

L (50) OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
– INŻYNIERIA W ELEKTROENERGETYCE

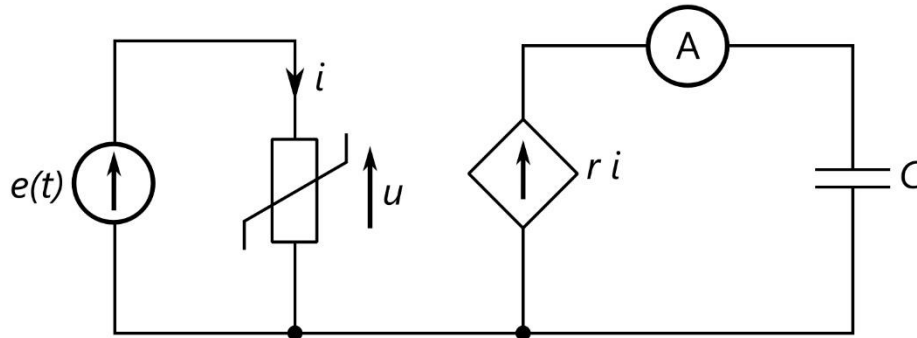
ZAWODY II STOPNIA

Autor: Jerzy Szabatin

Koreferent: Stanisław Wincenciak

Zadanie 1

Należy wyznaczyć wskazanie amperomierza (mierzy wartość skuteczną) w mA z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku w zapisie dziesiętnym.



Dane: $e(t) = (1 + \cos\omega t) \text{ V}$; $\frac{1}{\omega C} = 1 \text{ k}\Omega$; $r = 1 \text{ k}\Omega$; $i = a|u|$; $a = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$

Rozwiązanie:

Z lewego oczka obwodu przedstawionego na rysunku i wzorów z trygonometrii po przekształceniach mamy:

$$i = a(1 + \cos\omega t)^2 = \left(\frac{3}{2} + 2\cos\omega t + \frac{1}{2}\cos 2\omega t\right) \text{ mA}$$

Napięcie źródła sterowanego

$$u_r(t) = r \cdot i = \left(\frac{3}{2} + 2\cos\omega t + \frac{1}{2}\cos 2\omega t\right) \text{ V}$$

Korzystając z prawa Ohma dla prawego oczka otrzymamy:

$$i_A(t) = -\frac{2}{\frac{1}{\omega C}} \sin\omega t - \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2\omega C}} \sin 2\omega t = (-2\sin\omega t - \sin 2\omega t) \text{ mA}$$

Zatem wartość skuteczna (wskazanie amperomierza) wynosi:

$$I_A = \sqrt{\left(\frac{2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{\frac{5}{2}} = 1,58 \text{ mA}$$

str. 1

**L (50) OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
– INŻYNIERIA W ELEKTROENERGETYCE**

ZAWODY II STOPNIA

Autor: Dariusz Baczyński

Koreferent: Stanisław Wincenciak

Zadanie 2

Trójfazowa maszyna indukcyjna jest zasilana z linii o napięciu międzyfazowym $U_p = 3 \times 400 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$. W warunkach pracy znamionowej prędkość obrotowa wału maszyny wynosi: $n = 2900 \text{ obr./min}$. A rozwijany moment mechaniczny jest równy $M = 30 \text{ Nm}$. Współczynnik mocy maszyny w tych warunkach wynosi: $\cos \varphi = 0,87$, a jej sprawność energetyczna $\eta = 95\%$.

Należy zaproponować układ kompensujący, podłączony równolegle do maszyny, który zapewnia wypadkowy współczynnik mocy takiego odbiornika (maszyna wraz z kompensatorem) równy jedności.

O ile procent zmniejszy się wartość skuteczna prądów przewodowych w linii zasilającej?

Rozwiązanie:

Moc czynna pobierana przez maszynę z linii zasilającej

$$P_e = \frac{P_m}{\eta} = \frac{M\omega}{\eta} = \frac{M \frac{2\pi n}{60}}{\eta} = 9585,16 \text{ W}$$

Moc pozorną maszyny wyznaczmy z zależności

$$S = \frac{P_e}{\cos \varphi} = 11017,42 \text{ VA}$$

Moc bierna maszyny

$$Q = \sqrt{S^2 - P_e^2} = 5432,43 \text{ var}$$

Równolegle do maszyny podłączamy kompensator w postaci trzech jednakowych pojemności połączonych w gwiazdę. Wtedy mamy

$$3 \left(\frac{U_p}{\sqrt{3}} \right)^2 \frac{1}{\omega C} = Q$$

str. 2

Organizatorem OWT-IWE jest
Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT

**L (50) OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
– INŻYNIERIA W ELEKTROENERGETYCE**

ZAWODY II STOPNIA

Co po przekształceniu daje wyrażenie pozwalające wyznaczyć wartość pojemności poszczególnych faz układu kompensującego

$$C = \frac{Q}{\omega U_p^2} = 108 \mu\text{F}$$

Prąd przewodowy przed kompensacją

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3}U_p}$$

Prąd przewodowy po kompensacji

$$I_k = \frac{P_e}{\sqrt{3}U_p}$$

Zatem

$$\Delta\% = \frac{I_p - I_k}{I_p} 100\% = \frac{\frac{S}{\sqrt{3}U_p} - \frac{P_e}{\sqrt{3}U_p}}{\frac{S}{\sqrt{3}U_p}} 100\% = \frac{S - P_e}{S} 100\% \cong 13\%$$

Koniec rozwiązania

Autor: Maciej Jaworski

Koreferent: Wojciech Radomski

Zadanie 3

Przegroda budowlana o grubości $d_p = 200$ mm oddziela dwa pomieszczenia, w których temperatury wynoszą $t_1 = 24,0^\circ\text{C}$ oraz $t_2 = 6,0^\circ\text{C}$. Przewodność cieplna materiału przegrody jest nieznana. Temperatury na powierzchni przegrody wynoszą $t_{s1} = 17,7^\circ\text{C}$ oraz $t_{s2} = 7,5^\circ\text{C}$. W celu zmniejszenia przenikającego strumienia ciepła do przegrody dołożono warstwę izolacji o grubości $d_{iz} = 10$ mm, przewodność cieplna izolacji wynosi $\lambda_{iz} = 0,04$ W/(m·K). Po zaizolowaniu temperatury powierzchni przegrody (z jednej strony jest to powierzchnia izolacji) wynoszą $t_{s1-iz} = 19,8^\circ\text{C}$ oraz $t_{s2-iz} = 7,0^\circ\text{C}$. Współczynniki przejmowania ciepła (konwekcyjne) nie uległy zmianie.

Oszacować:

- w jakim stopniu zmniejszył się strumień ciepła po dołożeniu izolacji,
- przewodność cieplną materiału przegrody λ_p ,
- współczynniki przejmowania ciepła po obu stronach przegrody α_1 i α_2 .

**L (50) OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
– INŻYNIERIA W ELEKTROENERGETYCE**

ZAWODY II STOPNIA

Rozwiązanie:

Gęstość strumienia ciepła [W/m²] przenikającego przez przegrodę można określić biorąc pod uwagę jej całkowity opór cieplny

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{d}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha_2}$$

jak również dla poszczególnych składowych oporów cieplnego – przejmowania ciepła lub przewodzenia w przegrodzie stałej – uwzględniając odpowiednie temperatury.

Biorąc pod uwagę tylko przejmowanie ciepła z jednej powierzchni można zapisać wyrażenia na gęstość strumienia ciepła przed i po zaizolowaniu:

$$q = \alpha_1(t_1 - t_{s1})$$

$$q_{iz} = \alpha_1(t_1 - t_{s1-iz})$$

Stąd można wyznaczyć stopień redukcji strumienia ciepła

$$\frac{q_{iz}}{q} = \frac{t_1 - t_{s1-iz}}{t_1 - t_{s1}} = \frac{24 - 19,8}{24 - 17,7} = 0,667$$

Strumień ciepła zmniejszył się o 1/3.

Gęstość strumienia ciepła można zapisać także dla przegrody – ściany lub ściany z warstwą izolacji:

$$q = \lambda_p \frac{t_{s1} - t_{s2}}{d_p}$$

$$q_{iz} = 0,667 \cdot q = \frac{t_{s1-iz} - t_{s2-iz}}{\frac{d_p}{\lambda_p} + \frac{d_{iz}}{\lambda_{iz}}}$$

Z drugiego z powyższych równań można zapisać

$$0,667 \cdot \lambda_p \frac{t_{s1} - t_{s2}}{d_p} = \frac{t_{s1-iz} - t_{s2-iz}}{\frac{d_p}{\lambda_p} + \frac{d_{iz}}{\lambda_{iz}}}$$

Z tej zależności można wyznaczyć przewodność cieplną materiału przegrody:

$$\lambda_p = \lambda_{iz} \frac{d_p(t_{s1-iz} - t_{s2-iz}) - 0,667 \cdot d_p(t_{s1} - t_{s2})}{0,667 \cdot d_{iz}(t_{s1} - t_{s2})}$$

Po podstawieniu danych:

$$\lambda_p = 0,706 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Znając wartość współczynnika przewodzenia ciepła materiału przegrody można wyznaczyć gęstość strumienia ciepła przed dodaniem izolacji:

**L (50) OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
– INŻYNIERIA W ELEKTROENERGETYCE**

ZAWODY II STOPNIA

$$q = \lambda_p \frac{t_{s1} - t_{s2}}{d_p} = 0,706 \frac{17,7 - 7,5}{0,2} = 36 \text{ W/m}^2$$

oraz współczynniki przejmowania ciepła

$$\alpha_1 = \frac{q}{t_1 - t_{s1}} = \frac{36}{24 - 17,7} = 5,714 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$\alpha_2 = \frac{q}{t_{s2} - t_2} = \frac{36}{7,5 - 6,0} = 24 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Koniec rozwiązania