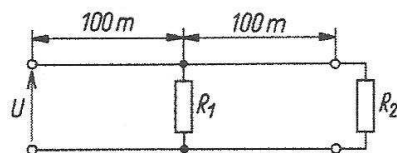


Rys. 1.61

- 1.209. W celu regulacji mocy odbiornika o rezystancji $R_o = 20 \Omega$ przyłączono do niego szeregowo rezystor stopniowy z przełącznikiem (rys. 1.61). Oblicz wartości rezystancji R_1 , R_2 , R_3 i R_4 stopni rezystora, jeżeli w poszczególnych położeniach przełącznika od 1 do 5 moc odbiornika ma wynosić odpowiednio: $0,2P$; $0,4P$; $0,6P$; $0,8P$; P .

Wskazówka: dla ułatwienia przyjmij napięcie $U = 100 \text{ V}$.

- 1.210. Grupa odbiorników o mocy $P = 2,3 \text{ kW}$ i napięciu $U = 230 \text{ V}$ ma być zasilana ze źródła za pomocą linii dwuprzewodowej o długości $l = 40 \text{ m}$. Dobierz przekrój przewodów aluminiowych tak, aby spadek napięcia w linii nie przekroczył 2%. Znormalizowane przekroje przewodów są następujące: $1, 5 \text{ mm}^2$, $2,5 \text{ mm}^2$, 4 mm^2 , 6 mm^2 , 10 mm^2 . Konduktywność aluminium $\gamma_{\text{Al}} = 35 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. Po dobraniu przekroju przewodów, oblicz spadek napięcia w linii – w woltach i procentach.
- 1.211. Dwa odbiorniki o mocy $P_1 = 10 \text{ kW}$ i $P_2 = 5 \text{ kW}$ połączono ze źródłem o napięciu $U = 400 \text{ V}$ dwuprzewodową linią aluminiową. Odległości między

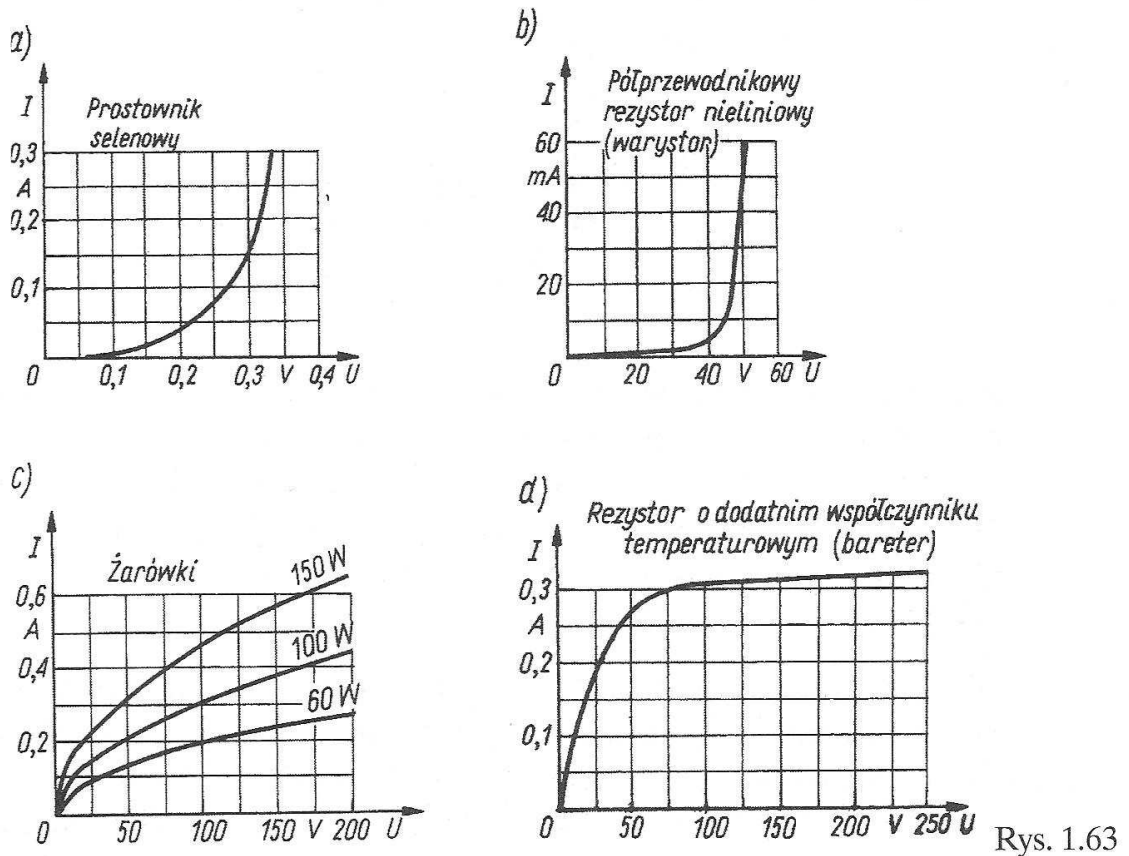


Rys. 1.62

źródłem i odbiornikami podano na rysunku 1.62. Linia na całej długości ma ten sam przekrój. Oblicz przekrój przewodów aluminiowych (konduktywność aluminium $\gamma_{\text{Al}} = 35 \cdot 10^6 \text{ S/m}$), jeżeli procentowy spadek napięcia wzdłuż całej linii nie może przekroczyć 2%.

Wskazówka: przyjmij, że napięcie $U_o \approx U$.

1.212. Korzystając z wykresów $I = f(U)$ na rysunkach 1.63a, b, c, wykreśl charakterystyki $R = f(U)$ półprzewodnikowego rezystora nieliniowego (warystora), żarówki 100 W o włóknie wolframowym i prostownika selenowego (dla kierunku przepustowego).



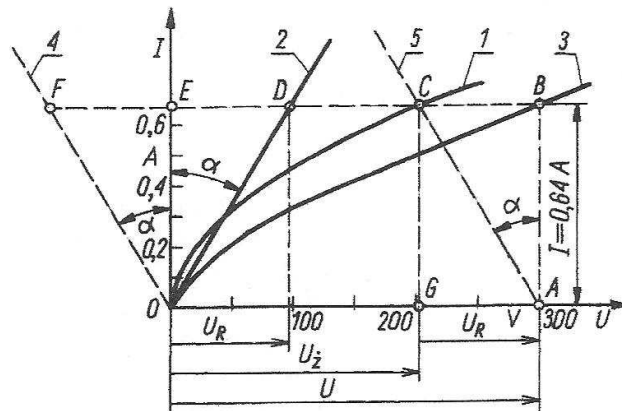
Rys. 1.63

1.213. Do obwodu szeregowego, złożonego z rezystora liniowego o rezystancji $R = 150 \Omega$ i żarówki o mocy $P = 150 \text{ W}$, której charakterystykę prądowo-napięciową pokazano na rysunku 1.63c, doprowadzono napięcie $U = 300 \text{ V}$. Wyznacz prąd płynący w obwodzie oraz napięcia na żarówce i rezystorze R , stosując metodę wykreślną. Jaka powinna być wartość rezystancji R , aby napięcie na żarówce miało wartość równą 200 V ?

Rozwiązanie

Na wstępie rysujemy na jednym wykresie (rys. 1.64) dwie charakterystyki prądowo-napięciowe: żarówki o mocy $P = 150 \text{ W}$ (krzywa 1) i rezystora liniowego R (prosta 2). Rezystor liniowy R i żarówka są połączone szeregowo, wobec tego w celu wykreślenia charakterystyki prądowo-napięciowej całego obwodu należy dla danych wartości prądu dodać odcięte odpowiadające napięciu na żarówce i rezystorze R . Otrzymamy w ten sposób krzywą 3, która jest zależnością $I = f(U)$ dla całego

obwodu. Prowadząc z punktu A odpowiadającego napięciu $U = 300$ V prostopadłą do osi odciętych, przecinamy krzywą 3 w punkcie B (punkt pracy obwodu). Odcinek $BA = EO$ jest szukanym prądem ($I = 0,64$ A), odcinek DE – napięciem na rezystorze liniowym ($U_R = 97$ V), a odcinek CE – napięciem na żarówce ($U_z = 200$ V).

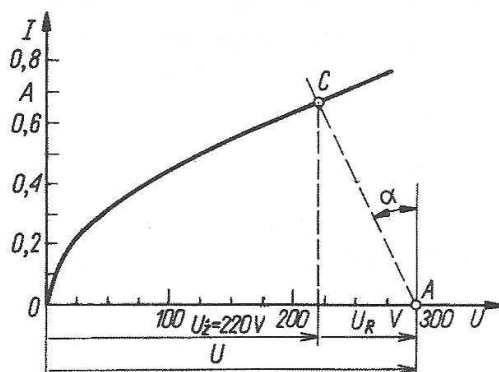


Rys. 1.64

Zadanie to można również rozwiązać bez kłopotliwego sumowania napięć. W tym celu rysujemy odwróconą charakterystykę rezystora liniowego R (prosta 4), a następnie z punktu A prowadzimy równoległą do niej, która przecina krzywą I w punkcie C. Rzędna punktu C jest szukanym prądem, odcięta punktu C – napięciem na żarówce U_z , a odcinek AG – napięciem na rezystorze liniowym U_R .

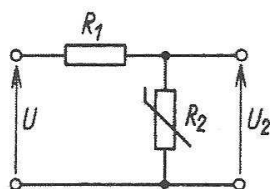
Aby rozwiązać drugą część zadania 1.213, rysujemy charakterystykę $I = f(U)$ żarówki (rys. 1.65), następnie z punktu A ($U = 300$ V) rysujemy charakterystykę „odwróconą” rezystora liniowego R , tak aby odcięta punktu C była równa żądanemu napięciu $U_z = 220$ V. Rzędna punktu C jest równa prądowi płynącemu w obwodzie ($I = 0,67$ A). Wartość rezystancji R obliczamy z prawa Ohma:

$$R = \frac{U - U_z}{I} = \frac{300 - 220}{0,67} = \frac{80}{0,67} = 119,4 \Omega.$$



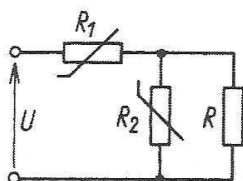
Rys. 1.65

- 1.214.** W celu stabilizacji prądu przepływającego przez odbiornik o rezystancji liniowej $R = 200 \Omega$ przyłączono do niego szeregowo rezystor drutowy o dodatnim współczynniku temperaturowym (bareter), którego charakterystykę pokazano na rysunku 1.63d. Wyznacz wartość prądu i napięcia na odbiorniku, gdy napięcie doprowadzone do układu: a) $U = 220 \text{ V}$, b) $U = 250 \text{ V}$.
- 1.215.** Żarówkę o mocy $P = 100 \text{ W}$, której charakterystykę $I = f(U)$ pokazano na rysunku 1.63c, połączono równolegle z rezystorem liniowym o rezystancji $R = 300 \Omega$. Wyznacz wartość prądu całkowitego obwodu, gdy napięcie zasilające $U = 200 \text{ V}$.
- 1.216.** Warystor R_2 , którego charakterystykę prądowo-napięciową pokazano na rysunku 1.63b, połączono szeregowo z rezystorem liniowym $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$ (rys. 1.66). Wyznacz wartość napięcia na warystorze, gdy napięcie doprowadzone do układu: a) $U = 240 \text{ V}$, b) $U = 160 \text{ V}$.



Rys. 1.66

- 1.217.** Określ procentowy zakres zmian napięcia na warystorze w układzie z zadania 1.216, jeżeli napięcie źródła $U = 200 \text{ V}$ i zmienia się w przedziale $\pm 10\%$.
- 1.218.** Do stabilizacji napięcia na odbiorniku o rezystancji liniowej $R = 175 \Omega$ zastosowano układ przedstawiony na rysunku 1.67.



Rys. 1.67

W układzie tym R_1 jest bareterem, którego charakterystykę pokazano na rysunku 1.63d, a R_2 warystorem o charakterystyce z rysunku 1.63b. Oblicz, jaka musi być wartość napięcia zasilającego U , aby napięcie na odbiorniku miało wartość 8 V .

- 1.1. 0,8 A
- 1.2. 32 A; $\sim 5,33 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}^2 \approx 5,33 \text{ A/mm}^2$
- 1.3. 50 s
- 1.4. 120 C
- 1.5. 8 A; 4 A; 2 A; 1 A
- 1.6. 18 Ω ; 0,0556 S
- 1.7. 50 μA
- 1.8. 230 V
- 1.9. 0,03 V
- 1.10. 24 V
- 1.11. (0,24 \div 4,8) A
- 1.12. 2,3 A; $\sim 11,73 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}^2 \approx 11,73 \text{ A/mm}^2$
- 1.13. 2,6 V; 5V
- 1.14. 0 \div 16 V
- 1.15. 6 Ω ; 3,6 V
- 1.16. $\sim 57,8 \cdot 10^6 \text{ S/m}$; 0,01725 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; 57,8 m/ ($\Omega \cdot \text{mm}^2$)
- 1.17. $\sim 75,8 \text{ O}$
- 1.18. $\sim 2,13 \text{ } \Omega$
- 1.20. $\sim 3,57 \text{ mm}$; 1,82 Ω/km ; 89 kg/km
- 1.21. $\sim 9,43 \text{ mm}^2$
- 1.22. $\sim 2,51 \text{ mm}$; $\sim 2,1$ razy większy
- 1.23. 80 V
- 1.24. $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega \cdot \text{mm} = 0,5 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- 1.25. 3300 m
- 1.26. 210 A; $0,35 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2 = 0,35 \text{ A/mm}^2$
- 1.27. $\sim 7,27 \text{ V}$
- 1.28. 54 Ω
- 1.29. 49,3 $^\circ\text{C}$
- 1.31. $0,004 \frac{1}{^\circ\text{C}}$
- 1.32. 2,92 A
- 1.33. $-0,015 \frac{1}{^\circ\text{C}}$
- 1.34. 2,5 $^\circ\text{C}$
- 1.35. $0,0008 \frac{1}{^\circ\text{C}}$; 0,4%; 0,08%
- 1.36. $-43,5^\circ\text{C}$
- 1.37. 60 Ω ; 4V; 8V
- 1.39. 1 \div 6 A; 20 \div 120 V
- 1.40. 30 Ω
- 1.41. 2,5 Ω

- 1.42. $\sim 22,9 \text{ mm}^2$
 1.43. $5 \text{ A}; U_o = 230 \text{ V}; \Delta U_l = 5 \text{ V}$
 1.44. 270Ω
 1.45. $9,9 \text{ k} \Omega; 30 \text{ k}\Omega; 160 \text{ k}\Omega$
 1.46. $7 \Omega; 10,5 \Omega; 17,5 \Omega$
 1.47. 20 V
 1.48. 250Ω
 1.49. 6 wartości napięć: $30; 90; 120; 180; 270; 300 \text{ V}$
 1.50. $R \geq 595 \text{ k}\Omega$
 1.51. $0; 44,4 \Omega, 55,6 \Omega, 71,4 \Omega, 95,3 \Omega, 133,3 \Omega$
 1.53. 1000Ω
 1.54. $3 \text{ A}; 2 \text{ A}; 1,5 \text{ A}; 1,846 \Omega; 0,542 \text{ S}$
 1.55. $0,6 \text{ A}; 0,4 \text{ A}$
 1.56. $15 \text{ A}; 12 \text{ A}; 6 \text{ A}; 8 \text{ A}$
 1.57. $0,02 \Omega$
 1.58. $9990,5 \Omega$
 1.59. $14,6 \text{ A}$
 1.60. $10 \text{ M}\Omega$
 1.61. $20 \Omega; 30 \Omega$
 1.62. $60 \Omega; 20 \Omega$
 1.63. $\sim 2\%$
 1.64. $201 \Omega; 198 \Omega; 200 \Omega; 0,5\%; 0,99\%$
 1.65. $2 \text{ A}; 52 \text{ V}; 15 \text{ A}$
 1.66. $0,25 \Omega$
 1.67. $1,5 \text{ A}; 0,25 \text{ S}$
 1.69. $5 \text{ A}; 44 \Omega$
 1.70. $20 \text{ A}; 230 \text{ V}; 200 \text{ V}; 30 \text{ V}; \sim 82,7 \text{ m}$
 1.71. $13,6 \text{ V}$
 1.72. $8,9 \div 8,4 \text{ V}$
 1.73. 6Ω
 1.74. 9
 1.75. 6 A
 1.76. $0,08\%$
 1.77. $1,26 \text{ V}; 0,2 \text{ A}; 0,1 \text{ A}; 0,3 \text{ A}$
 1.78. $2,25 \text{ V}; 0,25 \Omega$
 1.79. 6Ω
 1.80. $85,7 \div 100 \text{ V}$
 1.81. $7,5 \text{ V}; \sim 6,43 \text{ V}; \sim 5,63 \text{ V}$
 1.82. $20 \Omega; 30 \Omega; 178,8 \text{ V}; 5,88 \Omega$
 1.83. $0,25 \text{ A}; 4,05 \text{ V}; 1,35 \text{ V}$
 1.84. $11,81 \text{ V}; 11,11 \text{ V}$
 1.85. Tak, gdy źródło jest odbiornikiem
 1.86. $5 \text{ A}; 6,25 \text{ V}$

- 1.87. $E_g = 260 \text{ V}; E_m = 180 \text{ V}; U_g = 236 \text{ V}$
- 1.88. $U_1 = 27,5 \text{ V}; U_2 = 25,3 \text{ V}$
- 1.90. $I = 0,2 \text{ A}; V_A = -3 \text{ V}; V_B = 6,8 \text{ V}; V_C = 6 \text{ V}; V_D = 15,8 \text{ V}$
 $V_E = 15 \text{ V}; V_F = 6,8 \text{ V}; V_G = 3,8 \text{ V}; V_H = 7,6 \text{ V}; V_I = 6,2 \text{ V}$
- 1.91. 0; 0; 0
- 1.92. $V_A = 4,37 \text{ V}; V_B = -4,3 \text{ V}; U_{CO} = -4,3 \div 4,37 \text{ V}$
- 1.93. $0,2 \Omega$
- 1.94. 16Ω
- 1.95. 5 V
- 1.96. $0,4 \text{ A}; 24,4 \text{ V}; 59,8 \text{ V}; 12,2 \text{ V}$. E_2 pracuje jako źródło, E_1 oraz E_3 jako odbiorniki
- 1.98. Wskazanie woltomierza V_2 zwiększy się, woltomierzy V_1 oraz V_3 zmniejszy się
- 1.101. $I_{12} = 0,2 \text{ A}; I_3 = 0,5 \text{ A}; I = 0,7 \text{ A}; U = 7,4 \text{ V}$
- 1.102. 66Ω
- 1.103. 105Ω
- 1.104. $4R; 0,25R; R; R; \frac{4}{3}R; 0,75R; 2,5R; 0,4R; \frac{5}{3}R; 0,6R$
- 1.105. $9 \text{ V}; 4 \text{ V}; 4 \text{ V}$
- 1.106. $11,1 \Omega; 0,2 \text{ V}$
- 1.107. $9 \Omega; 54 \text{ V}$
- 1.108. $\frac{5}{11}R; \frac{26}{55}R$
- 1.109. $15 \text{ A}; 5 \text{ A}; 3,33 \text{ A}; 6,67 \text{ A}; 10 \text{ A}; 135 \text{ V}; 9 \Omega$
- 1.110. $16 \text{ A}; 24 \text{ A}; 40 \text{ A}; 30 \text{ A}; 10 \text{ A}; 296 \text{ V}$
- 1.111. $16 \text{ A}; 84 \text{ V}$
- 1.112. $0,6 \Omega; 1,8 \Omega; 9,6 \Omega$
- 1.113. $2 \text{ A}; 1 \text{ A}; 40 \Omega; 30 \text{ V}; 0$
- 1.114. $0,6 \text{ A}; 0,3 \text{ A}; 0,3 \text{ A}; 0,18 \text{ A}; 0,12 \text{ A}$
- 1.115. $0,5 \text{ A}; \frac{1}{6} \text{ A}; \frac{1}{3} \text{ A}; 0,2 \text{ A}; 0,3 \text{ A}$
- 1.116. $2,4 \Omega; 2,1 \Omega$
- 1.117. $1,5 \text{ A}; 3 \text{ A}$
- 1.118. $18\frac{2}{3} \text{ V}$
- 1.120. $150 \text{ V}; 120 \text{ V}$
- 1.121. 400 V
- 1.122. $40 \text{ V}; 1 \text{ A}$
- 1.124. 200Ω
- 1.125. $40 \Omega; 60 \Omega$
- 1.126. $\frac{R_p}{l} \left(y - \frac{y^2}{l} \right)$; parabola
- 1.128. 12 V
- 1.129. Przy zamkniętym
- 1.130. 2 A

- 1.131. 16 V
- 1.132. a) 6 V; 9 V; b) 7,5 V; 7,5 V
- 1.133. a) 6 V; b) 0,25 mA
- 1.134. 20 Ω ; 30 Ω ; 50 Ω
- 1.135. 875 Ω
- 1.136. 5,71 mA; 50 mA
- 1.137. 40,8°C
- 1.138. $E_1 = E_2$
- 1.139. 2,4 A; 1,2 A; 0,8 A; 0,4 A
- 1.140. 10 V; 5 A; 3 A; 2 A
- 1.141. Trzy gałęzie równoległe po dwa ogniwa szeregowo
- 1.143. 1,2 Ω
- 1.144. 0,4 Ω ; 0,8 Ω
- 1.145. 1 A
- 1.146. $38,88 \cdot 10^6 \text{ J} = 10,8 \text{ kWh}$
- 1.147. 120 W; 97,5%
- 1.148. 540 W; 4,32 kWh
- 1.149. 1322,5 Ω ; $\sim 882 \Omega$; 529 Ω
- 1.150. $\sim 387 \text{ V}$; $\sim 5,16 \text{ mA}$
- 1.151. $W = 0,54 \text{ kWh}$. Energia nie zależy od R_w
- 1.152. 7,6 zł
- 1.153. 6,84 zł
- 1.154. 9,6 m
- 1.155. 7,5 W; 8 W
- 1.156. 612 W; 2%
- 1.157. 8 kW; 2 kW; 0,5 kW; $\sim 71,4\%$; $\sim 91\%$; $\sim 97,6\%$
- 1.159. 247,5 V; 236,5 V; 1210 W; $\sim 1361 \text{ W}$; 60,5 W; 90,75 W
- 1.160. 160 W
- 1.161. Żarówka 40 W
- 1.162. $\sim 125,5 \Omega$
- 1.163. $\sim 72,7 \text{ V}$; „najsłabszy” rezystor R_1
- 1.164. $\sim 860 \text{ kcal}$
- 1.165. 158 400 J $\approx 37,9 \text{ kcal}$
- 1.166. 20,5 m
- 1.167. 28,7 l wody
- 1.168. $\sim 50,5\%$
- 1.169. 628 W
- 1.171. W rezystorze o rezystancji 1,6 Ω
- 1.172. 324 W
- 1.173. 3,48 zł
- 1.174. 45 min; 10 min
- 1.175. 5,79 V
- 1.176. 484 W; $\sim 807 \text{ W}$; 1210 W; $\sim 2017 \text{ W}$

- 1.177. $3,6 \cdot 10^9 \frac{\Omega}{\text{m}^2}$
- 1.178. 50,25 W; 50,5 W; 50 W
- 1.179. 3
- 1.180. a) $R\sqrt{3}$; b) $\frac{R}{\sqrt{3}}$; c) $\frac{1+\sqrt{5}}{2}R$; d) $\frac{\sqrt{5}-1}{2}R$
- 1.182. $\sim 0,583 \text{ A}$
- 1.183. $I_z = 3 \text{ A}$; $G_w = 0,25 \text{ S}$; $P = 8 \text{ W}$; $\eta_u = 33,3\%$; $\eta_i = 66,7\%$
- 1.184. 55°C
- 1.185. $0,75 \text{ V}$ ($U_{AB} = -0,75 \text{ V}$)
- 1.186. 1,5
- 1.187. 8Ω
- 1.188. 60 V
- 1.189. $P = P_{\text{max}}$, przy $R = R_w = 2 \Omega$
- 1.190. 6 V ; 1Ω
- 1.191. 6 V ; 1Ω
- 1.192. Wskazanie miliamperomierza zmniejszy się 2,5-krotnie
- 1.193. 50 mA ; $249,5 \Omega$; $5,1 \Omega$
- 1.194. 91 mm^2
- 1.195. 11Ω ; $\frac{1}{11} \Omega$
- 1.196. 66 kW ; 44 kW ; $U = 220 \text{ V}$
- 1.197. U_1, U_2, I_2 zwiększą się; I_1, I_3, U_3 zmniejszą się
- 1.198. $\sim 3,1\%$
- 1.199. $3,03\%$; $-3,03\%$
- 1.200. 25Ω ; 100 V
- 1.201. 10 V ; 1Ω
- 1.202. $9,6 \text{ A}$; $2,4 \text{ A}$; 288 V
- 1.203. 120 V ; $1,2 \text{ A}$
- 1.204. 14Ω ; 21Ω
- 1.205. 2Ω
- 1.206. 80Ω i 120Ω
- 1.207. 20Ω i 15Ω
- 1.208. 80Ω i 20Ω
- 1.209. $13,1 \Omega$; $5,81 \Omega$; $3,45 \Omega$; $2,36 \Omega$
- 1.210. 6 mm^2 ; $3,81 \text{ V}$; $1,66\%$
- 1.211. $35,7 \text{ mm}^2$
- 1.214. a) $0,31 \text{ A}$; 62 V , b) $0,315 \text{ A}$; 63 V
- 1.215. $\sim 1,1 \text{ A}$
- 1.216. 49 V ; 47 V
- 1.217. $\sim 1,04\%$
- 1.218. $\sim 250 \text{ V}$