

상태관측기를 이용한 영구자석 동기전동기의 센서리스 속도제어의 안정도

손문경, 이동희, 이호재, 권영안
 부산대학교 전기공학과

Stability of Sensorless Speed Control of PMSM Using State Observer

M. K. Son, D. H. Lee, H. J. Lee and Y. A. Kwon
 Pusan National University, email : yakwon@hyowon.cc.pusan.ac.kr

Abstract - Sensorless PMSM is much studied for the industrial applications and home appliances because a mechanical sensor reduces reliability and increases cost. This paper studies the stability of sensorless speed control of PMSM using state observer. Sensorless control scheme using state observer is known as a scheme having a comparatively good performance. Several papers have studied the stability of state observer control scheme, but have not considered parameter variation which is important to sensorless control. This paper studies the stability through computer simulation in case of parameter variation.

리고 본 연구에서는 전동기의 기계적 파라미터에 비하여 비교적 측정하기가 쉬운 전기적 파라미터로 구성된 축소차수 상태관측기를 구성한다. 축소차수 상태관측기는 관측하고자 하는 물리량만을 추정하게 되며 계산이 간단해지는 장점을 가진다.

1. 서론

PMSM의 구동을 위해서는 위치 및 속도 정보가 필수적으로 요구되지만, 센서 사용의 경제성과 열악한 환경에서의 신뢰성 문제 등으로 최근에는 센서리스 제어의 연구가 많이 이루어지고 있다. [1-2] 현재, 여러 가지 센서리스 제어방식 중 상태관측기를 이용하는 방식이 다른 방식에 비하여 상대적으로 우수한 성능을 나타내는 방식으로 알려져 있다.

본 연구에서는 PMSM의 센서리스 속도제어 방식으로서 상태관측기에 의한 방식을 검토하고 안정도에 관하여 연구한다. 상태관측기에 의한 센서리스 속도제어 방식의 안정도는 여러 논문에서 연구되었으나 대부분이 상태방정식에서의 안정도 검토에 의한 것이다. 그러나 센서리스 제어방식에서 수행되는 속도추정에는 파라미터 변동 및 설정오차에 의한 영향이 크므로 파라미터 변동에 따른 안정도의 검토가 요구된다. 본 연구에서는 이에 관한 안정도를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검토한다. 그

2. PMSM의 상태공간 모델

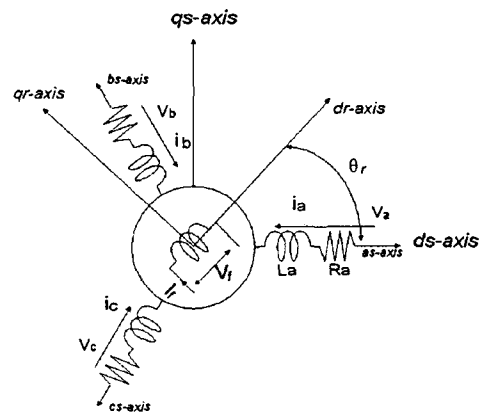


그림 1. PMSM의 모델

그림 1과 같은 PMSM에서 영구자석을 일정전류가 흐르는 권선으로 대체하는 경우, 고정자 기준 좌표계에서의 전압방정식은 다음과 같다.

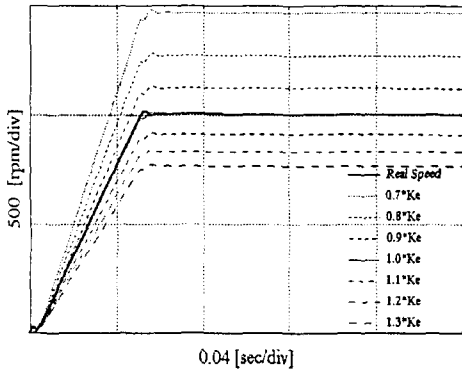
$$\begin{aligned} v_{qs} &= (R_s + L_s p) i_{qs} + E_{qs} \\ v_{ds} &= (R_s + L_s p) i_{ds} + E_{ds} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} E_{qs} &= \omega_r K_e \cos \theta_r \\ E_{ds} &= -\omega_r K_e \sin \theta_r \end{aligned}$$

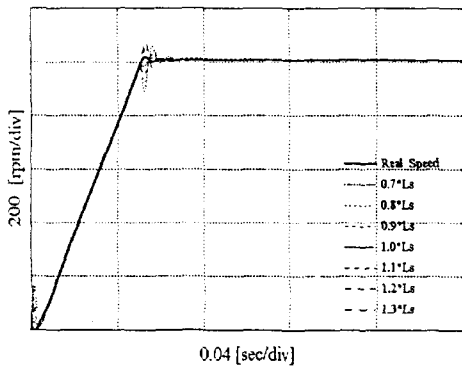
$$K_e = \sqrt{\frac{3}{2}} M I_f, \quad \omega_r = \frac{d\theta_r}{dt}$$

그림 1의 PMSM 모델에서 기계적 시정수가 전기적 시정수에 비해 매우 느리고 제어주기 내에서

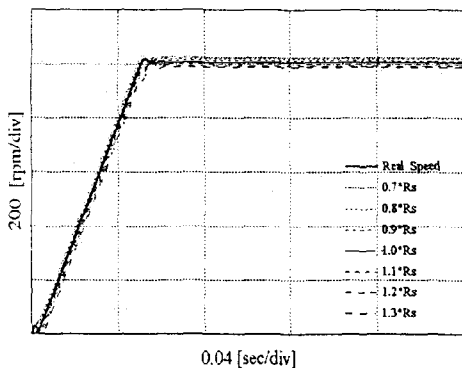
130%의 설정오차를 가지는 경우에서 상태관측기의 속도추정을 시뮬레이션한 결과이다. 역기전력 상수오차에 의해서는 속도추정의 정도가 크게 감소하고, 인덕턴스 오차 및 고정자저항 오차에 의해서는 관측기가 수렴할 때까지의 초기 안정도에 영향이 있음을 알 수 있다.



(a) 역기전력 상수가 오차를 가지는 경우



(b) 인덕턴스가 오차를 가지는 경우



(c) 고정자저항이 오차를 가지는 경우

그림 3. 상태관측기의 속도추정 특성

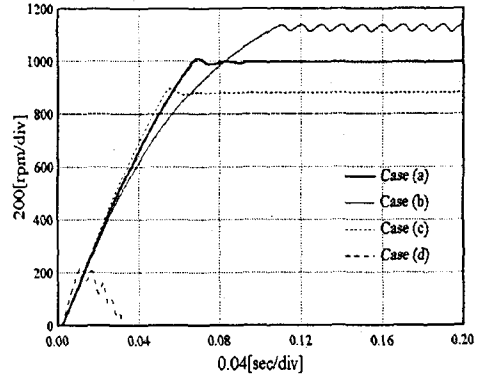


그림 4. 센서리스 속도제어 응답 특성

- (a) $\widehat{R}_s = 1.1 R_s, \widehat{L}_s = 0.9 L_s, \widehat{K}_E = 1.0 K_E$
- (b) $\widehat{R}_s = 1.1 R_s, \widehat{L}_s = 1.1 L_s, \widehat{K}_E = 1.1 K_E$
- (c) $\widehat{R}_s = 0.9 R_s, \widehat{L}_s = 0.9 L_s, \widehat{K}_E = 0.9 K_E$
- (d) $\widehat{R}_s = 1.4 R_s, \widehat{L}_s = 0.6 L_s, \widehat{K}_E = 1.0 K_E$

그림 4는 파라미터가 초기 설정오차를 가지는 경우에 정격부하, 1000rpm에서의 전체시스템의 속도응답 곡선을 나타낸다. 그림에서 나타난 바와 같이 전기적 파라미터가 실제값과 오차를 가지는 경우에 속도응답 특성이 감소하고 특히 역기전력 상수 오차에 의해서 속도 제어의 정도가 감소하며, 오차가 어느 정도 이상인 경우에 전체시스템의 안정도가 감소함을 알 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 전기적 파라미터로 구성된 축소차수 관측기의 파라미터 오차에 대한 수렴성능 및 안정도를 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 축소차수 관측기는 역기전력 상수의 오차에 대해 민감도가 크므로 축소차수 관측기를 적용한 센서리스 구동에 있어서 RPI 방식 등에 의한 파라미터 오차의 보상이 요구된다.

[참고 문헌]

- [1] K.Rajashekara, A.Kawamura and K.Matsuse, *Sensorless Control of AC Motor Drives*, IEEE Press, 1996
- [2] J.F.Moynihan, M.G.Egan and J.M.D.Murphy, "The Application of State Observer in Current Regulated PM Synchronous Motor Drives", *IEEE/IECON*, pp.20-25, 1994.