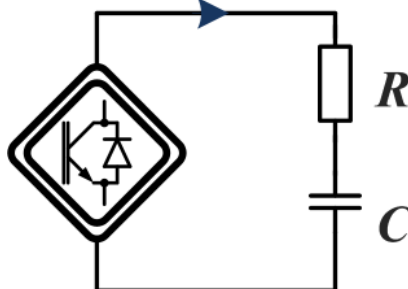


„EUROELEKTRA”
Ogólnopolska Olimpiada Wiedzy Elektrycznej i Energetycznej
Rok szkolny 2024/2025

Rozwiązania zadań dla grupy elektrycznej na zawody III stopnia

Zadanie 1

Przekształtnik elektroniczny, pełniący funkcję sterowanego źródła prądu (rys. 1) o dowolnie kształtowanych przebiegach, generuje przebieg prądu o wartości skutecznej $I_{RMS} = 100 \text{ A}$ i o współczynniku zawartości harmonicznych THD_I równym 33,0%. Przebieg ten składa się z pierwszej, piątej i siódmej harmonicznej. Obciążenie przekształtnika stanowi szeregowo połączony układ RC o parametrach $1,00 \Omega$ i $2000 \mu\text{F}$.



Rys. 1. Przekształtnik zasilający dwójnik szeregowy typu RC

W pewnym momencie przekształtnik dodał do przebiegu prądu trzecią harmoniczną o wartości skutecznej 46,0 A.

Ile wynosi współczynnik THD_I oraz wartość skuteczna prądu I_{RMS} w gałęzi odbiornika energii po tej zmianie?

Rozwiązanie

Współczynnik zawartości harmonicznych THD stanowi matematycznie iloraz wartości skutecznej przebiegu zawierającej jedynie wyższe harmoniczne (tzw. składowa odkształcająca I_H) do wartości skutecznej harmonicznej podstawowej I_F . Można ten współczynnik zapisać w procentach, jak i w postaci niemianowanej.

Zatem w pierwszej kolejności należy dokonać dekompozycji wartości skutecznej przebiegu prądu I_{RMS} na składowe I_H i I_F . Wiedząc, że wartości skuteczne kolejnych harmonicznych sumują się geometrycznie, można zapisać:

$$THD_I = \frac{I_H}{I_F} = \frac{\sqrt{I_{RMS}^2 - I_F^2}}{I_F}$$

Przekształcając, otrzymuje się:

$$I_F = \frac{I_{RMS}}{\sqrt{THD_I^2 + 1}}$$

$$I_F = \frac{100 \text{ A}}{\sqrt{0,330^2 + 1}} = 94,94 \text{ A}$$

Podobnie, składowa odkształcająca:

$$THD_I = \frac{I_H}{I_F} = \frac{I_H}{\sqrt{I_{RMS}^2 - I_H^2}}$$

i po przekształceniu:

$$I_H = \frac{I_{RMS} \cdot THD_I}{\sqrt{THD_I^2 + 1}}$$

$$I_H = \frac{100 \text{ A} \cdot 0,330}{\sqrt{0,330^2 + 1}} = 31,34 \text{ A}$$

Wiedząc, że do składowej odkształcającej dodano niewystępującą wcześniej trzecią harmoniczną o znanej wartości skutecznej I_3 , można analogicznie wyznaczyć nową wartość składowej odkształcającej:

$$I_H' = \sqrt{I_H^2 + I_3^2}$$

$$I_H' = \sqrt{(31,34 \text{ A})^2 + (46,0 \text{ A})^2} = 55,66 \text{ A}$$

Ponieważ dodanie trzeciej harmoniczej I_3 nie wpłynęło w żaden sposób na wartość harmoniczną podstawowej I_F , to współczynnik THD_I po owej zmianie wynosi:

$$THD_I' = \frac{I_H'}{I_F}$$

$$THD_I' = \frac{55,66 \text{ A}}{94,96 \text{ A}} = 0,5861 = 58,61\%$$

Z kolei nowa wartość skuteczna prądu wynosi:

$$I_{RMS}' = \sqrt{I_{RMS}^2 + I_3^2}$$

$$I_{RMS}' = \sqrt{(100 \text{ A})^2 + (46 \text{ A})^2} = 110,1 \text{ A}$$

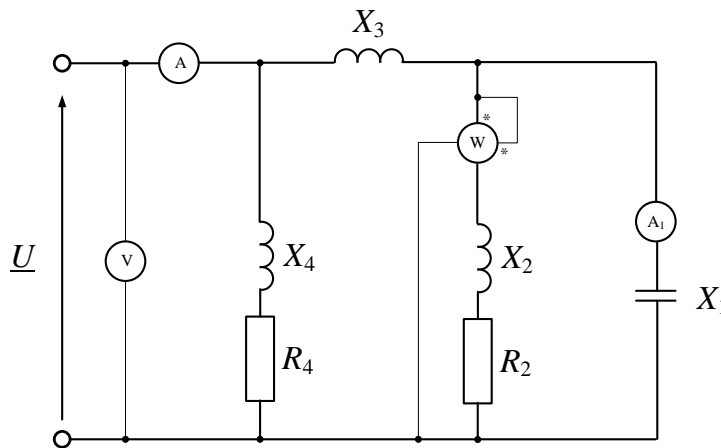
Odpowiedź

Po dodaniu trzeciej harmoniczej wartość $THDi$ wynosi 58,61%, natomiast wartość skuteczna prądu I_{RMS}' to 110,1 A.

Zadanie 2

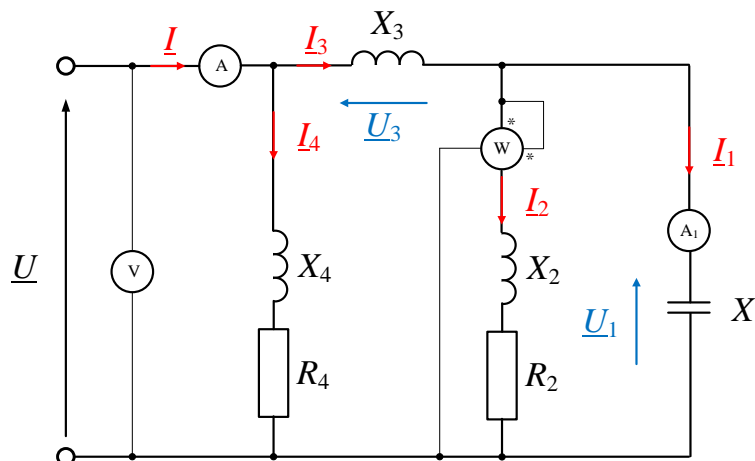
W obwodzie elektrycznym przedstawionym na rysunku 2, z idealnego amperomierza A_1 odczytano wartość 2,20 A a z idealnego watomierza wartość 150 W. Oblicz jaką wartość wskaże idealny woltomierz V oraz amperomierz A. Dodatkowo znajdź wartość mocy baterii kondensatorów, którą należałoby dołączyć równolegle do obwodu, aby uzyskać współczynnik mocy równy jedności.

Dane obwodu: $X_1 = 125 \, \Omega$, $R_2 = 40,0 \, \Omega$, $X_3 = 70,0 \, \Omega$, $X_4 = 30,0 \, \Omega$, $R_4 = 25,0 \, \Omega$, $f = 50,0 \, \text{Hz}$.



Rys. 2. Schemat obwodu elektrycznego

Rozwiązanie:



Na podstawie wskazania amperomierza, możliwe jest obliczenie wartości napięcia U_1 :

$$|U_1| = X_1 |I_1| = 125 \cdot 2,20 = 275,00 \, \text{V}$$

Następnie, na podstawie wskazania watomierza możliwe jest obliczenie wartości prądu I_2 :

$$|I_2| = \sqrt{\frac{P_2}{R_2}} = \sqrt{\frac{150}{40,0}} \approx 1,9365 \, \text{A}$$

Kolejne kroki prowadzą do obliczenia reaktancji indukcyjnej X_2 :

$$|Z_2| = \frac{|U_1|}{|I_2|} = \frac{275}{1,9365} \approx 142,01 \, \Omega$$

$$X_2 = \sqrt{|Z_2|^2 - R_2^2} = \sqrt{142,01^2 - 40^2} \approx 136,26 \, \Omega$$

Kolejnym krokiem powinno być obliczenie rozplywu prądów. Założono, że faza początkowa prądu zmierzonego przez amperomierz jest równa zero: $I_1 = 2,20 \, \text{A}$

$$\underline{U}_1 = -jX_1 \cdot \underline{I}_1 = -j125 \cdot 2,2 = -275,00j \, \text{V}$$

$$\underline{Z}_2 = R_2 + jX_2 = (40,00 + 136,26j) \, \Omega$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_2} = \frac{-275,00j}{40,00 + 136,26j} \approx (-1,8581 - 0,54545j) \, \text{A}$$

$$\underline{I}_3 = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = 2,20 - 1,8581 - 0,54545j = (0,34192 - 0,54545j) \, \text{A}$$

$$\underline{U}_3 = jX_3 \underline{I}_3 = j70,0 \cdot (0,34192 - 0,54545j) = (38,182 + 23,934j) \, \text{V}$$

$$\underline{U} = \underline{U}_3 + \underline{U}_1 = -275,00j + 38,182 + 23,934j = (38,182 - 251,07j) \text{ V}$$

$$\underline{Z}_4 = R_4 + jX_4 = (25,0 + 30,0j) \Omega$$

$$\underline{I}_4 = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}_4} = \frac{38,182 - 251,07j}{25,0 + 30,0j} \approx (-4,3131 - 4,8670j) \text{ A}$$

$$\underline{I} = \underline{I}_3 + \underline{I}_4 = 0,34192 - 0,54545j - 4,3131 - 4,8670j = (-3,9712 - 5,4125j) \text{ A}$$

Idealny woltomierz wskaże wartość:

$$\mathbf{V} \rightarrow U = |\underline{U}| = \sqrt{38,182^2 + 251,07^2} = 253,96 = 254,0 \text{ V}$$

Idealny amperomierz wskaże wartość:

$$\mathbf{A} \rightarrow I = |\underline{I}| = \sqrt{3,9712^2 + 5,4125^2} = 6,7131 \text{ A} = 6,71 \text{ A}$$

Następnie obliczono moce pobierane przez układ:

$$\underline{S} = \underline{U} \underline{I}^* = (38,182 - 251,07j)(-3,9712 + 5,4125j) \approx (1207,3 + 1203,7j) \text{ VA}$$

$$P = 1207,3 \text{ W}$$

$$Q = 1203,7 \text{ var}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1207,3^2 + 1203,7^2} \approx 1704,8 \text{ VA}$$

Aby współczynnik mocy był równy jedności, moc bierna musi być równa zero. Kondensator ma być włączony równolegle do zacisków wejściowych obwodu. Wzór na moc baterii kondensatorów można wyznaczyć z zależności:

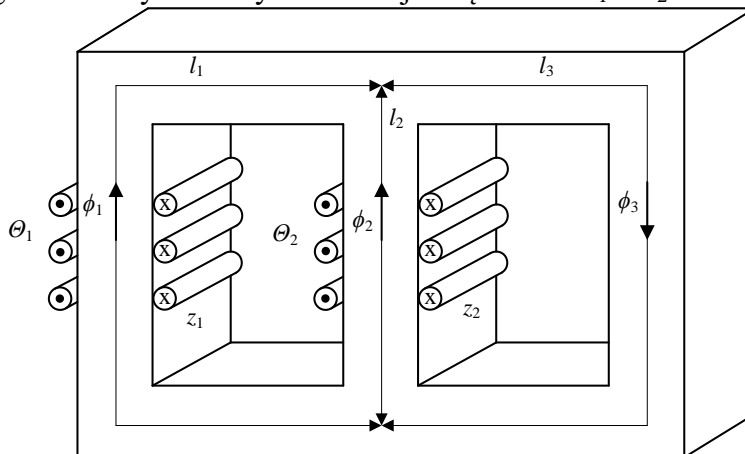
$$Q_k = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{\text{przed komp}} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{po komp}}) = 1207,3 \cdot \left(\frac{1203,7}{1207,3} - 0 \right) = 1203,7 \text{ var}$$

Odpowiedź

Idealny amperomierz wskaże 6,71 A, natomiast idealny woltomierz wskaże 254,0 V. Wartość mocy baterii kondensatorów, którą należałoby dołączyć równolegle do obwodu, aby uzyskać współczynnik mocy równy jedności wynosi 1203,7 var.

Zadanie 3

Obwód magnetyczny przedstawiony na poniższym rysunku 3 jest wykonany ze stali. Wymiary geometryczne obwodu są następujące: $l_1 = l_3 = 0,50$ m, $l_2 = 0,25$ m, $S_1 = 0,005$ m², $S_2 = S_3 = 0,010$ m² (średnia wartość pola przekroju). Na dwóch kolumnach zostało nawinięte uzwojenie o następującej liczbie zwojów $z_1 = 500$ i $z_2 = 250$. Strumień magnetyczny w kolumnie 1 wynosi $\phi_1 = 0,50$ mWb. Obliczyć wartość prądów w poszczególnych uzwojeniach I_1 oraz I_2 wiedząc, że siły magnetomotoryczne obydwu uzwojeń są równe Θ_1 i Θ_2 .



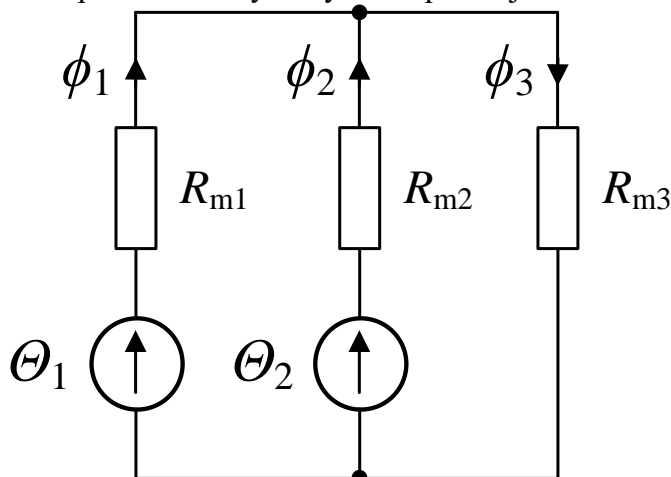
Rys. 3. Schemat obwodu magnetycznego

Charakterystyka magnesowania stali

Indukcja magnetyczna B [T]	Natężenie pola magnetycznego H [A/m]	Indukcja magnetyczna B [T]	Natężenie pola magnetycznego H [A/m]
0,1	160	0,7	520
0,2	250	0,8	590
0,3	300	0,9	680
0,4	340	1	810
0,5	400	1,05	890
0,6	460	1,1	990

Rozwiązanie

Przedstawiony obwód magnetyczny można przedstawić za pomocą schematu obwodu magnetycznego, który został przedstawiony na rysunku poniżej



Rysunek 3.1. Schemat zastępczy obwodu magnetycznego

Na podstawie analizy schematu zastępczego obwodu magnetycznego można na podstawie praw Kirchhoffa dla obwodu magnetycznego zapisać następujące równania

$$\Theta_1 - \Theta_2 = H_1 \cdot l_1 - H_2 \cdot l_2$$

$$\Theta_2 = H_2 \cdot l_2 + H_3 \cdot l_3$$

$$\phi_1 + \phi_2 = \phi_3$$

Znając strumień magnetyczny ϕ_1 i wymiary geometryczne rdzenia można obliczyć indukcję magnetyczną B_1

$$B_1 = \frac{\phi_1}{S_1} = \frac{0,50 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-2}} = 0,1 \text{ T}$$

Z przedstawionej charakterystyki magnesowania stali można odczytać, że dla indukcji magnetycznej B_1 wynoszącej 0,1 T natężenie pola magnetycznego H_1 będzie wynosiło 160 A/m.

Z treści zadania wiemy, że siły magnetomotoryczne Θ_1 i Θ_2 są sobie równe możemy obliczyć wartość natężenia pola magnetycznego H_2 na podstawie II prawa Kirchhoffa dla oczka I

$$H_2 = \frac{H_1 \cdot l_1}{l_2}$$

$$H_2 = \frac{160 \cdot 1,0}{0,50} = 320 \text{ A/m}$$

Znając wartość natężenia pola magnetycznego H_2 z charakterystyki magnesowania stali można wyznaczyć wartość indukcji magnetycznej B_2 . Jesteśmy na liniowej części charakterystyki magnesowania, więc na podstawie równania prostej przechodzącej przez można wyznaczyć szukaną wartość B_2

Równanie prostej przechodzącej przez dwa punkty (300;0,3) i (340;0,4) wynosi

$$B(H) = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot H - 0,45$$

więc dla wartości natężenia pola magnetycznego H_2 wynoszącego 320 A/m, wartość indukcji magnetycznej B_2 będzie wynosiła

$$B_2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 320 - 0,45 = 0,35 \text{ T}$$

Znając wymiary geometryczne rdzenia i wartość indukcji magnetycznej w kolumnie 2 można obliczyć strumień magnetyczny ϕ_2

$$\phi_2 = B_2 \cdot S_2 = 0,35 \cdot 0,010 = 3,5 \text{ mWb}$$

Wykorzystując pierwsze prawo Kirchhoffa można wyznaczyć wartość strumienia magnetycznego ϕ_3

$$\phi_3 = \phi_1 + \phi_2 = 0,5 + 3,5 = 4,0 \text{ mWb}$$

Znając strumień magnetyczny ϕ_3 i wymiary geometryczne rdzenia można obliczyć indukcję magnetyczną B_3

$$B_3 = \frac{\phi_3}{S_3} = \frac{4,0 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 10^{-2}} = 0,40 \text{ T}$$

Z przedstawionej charakterystyki magnesowania stali można odczytać, że dla indukcji magnetycznej B_3 wynoszącej 0,4 T natężenie pola magnetycznego H_3 będzie wynosiło 340 A/m.

Na podstawie II Prawa Kirchhoffa dla obwodów magnetycznych dla oczka II można wyznaczyć wartość siły magnetomotorycznej Θ_2

$$\Theta_2 = H_2 \cdot l_2 + H_3 \cdot l_3$$

$$\Theta_2 = 320 \cdot 0,25 + 340 \cdot 0,5 = 250 \text{ Az}$$

Wartość natężania prądu płynącego w uzwojeniu 2 można wyznaczyć z zależności:

$$I_2 = \frac{\Theta_2}{z_2} = \frac{250}{250} = 1,0 \text{ A}$$

Z treści zadania wiemy, że siły magnetomotoryczne Θ_1 i Θ_2 , więc wartość natężania prądu płynącego w uzwojeniu 1 można wyznaczyć z zależności:

$$I_1 = \frac{\Theta_2}{z_1} = \frac{250}{500} = 0,5 \text{ A}$$

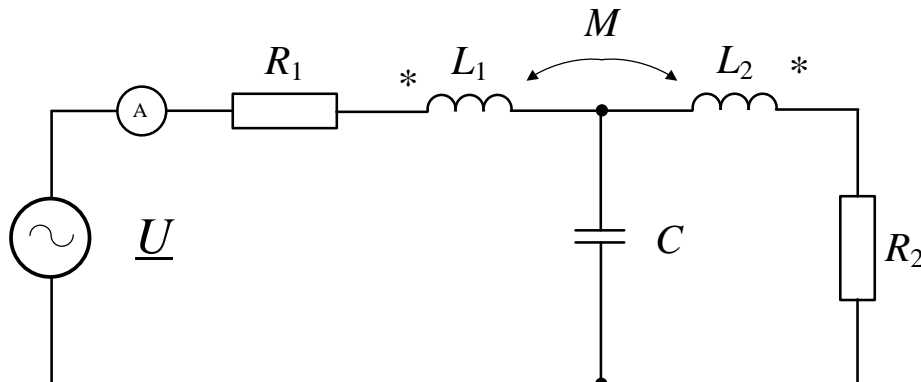
Odpowiedź

Wartość prądów w poszczególnych uzwojeniach wynoszą: $I_1 = 0,5 \text{ A}$ oraz $I_2 = 1,0 \text{ A}$.

Zadanie 4

Dla obwodu elektrycznego składającego się z idealnych elementów, przedstawionego na rysunku 4, dobierz taką wartość częstotliwości źródła napięcia zasilającego obwód aby wartość natężenia prądu płynącego przez rezystancję R_2 wynosiła zero niezależnie od wartości rezystancji R_2 . Oblicz ile wskaże idealny amperomierz A w takiej sytuacji.

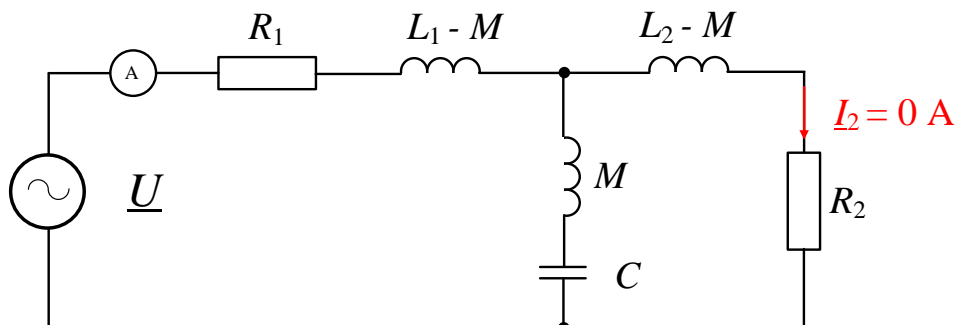
Dane obwodu: $R_1 = 100,0 \, \Omega$, $L_1 = L_2 = 20,0 \, \text{mH}$, $C = 60,0 \, \text{nF}$, wartość skuteczna napięcia zasilającego $U = 90,0 \, \text{V}$, współczynnik sprzężenia $k = 0,75$.



Rys. 4. Schemat obwodu elektrycznego

Rozwiązanie

W analizowanym obwodzie cewki sprzężone magnetycznie można zastąpić przez połączenie równoważne trzech cewek.



Rysunek 4.1. Schemat obwodu elektrycznego po wyeliminowaniu sprzężenia magnetycznego

Wartość natężenia prądu płynącego przez rezystancję R_2 wynosiła zero wtedy tylko gdy impedancja gałęzi składająca się z szeregowego połączenia cewki i kondensatora będzie wynosiła zero. Taka sytuacja może nastąpić tylko w przypadku gdy wartość częstotliwości napięcia zasilającego będzie równa częstotliwości rezonansowej dla tej gałęzi.

W celu wyznaczenia częstotliwości rezonansowej należy najpierw wyznaczyć indukcyjność wzajemną sprzężenia. Do wyznaczenia jej można skorzystać, z zależności na współczynnik sprzężenia k .

$$k = \frac{|M|}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$$

Przekształcając powyższą zależność można wyznaczyć indukcyjność wzajemną

$$M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

$$M = 0,75 \cdot \sqrt{20,0 \cdot 10^{-3} \cdot 20,0 \cdot 10^{-3}} = 15,0 \text{ mH}$$

Impedancja gałęzi z szeregowego połączenia cewki i kondensatora będzie wynosiła

$$\underline{Z}_{MC} = 2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot M \cdot 1i - \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot C} \cdot 1i$$

W celu wyznaczenia częstotliwości rezonansowej część urojona impedancji zespolonej musi być równa zero.

$$2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot M - \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot C} = 0$$

$$4 \cdot \pi^2 \cdot f_r^2 \cdot M \cdot C - 1 = 0$$

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{M \cdot C}}$$

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{15,0 \cdot 10^{-3} \cdot 60,0 \cdot 10^{-9}}} = 5305,1648 \text{ Hz}$$

W przypadku gdy częstotliwość napięcia zasilającego będzie wynosiła 5305,1648 Hz, to natężenie prądu płynącego przez rezystancję R_2 wynosiło zero, dodatkowo wiadomo, że impedancja zespolona \underline{Z}_{MC} wynosi zero. Oznacza, to że wartość natężenia prądu płynącego ze źródła napięcia będzie można obliczyć z zależności

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{R_1 + 2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot (L_1 - M) \cdot 1i}$$

$$\underline{I} = \frac{90}{100 + 2 \cdot \pi \cdot 5305,1648 \cdot (20,0 \cdot 10^{-3} - 15,0 \cdot 10^{-3}) \cdot 1i}$$

$$\underline{I} = (0,238 - 0,397i) \text{ A}$$

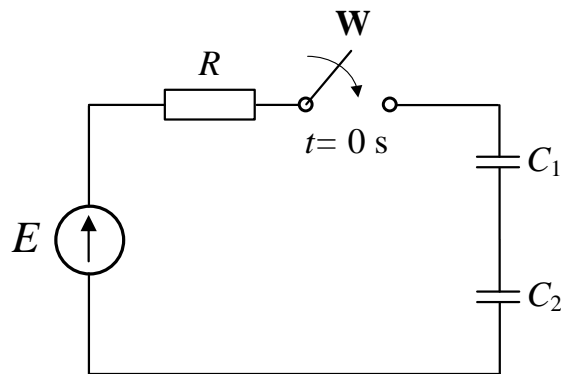
$$I = |\underline{I}| = 0,463 \text{ A}$$

Odpowiedź

Idealny amperomierz wskaże wartość 0,463 A.

Zadanie 5

Wyznacz wartości napięć u_{c1} , u_{c2} oraz wartości energii w_{c1} i w_{c2} , zgromadzonych w polach elektrycznych kondensatorów o pojemności C_1 i C_2 po upływie czasu $t = 1,6$ ms po zmianie pozycji przełącznika W. Przed zmianą pozycji przełącznika panował stan ustalony i napięcie na obu kondensatorach wynosiło 0 V. Dane obwodu: $E = 100$ V, $R_w = 10,0$ Ω , $C_1 = 20,0$ nF, $C_2 = 80,0$ nF.



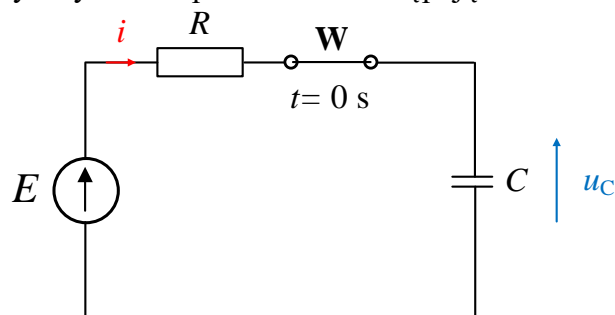
Rys. 5. Schemat obwodu elektrycznego

Rozwiązanie

Analizując obwód z treści zadania można zauważyć, że kondensatory są połączone szeregowo, więc ich zastępcza pojemność będzie wynosiła:

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{20,0 \cdot 80,0}{20,0 + 80,0} = 16,0 \text{ nF}$$

Po wyznaczeniu pojemności zastępczej i po założeniu, że wyłącznik W został zamknięty analizowany obwód elektryczny można przedstawić następująco:



Rysunek 5.1. Obwód elektryczny po zmianie przełącznika

Dla obwodu elektrycznego przedstawionego na rysunku 5.1 na podstawie II Prawa Kirchhoffa można równanie

$$E = R_w \cdot i(t) + u_c(t)$$

Zależność pomiędzy prądem na napięciem na kondensatorze jest następująca

$$i(t) = C \frac{du_c(t)}{dt}$$

Podstawiając zależność na prąd na kondensatorze do równania na podstawie II Prawa Kirchhoffa otrzymujemy równanie

$$E = R \cdot C \frac{du_c(t)}{dt} + u_c(t)$$

Analizując stany przejściowe wiadomo, że napięcie na kondensatorze będzie miało składową ustaloną i składową przejściową

$$u_c(t) = u_{cu}(t) + u_{cp}(t)$$

Dla wymuszenia stałego napięcie na kondensatorze w stanie ustalonym będzie wynosiło 100 V

$$u_{cu}(t) = 100 \text{ V}$$

Składową przejściową napięcia na kondensatorze można wyznaczyć rozwiązując poniższe równanie

$$R \cdot C \frac{du_{cp}(t)}{dt} + u_{cp}(t) = 0$$

Następnie rozdzielamy zmienne

$$\frac{du_{cp}(t)}{u_{cp}(t)} = -\frac{1}{R_w \cdot C} dt$$

W kolejnym kroku powyższe równanie obustronnie całkujemy

$$\int \frac{1}{u_{cp}(t)} du_{cp}(t) = -\frac{1}{R \cdot C} \int dt$$
$$\ln(u_{cp}(t)) = -\frac{1}{R_w \cdot C} \cdot t + \text{const}$$
$$u_{cp}(t) = Ae^{-\frac{1}{R \cdot C} t}$$

gdzie: A jest dowolną stałą, którą można wyznaczyć korzystając z warunku początkowego $u_c(0) = 0 \text{ V}$ dla czasu $t = 0 \text{ s}$ i wykorzystując II Prawo komutacji.

Napięcie na kondensatorze nie może zmienić się skokowo, ale w chwili tuż przed zmianą, ma taką samą wartość jak w chwili tuż po zmianie.

Napięcie na kondensatorze można opisać równaniem

$$u_c(t) = 100 + Ae^{-\frac{1}{R \cdot C} t}$$

Do powyższego równania za zmienną t wstawiamy 0 i warunek początkowy $u_c(0) = 0 \text{ V}$

$$u_c(0) = 100 + Ae^{-\frac{1}{R \cdot C} \cdot 0}$$
$$0 = 100 + A$$
$$A = -100$$

Ostatecznie napięcie na kondensatorze można opisać równaniem

$$u_c(t) = 100 \cdot \left(1 - e^{-\frac{1}{R \cdot C} t}\right)$$

Stała czasowa obwodu wynosi $R \cdot C = 10,0 \cdot 16 \cdot 10^{-9} = 0,16 \mu\text{s}$

$$u_c(t) = 100 \cdot \left(1 - e^{-6,25 \cdot 10^6 \cdot t}\right)$$

Wiadomo, że w stanie ustalonym kondensatory naładują się do wartości napięć wynikających z dzielnika pojemnościowego, równych odpowiednio

$$U_{C1} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot E$$
$$U_{C1} = \frac{80,0}{20,0 + 80,0} \cdot 100 = 80,0 \text{ V}$$
$$U_{C2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot E$$
$$U_{C2} = \frac{20,0}{20,0 + 80,0} \cdot 100 = 20,0 \text{ V}$$

Ostatecznie napięcie na poszczególnych kondensatorach można opisać równaniem

$$u_{c1}(t) = 80,0 \cdot \left(1 - e^{-6,25 \cdot 10^6 \cdot t}\right)$$
$$u_{c2}(t) = 20,0 \cdot \left(1 - e^{-6,25 \cdot 10^6 \cdot t}\right)$$

Po upływie 1,6 ms spadki napięć na ich okładach będą zatem miały wartości:

$$u_{c1}(1,6\text{ms}) = 80,0 \cdot \left(1 - e^{-6,25 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}}\right) = 80,0 \text{ V}$$
$$u_{c2}(1,6\text{ms}) = 20,0 \cdot \left(1 - e^{-6,25 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}}\right) = 20,0 \text{ V}$$

a odpowiadające im energie:

$$w_{c1} = \frac{1}{2} C_1 \cdot (u_{c1}(1,6\text{ms}))^2 = 64 \mu\text{J}$$
$$w_{c2} = \frac{1}{2} C_2 \cdot (u_{c2}(1,6\text{ms}))^2 = 16 \mu\text{J}$$

Odpowiedź

Wartości napięć na poszczególnych kondensatorach wynoszą: na pierwszym kondensatorze $u_{c1} = 80,0 \text{ V}$, natomiast na drugim $u_{c2} = 20,0 \text{ V}$. Wartości energii zgromadzone w polach elektrycznych kondensatorów wynoszą kolejno: dla pierwszego $w_{c1} = 64 \mu\text{J}$, natomiast dla drugiego $w_{c2} = 16 \mu\text{J}$.