

고속 고강성 이송시스템을 위한 리니어 모터 드라이브 개발

최정원*, 김상은(영남대 대학원 전기공학과), 이기동, 박정일, 이석규(영남대 전자정보공학부)

Development of linear motor driver for high speed and stiffness feed system

J. W. Choi, S. E. Kim(Elec. Eng. Dept., YNU), K. D. Lee, J. I. Park, S. G. Lee(Elec. Eng. Dept., YNU)

ABSTRACT

In this paper, a controller design for high speed and stiffness linear motor is implemented. The designed controller is mainly composed of speed and current controller, which are carried out by the high-speed digital signal processor(DSP). In addition the PWM inverter is controlled by space voltage PWM method. This system is implemented by using 32-bit DSP(TMS320C31), a high-integrated logic device(EPM7128), and IPM(Intelligent Power Module) for compact and powerful system design. The experimental results show the effective performance of controller for high speed and stiffness linear motor.

Key Words : Digital Signal Processor(이산신호처리기), Erasable Programmable Logic Device(삭제 및 입력 가능한 논리소자), Intelligent Power Module(지능형 전력소자)

1. 서론

선형 모터를 공작기계의 이송계에 적용하여 제품으로 실용화한 것은 지금까지 5년 정도 되었지만 생산성의 중요도에 비해 국내에서의 Machining center, Grinding machine 등의 공작기계에 적용된 사례는 거의 찾아 볼 수가 없을 정도로 보급이 미비한 상태이다. 기존의 생산성 향상을 위한 고속 수송 및 반송을 위한 자동화 장치들은 회전기를 이용한 것이 대부분이었고, 직선 작업에 이용하기 위해서는 제작 상의 비용 및 난점. 이 변환기의 마찰 등에 의한 운동에너지의 손실 및 오차 등으로 인해 그 성능 향상 연구에 한계가 있다는 것을 알게 되었다. 이에 직선 운동기계의 개발에 대한 필요성이 증대되었고 차량이나 반송차에 직접적으로 직선운동을 가할 수 있는 선형모터가 해결방안으로 부각되었다. 선형모터가 다른 응용분야와 달리 공작기계, 특히 Machining center에 이용되기 위해선 상당한 추력과 절삭저항에 대한 위치 유지가 필요하기 때문에 강성 및 고속제어가 가능해야한다.

본 연구에서는 선형 모터의 장점인 직선 운동에서의 고속, 고 강성 특성을 제대로 발휘시킬 수 있는 구동용 제어 장치인 드라이브를 설계 제작하는데 그

중점을 두고 CPU는 DSP(TMS320C31)을 사용하고, 인버터 스위칭 소자로는 IPM을 사용하여 드라이브를 구성하였으며, PID제어기를 사용하여 전류, 속도, 위치 제어를 수행하여 그 성능 결과를 검증하였다.

2. 하드웨어 구성

선형 모터를 구동하는 시스템의 구성은 제어대상인 선형 모터에 에너지를 공급하는 전력변환부 및 전원 공급장치부, 이를 제어하는 마이크로 컨트롤러부(DSP, RAM, ROM) 및 주변장치(EPLD), 사용자가 쉽게 시스템의 여러 변수를 관측할 수 있는 표시부 등으로 구성된다.

2.1 마이크로 컨트롤러부

마이크로 컨트롤러부에서는 전체 시스템의 두뇌에 해당하는 부분으로서 속도, 전류, 위치 및 기타 입출력 제어 등을 수행한다. 이러한 입력 데이터인 속도, 전류, 위치 값의 연산처리는 대부분 부동소수점 및 삼각함수 등의 많은 연산을 필요로 하기 때문에 프로그램 속도가 빠른 Texas Instrument사의 32비트 부동소수점 방식 DSP인 TMS320C31을 사용하여 충분한 연산 처리가 가능하였다.

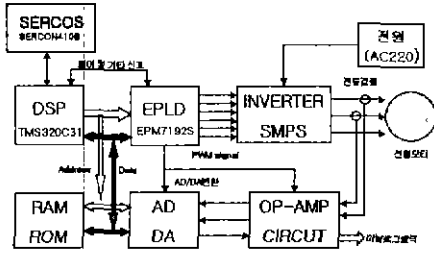


Fig. 1 Block diagram of system

CPU 주변회로에는 고집적회로인 ALTERA사의 EPM7192S160-15 EPLD(Erasable Programmable Logic Device) 소자를 사용하여 각종 입출력 기능 및 주변회로 역할을 수행하였고, AD변환기의 경우 MAXIM사의 4채널 동시 변환이 가능한 MAX125를 사용하고 있으며, DA변환기는 MAX7226을 사용하였다.

통신방식에 있어 Sercon410B 소자를 사용하여 상위제어기와 드라이브 사이에 광섬유 케이블로 통신하는 SERCOS(Serial Real-time COmmunication System) 인터페이스를 사용하였다. Fig.2는 SERCOS 인터페이스를 이용한 시스템 전체도이다.

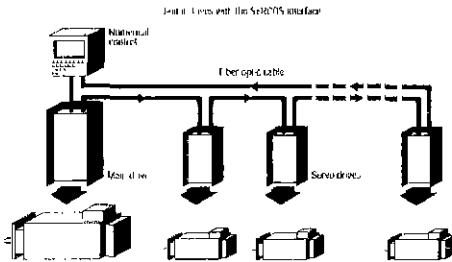


Fig. 2 System overview using SERCOS interface

2.2 전력변환부

전력변환부는 마이크로 컨트롤러의 지시를 받아 선형 모터 구동에 적합한 가변주파수 및 교류 전원을 공급하는 부분으로 정류회로, 인버터 회로, 전원공급장치 3부분으로 구성되어 있다.

인버터의 경우 정격용량이 600[V], 15[A]인 미쯔비시사의 IPM(Intelligent Power Modules) 소자를 이용하였다. 직류 출력 전압을 얻기 위한 SMPS (Switching Mode Power Supply)의 사양은 Table 1과 같다.

3. 소프트웨어 구성

3.1 전류제어

A/D변환기를 통하여 측정된 신호로부터 상전류 i_{as} , i_{bs} , i_{cs} 을 계산하여 3상의 고정좌표계의 상전류

Table 1 Specification of SMPS

컨버터 방식	RCC제어형의 flyback converter
스위칭 방식	MA4820(5A/800V)
제어 방식	+5V 출력전압 feedback에 의한 정전압제어 및 과전압 보호기능
스위칭주파수	50khz ~ 300khz
입력 전압	220전용(AC170V-270V)
출력 전압	+5V/2A(정전압 제어), +5V/1A, 15V/0.5A× 4개, ± 15V/0.5A× 2개
출력 전력	약 60W

를 동기 회전좌표계로 변환하여 i_{ds} , i_{qs} 을 계산한다.

이렇게 계산된 전류 값과 기준전류 i_{ds}^* , i_{qs}^* 를 비교하여 전류 PI제어를 사용하여 보상한다. 전류 제어부에서 계산된 v_{ds} , v_{qs} 로부터 공간전압형 PWM방식으로 전류제어를 위한 스위칭 패턴을 얻는다. PWM의 주기는 100 μ s, 주파수로는 10Khz이다. IPM의 Dead-time은 3 μ s로 설정하였다.

3.2 속도제어 및 위치제어

속도제어부 소프트웨어의 주기는 전류제어부 주기의 5배이며, 500 μ s의 주기로 수행된다. 속도제어부에서는 현재 속도를 계산하여 기준 속도와 비교하여 PID제어로 수행된다. 또한 위치제어 경우 약 1000 μ s마다 수행되는 PD제어기로 구성되어 있다.

4. 실험 및 고찰

드라이버의 성능을 검증하기 위해 Table2의 사양을 가지는 모터에 무부하 실험에 적용하였다 실험 결과는 전류, 속도 실시간 측정값이고 속도, 위치 제어 결과값은 실험결과와의 데이터의 정밀도를 높이기 위해 통신을 사용하여 데이터를 분석하였다

Table 2 Specification of linear motor

이동자 저항	23.5 Ω
이동자 인덕턴스	13.6 mH
추력상수	59.56 N/A
이동자 질량	3.5 Kgf
Stroke 길이	1m
엔코더 분해능	5 μ m
자석 배치	양극 배열

전류제어 경우 추력을 직접 발생하는 역할을 수행하며 제어기의 가장 내부에 있다. 따라서 모터를 제어하는 경우 내측 제어 성능이 우선 검증되어야 한다. 이러한 성능은 Fig.3와 Fig.4를 통하여 확인할 수 있다. 속도제어 경우 Fig.5에서 Step 속도 입력에 대한 드라이브 응답에서 overshoot 발생 없이 주어진 기준입력을 추종함을 알 수 있다. 또한 속도 응답은 Fig.6에서는 4G를 만족하는 응답특성을 보인다.

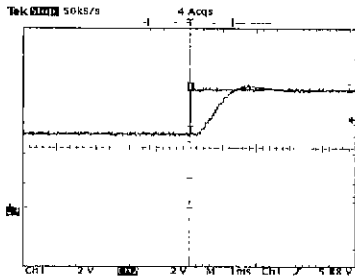


Fig. 3 Step response of iqs(iqsref=2.0A)

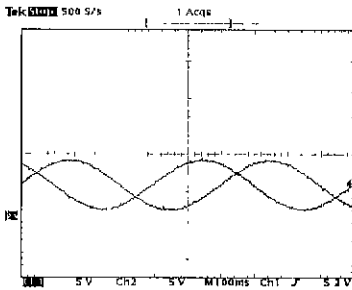


Fig. 4 Current response of A, B phase

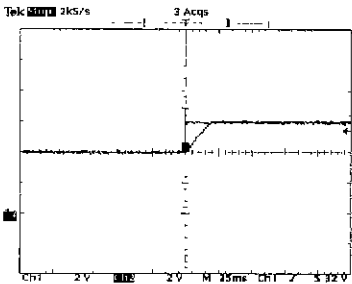


Fig. 5 Speed response(Speed reference=0.5%)

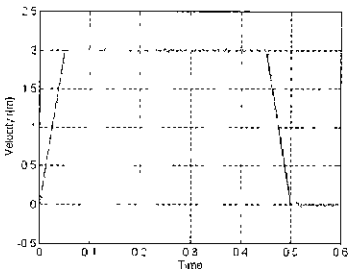


Fig. 6 Speed response(Speed reference=2.0%)

위치제어 경우 사다리꼴 형태의 입력패턴을 사용하며, Fig.7에서는 기준 입력값과 실제응답을 동시에 보여주고 있으며, 제어결과 오차는 거의 없음을 보인다. 이에 오차를 확대한 Fig.8을 통하여 Tracking 오차량을 볼 수 있다. 실험결과를 메모리에 데이터를 저장

후 Off-line 상태에서 PC로 전송하여 처리하였다.

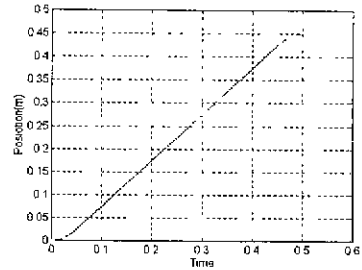


Fig. 7 Position reference

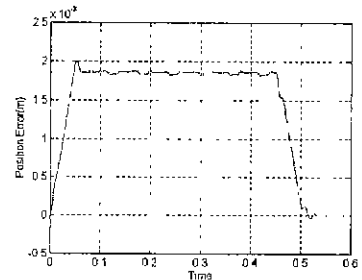


Fig. 8 Position error

5. 결과

본 논문에서는 리니어 모터 구동을 위한 driver를 설계 제작을 하였다. 제작된 driver는 DSP에 의해서 구현되는 전류제어, 속도제어 및 위치제어를 수행하며, 인버터 구동방식은 공간전압형PWM변조 방식을 사용하여 구동하였다. 또한 이러한 기능을 효과적으로 수행하기 위해서 IPM과 EPLD등을 사용하여 주변회로와 전력변환부로 구성하였다. 그리고 선형 모터에 적용하여 전류, 속도, 위치응답을 통하여 성능을 검증할 수 있었다. 향후연구 과제로는 SERCOS 인터페이스를 이용한 상위제어기와 통신을 통하여 구동계를 구성할 것이다.

참고문헌

1. 백수현 역편, "소형 모터 설계 편람", 세화출판사, 1988.
2. Hidehiko Sugimoto, Masato Koyama and Shinzo Tamai "AC servo system의 이론과 설계의 실제", 종합전자출판사, 1990.
3. TMS320C3X User's Guide. Texas Instrument. 1992.
4. Altera Data Book, Altera Corporation, 1993
5. 윤덕용, "공간전압벡터 PWM 기법을 이용한 영구 자석형 전동기의 속도제어", 단국대 전기공학과, 대학원 박사학위청구논문, 1995