

Mariusz KORKOSZ<sup>1)</sup>, Jan PROKOP<sup>2)</sup>

## ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI SILNIKÓW RELUKTANCYJNYCH PRZEŁĄCZALNYCH W WARUNKACH NIESYMETRII STEROWANIA

**Streszczenie.** W pracy omówiono zagadnienie pracy silników reluktancyjnych przełączalnych (SRM) w warunkach niesymetrii sterowania. Przedstawiono sposoby sterowania SRM, przypadki pracy niesymetrycznej, model matematyczny i symulacyjny oraz wyniki symulacji cyfrowej. Omówiono wpływ niesymetrii sterowania na zawartość harmonicznego momentu i prądów, przedstawiono wnioski.

## ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF SWITCHED RELUCTANCE MOTORS IN CONDITIONS OF CONTROL ASYMMETRY

**Summary.** The paper presents a problem of the run of switched reluctance motors (SRM) in conditions of control asymmetry. There were shown the ways of SRM control, cases of asymmetric work, mathematical and simulation models and the results of digital simulation. The paper describes the influence of control asymmetry on the contents of moment and currents harmonics. The conclusions were presented as well.

**Key words:** switched reluctance motors, reluctance motor control

### 1. WSTĘP

Ostatnie lata przyniosły wyraźny wzrost zainteresowania silnikami reluktancyjnymi przełączalnymi (ang. Switched Reluctance Motors - SRM). Zaczęto je stosować w złożonych układach napędowych wymagających wysokiej niezawodności pracy, np. w przemyśle lotniczym do napędu pomp i wentylatorów, motoryzacyjnym jako napędy pojazdów elektrycznych lub hybrydowych i innych [2, 7]. Wysoka niezawodność silników reluktancyjnych przełączalnych wynika z ich niezmiernie prostej i trwałej budowy (rys. 1a). Brak komutatora, uzwojeń czy też magnesów trwałych na wirniku czyni je odpornymi na przeciążenia umożliwiając jednocześnie pracę w wysokich temperaturach otoczenia. Dodatkowo silniki reluktancyjne przełączalne charakteryzują się łatwością sterowania umożliwiającą regulację prędkości obrotowej w bardzo szerokim zakresie przy stosunkowo wysokiej sprawności. W przeciwieństwie do innych napędów o regulowanej prędkości obrotowej SRM potrzebują zasilania unipolarnego, co zdecydowanie upraszcza układ zasilający, jak i sam algorytm sterowania. Unipolarne zasilanie poszczególnych uzwojeń fazowych silnika oraz małe sprzężenia magnetyczne pomiędzy nimi czyni je wzajemnie niezależnymi. W przypadku przerwy w jednym z uzwojeń silnik posiadający co najmniej trzy fazy może nie tylko dalej kontynuować pracę, ale również możliwy jest jego rozruch.

Celem artykułu jest analiza zawartości wyższych harmonicznnych w przebiegach momentu i prądów silników reluktancyjnych przełączalnych w warunkach niesymetrii sterowania. Kryterium, zawartości wyższych harmonicznnych, np. w momencie obrotowym czy też prądzie źródła zasilającego  $I_{dc}$  lub szyny  $I_{bus}$  silnika, jest dobrym miernikiem służącym do wykrywania różnego rodzaju niesymetrii niezależnie od sposobu sterowania. W pracy omówiono niesymetrię występującą w silnikach reluktancyjnych przełączalnych, przedstawiono model matematyczny SRM oraz wyniki analizy harmonicznnej prądów i momentu silnika dla wybranych przypadków niesymetrii sterowania. Ponadto zamieszczono przykładowe oscylogramy prądów: źródła zasilającego  $I_{dc}$  i szyny  $I_{bus}$  silnika sterowanego jednopulsowo pracującego w warunkach niesymetrii sterowania związanej z niewłaściwym działaniem czujników położenia oraz przy braku zasilania jednego z uzwojeń fazowych. Analiza pracy silników reluktancyjnych przełączalnych w warunkach niesymetrii sterowania powinna się przyczynić do wzrostu niezawodności tych maszyn.

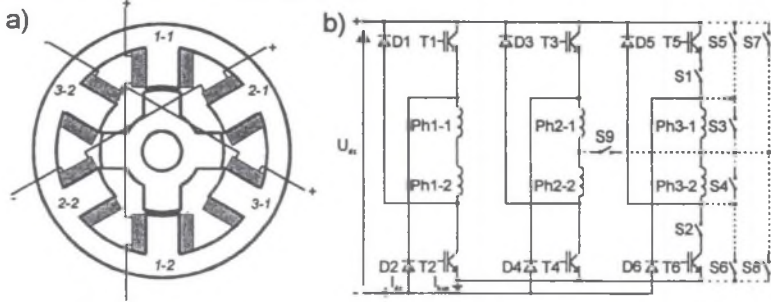
<sup>1)</sup> Mgr inż., Politechnika Rzeszowska, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, e-mail: mkosz@prz.rzeszow.pl

<sup>2)</sup> Dr inż., Politechnika Rzeszowska, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, e-mail: jprokop@prz.rzeszow.pl

## 2. SPOSOBY STEROWANIA I PRZYPADKI NIESYMETRII STEROWANIA SRM

### 2.1. Sposoby sterowania SRM

Zasilanie poszczególnych uzwojeń stojana silnika reluktancyjnego przełączalnego odbywa się w funkcji kąta położenia wirnika, co może realizować np. najbardziej popularny układ składający się z  $m$  elementów przełączających, którego schemat dla silnika trójfazowego ( $N=3$ ) przedstawiono na rys.1b. Jest to dla jednej fazy typowy półmostek typu H składający się z dwóch elementów przełączających (np. tranzystorów MOSFET, IGBT, MCT czy też tyrystorów GTO) oraz z dwóch elementów w postaci diod zwrotnych. Stosuje się trzy podstawowe sposoby sterowania silników reluktancyjnych przełączalnych, tj. sterowanie prądowe, sterowanie napięciowe i sterowanie jednopulsowe [4, 5]. Wielkościami bezpośrednio wpływającymi na osiągi silnika są: kąty załączenia ( $\theta_{on}$ ) i wyłączenia ( $\theta_{off}$ ) zasilania uzwojeń stojana, kąt zaniku prądu ( $\theta_{ex}$ ), amplituda prądu fazowego ( $I_{max}$ ), bądź wartość napięcia zasilającego ( $U_{dc}$ ).



Rys.1. Budowa trójfazowego SRM 6/4 (a), schemat typowego układu zasilającego (b)  
Fig. 1. Structure of SRM 6/4 (a), typical power converter (b)

W zakresie małych prędkości obrotowych, tj. do tzw. prędkości bazowej, stosuje się sterowanie prądowe twarde lub miękkie w zależności od możliwości oferowanych przez układ zasilający. W rozbudowanych algorytmach sterowania prądowego wartość prądu odniesienia  $I_{ref}$  wynikająca z założonego momentu obciążenia nie jest stała, lecz zmienia się wraz ze zmianą kąta obrotu wirnika i poziomem nasycenia obwodu magnetycznego. Takie uzależnienie prądu odniesienia połączone z właściwym doбором kątów załączenia i wyłączenia zapewnia moment obrotowy silnika praktycznie bez pulsacji. Przekroczenie prędkości bazowej uniemożliwia pracę ze stałym momentem obrotowym ze względu na zbyt duże napięcie rotacji.

Sterowanie napięciowe jako bardziej elastyczne stosuje się zarówno poniżej, jak i powyżej prędkości bazowej. Wartość średnią napięcia fazowego  $U_{avph}$  uzyskuje się poprzez zmianę współczynnika wypełnienia (PWM). Podobnie jak w przypadku sterowania prądowego wyróżnić możemy sterowanie napięciowe PWM twarde i miękkie. Dla twardego sterowania napięciowego PWM praktyczny zakres regulacji współczynnika wypełnienia wynosi tylko 0.5, tj. od 50% do 100%.

Przypadkiem szczególnym sterowania prądowego i napięciowego PWM jest praca silnika przy zasilaniu jednopulsowym. Przy tym sposobie sterowania silnik pracuje najczęściej z dużą prędkością obrotową kilkakrotnie przekraczającą prędkość bazową. Regulacja prędkości obrotowej silnika odbywa się poprzez zmianę kątów załączenia ( $\theta_{on}$ ) i wyłączenia ( $\theta_{off}$ ). Znaczne poszerzenie zakresu regulacji prędkości obrotowej przy sterowaniu jednopulsowym bez zwiększania pulsacji momentu obrotowego daje regulacja wartości średniej napięcia zasilającego  $U_{avdc}$ . Wiąże się to jednak z potrzebą zastosowania dodatkowego elementu przełączającego, dlatego przewidziana jest ona raczej do układów oszczędnościowych.

### 2.2. Praca SRM w warunkach niesymetrii sterowania

Zakładając symetryczną budowę silnika (elektryczną i magnetyczną) przyczyną pracy niesymetrycznej SRM może być niesymetria wewnętrzna (od strony uzwojeń silnika) lub zewnętrzna (od strony układu zasilającego). Oczywiście, np. przerwa w zasilaniu jednej fazy silnika

może być spowodowana uszkodzeniem uzwojenia fazowego, uszkodzeniem tranzystorów w układzie zasilającym lub samego układu sterującego.

Przykładowymi przyczynami pracy niesymetrycznej SRM mogą być uszkodzenia:

1. Wewnętrzne uzwojeń silnika, np.:
  - przerwa w połączeniu uzwojenia fazowego z układem zasilającym, przy czym samo uzwojenie może pozostawać rozwarne lub być cały czas zwarte,
  - zwarcie całego uzwojenia fazy, połowy uzwojenia (na jednym biegunie) lub częściowe zwarcie zwojowe,
  - zwarcie międzyfazowe pomiędzy dwoma pasmami uzwojenia silnika,
  - zwarcie połączenia międzypasmowego uzwojenia fazowego do masy.
2. Zewnętrzne od strony układu zasilającego, np.:
  - niesymetria sterowania związana z wadliwą pracą czujników położenia bądź błędów metod bezczujnikowych detekcji położenia wirnika [2],
  - przerwy lub zwarcia w układzie zasilającym,
  - uszkodzenie układu sterującego.

Na schemacie układu zasilającego z rys. 1b linią przerywaną dla jednej fazy zaznaczono połączenia wraz z wyłącznikami ilustrujące poszczególne przypadki pracy w warunkach niesymetrycznego sterowania SRM. Wybrane przypadki pracy niesymetrycznej zestawiono w tabeli 1, w której wartość jeden oznacza zamknięty odpowiedni przełącznik a wartość zero otwarty.

Tabela 1

Przypadki niesymetrii sterowania SRM

Rodzaj niesymetrii	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Brak impulsów sterujących na bramce tranzystora T5	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Zwarcie tranzystora T5	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Zwarcie tranzystorów T5 i T6	1	1	0	0	1	1	0	0	0
Przerwa w uzwojeniu fazowym przy jednoczesnym zwarciu uzwojenia	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Zwarcie jednego pasma uzwojenia fazowego	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Zwarcie połączenia między-pasmowego uzwojenia z masą	1	1	0	0	0	0	0	1	0
Zwarcie międzypasmowe uzwojeń fazowych	1	1	0	0	0	0	0	0	1

### 3. MODEL MATEMATYCZNY I SYMULACYJNY SILNIKA SRM

Równania modeli obwodowych silników reluktancyjnych przełączalnych posiadających  $N$  pasm uzwojeń stojana można przedstawić w postaci [5]:

$$\mathbf{u} = \mathbf{R} \mathbf{i} + \frac{d}{dt} [\boldsymbol{\psi}(\mathbf{i}, \varphi)], \quad \boldsymbol{\psi}(0) = \boldsymbol{\psi}_0, \quad (1)$$

$$J \frac{d\omega}{dt} + D\omega + T_L = T_e, \quad \omega(0) = \omega_0, \quad (2)$$

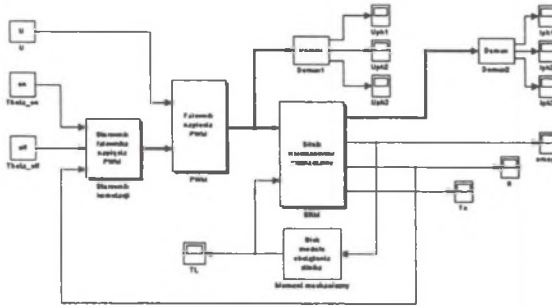
$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega, \quad \varphi(0) = \varphi_0 \quad (3)$$

gdzie poszczególne wektory i macierze są zdefiniowane:  $\mathbf{u} = \text{col}(u_1, \dots, u_N)$ ,  $\mathbf{i} = \text{col}(i_1, \dots, i_N)$ ,  $\mathbf{R} = \text{diag}(R_1, \dots, R_N)$ ,  $\boldsymbol{\psi}(\mathbf{i}, \varphi) = \text{col}(\psi_1(i_1, \dots, i_N, \varphi), \dots, \psi_N(i_1, \dots, i_N, \varphi))$ , zaś moment elektromagnetyczny silnika  $T_e$  w równaniu (2) odpowiednio dla modelu nieliniowego i liniowego określa wyrażenie:

<p>Model nieliniowy</p> $T_e = \sum_{i=1}^N \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[ \int_0^{i_i} \psi_i(i_1, \dots, i_N, \varphi) di_i' \right]_{i_i = \text{const}},$	<p>Model liniowy</p> $T_e = \frac{1}{2} \mathbf{i}^T \frac{\partial \mathbf{L}(\varphi)}{\partial \varphi} \mathbf{i}.$
---	---

(4)

Zależność współczynników indukcyjności poszczególnych pasm uzwojeń od kąta obrotu wirnika  $\varphi$  można uzyskać stosując obliczenia polowe lub przedstawić w postaci szeregu Fouriera [5]. Napięcia zasilania poszczególnych pasm uzwojeń silnika zależą od kąta położenia wirnika  $\varphi$  i sposobu sterowania.



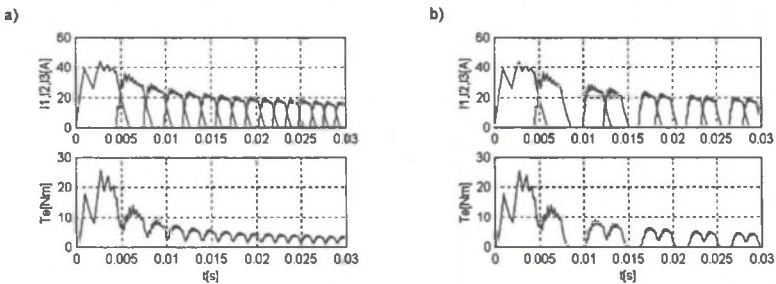
Rys.2. Schemat blokowy modelu symulacyjnego silnika SRM  
 Fig. 2. Block diagram of simulation model of switched reluctance motor

Na rys.2 przedstawiono model symulacyjny zintegrowanego układu elektromechanicznego: falownik napięcia PWM - SRM - obciążenie silnika przygotowany w SIMULINK-u [5]. Omawiany model składa się z bloku falownika napięcia PWM i bloku jego sterownika, bloku silnika opisanego równaniami (1)-(4), bloku modelu maszyny obciążającej oraz bloków wyświetlaczy pozwalających na bieżącą wizualizację wyników symulacji. Blok maszyny obciążającej silnik umożliwia odwzorowanie podstawowych charakterystyk mechanicznych obciążenia.

4. WYNIKI SYMULACJI CYFROWEJ I BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH

4.1. Symulacja właściwości SRM w warunkach niesymetrii sterowania

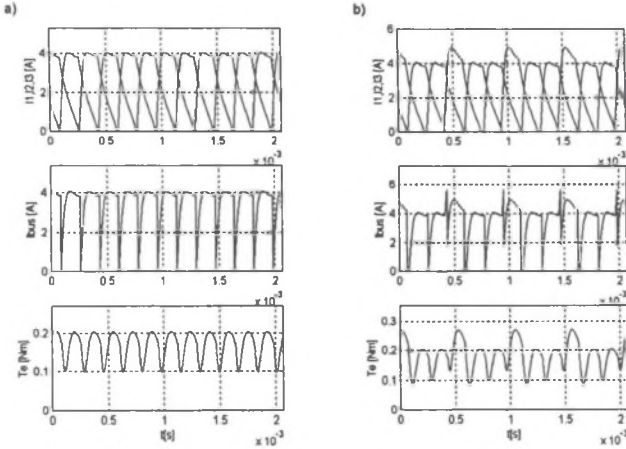
Do badań symulacyjnych wykorzystano model symulacyjny silnika reluktancyjnego przełączalnego zbudowany w środowisku programu MATLAB/Simulink [5, 6]. Parametry modelowego silnika reluktancyjnego przedstawiono w [4]. Badanie wpływu niesymetrii sterowania na pracę silnika przeprowadzono dla rozruchu oraz dla stanu ustalonego ( $n=const$ ) w dziedzinie czasu dla wartości chwilowych napięć i prądów. Dla stanu ustalonego przeprowadzono także analizę harmoniczną przebiegów czasowych w dziedzinie częstotliwości (FFT).



Rys.3. Przebiegi czasowe prądów i momentu przy rozruchu SRM zasilanego z falownika PWM:  
 a) symetria sterowania, b) przerwa w uzwojeniu jednej fazy  
 Fig.3. Waveforms of currents and torque during start-up of SRM at voltage control PWM:  
 a) symmetry of control, b) one phase winding disconnected and open circuited



Na rys.3 przedstawiono przebiegi przy rozruchu silnika zasilanego napięciowo (miękkim PWM) w warunkach symetrii oraz przy braku zasilania jednego z uzwojeń fazowych. Pomimo braku zasilania jednego z uzwojeń fazowych silnika następuje jego rozruch, ale pogarsza się jednak dynamika. Rysunki 4 i 5 przedstawiają przebiegi czasowe (i ich harmoniczne) prądów i momentu przy sterowaniu jednopulsowym dla sterowania symetrycznego i sterowania z wcześniejszym kątem załączenia jednej fazy. Na rysunkach 6 i 7 zamieszczono przebiegi odpowiednio przy sterowaniu miękkim PWM dla zasilania symetrycznego i przy przerwie w uzwojeniu jednej fazy.



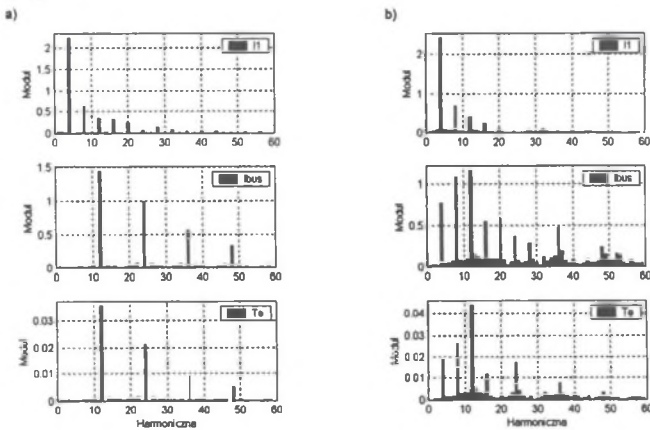
Rys.4. Przebiegi czasowe prądów i momentu przy sterowaniu jednopulsowym:

a) symetria sterowania, b) niesymetria od kąta załączenia

Fig. 4. Waveforms of currents and torque at single-pulse mode control:

a) symmetry of control, b) control asymmetry from angle of turn-on

Zmiana kąta załączenia w jednym z uzwojeń fazowych wpływa na zmianę kształtu prądu fazowego  $i_{ph}$ ,  $I_{dc}$ ,  $I_{bus}$  oraz momentu  $T_e$ , a w konsekwencji na rozkład ich harmoniczných. Nawet niewielka niesymetria objawia się pojawieniem się dodatkowych harmoniczných w prądach  $I_{dc}$ ,  $I_{bus}$  oraz momencie  $T_e$ .

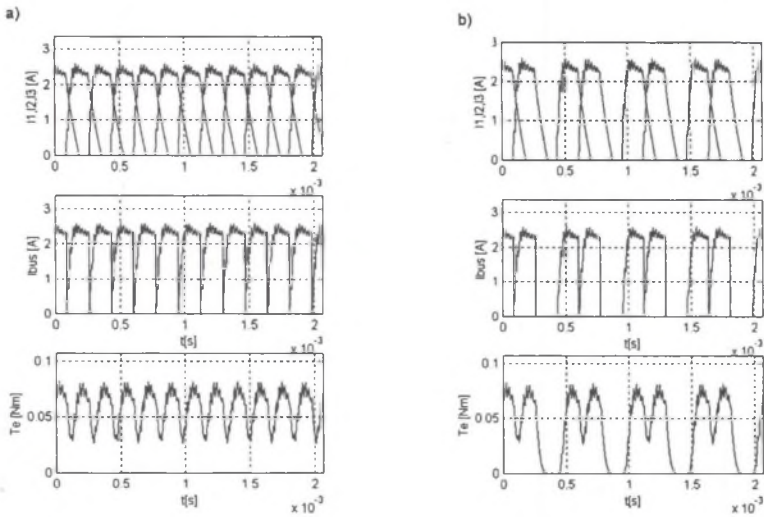


Rys.5. Rozkład harmoniczných prądów i momentu przy sterowaniu jednopulsowym:

a) zasilanie symetryczne, b) niesymetria sterowania od kąta załączenia

Fig. 5. Distribution of harmonics of currents and torque at single-pulse mode control:

a) symmetry of control, b) control asymmetry from angle of turn-on



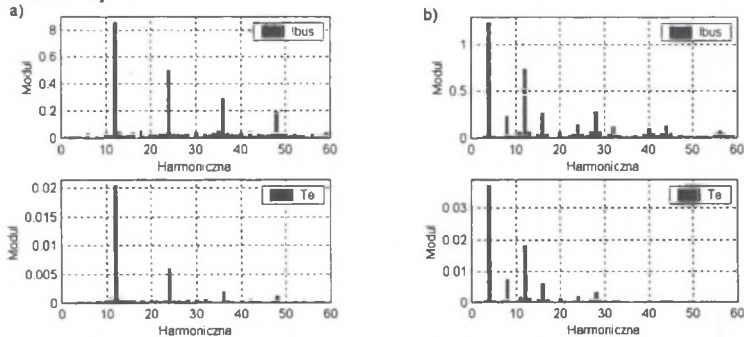
Rys. 6. Przebiegi czasowe prądów i momentu przy sterowaniu miękkim PWM:

a) symetria sterowania, b) przerwa w jednej fazie

Fig. 6. Waveforms of currents and torque in soft voltage control PWM:

a) symmetry of control, b) one phase winding disconnected and open circuited

Podczas pracy w stanie ustalonym z odłączonym jednym uzwojeniem silnik traci na mocy zgodnie z zależnością  $P_{out} = P_N/N$ . Diametralnie zmienia się rozkład harmonicznym dla przebiegów prądów  $I_{dc}$ ,  $I_{bus}$  oraz momentu  $T_e$ . Dominuje wówczas czwarta harmoniczna wskazując jednoznacznie na uszkodzenie uzwojenia.



Rys. 7. Rozkład harmonicznym prądów i momentu przy sterowaniu PWM:

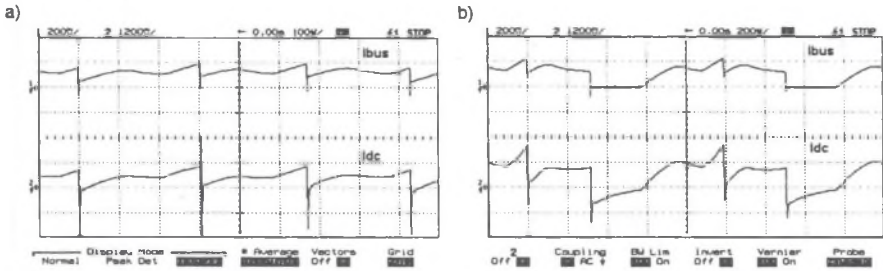
a) zasilanie symetryczne, b) przerwa w jednej fazie

Fig. 7. Distribution of harmonics of currents and torque in soft voltage control PWM:

a) symmetry of control, b) one phase winding disconnected and open circuited

#### 4.2. Przykładowe wyniki badań doświadczalnych

Na rys. 8 zamieszczono zarejestrowane oscyloskopem cyfrowym HP54645A przebiegi prądów: źródła zasilającego  $I_{dc}$  i szyny  $I_{bus}$  silnika reluktancyjnego przełączalnego sterowanego jednopulsowo. Prądy  $I_{dc}$  i  $I_{bus}$  są bardzo często wykorzystywane w zabezpieczeniach nadprądowych silników reluktancyjnych przełączalnych pozwalając zaoszczędzić dwa czujniki prądowe [1].



Rys. 8. Oscylogramy prądów  $I_{dc}$  i  $I_{bus}$  SRM przy sterowaniu jednopulsowym: a) niesymetria sterowania pochodząca od czujników położenia, b) przerwa w jednej fazie silnika

Fig. 8. Oscillograms of motor currents  $I_{dc}$  i  $I_{bus}$  with: a) control asymmetry originating from position sensors, b) one phase winding disconnected and open circuited

Na rys. 8a przedstawiono przebiegi prądów silnika pracującego w stanie ustalonym z prędkością  $n=18450$  obr/min w warunkach niesymetrii sterowania pochodzącej od wadliwego działania czujników położenia. Dla poszczególnych uzwojeń fazowych występowały różne kąty załączenia  $\theta_{on} = -5^\circ \pm 1^\circ$  przy stałym kącie przewodzenia  $\Delta\theta = 37^\circ$  w stosunku do położenia niewspółśrodkowego. Objawia się to różnymi kątami komutacji, co jest widoczne na zamieszczonych powyżej przebiegach prądów. Tego typu niesymetria sterowania powoduje dodatkowo nieznaczny wzrost pulsacji momentu obrotowego silnika bez zauważalnego wzrostu drgań i hałasu akustycznego. Można wysunąć wniosek, że takie niewielkie niesymetrie sterowania pochodzące od wadliwego działania czujników położenia są dopuszczalne, ponieważ nie mają one większego wpływu na pracę silnika.

Przebiegi prądów  $I_{dc}$  i  $I_{bus}$  silnika pracującego w warunkach niesymetrii sterowania wynikającej z przerwy w zasilaniu jednego z uzwojeń fazowych pokazano na rys. 8b. Silnik pracował z prędkością  $n=15657$  obr/min. Brak zasilania jednego z uzwojeń charakteryzuje się znacznym wzrostem pulsacji momentu obrotowego, małym wzrostem drgań i hałasu akustycznego oraz spadkiem obrotów silnika (około 15%).

## 5. PODSUMOWANIE

W pracy omówiono wpływ niesymetrii sterowania na właściwości silników reluktancyjnych przelączalnych, skąd można wyciągnąć podstawowe wnioski:

- Układy napędowe z silnikami reluktancyjnymi przelączalnymi charakteryzują się zdolnością pracy w warunkach niesymetrii, która jest nieosiągalna dla napędów z innymi typami maszyn elektrycznych.
- Niewielkie niesymetrie sterowania pochodzące od nieprecyzyjnego działania czujników położenia bądź metod bezczujnikowych detekcji położenia wirnika nie mają dużego wpływu na pracę silnika.
- Dzięki separacji magnetycznej i elektrycznej poszczególnych faz silnika (tj. małemu sprzężeniu pomiędzy uzwojeniami) oraz zabezpieczeniom prądowym SRM osiągają duży zakres tolerancji na uszkodzenia samego silnika czy układu zasilającego.
- Skutki niesymetrii sterowania SRM zależą od liczby uzwojeń fazowych i typu niesymetrii, np. przerwa czy zwarcie.
- Skutki przerwy w jednej fazie zależą od liczby faz silnika  $N$  i dla silników o  $N > 2$  nie wpływają zasadniczo na pracę pozostałych faz silnika, zmniejszają jedynie moc silnika o  $1/N$  mocy przy pełnej symetrii i zwiększają pulsację momentu i prądów.
- Najniekorzystniejsze dla silnika są zwarcia (całego uzwojenia, uzwojenia jednego bieguna, międzyfazowe) powodujące znaczne przekroczenie prądu, wzrost pulsacji momentu, a w konsekwencji wzrost drgań silnika.

Nowoczesne sterowniki SRM z procesorami sygnałowymi wraz z zastosowaniem czujników uszkodzeń uzwojeń powinny w układach napędowych wymagających wysokiej niezawodności pracy umożliwiać diagnostykę stanów awaryjnych SRM w czasie pracy silnika i przez odpowiednią adaptację sterowania minimalizować skutki niesymetrycznej pracy silnika.

## LITERATURA

1. Gallegos-LOpez G., Kjaer P. C.: *Single-sensor current regulation in switched reluctance motor drives*, IEEE Trans. on IA, May/June 1998, Vol. 34, No. 3, pp.444-451.
2. Hexamer B. G.: *High performance switched reluctance motor and power converter for implementation in an electric vehicle*, EPE'97, Trondheim, pp.3570-3574.
3. Husain I., Ehsani M.: *Error analysis in indirect rotor position sensing of switched reluctance motors*, IEEE Trans. on Industrial Electronics, June 1994, Vol. 41, No. 3, pp.301-307.
4. Prokop J., Korkosz M.: *Wpływ sposobu sterowania na pulsację momentu i prądu silników reluktancyjnych przełączalnych*, Wiadomości Elektrotechniczne, 1999, Nr 12, str.634-637.
5. Prokop J., Bogusz P.: *Analiza właściwości dynamicznych silników reluktancyjnych przełączalnych w systemie MATLAB/SIMULINK*, Przegląd Elektrotechniczny, 2000, Nr 5, str. 119-124.
6. Prokop J.: *Biblioteka MOTORS - opis i zastosowanie w modelowaniu układów napędu elektrycznego w systemie MATLAB-SIMULINK*, Przegląd Elektrotechniczny, nr 3, 1996, str.77-80.
7. Radun A. V.: *High-power density switched reluctance motor drive for aerospace*, IEEE Trans. on IA, Jan/Feb. 1992, Vol.28, No.1, pp.113-119.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Koziej

Wpłynęło do Redakcji dnia 15 lutego 2001 r.

## Abstract

This paper deals with switched reluctance motors (SRM) with structure 6/4 as shown in Fig. 1a. Separate windings of the motor stator are supplied in function of the rotor position angle. The values that influence directly the motor performance are: turn-on and turn-off angles of stator windings supply, angle of current fadeout, amplitude of phase current and value of supply voltage. The diagram of popular power converter consisting of 6 switched elements (for example transistors MOSFET, IGBT, MCT and thyristors GTO) is shown in Fig. 1b. The paper presents three the basic ways of SRM control i.e. current control (hard and soft), voltage control PWM (hard and soft) and single-pulse mode control [4, 5]. Cases of work in control asymmetry conditions and their reasons (Table 1) are described. The SRM mathematical model described by equations (1-4) and the block diagram of SRM simulation model in Matlab/Simulink (Fig. 2) [5] are shown. The reluctance motor model parameters are assumed according to [4]. Within the framework of simulation calculations, Fig.3, there are presented the waveforms during the start-up of a motor with soft voltage control PWM in symmetry conditions and during one phase winding disconnected. Despite the lack of supply of one of motor phase windings, its start-up follows, but its dynamics becomes worse. Fig. 4 and 5 show the waveforms (and their harmonics) of currents and torque in single-pulse mode control for control symmetry and for control with early turn-on angle of one phase. In Figs. 6 and 7 there are presented the waveforms for soft voltage control PWM supply and for one at symmetry phase winding disconnected, respectively. In the part of the paper dealing with laboratory tests there are given the examples of current oscillograms of supply source and bus of single-pulse mode control motor working in conditions of control asymmetry due to the unsuitable functioning of position sensors and in the case of one phase winding disconnected. The conclusions are presented as well.