ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: ELEKTRYKA z. 138 Nr kol. 1245

Roman KROK, Adam RÓŻYCKI

WERYFIKACJA OBLICZEŃ CIEPLNYCH Z POMIARAMI NAGRZEWANIA UZWOJENIA PRĘTOWEGO MASZYNY ELEKTRYCZNEJ DUŻEJ MOCY

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę wyznaczania podstawowego parametru, jakim jest współczynnik oddawania ciepła (k) z pręta do otoczenia, figurujący w jednowymiarowym równaniu przewodnictwa ciepła, opisującym stan cieplnie nieustalony w uzwojeniu prętowym maszyny elektrycznej dużej mocy.

VERIFICATION OF RESULTS OF THERMAL COMPUTATION WITH TEMPERATURES MEASURED ON THE BAR WINDING OF LARGE SIZE ELECTRIC MACHINE

Summary. In the paper an analytical-measurement method of determining the coefficient of heat transfer (k) has been presented. This coefficient is one of the most important parameters in one-dimensional partial differential equation of heat conduction, describing thermal transients in the bar winding of large size electric machine.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕПЛОВОГО РАСЧЁТА С ИЗМЕРЕНИЯМИ НАГРЕВАНИЯ ПРОВОДНИКОВ ОБМОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Резюме. В статье представлен метод определения основного параметра--коэффициента тепловой отдачи (к) от проводника в окружающую среду, фигурирующего в одномерном уравнении тепловой проводимости, описывающим тепловой переходной процесс в проводниках обмотки электрической машины большой мощности.

1. WSTĘP

Przestrzenno-czasowy obraz pola cieplnego w uzwojeniu maszyny elektrycznej w stanie cieplnie nieustalonym można uzyskać stosując:

a) ścisłą metodę analityczną, bazującą na równaniu różniczkowym przewodnictwa ciepła o pochodnych cząstkowych,

b) uproszczoną metodę numeryczną, polegającą na dyskretyzacji przestrzenno-czasowej podstawowego równania różniczkowego.

Zarówno przy metodzie ścisłej, jak i uproszczonej muszą być znane wymiary uzwojenia, tj. długość (l), powierzchnia przekroju(s), obwód (u), gęstość masy (γ), jednostkowe straty mocy (p_0) wydzielane w uzwojeniu w temperaturze 0°C oraz cieplne parametry równania (1), takie jak: cieplny współczynnik rezystancyjny uzwojeń (α), przewodność cieplna (λ), ciepło właściwe (c), a przede wszyskim współczynnik (k) oddawania ciepła z badanego obiektu do otoczenia.

Na ogół parametry λ, c w zakresie temperatur występujących w maszynach elektrycznych przyjmuje się jako wartości stałe i znane dla materiału, z którego wykonano uzwojenia, natomiast współczynnik k jest bardzo trudny do określenia. Współczynnik ten uwzględnia wymianę ciepła z prętowego uzwojenia do otoczenia zarówno drogą przewodnictwa, konwekcji jak i promieniowania cieplnego i zależy od zmieniających się warunków wentylacyjnych badanego obiektu. Wielkość jego wpływa decydująco na przestrzenno-czasowy rozkład temperatury w uzwojeniu.

Zastosowana w pracy metoda obliczeniowo-pomiarowa wyznaczania współczynnika k polega na porównaniu wyników pomiarów przeprowadzonych za pomocą sond termoelektrycznych na modelu fizycznym uzwojenia z rozkładem temperatury uzyskanym z obliczeń ścisłą metodą analityczną w stanie cieplnie ustalonym. Zgodność rozkładu temperatury wzdłuż długości uzwojenia prętowego świadczy o poprawności przyjętego współczynnika.

Zweryfikowany metodą pomiarowo-obliczeniową współczynnik oddawania ciepła k został w dalszym ciągu pracy wykorzystany do przeprowadzenia analizy porównawczej rozwiązań ścisłych i uproszczonych w stanach cieplnie nieustalonych. Pozwoliło to na określenie stopnia dokładności równań uproszczonych i wyciągnięcia wniosków odnośnie do zastosowania metody numerycznej do rozwiązywania tego typu problemów. Przeprowadzono również porównanie charakterystyk temperaturowo-czasowych obliczonych ze zmierzonymi na modelu fizycznym uzwojenia, zachowując te same wymuszenia strat mocy i warunki początkowe i brzegowe.

2. OBLICZENIE ŚCISŁĄ METODĄ ANALITYCZNĄ ROZKŁADU TEMPERATURY $\vartheta(x)$ WZDŁUŻ DŁUGOŚCI PRĘTA W STANIE CIEPLNIE USTALONYM

W celu wyznaczenia współczynnika oddawania ciepła k wykorzystano wyprowadzone [1] ścisłe rozwiązanie równania jednowymiarowego przewodnictwa ciepła w stanie ustalonym

$$\frac{d^2\vartheta(x)}{dx^2} = a^2\vartheta(x) - b, \tag{1}$$

gdzie: $a^2 = \dfrac{ku - \alpha p_0 s}{\lambda s}$, $b = \dfrac{p_0 s + ku\vartheta_{ot}}{\lambda s}$, (2)

które dla przyjętych warunków brzegowych $\vartheta(0) = \vartheta_1$, $\vartheta(l) = \vartheta_2$ ma postać:

$$\vartheta(x) = \left(P_0 + \frac{\vartheta_{ot}}{R_k}\right)R_k^*\left[1 - \frac{\operatorname{sh}\left(\frac{\beta x}{l}\right) + \operatorname{sh}\frac{\beta(l-x)}{l}}{\operatorname{sh}\beta}\right] + \frac{\operatorname{sh}\frac{\beta(l-x)}{l}}{\operatorname{sh}\beta}\vartheta_1 + \frac{\operatorname{sh}\frac{\beta x}{l}}{\operatorname{sh}\beta}\vartheta_2, \tag{3}$$

gdzie : $P_0 = p_0 sl$ - straty właściwe w temperaturze 0°C ,

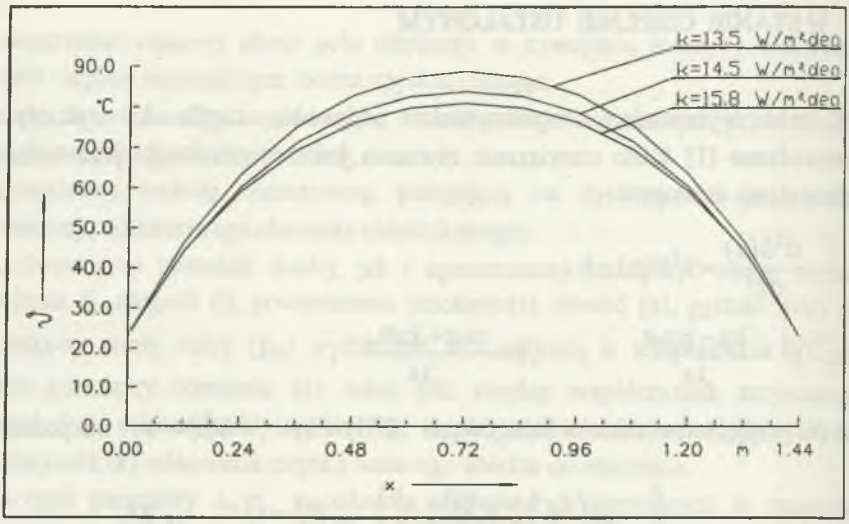
$R_k = \dfrac{1}{kul}$ - opór cieplny dla ruchu ciepła prostopadle do współrzędnej x,

$R_k^* = \dfrac{1}{\frac{1}{R_k} - \alpha P_0}$ - zmodyfikowany opór cieplny,

$\beta = a \cdot l$ lub $\beta = \sqrt{\dfrac{R_\lambda}{R_k^*}}$,

$R_\lambda = \dfrac{l}{\lambda s}$ - opór cieplny dla ruchu ciepła wzdłuż współrzędnej x.

Równanie (3) rozwiązywano wielokrotnie przy różnych wartościach współczynnika oddawania ciepła w celu zbliżenia się z przebiegiem $\vartheta(x)$ do przebiegu zmierzonego na modelu fizycznym. Ponieważ w badaniach doświadczalnych przyjęto stałość wartości temperatur na brzegach pręta, tj. $\vartheta_1 = \vartheta_2$ równych ϑ_{ot}, we wzorze obliczeniowym (3) przyjęto $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_{ot} = \vartheta_0$.



Rys.1. Wyniki obliczeń rozkładu temperatury $\vartheta(x)$ wzdłuż długości pręta w stanie cieplnie ustalonym, uzyskane ścisłą metodą analityczną przy $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_{ot} = \vartheta_0 = 22°C$ oraz I=1240 A

Fig. 1. Temperature as a function of lenght of the straight patr of winding under steady state conditins resulting from the exact analytical solution

Wyniki obliczeń $\vartheta = f(x)$ w stanie cieplnie ustalonym przy różnych wartościach współczynnika k w spodziewanym zakresie wartości $k = 13{,}5 \div 15{,}8 \quad W/m^2 \cdot K$ przedstawiono na rys.1. Przyjęto prąd obciążenia $I = 1240A$.

3. OBLICZENIE ŚCISŁĄ METODĄ ANALITYCZNĄ ROZKŁADU TEMPERATURY $\vartheta(x,t)$ W STANIE CIEPLNIE NIEUSTALONYM

Obliczenia wykonano wykorzystując wyprowadzone [1] ścisłe rozwiązanie jednowymiarowego równania różniczkowego przewodnictwa ciepła o pochodnych cząstkowych:

$$\frac{\partial\vartheta(x,t)}{\partial t} = \chi\frac{\partial^2\vartheta(x,t)}{\partial x^2} - a_1^2\vartheta(x,t) + b_1, \tag{4}$$

gdzie:

$$\chi = \frac{\lambda}{c\gamma}, \qquad a_1^2 = \frac{ku - \alpha p_0 s}{c\gamma s}, \qquad b_1 = \frac{p_0 s + ku\vartheta_{ot}}{c\gamma s} \tag{5}$$

dla warunków brzegowych $\vartheta(0,t) = \vartheta_1$, $\vartheta(l,t) = \vartheta_2$ i początkowych $\vartheta(x,0) = \vartheta_p$.

Przyjmując jak poprzednio $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_{ot} = \vartheta_p = \vartheta_0$ rozwiązaniem równania (4) jest funkcja:

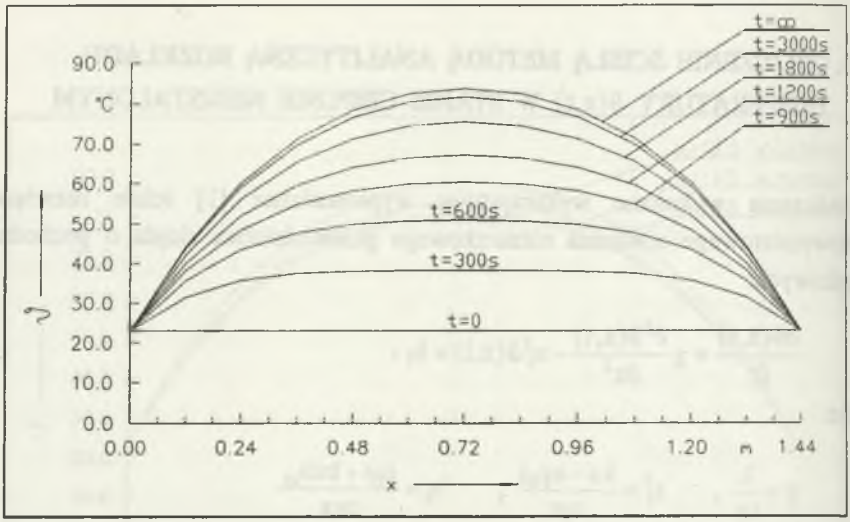
$$\vartheta(x,t) = \vartheta_0 + 4\left[\left(P_0 + \frac{\vartheta_0}{R_k}\right)R_k^* - \vartheta_0\right]\sum_{n=1}^{\infty}\frac{T_n}{(2n-1)\pi T}\left(1 - e^{-\frac{t}{T_n}}\right)\sin\frac{(2n-1)\pi x}{l}, \tag{6}$$

gdzie:

$$T_n = \frac{\beta^2 T}{\beta^2 + (2n-1)^2\pi^2},$$

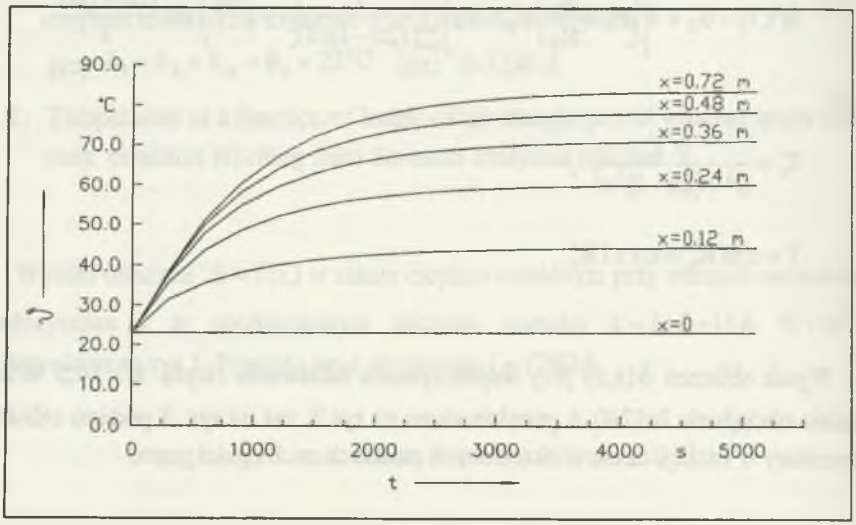
$$T = c\,m\,R_k^* = c\,\gamma\,s\,l\,R_k^*. \tag{7}$$

Wynik obliczeń $\vartheta(x,t)$ przy współczynniku oddawania ciepła $k = 14{,}5$ W/m²·K i prądzie obciążenia I=1240 A przedstawiono na rys.2, zaś na rys. 3 podano zależność temperatury w funkcji czasu w określonych punktach na długości pręta.



Rys.2. Rozkład temperatury $\vartheta(x,t)$ w stanie cieplnie nieustalonym, uzyskany z obliczeń ścisłą metodą analityczną przy $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_\alpha = \vartheta_0 = 22°C$ oraz I=1240 A, k=14,5 W/m²·K

Fig. 2. Temperature as a function of time in transient states resulting from the exact analytical solution



Rys. 3. Zależność temperatury w funkcji czasu w określonych punktach na długości pręta przy I = 1240 A, k = 14,5 W/m²·K

Fig. 3. Temperature as a function of time in selected points on the lenght of the bar winding

4. OBLICZENIE UPROSZCZONĄ METODĄ NUMERYCZNĄ ROZKŁADU TEMPERATURY $\vartheta(x,t)$ W STANIE CIEPLNIE NIEUSTALONYM

Jednowymiarowe równanie różniczkowe przewodnictwa ciepła o pochodnych cząstkowych w swojej pierwotnej postaci

$$\lambda s\frac{\partial^2\vartheta(x,t)}{\partial x^2}-ku\left[\vartheta(x,t)-\vartheta_{ot}\right]-c\gamma s\frac{\partial\vartheta(x,t)}{\partial t}+p_0s\left[1+\alpha\vartheta(x,t)\right]=0 \tag{8}$$

należy przekształcić do równania algebraicznego, dokonując dyskretyzacji przestrzenno-czasowej przez zastąpienie ilorazów różniczkowych ilorazami różnicowymi.

Wprowadzając

$$\frac{\partial^2\vartheta(x,t)}{\partial x^2}\cong\frac{\vartheta_{(i+1,h)}-\vartheta_{(i,h)}}{\Delta x^2}-\frac{\vartheta_{(i,h)}-\vartheta_{(i-1,h)}}{\Delta x^2} \tag{9}$$

oraz $\dfrac{\partial\vartheta(x,t)}{\partial t}\cong\dfrac{\vartheta_{(i,h)}-\vartheta_{(i,h-1)}}{\Delta t}$,

gdzie (i) jest współrzędną przestrzenną, (h) współrzędną czasową, zaś $\Delta x,\Delta t$ odpowiednio krokiem przestrzennym i czasowym.

Po podstawieniu równań (9) do równania (8) i przyjęciu przewodności cieplnej dla ruchu ciepła wzdłuż długości pręta x $G_{th}=\dfrac{\lambda s}{\Delta x}$, prostopadle do współrzędnej x $G_{thk}=k\,u\,\Delta x$, przewodności cieplnej reprezentującej akumulację ciepła $G_{thc}=\dfrac{c\gamma s\,\Delta x}{\Delta t}$ oraz strat mocy $P_0=p_0\,s\,\Delta x$, otrzymujemy ogólne uproszczone równanie nagrzewania pręta w stanie cieplnie nieustalonym w postaci:

$$-G_{th}\left[\vartheta_{(i,h)}-\vartheta_{(i+1,h)}\right]-G_{th}\left[\vartheta_{(i,h)}-\vartheta_{(i-1,h)}\right]-G_{thk}\left[\vartheta_{(i,h)}-\vartheta_{ot}\right]-$$
$$-G_{thc}\left[\vartheta_{(i,h)}-\vartheta_{(i,h-1)}\right]+P_{0(i,h)}\left[1+\alpha\vartheta_{(i,h)}\right]=0\,. \tag{10}$$

Dzieląc badany obiekt na n=12 elementarnych jednakowych przestrzennych cząsteczek Δx i uwzględniając symetrię cieplną pręta, wynikającą ze stałości współczynnika oddawania ciepła (k) wzdłuż długości pręta oraz jednakowych warunków brzegowych $\vartheta(0,t)=\vartheta(l,t)=\vartheta(x,0)=\vartheta_p=\vartheta_0$, otrzymujemy następujący układ równań algebraicznych, zgodny ze schematem zastępczym na rys. 4:

$$P_0(1+\alpha\vartheta_1^*)-2G_{th}(\vartheta_1^*-\vartheta_0)-G_{th}(\vartheta_1^*-\vartheta_2^*)-G_{thk}(\vartheta_1^*-\vartheta_0)-G_{thc}(\vartheta_1^*-\vartheta_{1,0}^*)=0$$

$$P_0(1+\alpha\vartheta_2^*)-G_{th}(\vartheta_2^*-\vartheta_1^*)-G_{th}(\vartheta_2^*-\vartheta_3^*)-G_{thk}(\vartheta_2^*-\vartheta_0)-G_{thc}(\vartheta_2^*-\vartheta_{2,0}^*)=0$$

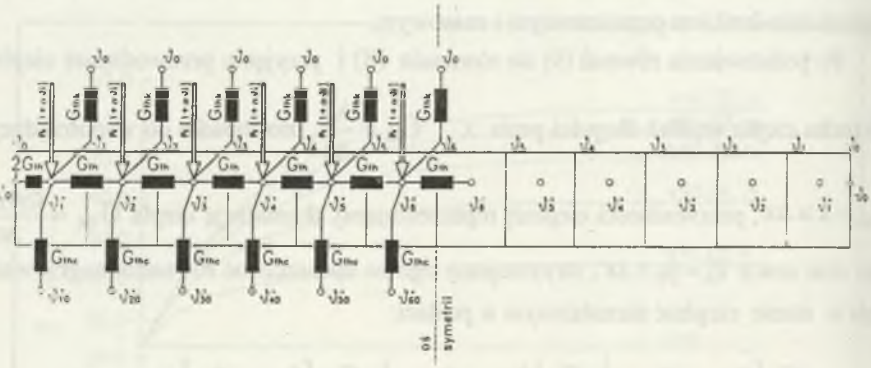
$$P_0(1+\alpha\vartheta_3^*)-G_{th}(\vartheta_3^*-\vartheta_2^*)-G_{th}(\vartheta_3^*-\vartheta_4^*)-G_{thk}(\vartheta_3^*-\vartheta_0)-G_{thc}(\vartheta_3^*-\vartheta_{3,0}^*)=0$$

$$P_0(1+\alpha\vartheta_4^*)-G_{th}(\vartheta_4^*-\vartheta_3^*)-G_{th}(\vartheta_4^*-\vartheta_5^*)-G_{thk}(\vartheta_4^*-\vartheta_0)-G_{thc}(\vartheta_4^*-\vartheta_{4,0}^*)=0$$

$$P_0(1+\alpha\vartheta_5^*)-G_{th}(\vartheta_5^*-\vartheta_4^*)-G_{th}(\vartheta_5^*-\vartheta_6^*)-G_{thk}(\vartheta_5^*-\vartheta_0)-G_{thc}(\vartheta_5^*-\vartheta_{5,0}^*)=0$$

$$P_0(1+\alpha\vartheta_6^*)-G_{th}(\vartheta_6^*-\vartheta_5^*)-G_{thk}(\vartheta_6^*-\vartheta_0)-G_{thc}(\vartheta_6^*-\vartheta_{6,0}^*)=0\,, \tag{11}$$

gdzie $\vartheta_1^*, \vartheta_2^*, \vartheta_3^* .... \vartheta_6^*$ są wartościami temperatur w kolejnych środkowych odcinkach Δx, na które podzielono pręt, zaś $\vartheta_{1,0}^* \vartheta_{2,0}^* .... \vartheta_{6,0}^*$ wartościami temperatur dla wcześniejszego kroku czasowego Δt.



Rys. 4. Cieplny schemat zastępczy uzwojenia prętowego, odpowiadający uproszczonemu jednowymiarowemu równaniu przewodnictwa ciepła o parametrach skupionych

Fig. 4. Equivalent thermal diagram of the straight bar of winding given by transformation of one-dimensional partial differential equations into an ordinary differential equation

Podstawiając za:

$$
\begin{aligned}
a_1 &= 3G_{th} + G_{thk} + G_{thc} - \alpha P_0 \\
a_2 &= G_{th} \\
a_3 &= 2G_{th} + G_{thk} + G_{thc} - \alpha P_0 \\
a_4 &= G_{th} + G_{thk} + G_{thc} - \alpha P_0 \\
a_5 &= P_0 + 2G_{th}\vartheta_0 + G_{thk}\vartheta_0 \\
a_6 &= P_0 + G_{thk}\vartheta_0 \\
a_7 &= G_{thc}
\end{aligned}
\tag{12}
$$

po uporządkowaniu mamy układ równań

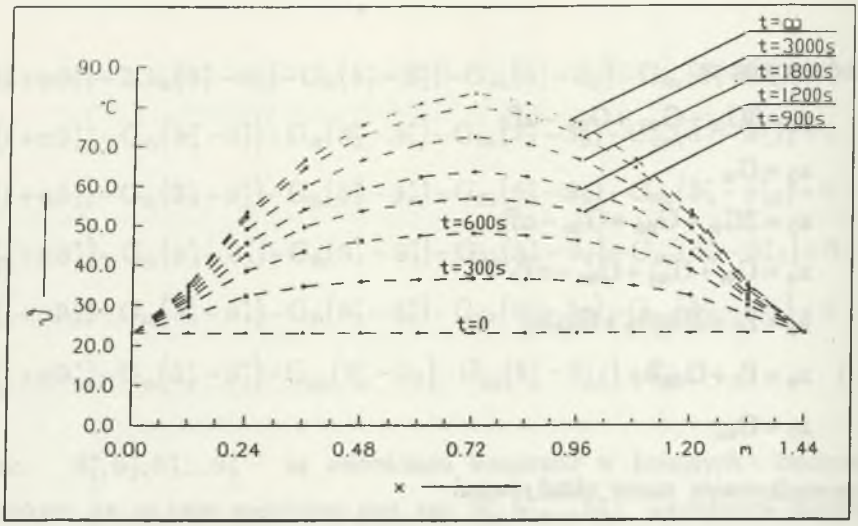
$$
\begin{aligned}
a_1\vartheta_1^* - a_2\vartheta_2^* &= a_5 + a_7\vartheta_{1,0}^* \\
-a_2\vartheta_1^* + a_3\vartheta_2^* - a_2\vartheta_3^* &= a_6 + a_7\vartheta_{2,0}^* \\
-a_2\vartheta_2^* + a_3\vartheta_3^* - a_2\vartheta_4^* &= a_6 + a_7\vartheta_{3,0}^* \\
-a_2\vartheta_3^* + a_3\vartheta_4^* - a_2\vartheta_5^* &= a_6 + a_7\vartheta_{4,0}^* \\
-a_2\vartheta_4^* + a_3\vartheta_5^* - a_2\vartheta_6^* &= a_6 + a_7\vartheta_{5,0}^* \\
-a_2\vartheta_5^* + a_4\vartheta_6^* &= a_6 + a_7\vartheta_{6,0}^*
\end{aligned}
\tag{13}
$$

Rozwiązanie tego układu równań pozwala na wyznaczenie wartości temperatur w określonych węzłach uzwojenia dla pierwszego i pozostałych kroków czasowych.

Wartości temperatur w skrajnych punktach przedziału przestrzennego Δx obliczono jako średnią wartość temperatur w sąsiednich punktach, np.:

$$\vartheta_1 = \frac{\vartheta_1^* + \vartheta_2^*}{2}, \quad \vartheta_2 = \frac{\vartheta_2^* + \vartheta_3^*}{2} \quad \text{itp.}$$

Na rys. 5 podano rozkład temperatury $\vartheta(x,t)$ w stanie cieplnie nieustalonym, uzyskany z obliczeń uproszczoną metodą numeryczną przy $I = 1240$ A, $k = 14{,}5$ W/m^2·K.



Rys. 5. Rozkład temperatury w stanie cieplnie nieustalonym uzyskany z obliczeń uproszczoną metodą numeryczną przy $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_\alpha = \vartheta_0 = 22°C$ oraz I=1240 A, k=14,5 W/m²·K

Fig. 5. Temperature distribution under the transient state conditions obtained as a result of simplified numerical computation

5. POMIARY CIEPLNE

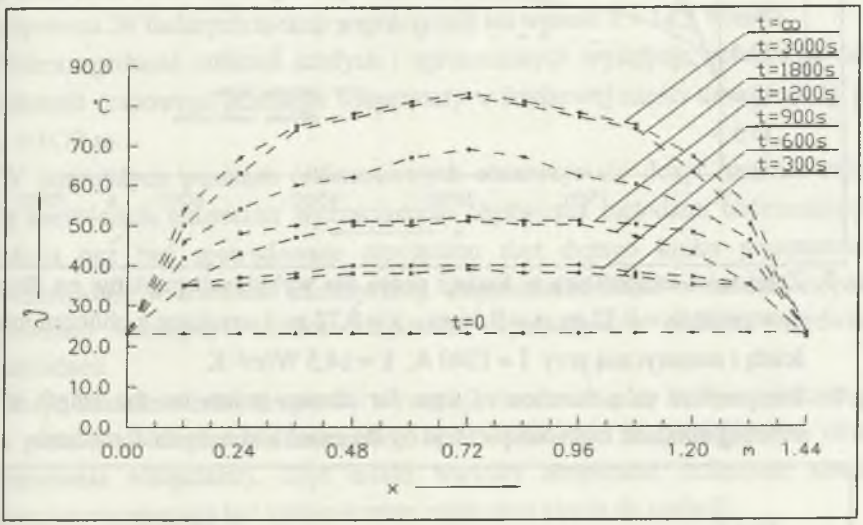
Badania cieplne nieustalonego rozkładu temperatury przeprowadzono na fizycznym modelu uzwojenia prętowego z przepleceniem Roebla o długości l = 1,44m wysokości h = 0,029 m i szerokości b = 0,013 m [2].

Na długości pręta w środku jego wysokości umocowanych zostało 11 sztuk miniaturowych termopar żelazo-konstantan, w odległości co 0,12 m .

Siłę termoelektryczną mierzono przy pomocy miliwoltomierza przełącznikiem pozwalającym na szybkie przełączenie miernika do odpowiedniej sondy pomiarowej. Na tak przygotowany pręt została nawinięta izolacja z taśmy mikowej nasyconej żywicą epoksydową . Do obu końców równoległych przewodów tworzących pręt uzwojenia stojana podłączono przewody zasilające, połączone z transformatorem pozwalającym na wymuszenie prądu obciążenia I > 1000A.

Warunki brzegowe $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_0 = 22°C$ realizowano utrzymując czołowe części uzwojenia prętowego w zbiornikach wodnych z przelewem wody zapewniającym stałość temperatury.

Na rys. 6 podano rozkład temperatury w stanie cieplnie nieustalonym, uzyskany z pomiarów cieplnych na fizycznym modelu uzwojenia, przy zasilaniu go prądem I = 1240 A.



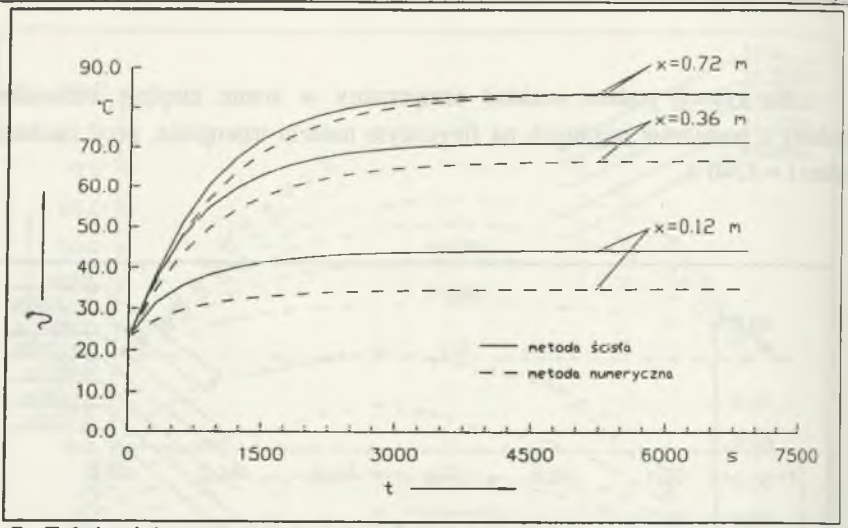
Rys. 6. Rozkład temperatury w stanie cieplnie nieustalonym, uzyskany z pomiarów cieplnych na modelu fizycznym pręta przy I = 1240 A

Fig. 6. Temperature distribution under the transient state conditions as a result of measurements in the physical model

6. WNIOSKI KOŃCOWE

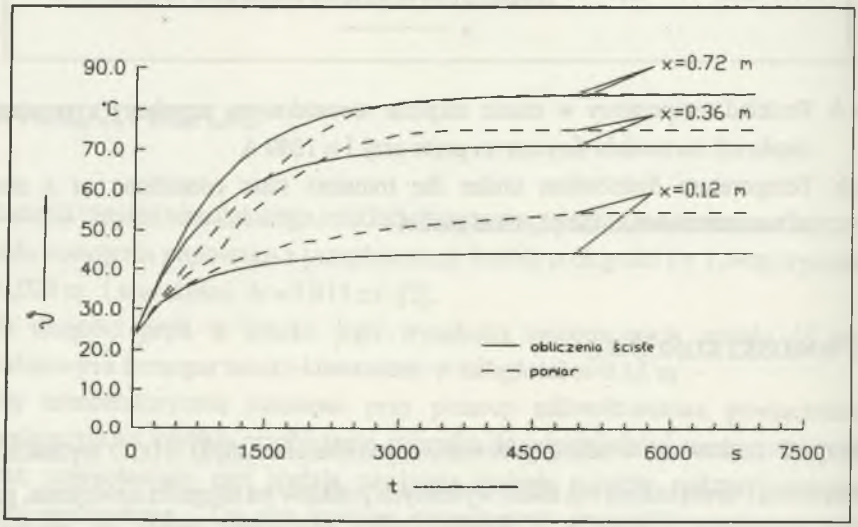
Na rys. 7 zestawiono w celach porównawczych charakterystyki $\vartheta(x,t)$ wyznaczone metodą ścisłą i uproszczoną dla kilku wybranych punktów na długości uzwojenia, przy prądzie obciążenia I=1240 A i współczynniku oddawania ciepła do otoczenia $k = 14{,}5\ W/m^2 \cdot K$.

Zależności temperatury od czasu uzyskane z obliczeń metodą ścisłą oraz na podstawie pomiarów cieplnych przy I = 1240 A oraz $k = 14{,}5\ W/m^2 \cdot K$ podano na rys. 8.



Rys. 7. Zależności temperatury w funkcji czasu dla wybranych punktów na długości uzwojenia (x = 0,12 m , x = 0,36 m , x = 0,72 m) uzyskane z obliczeń metodą ścisłą i numeryczną przy I = 1240 A, k = 14,5 W/m^2·K

Fig. 7. Temperature as a function of time for chosen points on the length of the winding obtained from computation by the exact and numerical methods



Rys. 8. Zależność temperatury w funkcji czasu dla wybranych punktów na długości uzwojenia (x = 0,12 m, x = 0,36 m, x = 0,72 m) uzyskane z obliczeń metodą ścisłą i z pomiaru przy I = 1240 A, k = 14,5 W/m^2·K

Fig.8. Temperature as a function of time for chosen points on the length of the winding obtained from computation by the exact method and from measurements

Z obliczeń i pomiarów można wyciągnąć następujące wnioski:

1. W zakresie temperatur ustalonych przy $x = 0{,}72$ m, tj. w symetrycznej połowie pręta, tam gdzie występuje maksymalna temperatura, zachodzi bardzo dobra zgodność pomiarów i obliczeń. Oznacza to, że zaproponowana pomiarowo-obliczeniowa metoda weryfikacji współczynnika oddawania ciepła do otoczenia jest poprawna. W badanym obiekcie współczynnik ten wynosi $k = 14{,}5$ W/m^2·K.
2. Dobra zgodność obliczeń ścisłych i uproszczonych występuje również w całym zakresie czasowego przebiegu temperatury w środkowej części uzwojenia, tj. przy $x = 0{,}72$ m.
3. W pozostałych punktach obliczeniowych obserwuje się dosyć znaczne różnice w wartościach temperatur wyznaczonych obydwiema metodami obliczeniowymi. Mogą one być spowodowane przyjęciem zbyt dużego kroku przestrzennego i czasowego w metodzie numerycznej. Zagęszczenie siatki w modelu cieplnym powinno zmniejszyć różnice temperatur, wynikające z obliczeń obydwiema metodami.
4. Dosyć znaczne różnice temperatur występują również między ścisłymi obliczeniami a pomiarami cieplnymi (szczególnie są one widoczne w początkowym okresie narastania temperatur). Zbyt niskie wartości temperatur zmierzone sondami pomiarowymi mogą być spowodowane odpływem ciepła do izolacji.

LITERATURA

[1] Krok R. Różycki A.: Przestrzenno-czasowe pole temperatur w uzwojeniu prętowym maszyny elektrycznej; Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Elektryka, z. 138, Gliwice 1994.

[2] Jaworowski J.: Wpływ przeciążeń prądowych i zakłóceń w układzie wentylacyjnym na rozkład temperatury w prętowym uzwojeniu stojana turbogeneratora; Praca dyplomowa wykonana w Instytucie Maszyn i Urządzeń Elektrycznych Pol.Śl. w Gliwicach, 1993.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jerzy Hickiewicz

Wpłynęło do Redakcji dnia 25 marca 1994 r.

Abstract

The paper deals with the problem of verification of coefficient of heat transfer of the bar winding of electric machine. The method consists in comparing the results of temperature measurement carried out on a physical model (by means of thermocouples) with temperature distribution obtained by exact analytical calculation. The mathematical description of this problem is reduced to a linear differential equation of second order (1).

From its solution temperature distribution along the winding is obtained. Agreement of measured and calculated temperatures proves that the coefficient (k) is assumed correctly.

The method of solution presented here makes it possible to determine temperature-time distribution along the winding in unsteady thermal state by introducing formerly verified coefficient of heat transfer (k). In this paper the exact analytical solution of the problem as well as the approximate numerical solution by means of computer have been presented.