

MATLAB/SIMULINK의 TI C2000 DSP 임베디드 타겟을 이용한 동기 전동기 구동 시스템

이용석, 지준근, 차귀수
순천향대학교 전기통신시스템학과

PMSM Drive System Using Embedded Target for TI C2000 DSP in MATLAB/SIMULINK

Yong-Seok Lee*, Jun-Keun Ji, Gui-Soo Cha

Department of Electrical Communication System Engineering, SoonChunHyang University

ABSTRACT

This paper presents a vector control implementation for PMSM using *Real Time Workshop* and *Embedded Target for TI C2000 DSP* in MATLAB/SIMULINK. Speed, current and vector controllers are easily designed and implemented by using the MATLAB/SIMULINK program. Feedback of motor speed is processed through C28x QEP(Quadrature Encoder Pulse) block from encoder pulse. 3-Phase currents are processed through C28x ADC block from current sensors. And gating signal of PWM inverter is generated through SVPWM and PWM block. Real-time program is drawn using SIMULINK and then converted program code for speed control of PMSM is downloaded into the TI eZdsp 2812 board. Experiments were carried out to examine validity of the proposed vector control implementation.

1. 서 론

메카트로닉스의 기초인 전동기 제어는 일반적으로 먼저 Simulation을 통해 제어를 설계한 후, 다시 C나 assembly 언어로 프로그램을 작성하여 구현하였다. 그러나 본 연구에서는 TI사의 eZdsp 2812보드와 MATLAB/SIMULINK의 *Embedded Target for TI C2000 DSP* 라이브러리를 이용하여 텍스트 방식이 아닌 그래픽 방식으로 제어를 설계하고 Simulation을 한 다음 직접 실시간 프로그램으로 자동 변환하여 제어기의 응답을 테스트함으로써 전동기의 제어 시스템 개발을 짧은 시간 안에 매우 편리하게 구현할 수 있는 모델기반 제어기 설계 및 임베디드 제어시스템 구현을 소개하고자 한다.^[1]

영구자석형 동기전동기는 회전계자형 동기전동기와 같은 구조로 되어 있어 벡터제어(vector control) 이론을 적용하여 우수한 동특성을 갖는 속도제어 시스템을 구현할 수 있다. 벡터제어는 3상 교류입력을 2상 입력으로 등가 변환하여 고정자 전류를 토크를 발생시키는 q축 전류 i_{qs} 와 자속을 발생시키는 d축 전류 i_{ds} 로 분리하여 각각 독립적으로 제어함으로써 타여자 직류전동기와 유사한 특성을 얻도록 하는 것이다.

본 논문에서는 *Real Time Workshop*과 *Embedded Target for TI C2000 DSP* 라이브러리를 이용하여 0.63kW 표면부착형 영구자석 동기전동기 구동시스템에 벡터 제어를 적용하여 실험을 통해 성능을 확인하였다. 이 시스템은 GUI(Graphic User Interface)기반으로 제어를 설계하고 Simulation을 한 다음 직

접 실시간 프로그램으로 자동 변환하여 제어기의 응답을 확인함으로써 전동기의 제어 시스템 개발을 짧은 시간 안에 매우 편리하게 구현할 수 있음을 소개하고자 한다.

2. 영구자석형 동기전동기의 모델링 및 벡터제어

2.1 3상 정지좌표계와 2상 회전좌표계의 상호 변환

3상 a, b, c 좌표계 전류를 2상 d, q 회전좌표계로 변환하는 행렬식은 a, b, c 좌표계를 α, β 정지좌표계로 변환하고, 이를 다시 d, q 회전좌표계로 변환하는 과정이 거치게 되므로 다음과 같이 정리된다.

$$\begin{pmatrix} i_d \\ i_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix} \quad (1)$$

2상 d, q 회전좌표계를 a, b, c 좌표계로 변환하는 경우에도 역시 d, q 회전좌표계를 α, β 정지좌표계로 변환하고, 이를 다시 a, b, c 좌표계로 변환하는 과정을 거치게 되므로 위의 식을 역 변환하면 다음 식이 성립한다.

$$\begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_d \\ i_q \end{pmatrix} \quad (2)$$

2.2 영구자석 동기전동기의 모델링^[2,3]

회전자 좌표계로 좌표변환을 하여 영구자석형 동기전동기의 전압방정식을 구하면 다음과 같다.

$$v_d = R_s i_d + L \frac{di_d}{dt} - \omega_e L i_q \quad (3)$$

$$v_q = R_s i_q + L \frac{di_q}{dt} + \omega_e L i_d \quad (4)$$

발생 토크는 전류의 성분 i_{ds} 와 i_{qs} 에 의해 다음과 같다.

$$T_e = \frac{3}{2} P \lambda_f i_q \quad (5)$$

표면부착형 영구자석 동기전동기의 경우에는 회전자에 돌극성이 없으므로 전동기의 d축 리액턴스와 q축 리액턴스가 같게 되

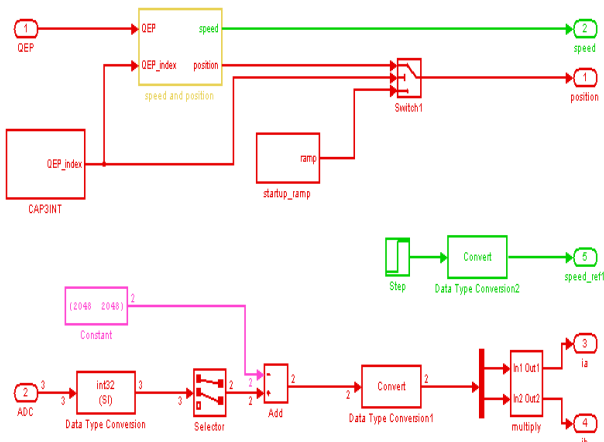


그림 4 Scaling 블록
Fig. 4 Scaling block

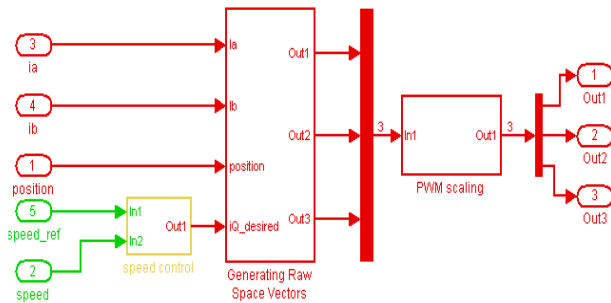


그림 5 Generating Space Vectors 블록
Fig. 5 Generating Space Vectors block

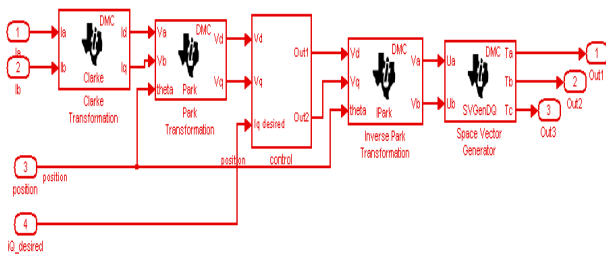


그림 6 Generating Raw Space Vectors 블록
Fig. 6 Generating Raw Space Vectors block

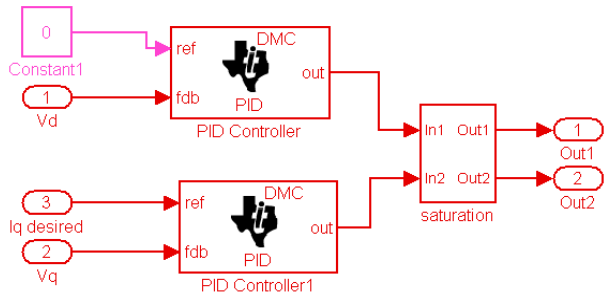


그림 7 전류 제어 블록
Fig. 7 Current control block

4. 실험 결과

표 1은 실험에 사용된 영구자석 전동기의 상수들을 나타낸다. 그림 8은 무부하 상태에서 속도 지령을 100[rpm]에서

200[rpm]으로 변화시, 속도 지령과 실제 속도를 비교하여 보여 주고 있다. 속도 지령에 대한 실제 속도는 PI 속도제어기의 응답 주파수(bandwidth)의 설계에 따라서 원하는 특성을 얻도록 할 수 있으며, 주어진 설계 조건하에서 속도 지령을 잘 추종하는 것을 볼 수 있다. 현재 속도제어기와 전류제어기의 설계조건에 따른 전체적인 시스템의 응답 특성을 검토하는 중이다.

표 1 영구자석형 동기전동기의 상수
Table 1 Parameters of PMSM

전동기 정수	단위	값
정격 출력	kW	0.63
정격 토크	Nm	2.0
순시 최대토크	Nm	6.9
정격 전류	Arms	1.25
정격 회전속도	RPM	3000
관성모멘트	kgm ²	1.4E-4
전기자 저항	Ω (ph-ph)	24.5
전기자 인덕턴스	mH(ph-ph)	57.9

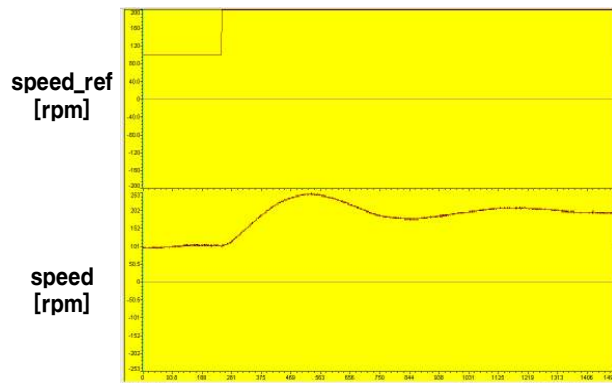


그림 8 속도 제어 응답
Fig. 6 Speed control response

5. 결론

본 논문에서는 MATLAB/SIMULINK의 *Embedded Target for TI C2000 DSP 라이브러리*를 이용하여 영구자석 동기전동기의 벡터 제어를 구현하여 속도 명령시 속도 응답을 살펴보았다. TI사의 eZdsp 2812보드와 MATLAB/SIMULINK 프로그램을 이용할 경우 기존의 벡터제어시스템 개발시 보다 제어기의 설계 및 구현이 쉽고 수정과 보완이 용이하여 제어시스템 해석 및 설계에 관하여 쉽게 이해하고 단기간에 구현할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] (주)리얼시스, "MATLAB을 사용한 DSP28X 제어", 2005.
- [2] 설승기, "전기기기제어론," BRAIN KOREA, 2002.
- [3] 윤덕용, "공간전압벡터 PWM 기법을 이용한 영구자석형 동기전동기의 속도제어", 단국대학교 전기공학과 공학박사학위논문, 1995년 2월.
- [4] 최승필, 이용석, 지준근, "MATLAB/SIMULINK의 모델기반 제어기 설계를 이용한 직류전동기 구동 시스템의 임베디드 제어 시스템", 2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2007. 7.