

2축 BLDC 전동기 제어를 위한 듀얼코어 DSP(TMS320F28377D)를 이용하는 속도 제어 시스템 설계

이동주 · 김희철 · 이동현 · 최중경

국립창원대학교

Speed control system design using dual core DSP(TMS320F28377D) for the 2 Axis
BLDC motor control

Dong-ju Lee · Hee-chel Kim · Dong-hyun Lee · Jung-keyng Choi

Changwon National University

E-mail : endwl1202@naver.com

요 약

본 연구에서는 BLDC 모터 2축 동시 제어를 위해 듀얼코어 프로세서를 이용하여 제어기를 설계하였다. 제어기의 중앙처리 장치로는 TI사의 최신 듀얼코어 DSP인 TMS320F28377D를 사용하였고, BLDC 모터는 고신뢰성을 가지고 있는 레졸버(Resolver) 위치 및 속도센서 내장형 모터로 선정하였다. 구동기는 IPM(SCM1245MF)을 이용하여 설계하였다.

ABSTRACT

In this research, the BLDC motor 2 axis controller was designed using a dual core processor. The controller used TMS320F28377D which is TI's latest dual-core DSP, and the BLDC motor was selected with the position of resolver having high reliability and the speed sensor built-in type motor.

키워드

듀얼코어(Dual Core), BLDC motor, 레졸버(Resolver), TMS320F28377D

I. 서 론

시스템의 움직임을 제어하기 위해 액츄에이터(Actuator)를 사용한다. 액츄에이터란 일반적으로 전기, 유압, 공압 형태의 에너지를 동력 에너지로 변환하는 장치로 과거에는 유압·공압식 액츄에이터를 주로 사용했지만 현대에는 반도체 소자 및 마이크로 컨트롤러의 기술 발전으로 전기 에너지를 동력으로 변환해주는 전기식 액츄에이터, 즉 전동기(Motor)를 주로 사용한다.

본 연구에서는 서보 제어기 설계를 위해 동적 특성이 우수하고 전기적 효율이 높으며, 상대적으로 내구성이 우수한 BLDC(Brushless Direct Current)모터를 사용한다.

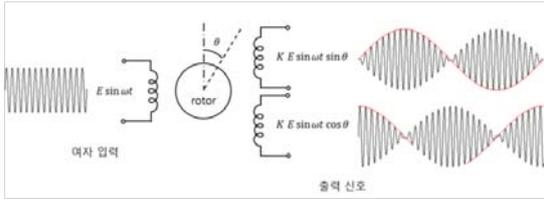
또한, 과거에는 마이크로 프로세서가 싱글코어 수준이었지만 최근 기술 발전으로 듀얼코어 프로세서가 많이 나오고 있다. 따라서 본 연구에서는 듀얼코어 프로세서를 사용하여 레졸버가 내장된

BLDC 전동기 2축 구동을 보다 빠른 주기로 제어할 수 있는 제어 시스템을 설계하였다.

II. 레졸버의 구조

일반적으로 광학식 엔코더를 통해 간단하게 BLDC 전동기의 회전자 위치를 검출할 수 있지만, 충격에 약하고 전기노이즈에 취약한 결점이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완한 위치검출 센서인 레졸버를 장착하여 회전자의 절대위치 정보를 획득하였다.

레졸버의 구조는 모터와 유사하며 크게 고정자와 회전자로 구분할 수 있다. 고정자는 1상의 여자권선과 2상의 검출권선이 감겨있으며, 회전자는 회전각에 따라 철심 형상이 변화하여 쇠교자속이 변동하게 된다.



E : 여자 전압 K : 변압비
 ω : 여자 주파수 θ : 회전 각
 그림 1. 레졸버 구조

레졸버는 고정자 여자 권선에 고주파 기준(reference) 신호를 인가하며, 통상 10kHz 사인파를 인가한다. 회전자가 회전하면서 역기전력에 의해 1차와 2차 측 쇄교 자속이 주기적으로 변화하면서 sin파와 cos파의 신호가 출력된다. 여기서 출력신호는 쇄교 자속에 의한 신호와 고주파 기준 신호가 곱해져서 함께 출력된다. 여자권선에 인가되는 고주파 기준 신호는 식 1과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{식. 1 : } E_R = E \sin \omega t \quad (1)$$

쇄교 자속에 의한 신호와 고주파 기준 신호가 곱해진 출력 신호는 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{식. 2 : } \begin{aligned} E_{s1-s2} &= K E \sin \omega t \sin \theta & (2) \\ E_{s3-s4} &= K E \sin \omega t \cos \theta \end{aligned}$$

식 2를 통해 식 3과 같이 현재 각도를 계산할 수 있다.

$$\text{식. 3 : } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{E_{s1-s2}}{E_{s3-s4}} \right) \quad (3)$$

III. 레졸버 센서 인터페이스

본 연구에서 사용한 RDC(Resolver Digital Converter) IC는 AD2S1200이며 12bit의 분해능을 가진다. 이 칩은 레졸버를 여자하는데 필요한 정현파를 생성해주는 동기주파수 발생회로가 내장되어 있다. 따라서 회로가 복잡하지 않으면서 소형화 시킬 수 있다.

RDC IC 외부에서 제공되는 8.192MHz 클럭은 정확한 기준 시간을 제공하기 위해서 요구된다. 이 클럭은 내부적으로 분주되어 모든 주변 장치를 구동하는데 필요한 4.096MHz 파형을 생성한다.

또한 칩의 FS1, FS2에 전압 입력에 따라 기준 신호의 주파수는 10, 12, 15, 20[kHz] 중 하나를 선택할 수 있다.

칩을 통해서 값을 읽어오는 방법은 직렬 통신 방식과 병렬 통신 방식이 있다. 병렬 방식을 사용할 시 I/O 포트가 최소 16개가 필요하다. 직렬

통신 방식으로 인터페이스를 한다면 SPI 통신을 이용하여 위치와 속도를 알아낼 수 있다. 병렬 통신 방식에 비하여 포트 수를 훨씬 적게 사용한다는 장점이 있으나 시간이 상대적으로 오래 걸리는 단점도 있다. 하지만 모터를 제어하기에는 지장이 없는 충분히 적은 시간이다. 따라서 본 연구에서는 통신 인터페이스 핀 수를 줄이기 위하여 직렬 통신 방식을 채택하여 사용한다.

IV. 레졸버 센서를 통한 회전자 절대위치 검출

회전자의 위치 값과 각속도의 값은 AD2S1200 칩 내부의 두 개의 12bit 레지스터에 저장되어 있다. 이 레지스터들은 SO, RD, SCLK 세 가닥의 직렬 인터페이스 선들을 통해 액세스하고 최대 25MHz의 클럭의 속도로 작동하며 SPI와 DSP 표준 인터페이스 표준과 호환된다. 직렬 인터페이스를 사용하기 위해선 SOE 핀에 low 전압을 인가하면 된다. 위치 및 속도 적분기의 데이터는 SAMPLE 핀을 사용하여 위치 및 속도 레지스터에 전달된다. RDVEL 핀의 전압에 따라 위치 레지스터 또는 속도 레지스터에서 출력 레지스터로 전송되는 레지스터를 선택한다. 선택된 데이터 레지스터를 출력 레지스터로 전송하려면 CS 핀을 low 값으로 유지해야 한다.

마지막으로 RD 입력을 사용하여 출력 레지스터에서 클럭된 시리얼 출력핀 SO에서 사용 가능한 데이터를 가져온다. 직렬 인터페이스를 선택하면 DB11 직렬 출력 핀 SO로 사용되며 DB10 핀이 직렬 클럭 입력 SCLK로 사용되고, DB0~DB9이 하이 임피던스 상태가 된다.

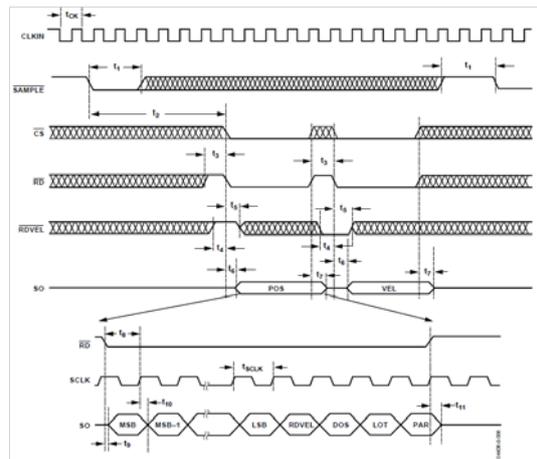


그림 2. 직렬 통신 읽기 타이밍도

V. TMS320F28377D를 이용한 제어기 설계

속도제어기는 속도 지령과 실제 속도로부터 전류지령을 만들어 낸다. 속도 제어기는 PDFF 제어기를 사용하여 구성하였다. 속도제어는 ADC 타이밍을 고려하여 전류제어와 동기를 맞추기 위해 전류제어 5회 마다 한번씩 수행하도록 구성하였다. 따라서 속도제어 주기는 500us가 된다. 속도는 RDC 값을 500us마다 센싱하여 그 변화량을 시간으로 나누어서 속도를 계산한다. 이때 주의해야 할 부분은 RDC 값의 최고치에 해당하는 부분 근처에서 실제 적은 변화로 오차가 생길 수 있다. 이를 위해서 속도 4000rpm을 기준으로 500us에 변화 할 수 있는 최대치에 해당하는 값 이상의 차이에 대해서는 보상을 하도록 구성되어 있다.

CPU 1개당 모터 1개를 제어하도록 시스템을 구성하였으며 소프트웨어의 흐름도와 동일한 방식으로 각 CPU에서 모터를 제어하였다.

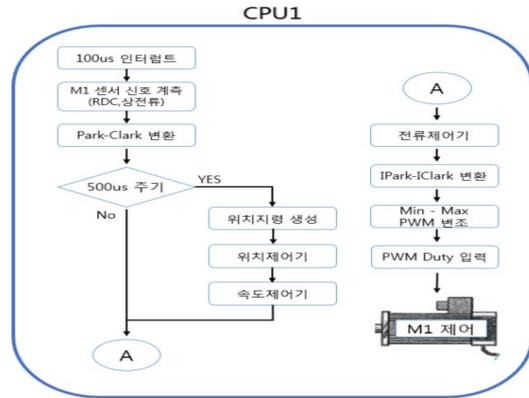


그림 5. 전체 소프트웨어 흐름도

VI. 결 론

본 연구에서는 PWM 생성기법으로 MIN-MAX 전압변조 방식을 적용하고, 속도 프로파일에 따른 PDFF 속도/전류 제어기로 구성하였다.

모터 회전자의 절대위치의 값을 RDC 칩을 통하여 취득하였으며, 속도 지령값에 대해 모터의 속도가 잘 추종하는 것을 확인했다.

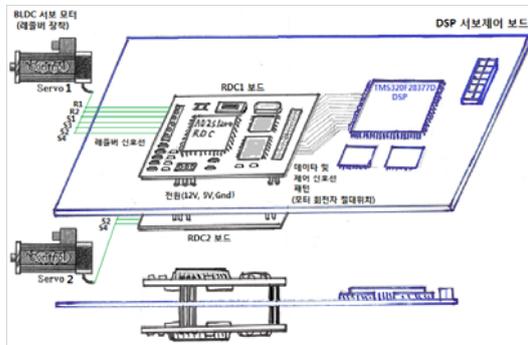


그림 3. RDC 인터페이스 보드와 DSP 제어보드의 연결 예상도

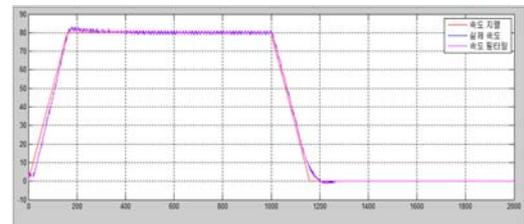


그림 6. 사다리꼴 속도지령에 대한 응답 특성

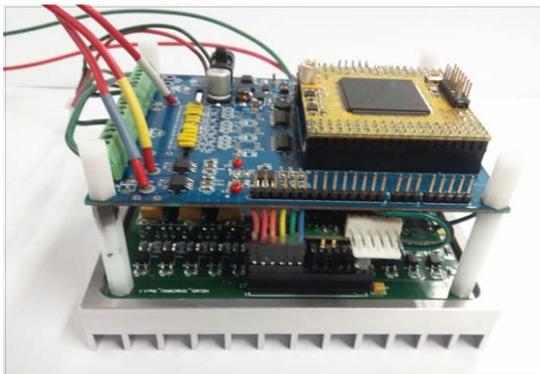


그림 4. TMS320F28377D를 이용하여 제작된 2축 BLDC 모터 제어기

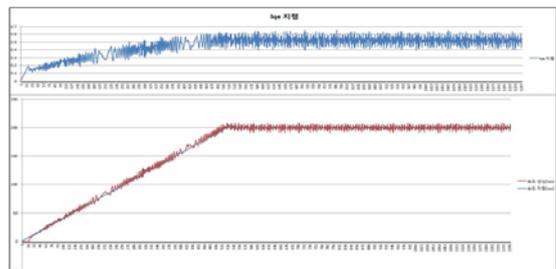


그림 7. 속도제어 추종 그래프

참고문헌

[1] 논문 : 주재훈. 차량 탑재용 2축 구동기를 위한 DSP 및 FPGA 전자제어 시스템 설계. 2011년 7월.
 [2] TI사. TMS320F28377D Technical Reference Manual. 2015년 9월