

**Jerzy Bakalarczyk**

## **PROBLEMY PRACY SILNIKÓW ELEKTRYCZNYCH ZASILANYCH Z UKŁADÓW PRZEMIENNIKOWYCH**

### **THE PROBLEMS OF ELECTRIC MOTORS FED BY CONVERTERS SYSTEMS**

**Abstract:** In the present time, in industry, one is using a lot of power converters systems for the work with AC electric motor drives. They have various applications: pumps, compressors, fans, grinding machine drives, and so on. Also in this time much of them are in household and industrial HVACs. Depending on application, one make those drives various requirements: high level of efficiency, noiseless work, wide range of motor speed, e.t.c.. In these systems however, important also remains phenomenon of influence of the inverters output on theirs motors work. This paper is connected with the subject. Author of the article has presented the problems making classifications of these phonemes and he done their analysis in further part of this work. This paper is completed by the conclusions after analysis of above discussed phonemes.

#### **1. Wstęp**

Silniki stanowią rolę urządzenia wykonawczego w przemiennikowym układzie napędowym – z tego względu poświęca im się tak dużo uwagi. Silniki prądu przemiennego są szeroko stosowane w przemyśle (pompy, szlifierki) oraz w gospodarstwie domowym np. lodówki.

W zależności od przyjętych kryteriów sterowania oraz zastosowania wykorzystuje się różnego typu silniki. Najczęściej w przemyśle stosowane są silniki trójfazowe asynchroniczne klatkowe, synchroniczne z magnesami trwałymi.

Ważną rolę w układach automatyki odgrywiają silniki reluktancyjne przełączalne - jednak mogą stanowić poważne źródło hałasu [9].

W układach automatyki silniki zasilane są z przemienników częstotliwości PWM.

Obecnie bardzo rozpowszechnionym jest przemiennik częstotliwości z falownikiem napięcia PWM z pośredniczącym obwodem prądu stałego. Może on być sterowany na wiele różnych sposobów i jego kształt wyjściowej fali napięciowej i prądowej może być różny w zależności od sposobu sterowania i typu dołączonego do niego silnika. Najczęściej ogólnie, sterowanie można podzielić na skalarne i wektorowe. Sterowanie skalarne przebiega najczęściej z zachowaniem stałego stosunku napięcia wyjściowego do częstotliwości  $U/f$  (sterowanie z zachowaniem stałego momentu), natomiast sterowanie wektorowe jest sterowaniem bardziej skomplikowanym - w zasadzie ma na celu wykorzystanie silnika prądu przemiennego tak, by swoimi własnościami dynamicznymi przy-

pominał zachowanie się silnika prądu stałego. Na skutek dużej częstotliwości łączeń kluczy falowników w przemiennikach oraz towarzyszących dużych stromości napięciowych  $du/dt$ , a także dużej zawartości składowych harmonicznych w fali wyjściowej prądu i napięcia powstają pewne negatywne zjawiska w zasilanych maszynach [3].

#### **2. Negatywne zjawiska w sterowanych silnikach**

W wielu publikacjach pojawiających się zarówno w prasie krajowej, jak i zagranicznej omawiane są pewne negatywne skutki zasilania silnika prądu przemiennego z przemiennika częstotliwości. Są to m.in.:

- niszczenie nieizolowanych łożysk maszyn [5],
- wytwarzanie hałasu i drgań [6],
- przyspieszenie starzenia się izolacji silnika z uwagi na podwyższoną temperaturę pracy oraz wytwarzanie przepięcia na zaciskach silnika - [1],[2],
- spadek sprawności silnika [8].

#### **3. Środki zaradcze**

W wielu przypadkach zjawiska te zostały wyeliminowane poprzez stosowanie filtrów wyjściowych przemienników, włączanych między maszynę zasilaną a falownik.

Filtry te usuwają skutecznie wyższe harmoniczne z przebiegu napięcia wyjściowego falowników i przyczyniają się do zasilania silnika prądem i napięciem sinusoidalnym [7].

Stosowanie ich jest w wielu przypadkach korzystne z uwagi na to, że niepotrzebne jest ekranowanie przewodów zasilających silnik – przemysł chemiczny, instalacje modernizowane.

Innym środkiem zaradczym jest dobór właściwej metody modulacji PWM, np.: modulacja stochastyczna w pewnych zastosowaniach umożliwia wyeliminowanie hałasu oraz drgań w układach napędowych. Podobny skutek może odnieść modulacja PWM z selektywną eliminacją wyższych harmonicznych. Ogólnie pod uwagę bierze się zawartość 5, 7, 11 i 13 harmonicznej w fali wyjściowej przemiennika.

Umieszczanie filtra na wyjściu falownika powoduje dodatkowe przesunięcie fazowe między prądem a napięciem wyjściowym [4], co może spowodować wadliwą pracę układów ze sterowaniem wektorowym lub DTC. Zazwyczaj przy stosowaniu wyjściowych filtrów LC stosuje się sterowanie z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego, sterowanie skalarnie, sterowanie przy zachowaniu stałego stosunku U/f. Przy sterowaniu wektorowym (FOC) powinno się brać dodatkowo pod uwagę dynamikę tego filtra. Filtry te mogą pogarszać ogólnie dynamikę napędu.

Układy ze skomplikowanymi filtrami wyjściowymi sinusoidalnego napięcia, to najczęściej układy sterowania z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego ze sterowaniem skalarnym. Przykładem tu mogą być systemy klimatyzacyjne.

W urządzeniach klimatyzacyjnych (ang. HVAC), w systemach ze zmienną ilością powietrza VAV, wentylatory i pompy zwykle wymagają względnie niskiego momentu rozruchowego w porównaniu z wieloma zastosowaniami przemysłowymi. Dynamika tych napędów nie jest brana pod uwagę i układy sterowania nie muszą wykorzystywać metody wektorowej (FOC). Stosowanie więc filtrów wyjściowych napięcia i prądu w tych falownikach jest jak najbardziej uzasadnione.

Wykorzystuje się w tych układach bardzo często silniki reluktancyjne przełączalne.

#### 4. Wnioski

Problemy pracy silników elektrycznych zasilanych z przemienników częstotliwości związane są głównie z zawartością wyższych harmonicznych w przebiegu prądu i napięcia wyjściowego. Problemy te mogą być rozwiązane poprzez eliminację niektórych z nich. Przy stosowaniu w tym celu filtrów sinusoidalnych przebiegów wyjściowych przemienników należy kierować się wymaganiami aplikacyjnymi na-

pędów. Filtry wyjściowe LC ogólnie pogarszają dynamikę napędu. Nadają się głównie zatem do napędów wentylatorów i pomp ( np. w HVAC).

#### 5. Literatura

- [1]. Basavaraja B., Sarma V.S.S.: *Analysis of the overvoltages in PWM-inverter fed induction motors*. Tenccon 2008, IEEE Region 10 Conference, s.1-6.
- [2]. Basavaraja B., Sarma V.S.S.: *Modelling, Simulation and Experimental Analysis of transient Terminal Overvoltage in PWM-Inverter fed Induction Motors*. IEEE 2007 Power Engineering Society General Meeting, s. 1-8.
- [3]. K. M. Muttaqi, M. E. Haque: *Electromagnetic Interference Generated from Fast Switching Power Electronic Devices*. International Journal of Innovations in Energy Systems and Power, Vol. 3, no. 1 (April 2008), ss. 19-26.
- [4]. Solomaki J., Hinkkanen M.: *Influence of inverter output filter on maximum torque and speed of PMSM drives*. Industry Transactions on Industry Applications, Volume 44, Issue:1, 2008, s. 153-160.
- [5]. Muetze A., Binder A.: *Calculation of Circulating Bearing Currents in Machines of Inverter – Based Drive Systems*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Volume 54, Issue 2, 2007, s.932-938.
- [6]. Ruiz-Gonzalez, A.; Meco-Gutierrez, M.J.; Perez-Hidalgo, F.; Vargas-Merino, F.; Heredia-Larrubia, J.R.: *Reducing Acoustic Noise Radiated by Inverter-Fed Induction Motors Controlled by a New PWM Strategy*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Volume: 57, Issue: 1, 2010, s: 228 – 236.
- [7]. Xiyoun Chen; Dianguo Xu; Fengchun Liu; Jianqiu Zhang: *A Novel Inverter-Output Passive Filter for Reducing Both Differential- and Common-Mode dv/dt at the Motor Terminals in PWM Drive Systems*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Volume: 54, Issue: 1, 2007, s: 419 – 426.
- [8]. Melfi, M.J.: *Quantifying the energy efficiency of motors fed by adjustable frequency inverters*. Petroleum and Chemical Industry Conference. PCIC 2009. 2009 Record of Conference Papers - Industry Applications Society 56<sup>th</sup> Annual, s: 1 – 7.
- [9]. Zhu Yueying, Wang Dafang, Zhao Guifan, Yang Dongyu, Wang Yu: *Research progress of switched reluctance motor drive system.*, International Conference on Mechatronics and Automation, 2009. ICMA 2009, s. 784 – 789.