부하관측기와 신경망에 의해 설정된 파라미터의 DSP 적용에 의한 3상 유도전동기의 실시간 제어

The Real-Time Control of 3-Phase Induction Motor by DSP Application of Tuning Parameter Using Load Torque Observer and Neural Network

°권 양원*, 윤 양 웅*, 강 학 수**, 안 태 천*

* 원광대학교 전기 · 전자 공학부(Tel : 82-063-850-6344; Fax : 82-063-853-2196 ; E-mail : tcahn@wonnms.wonkwang.ac.kr)
** 전주공업대학 전기과(Tel : 82-063-220-3832; Fax : 82-063-220-3839; E-mail : kanfhs@www.jtc.ac.kr)

Abstract : In this paper, the DSP implementation of induction motor drive is presented on the viewpoint of the design and experiment. The speed estimation of control system for induction motor drive is designed on the base of neural network speed estimator. This neural network speed estimator is experimentally applied to the induction motor system. This system provides the satisfactory results.

Keywords : induction motor, observer, neural network, dsp

1. 서론

전동기 제어는 요즘 산업분야에서 매우 활동적인 분야이며, 3상 유도전동기는 견고하며 신뢰성이 높고, 직류전동기에 비해서 고속운전이 가능하여 전동기의 크기를 작게 할 수 있고, 영구자석형 전동기에 비해 가격도 싸므로 최적이라고 생각할 수 있다[1].

유도전동기 구동을 위한 제어기를 설계하고 시뮬레이션하여 이론적으로 성능을 Test 하는 연구[2]는 활발히 진행되어있으나 실질적으로 플랜트에 직접 적용하여 성능을 Test 하게 된 것은 극히 최근의 일이다. 특히 비선형성이 강한 플랜트에는 아직까지 제대로 적용하지 못하고 있는 실정이다. 대표적으로 비선형성의 플랜트는 Ziegler- Nichols 방법[3]에 의해 파라미터를 구하는 PID 제어기에 의해 제어되어 왔다. 이 방법은 비교적 나쁘지 않은 성능을 얻을 수 있지만 고도로 정밀한 제어를 요하는 경우에는 많은 문제점과 한계를 드러내고 있다. 이러한 요소들로 인해 더욱 강화된 알고리즘이 필요하게 되고, 이러한 알고리즘을 적용해 고성능으로 제어하기 위해 DSP 기술이 활용되고 있다.

DSP의 사용에 의해 비선형 제어이론과 파라미터의 온라인 튜닝과 같이 실시간 구현이 힘들었던 고성능 제어 및 추정 알고리즘의 구현이 가능하고, 복잡한 추정 알고리즘을 빠른 주기로 수행할 수 있어 전류제어 및 전압변조를 빠른 주기로 수행함으로써 추정성능의 향상, 소음제거를 포함한 전체적인 드라이브 시스템의 성능 향상을 꾀할 수 있다.

본 논문에서는 DSP 마이크로 컨트롤러를 이용하여 유도전동기 구동 드라이브를 설계하여 실시간 벡터제어가 가능하게 하였다. 설계된 구동드라이브의 속도설정을 위해 신경회로망을 적용하였으며, 구현된 속도설정기를3상 유도전동기에 적용함으로써 3상 유도전동기를 능률적으로 제어를 할 수 있도록 하였다.

2. 3상 유도전동기의 벡터제어

유도전동기의 벡터제어는 크기뿐만 아니라, 변수들의 위상도 고려되어지고, 행렬과 벡터가 제어에 사용되어진다. 이 방법은 안정적인 정상상태 뿐만 아니라, 전동기 자신을 실제 수학적으로 묘사한 방정식을 사용하고, 제어 결과는 넓은 속도 영역에서 토크의 변화에 좋은 동적 특성을 가진다.

2.1 3상 유도전동기의 동특성 모델링

고정자 권선이 대칭이며 분포권인 3상 유도 전동기의 공극에서의 기자력이 정현파로 분포되어있다면 전압식은 다음과 같다.

$$\mathbf{V}_{abc} = \mathbf{R}_{abc}\mathbf{i}_{abc} + \frac{d\boldsymbol{\lambda}_{abc}}{dt} \tag{1}$$

여기서,

$$\mathbf{V}_{abc} = [\, V_{as}\ V_{bs}\ V_{cs}\,]^T$$
$$\mathbf{i}_{abc} = [\, i_{as}\ i_{bs}\ i_{cs}\,]^T$$
$$\boldsymbol{\Phi}_{abc} = [\, \Phi_{as}\ \Phi_{bs}\ \Phi_{cs}\,]^T$$
$$\mathbf{R}_{abc} = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix}$$

유도 전동기의 모델[4]은 3상 고정자 좌표에서 표현된 유도전동기의 방정식으로 토크나 속도를 고성능으로 제어하기가 어렵기 때문에 d-q 변환에 의해 시간에따라 변하는 매개변수를 제거해줌으로써 전압방정식과 토크방정식을 간단한 형태로 만들어 벡터제어를 한다.

동기속도 ω로 회전하는 유도전동기의 d-q축 전압방정식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} v_{qs} \\ v_{ds} \\ v_{qr} \\ v_{dr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + pL_s & \omega_e L_s & pL_m & \omega_e L_m \\ -\omega_e L_s & R_s + pL_s & -\omega_e L_m & pL_m \\ pRL_m & \omega_{sl} L_m & R_r + pL_r & \omega_{sl} L_r \\ \omega_{sl} L_m & pL_m & \omega_{sl} L_r & R_r + pL_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{ds} \\ i_{qr} \\ i_{dr} \end{bmatrix} \tag{2}$$

여기서, L_{ls}, L_{lr}은 고정자와 회전자 누설 인덕턴스, L_m은 상호 인덕턴스, $L_s = L_{ls} + L_m$, $L_r = L_{lr} + L_m$, p는 미분연산자 ($\frac{d}{dt}$).