

Matlab/Simulink의 TI C2000 DSP 임베디드 타겟을 이용한 직류 전동기 구동 시스템

전한영*, 이용석, 지준근
 Soonchunhyang University 정보기술공학부

DC Motor Drive System Using Embedded Target for TI C2000DSP in Matlab/Simulink

Han-Young Jeon*, Yong-Seok Lee, Jun-Keun Ji
 Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University

Abstract - In this paper, design of current and speed controller for DC motor drive system using Embedded Target for TI C2000DSP in Matlab/Simulink is introduced. Current and speed controller is designed and implemented using program simply and easily, and speed control response of DC motor can be advanced. Current and speed control of DC motor is carried in eZdsp F2812 control board using Embedded Target for TI C2000DSP in Matlab/Simulink. Speed feedback is processed through A/D converter using tacho generator as speed sensor, and current feedback is processed through A/D converter using hall sensor as current sensor. Controller is designed to PI current controller and PI speed controller. Current and speed response is verified through simulations and experiments.

1. 서 론

메카트로닉스(Mechatronics)의 기초인 전동기제어는 일반적으로 먼저 Simulation을 통해 제어를 설계한 후, 다시 C나 assembly 언어로 프로그램을 작성하여 구현하였다. 그러나 본 연구에서는 eZdsp F2812보드와 Matlab/Simulink를 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 있음을 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 Embedded Target for TI C2000DSP

Embedded Target for the TI TMS320C2000 DSP Platform은 Simulink와 Matlab을 TI의 eXpress DSP tool들과 통합한 것이며 이는 digital signal processing과 control design에 있어 개발자의 이론 및 개념을 코드 생성을 통한 검증 및 빠른 모형 제작을 가능토록 하였다. 이를 위해 이 플랫폼은 사용자의 Simulink Model의 C 언어 구현을 생성하기 위해 Matlab의 Real-Time Workshop과 TI의 개발도구들을 이용한다. 이 때 Real-Time Workshop은 Code Composer Studio 프로젝트를 만드는데 사용자는 생성된 프로젝트를 Compile, Link, Download to Target Board를 할 수 있다.

2.2 직류 전동기의 모델링

<그림 1>은 직류전동기를 모델링한 모습이다.

$$\text{전기자 전압} : V_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + e$$

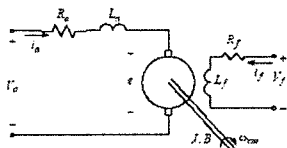
$$\text{제자 전압} : V_f = R_f i_f + \frac{d\lambda_f}{dt} = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

$$\text{제자권선에 의해 전기자에 왜교하는 자속} : \lambda_f = f(i_f) = L_f i_f$$

$$\text{역기전력(Back Electro-Motive Force)} : e = k\lambda_f \omega_{rm} = K_e \omega_{rm}$$

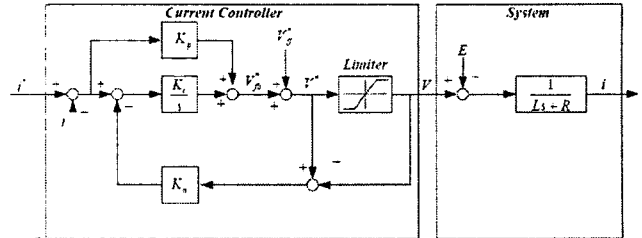
$$\text{회전력} : T_e = k\lambda_f i_a = K_T i_a$$

$$\text{기계방정식} : T_e = J \frac{d\omega_{rm}}{dt} + B\omega_{rm} + T_L$$



<그림 1> 직류전동기

2.3 PI 전류제어기 설계



<그림 2> PI 전류제어기

<그림 2>는 직류전동기 구동을 위한 전류제어기이다.

· 전압지령 : $V^* = V_{fb}^* + V_{ff}^*$

· 출력은 Limiter에 의해 제한

· 전향(Feed-forward) 성분 : $V_{ff}^* = E$

· 제환(Feedback) 성분 :

$$V_{fb}^* = K_p (i^* - i) + K_i \int \{ (i^* - i) + K_a (V^* - V) \}$$

Ki:적분이득, Ka:Anti-windup이득(Ka≈1/Kp)

· 제어기 이득의 선정 : $K_p = L\omega_c$, $K_i = R\omega_c$

· 전류 제어부 전달함수 :

$$I(s) = \frac{a \frac{K_p}{L} s + \frac{K_i}{L}}{s^2 + \frac{K_p + R}{L} s + \frac{K_i}{L}} I^*(s) \Rightarrow \frac{I(s)}{I^*(s)} = \frac{\omega_c}{s + \omega_c}$$

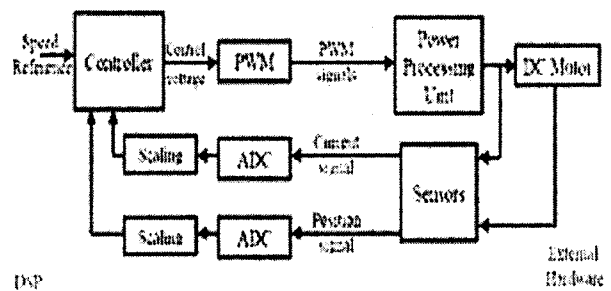
· ω_c : 제어주파수대역(Bandwidth)

· Overshoot 없는 전류제어기

· 제어주파수대역 설정으로 이득선정

2.4 전체 시스템

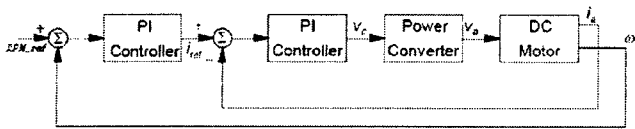
2.4.1 전체 시스템 구성도



<그림 3> 전체 시스템 구성도

<그림 3>의 전체 시스템은 제어부인 DSP 보드와 전력변환장치 및 모터로 이루어져 있다. DSP 보드에서 전류 및 속도제어기가 프로그램으로 설계되어 있으며 전류센서를 통해 ADC로 전동기 전류값을 받고, 타코발전기의 전압을 ADC로 받아 제어기가 동작하여 최종출력은 PWM 신호로 내보낸다.

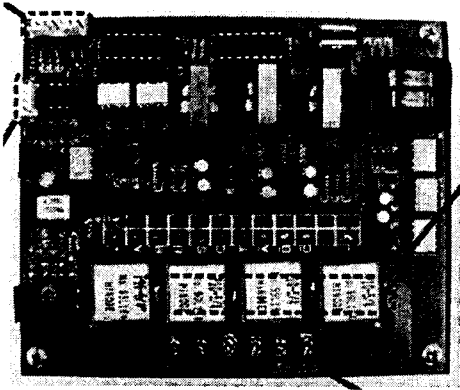
2.4.2 제어기 구성도



〈그림 4〉 제어기 구성

〈그림 4〉는 속도 및 전류제어기 구성도이며 바깥쪽이 속도제어기이고 안쪽이 전류제어기이다. 속도제어기 동작타이밍을 전류제어기보다 1/10로 느리게 설정하여 전류제어기 ($f_{cc}=10\text{KHz}$)가 10번 동작할 때 속도제어기 ($f_{cs}=1\text{KHz}$)는 1번 동작한다.

2.4.3 전력 변환 장치



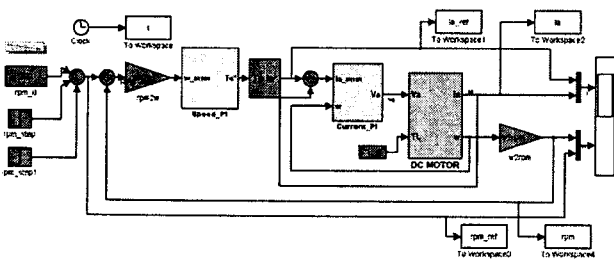
〈그림 5〉 PI 전류제어기

〈그림 5〉는 전력변환장치이다. IPM 모듈을 사용하여 직류전동기 구동을 위한 단상인버터를 구성하였다. <표 1>은 사용한 IPM 모듈의 사양을 나타낸다.

〈표 1〉 IPM:MP6750(TOSHIBA)

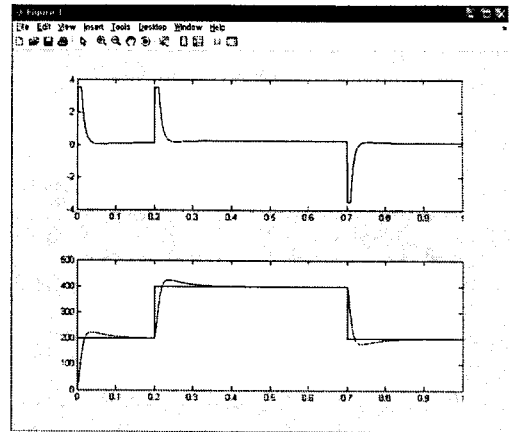
Collector-Emitter Voltage	V_{CES}	600	V
Gate-Emitter Voltage	V_{GES}	± 20	V
Collector Current	I_C	15	A
Forward Current	I_{CP}	15	A
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CES}(\text{sat})$	4	V
Gate-Emitter Cut-off Voltage	$V_{GES}(\text{off})$	6.0	V

2.5 실험 및 결과



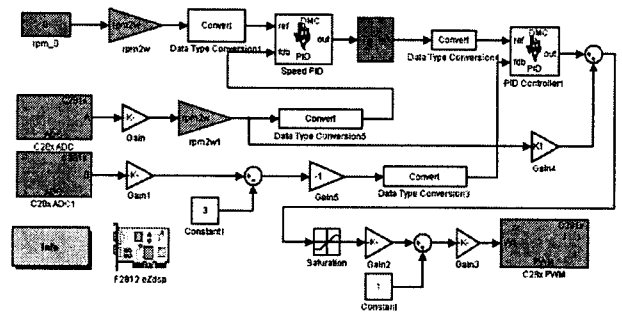
〈그림 6〉 Simulation Block

〈그림 6〉은 직류전동기 속도 및 전류제어기 블록들을 Matlab/Simulink로 구현한 것이다.



〈그림 7〉 가감속시 시스템응답 (전류, 속도)

〈그림 7〉은 가감속시 전류 파형과 속도 파형을 나타낸 것이다. 속도 지령을 0초에 200rpm으로 0.2초에는 400rpm을 가속시키고 0.7초에는 다시 200rpm을 감소시킨 그래프이다. 속도지령이 인가될 때는 그만큼의 속도 오차로 인해 토크를 올리기 위해 전류는 최대로 올라가게 된다. 그리고 지령 값에 속도가 도달하면 전류는 다시 0A에 가까워지는 것을 볼 수 있다.



〈그림 8〉 Block for Embedded Target for TI C2000DSP

〈그림 8〉은 위의 Simulation Block들을 실제 모터에서 실험하기 위하여 C2000lib에서 제공하는 Embedded Target for TI C2000DSP 블록으로 바꾼 것이다.

ADC블록에서 출력되는 값들과 PWM블록에서 입력된 Duty값들은 계산을 해야 하고 또한 주기를 결정하기 때문에 그 값들을 적당한 값으로 스케일링해야 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 TI C2000 DSP Embedded Target을 이용하여 직류전동기의 속도 및 전류제어기를 구현하여 속도시스템 명령 시 속도 및 전류 응답을 보았다. Matlab/Simulink의 TI C2000 DSP Embedded Target을 이용할 경우 기존의 제어시스템 개발 시 보다 제어기의 설계 및 구현이 매우 쉽고 응답 결과도 보기에 편하여 제어시스템 해석 및 설계에 관하여 쉽게 이해하고 단기간에 설계할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 설승기, "전기기기제어론" p.41-128, 2002
- [2] Amit Kumar Jain "Hands-on Tutorial on Using Simulink in Modeling of Controlled Drives"
- [3] 최준동, DSP를 이용한 속도 및 전류 계산을 갖는 직류전동기 제어, 2002