

Tomasz TRAWIŃSKI, Krzysztof KLUSZCZYŃSKI
Zakład Mechatroniki

BADANIA LABORATORYJNE SILNIKA ZASILANEGO Z RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ Z PUNKTU WIDZENIA MOMENTÓW PASOŻYTNICZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań amplitud pasożytniczych momentów synchronicznych w zakresie pracy silnikowej i przy rozruchu dla indukcyjnego silnika klatkowego, zasilanego z sieci i falownika MSI. Wyniki pomiarowe zostały porównane z wynikami symulacji komputerowych.

LABORATORY INVESTIGATIONS OF AN INDUCTION SQUIRREL-CAGE MOTOR FED FROM DIFFERENT SUPPLY SOURCES ON PRESENCE OF PARASITIC TORQUES

Summary. In the paper the measurements and simulation results of parasitic synchronous torques arising in the motor region and at the start for an induction squirrel-cage machine fed from 3 phase network and PWM inverter are presented. The measurements and simulations results are compared.

1. WSTĘP

Przedmiotem badań będą w niniejszym artykule zjawiska, spowodowane poliharmonicznością pola magnetycznego w szczelinie powietrznej maszyny. Do zjawisk tych możemy zaliczyć między innymi:

- zależność przebiegów dynamicznych prędkości obrotowej od początkowego kąta położenia wirnika,
- zależność statycznego momentu rozruchowego od położenia kąтового wirnika.

Zjawiska te, związane z wyższymi harmonicznymi przestrzennymi, występują w większym lub mniejszym stopniu we wszystkich maszynach indukcyjnych. Przyczyną owych zjawisk są pasożytnicze momenty synchroniczne, związane z dyskretnym rozkładem uzwojeń w żłobkach oraz pasożytnicze momenty reluktancyjne, wynikające z użłobkowania powierzchni stojana i wirnika. Z powyższych dwóch przyczyn uwzględniona jest w niniejszej pracy tylko

przyczyna pierwsza, czyli pasożytnicze momenty synchroniczne, związane z wyższymi harmonicznymi przestrzennymi przepływu.

2. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA AMPLITUDY PASOŻYTNICZYCH MOMENTÓW SYNCHRONICZNYCH. ZAKRES BADAŃ

Pasożytnicze momenty synchroniczne występują z różną intensywnością w silnikach klatkowych, zasilanych z różnych źródeł energii. Czynniki, wpływające na zwiększenie lub zmniejszenie oddziaływania momentów pasożytniczych na własności maszyny można zakwalifikować do trzech grup, tj.:

- czynników zewnętrznych, odnoszących się do sposobu zasilania i własności źródeł (np.: symetria zasilania, brak symetrii zasilania, spadki napięcia w układzie zasilającym i w przewodach doprowadzających, odkształcenie napięć (prądów) zasilających itd.),
- czynników zewnętrznych, związanych z własnościami urządzeń napędzanych przez maszynę oraz charakterem obciążenia (np.: obciążenie niezależne lub zależne od prędkości obrotowej, wartości wypadkowego momentu bezwładności układu napędowego, rodzaj sprzęgieł – własności elementów przenoszenia momentu, sprężystość wału itp.),
- czynników wewnętrznych, wynikających z cech konstrukcyjnych maszyny (liczba żłobków stojana i wirnika, skosu żłobków wirnika, izolacji prętów klatki, sposobu skojarzenia uzwojeń, gałęzi równoległych itp.).

W szeregu przypadków, opisanych w literaturze, prowadzi się analizę różnych stanów pracy maszyny, wykorzystując poliharmoniczny model matematyczny, uwzględniający znaczną liczbę kolejnych harmonicznych przestrzennych przepływu. Duża liczba uwzględnianych harmonicznych przestrzennych komplikuje i wydłuża analizę oraz utrudnia wyciągnięcie praktycznych wniosków, jak też – określenie przyczyn niepożądanego zachowania się maszyny w określonych warunkach pracy. Celowe jest zatem ograniczenie liczby uwzględnianych harmonicznych przestrzennych, ale ich wybór powinien być prowadzony umiejętnie – w taki sposób, aby nie zmienić w istotny sposób ogólnego obrazu zjawisk i nie zniekształcić charakteru oddziaływania momentów pasożytniczych.

Zakres badań zjawisk, wynikających z poliharmoniczności pola magnetycznego w szczelinie powietrznej silnika klatkowego obejmował:

Badania laboratoryjne – polegające na wielokrotnym rejestrowaniu rozruchów silnika klatkowego, zasilanego z sieci przy naturalnym i powiększonym momencie bezwładności oraz przy różnych kątach początkowych wirnika. Badaniom został poddany silnik indukcyjny klatkowy o danych: $P_n = 5,5 \text{ kW}$, $U_{ln} = 380 \text{ V} (\Delta)$, $I_{ln} = 11,5 \text{ A}$, $n_n = 1450 \text{ obr/min}$, $f_{ln} = 50 \text{ Hz}$, $p=2$; z różnymi wariantami konstrukcyjnymi wirnika, mającymi na celu wyeksponowanie, bądź zredukowanie pasożytniczych momentów synchronicznych, a mianowicie:

- wariant 1* - wirnik o prostych prętach klatki,
- wariant 2* - wirnik o ukosowanych prętach klatki, ale o skosie żłobków – dobranym nieprawidłowo,
- wariant 3* - wirnik o ukosowanych prętach klatki ze skosem żłobków dobranym prawidłowo,
- wariant 4* - wirnik z dodatkowym pierścieniem, zwierającym pręty klatki w połowie długości pakietu blach i z prawidłowym doбором skręcenia obydwu połówek wirnika (żłobki wirnika proste),

wariant 5 - wirnik z dodatkowym pierścieniem, zwierającym pręty w połowie pakietu blach wirnika i z prawidłowym skosem żłobków.

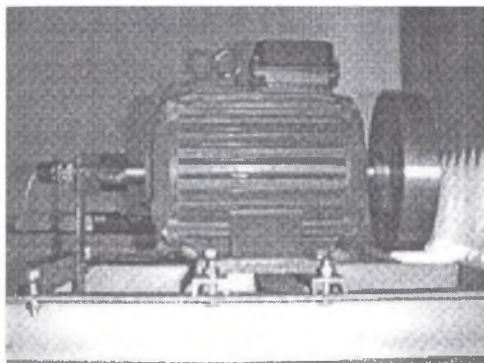
Badania komputerowe – obejmujące badania symulacyjne dynamicznych stanów rozruchów, według poliharmonicznych modeli matematycznych z różną liczbą uwzględnianych harmonicznych. Rozważone zostały modele matematyczne z odpowiednio wybranymi – najsilniej oddziaływającymi harmonicznymi. Badania symulacyjne zostały przeprowadzone dla silnika z wirnikiem o prostych żłobkach bez pierścienia zwierającego – wariant 1 (najsilniejsze uwydątnienie zjawisk pasożytniczych).

Indukcyjny silnik klatkowy był badany przy zasilaniu z symetrycznej sieci 3*380V, a następnie z układów falownikowych ze sterowaniem skalarnym (uzwojenia silnika skojarzono w gwiazdę bez przewodu zerowego).

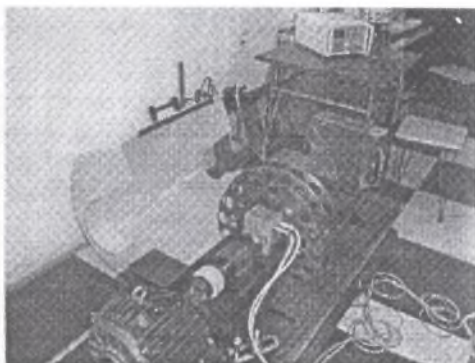
3. BADANIA LABORATORYJNE

Badania zostały przeprowadzone na stanowiskach:

- z możliwością pomiaru prędkości obrotowej (realizowanego za pomocą tachoprądnicy) przy naturalnym i powiększonym momencie bezwładności wirnika (stanowisko przedstawione na rys. 1),
- z możliwością pomiaru prędkości obrotowej i momentu elektromagnetycznego (realizowanych za pomocą bezstykowego tensometrycznego przetwornika momentu T32FN Hottinger) przy różnych momentach bezwładności wirnika (stanowisko przedstawione na rys. 2).



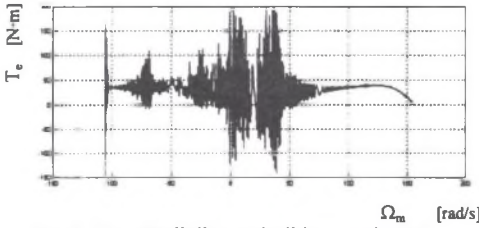
Rys.1. Stanowisko z pomiarem prędkości obrotowej
Fig.1. The laboratory stand with measurement of the rotor speed



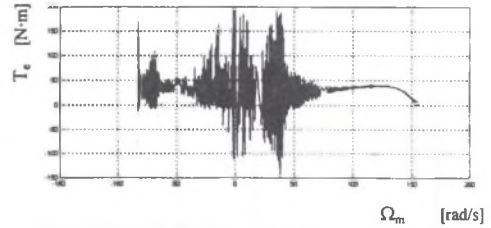
Rys.2. Stanowisko z możliwością pomiaru momentu i prędkości obrotowej
Fig.2. The laboratory stand with measurement of the rotor speed and motor torque

Badania laboratoryjne obejmowały wielokrotne rejestrowanie rozruchów i nawrotów silnika klatkowego przy naturalnym i powiększonym momencie bezwładności oraz przy różnych kątach początkowych wirnika.

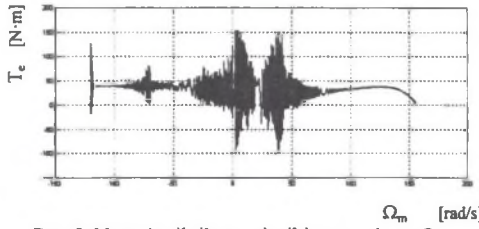
Na rys.1÷12 przedstawiono zarejestrowane (na stanowisku pomiarowym przedstawionym na rys.2) trajektorie momentu T_e podczas nawrotu silnika (z wirnikami wariantów 1÷5), zasilanego z sieci, przy powiększonym momencie bezwładności i przy dwóch różnych położeniach początkowych wirnika.



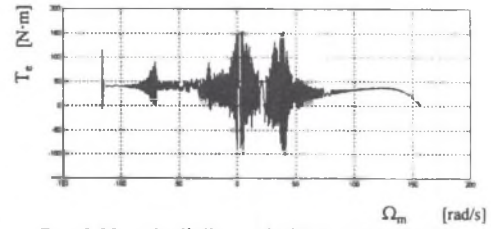
Rys.3. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 1
Fig.3. The reverse of speed of the motor with rotor number 1



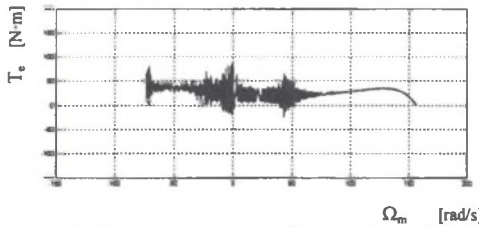
Rys.4. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 1
Fig.4. The reverse of speed of the motor with rotor number 1



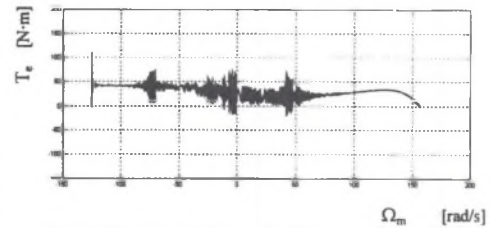
Rys.5. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 2
Fig.5. The reverse of speed of the motor with rotor number 2



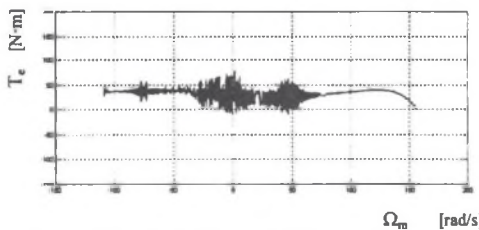
Rys.6. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 2
Fig.6. The reverse of speed of the motor with rotor number 2



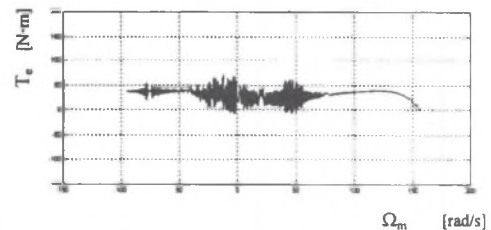
Rys.7. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 3
Fig.7. The reverse of speed of the motor with rotor number 3



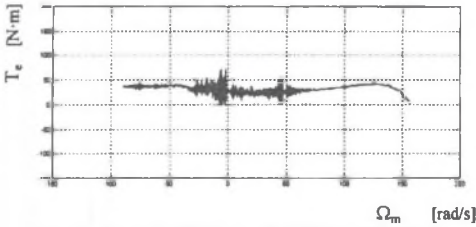
Rys.8. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 3
Fig.8. The reverse of speed of the motor with rotor number 3



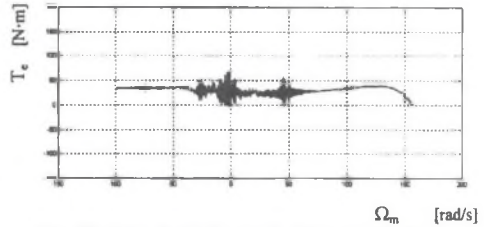
Rys.9. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 4
Fig.9. The reverse of speed of the motor with motor number 4



Rys.10. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 4
Fig.10. The reverse of speed of the motor with rotor number 4



Rys.11. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 5
Fig.11. The reverse of speed of the motor with rotor number 5



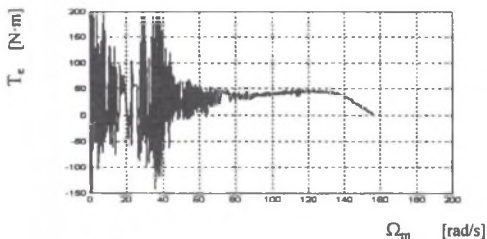
Rys.12. Nawrót silnika z wirnikiem wariantu 5
Fig.12. The reverse of speed of the motor with rotor number 5

Odczytane z rys.3÷12 amplitudy pasożytniczego momentu synchronicznego w zakresie pracy silnikowej przy prędkości $\Omega_{ms}=22,44$ rad/s dla silnika z wirnikami wariantów 1÷5, zasilanego z sieci zestawiono w tab.1.

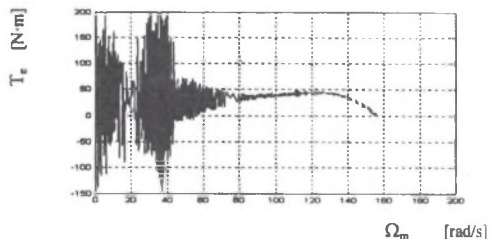
Tabela 1

Wariant wykonania wirnika	Amplituda momentu pasożytniczego w [N·m]
Wariant 1	~ 50
Wariant 2	~ 30
Wariant 3	~ 10
Wariant 4	~ 11,5
Wariant 5	~ 4

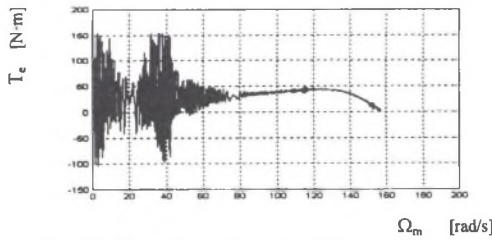
Na rys.13÷32 przedstawiono zarejestrowane (na stanowisku pomiarowym, przedstawionym na rys.10) trajektorie momentu T_e podczas rozruchu silnika (z wirnikami wariantów 1÷5), zasilanego z falownika MSI ze sterowaniem skalarnym (częstotliwość przebiegu fali nośnej wynosiła $f_N=4$ kHz), przy powiększonym momencie bezwładności i przy dwóch różnych położeniach początkowych wirnika.



Rys.13. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 1 zasilanie z falownika MSI
Fig.13. The start of the motor with rotor number 1 – motor fed from PWM inverter

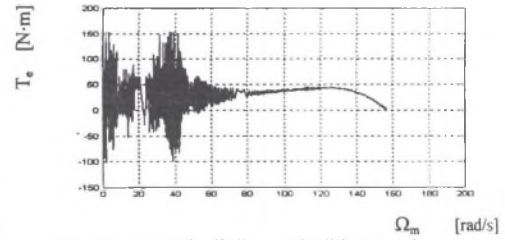


Rys.14. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 1 – zasilanie z falownika MSI
Fig.14. The start of the motor with rotor number 1 – motor fed from PWM inverter



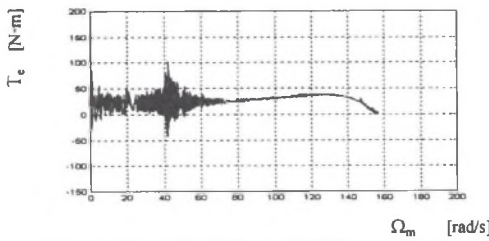
Rys 15. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 2 – zasilanie z falownika MSI

Fig.15. The start of the motor with rotor number 2 – motor fed from PWM inverter



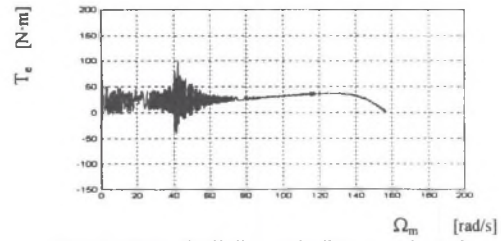
Rys.16. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 2 – zasilanie z falownika MSI

Fig.16. The start of the motor with rotor number 2 – motor fed from PWM inverter



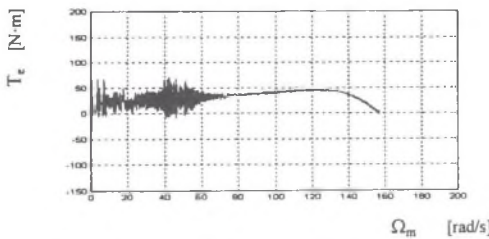
Rys..17. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 3 – zasilanie z falownika MSI

Fig.17. The start of the motor with rotor number 3 – motor fed from PWM inverter



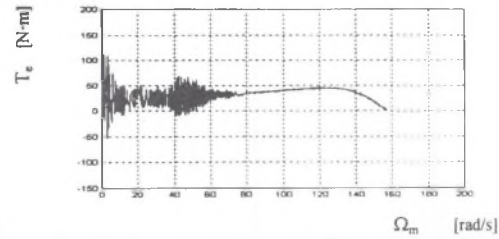
Rys.18. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 3 zasilanie z falownika MSI

Fig.18. The start of the motor with rotor number 3 – motor fed from PWM inverter



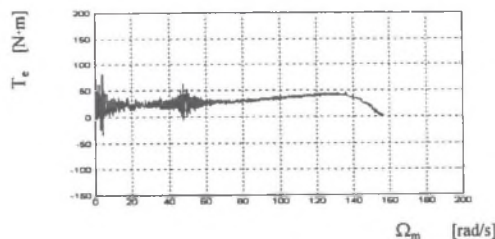
Rys.19. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 4 – zasilanie z falownika MSI

Fig.19. The start of the motor with rotor number 4 – motor fed from PWM inverter



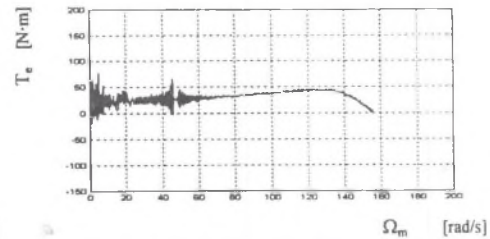
Rys.20. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 4 – zasilanie z falownika MSI

Fig.20. The start of the motor with rotor number 4 – motor fed from PWM inverter



Rys.21. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 5 – zasilanie z falownika MSI

Fig.21. The start of the motor with rotor number 5 – motor fed from PWM inverter



Rys.22. Rozruch silnika z wirnikiem wariantu 5 – zasilanie z falownika MSI

Fig.22. The start of the motor with rotor number 5 – motor fed from PWM inverter

4. BADANIA KOMPUTEROWE ZALEŻNOŚCI AMPLITUD MOMENTÓW PASOŻYTNICZYCH OD POCZĄTKOWEGO KĄTA WIRNIKA

W celu wyznaczenia zależności amplitud pasożytniczych momentów synchronicznych – generowanych w zakresie pracy silnikowej maszyny – od kąta początkowego ϑ_{m0} rozwiązano poliharmoniczny model matematyczny silnika indukcyjnego, określony następującymi relacjami (jest to model dla elektromagnetycznego stanu nieustalonego, w którym nie uwzględniono skosu prętów klatki wirnika):

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} [i_s^{\alpha\beta}] \\ [i_r^{dq}] \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} [L_{\sigma s}^{\alpha\beta}] & [0] \\ [0] & [L_{\sigma r}^{dq}] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [M_{ss}^{\alpha\beta}] & [M_{sr}^{\alpha\beta dq}(\vartheta)] \\ [M_{sr}^{\alpha\beta dq}(\vartheta)]^T & [M_{rr}^{dq}] \end{bmatrix} \right)^{-1} \cdot \left(\begin{bmatrix} [u_s^{\alpha\beta}] \\ [0] \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} [R_s^{\alpha\beta}] & [0] \\ [0] & [R_r^{dq}] \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} [M_{ss}^{\alpha\beta}] & [M_{sr}^{\alpha\beta dq}(\vartheta)] \\ [M_{sr}^{\alpha\beta dq}(\vartheta)]^T & [M_{rr}^{dq}] \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} [i_s^{\alpha\beta}] \\ [i_r^{dq}] \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} \vartheta_m = \Omega_m = \frac{50\pi}{7} \quad , \quad (2)$$

$$T_e = [i_s^{\alpha\beta}]^T \frac{d}{d\vartheta} [M_{sr}^{\alpha\beta dq}(\vartheta)] \cdot [i_r^{dq}] \quad (3)$$

z warunkami początkowymi, określonymi przez wektor $[x_0]$:

$$[x_0] = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \vartheta_{m0}]^T \quad (4)$$

gdzie:

- $[R_s^{\alpha\beta}]$, $[L_{\sigma s}^{\alpha\beta}]$, $[R_r^{dq}]$, $[L_{\sigma r}^{dq}]$ – odpowiednio macierz rezystancji, indukcyjności rozproszeń stojana i macierz rezystancji, indukcyjności rozproszeń wirnika,
- $[M_{ss}^{\alpha\beta}]$, $[M_{rr}^{dq}]$ – macierz indukcyjności własnych stojana i wirnika,
- $[M_{sr}^{\alpha\beta dq}(\vartheta)]$ – macierz indukcyjności wzajemnych stojan-wirnik,
- $[i_s^{\alpha\beta}]$, $[i_r^{dq}]$ – wektory prądów stojana i wirnika,
- $[u_s^{\alpha\beta}]$ – wektor napięć zasilających stojan,
- Ω_m – mechaniczna prędkość kątowa wirnika, ϑ , ϑ_m – kąt elektryczny i mechaniczny wirnika.

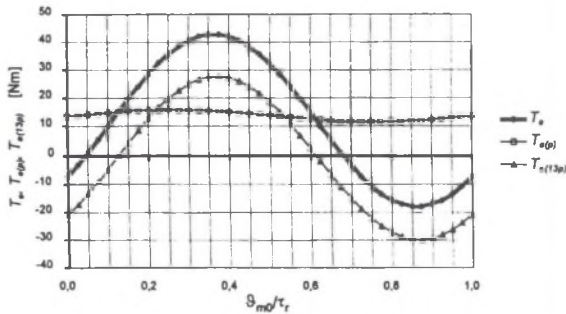
Serii obliczeń komputerowych dokonano dla wartości kątów początkowych wirnika, należących do zbioru:

$$\vartheta_{m0} = \left\langle 0 \cdot \frac{2\pi}{Q_r}; 0,025 \cdot \frac{2\pi}{Q_r}; 0,05 \cdot \frac{2\pi}{Q_r} \dots; 0,5 \cdot \frac{2\pi}{Q_r}; \dots; 0,95 \cdot \frac{2\pi}{Q_r} \right\rangle, \quad (5)$$

zarówno dla modelu o wymiarze hipermacierzy indukcyjności WHI=4 i liczbie uwzględnianych harmonicznych przestrzennych H=2, jak i dla modelu o WHI=6 i H=4.

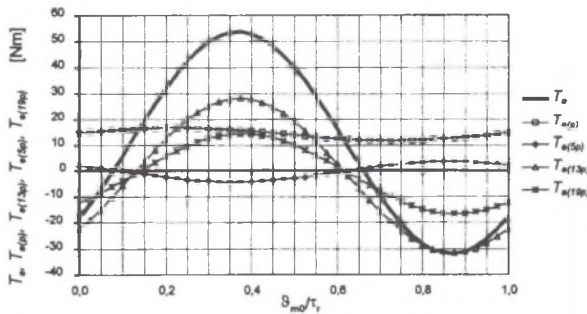
Na rys.23 przedstawiono charakterystykę kątową wypadkowego momentu elektromagnetycznego T_e dla modelu klasy WHI=4, H=2 – przy prędkości wirowania silnika równej prędkości synchronicznej, dominujących momentów pasożytniczych: $\Omega_{ms}=50\pi/7$ rad/s. Dodatkowo naniesiono na rys.23 składowe momentu elektromagnetycznego związane z p-tą maszyną elementarną $T_{e(p)}$ oraz – 13-tą maszyną elementarną $T_{e(13p)}$. Jak

wynika z rys.23 charakterystyka $T_e(\vartheta_{m0}/\tau_r)$ osiąga wartość zero dwukrotnie – dla kątów: $\vartheta_{m01} \cong 0,05$, $\vartheta_{m02} \cong 0,66$. W bliskim otoczeniu takich kątów wirnika możliwa jest synchronizacja.



Rys.23. Wypadkowa charakterystyka kątowna momentu elektromagnetycznego T_e oraz jego dwie składowe $T_{e(p)}$ i $T_{e(13p)}$ dla modelu silnika klasy WHI=4, H=2

Fig.23. The resultant angular characteristic of electromagnetic torque T_e and its two components: $T_{e(p)}$ and $T_{e(13p)}$ computed for the WHI=4, H=2 class motor model



Rys.24. Wypadkowa charakterystyka kątowna momentu elektromagnetycznego T_e oraz jego składowych: $T_{e(p)}$, $T_{e(5p)}$, $T_{e(13p)}$, $T_{e(19p)}$ dla modelu silnika klasy WHI=6, H=4

Fig.24. The resultant angular characteristic of electromagnetic torque T_e and its two components: $T_{e(p)}$ and $T_{e(13p)}$ computed for the WHI=6, H=4 class motor model

Na rys.24 przedstawiono wypadkową charakterystykę kątowną momentu elektromagnetycznego T_e dla modelu klasy WHI=6, H=4 – przy prędkości wirowania silnika równej prędkości synchronicznej dominujących momentów pasożytniczych: $\Omega_{ms} = 50\pi/7$ rad/s. Charakterystyka T_e osiąga wartość zero dwukrotnie – dla kątów: $\vartheta_{m01} \cong 0,075$, $\vartheta_{m02} \cong 0,68$ – zatem, przy takich kątach wirnika możliwa jest synchronizacja. Suma amplitud pasożytniczych momentów synchronicznych w zakresie pracy silnikowej wynosi $T_{epas} = 45$ N·m.

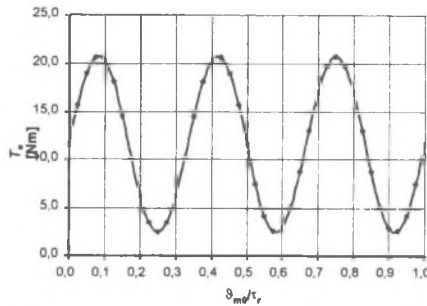
W podobny, do przedstawionego powyżej, sposób można wyznaczyć amplitudy pasożytniczych momentów synchronicznych przy zatrzymanym wirniku. W tym celu należy do równania (2) zamiast wartości prędkości obrotowej $50\pi/7$ rad/s – podać wartość 0 rad/s oraz uwzględnić te harmoniczne przestrzenne w pozostałych równaniach, które generują momenty pasożytnicze w zerze prędkości. Dla rozważanego indukcyjnego silnika klatkowego wartości amplitud pasożytniczych momentów synchronicznych, powstających przy prędkości $\Omega_m = 0$ rad/s, zestawiono w tab.2. Wyniki te otrzymano, rozwiązując poliharmoniczne modele matematyczne silnika: model o wymiarze hipermacierzy indukcyjności WHI=4 i liczbie

harmonicznym przestrzennym $H=5$ (uwzględniający harmoniczne przestrzenne $p, 13p, 29p, 41p, 43p$), model o $WHI=6$ i $H=8$ (uwzględniający harmoniczne przestrzenne $p, 5p, 13p, 19p, 23p, 29p, 37p, 41p$) oraz model o $WHI=8$ i $H=12$ (uwzględniający harmoniczne przestrzenne $p, 5p, 11p, 13p, 19p, 23p, 25p, 29p, 31p, 37p, 43p, 57p$).

Tabela 2

Składowe momentu elektromagnetycznego	Amplituda $T_e(\Omega_m=0)$ N·m	Prędkość synchroniczna rad/s
$T_{e(p,41p)}$	9,9	0
$T_{e(p,43p)}$	7,6	0
$T_{e(11p,31p)}$	1,1	0
$T_{e(11p,53p)}$	2,7	0
$T_{e(5p,37p)}$	8,5	0

Na rys.25 przedstawiono wypadkową charakterystykę momentu rozruchowego silnika w funkcji kąta obrotu wirnika uzyskaną na drodze symulacji komputerowej. Wypadkowa amplituda momentów pasożytniczych przy zatrzymanym wirniku wynosi 9 N·m, a wartość ustalonego momentu rozruchowego 11,6 N·m.



Rys.25. Charakterystyka momentu rozruchowego w funkcji kąta obrotu wirnika
Fig.25. The resultant angular characteristic of electromagnetic starting torque

Uzyskana z pomiarów charakterystyki momentu rozruchowego wypadkowa amplituda momentów pasożytniczych przy zatrzymanym wirniku wynosi ok. 11,5 N·m, a wartość ustalonego momentu rozruchowego 14,3 N·m.

5. PODSUMOWANIE

Odwzorowywanie pomierzonych amplitud momentów pasożytniczych synchronicznych w zakresie pracy silnikowej przez model matematyczny silnika z wirnikiem *wariantu 1* nie budzi zastrzeżeń. Błędy popełniane przy ich wyznaczaniu sięgają 10÷20% przy czym poliharmoniczny model matematyczny daje amplitudy momentów pasożytniczych synchronicznych o mniejszych wartościach w porównaniu z wynikami pomiarów. Wyznaczone z modelu matematycznego amplitudy momentów pasożytniczych

synchronicznych przy zatrzymanym wirniku obarczone są większym błędem, sięgającym 20÷30%. Wynika to z nieuwzględnienia zjawiska wypierania prądu w żłobkach wirnika.

LITERATURA

1. Kluszczyński K., Miksiewicz R.: Modeling of 3-phase induction machines allowing for MMF space harmonics, (in Polish) Scientific Papers of Silesian University, z.142, 1995.
2. Trawiński T., Kluszczyński K.: Vector control of induction machine in presence of predominant parasitic synchronous torques. ICEM'98, Istambul- Turkey, vol.2/3, p.920.
3. Trawiński T.: Vector control of squirrel cage motor with mff space harmonics - modelling in Matlab. 34th International Symposium on Electrical Machines SME'98, Łódź – Poland, Scientific Bulletin of Łódź Technical University, n788, vol.1, p.183.
4. Trawiński T.: Wpływ pasożytniczych momentów synchronicznych na dynamiczne własności maszyny indukcyjnej. VIII Sympozjum Podstawowe Problemy Energoelektroniki i Elektromechaniki PPEE 99, Wisła 1999, str.213.

Recenzent: Dr hab. inż. Krystyna Macek-Kamińska

Wpłynęło do Redakcji dnia 10 kwietnia 2000 r.

Abstract

In this paper the measurement results taking from the laboratory investigations of the amplitude of parasitic synchronous torques arised in the induction squirrel-cage motor are presented. The amplitudes of parasitic synchronous torques are often comparable with the rated or even maximum value of asynchronous torque related to the fundamental space harmonic. The phenomena resulting from presence of higher magnetic field space harmonics in the air-gap were considered in squirrel-cage motors supplied directly from symmetrical 3-phase network and PWM inverter. The measurements were carried out on induction squirrel-cage motor fed from symmetrical 3-phase network and PWM inverter. Several variants of an induction squirrel-cage motor with different intensity of parasitic synchronous torques (variants of realisation of the rotor) were investigated. The variants of realisation of the rotor were:

- 1) with straight squirrel-cage bars,
- 2) with skewed slots, but with skewed slots selected incorrectly,
- 3) with skewed slots, but with skewed slots selected correctly,
- 4) with additional ring inside the rotor,
- 5) with additional ring inside the rotor and skewed slots selected incorrectly.

The laboratory tests were carried out on two stands presented in Figs.1 and 2. On the laboratory stand presented in Fig.1 only the rotor speed can be measured. On the laboratory

stand presented in Fig.2 the rotor speed and motor torque (by torque transducer T32FN Hottinger) can be measured. The mathematical model of an induction squirrel cage motor allowing for investigating the amplitude of parasitic synchronous torques is given in Chapter 4. The mathematical model of an induction squirrel cage motor (allowing for investigating the amplitude of parasitic synchronous torques) is given by Eqn.(1)-(4). The exemplary results of angular characteristic of the electromagnetic torque T_e and its two components: $T_{e(p)}$ and $T_{e(13p)}$ computed for the motor model is presented in Fig.24. The measurement results described by torque v. speed characteristic are shown in Figs.3-12 (the motor fed from 3-phase network) and Figs.13-22 (the motor fed from PWM inverter). From comparison of the measurement results (presented in Table 1) and simulation results it follows that the amplitudes of parasitic synchronous torques can be estimated for parasitic torque in the motor region with 10-20% error and with 20-30% error for parasitic torque at the start.