

공작기계용 모터 드라이브 개발사례

Development of Motor Drives for Machine Tools

임형빈*, 노철원, 최종률 (현대정공)

HB.lhm*, CW.Noh, SY.Choe, (Hyundai Precision & Ind. Co., Ltd.)

ABSTRACT

This paper presents an example of the development of motor drives for machine tools. Machine tools need motor drives with high control precision and performance. We developed a motor drive system that meets these requirements. The converter, the one component of drive system, adopts modular structure and high DC-link voltage. The drive which consists rest part of drive system is developed based on TMS320C32 DSP and state-of-the-art circuit technology. In this paper each developed parts are described in terms of its structure, specification and features.

Key Words : motor drives, modular structure(모듈 구조), digital signal processor(DSP), high resolution (고분해능), application-specific function(전용 기능), service function(편의 기능)

1. 서론

공작기계는 정밀 가공을 위해서 고정도 제어가, 생산성 향상을 위해서 급이송 및 급가감속이 요구된다. 공작기계에서 수치제어 시스템의 구성 요소인 모터 드라이브는 모터와 그 구동장치를 말하는 것으로 이송축 및 주축의 속도제어를 위해 사용된다 (Fig. 1. 참조). 따라서 모터 드라이브의 성능은 공작기계의 성능과 직결되므로 공작기계의 요구에 부합하도록 고성능이 요구되고 있다. 이를 위해 모터 드라이브는 고속 제어기와 고정도 센서의 사용이 필수적이고 공작기계 응용을 위한 전용의 기능들을 지원할 수 있어야 한다. 본 논문은 공작기계로의 응용을 목적으로 TMS320C32 DSP를 기반으로 개발된 모터 드라이브 시스템의 사례를 중심으로 공작기계용 모터 드라이브의 요건과 응용시 기대 효과를 기술하고자 한다.

2. 모터 드라이브 개발 내용

본 연구의 개발범위는 모터 드라이브 시스템에서 모터를 제외한 컨버터 및 드라이브이다. 드라이브는 사용 목적에 따라 이송축 용도의 서보 드라이브와 주축 용도의 스피들 드라이브로 구별한다. 본 절에서는 컨버터와 서보/스피들 드라이브의 개발 사례를 기술한다.

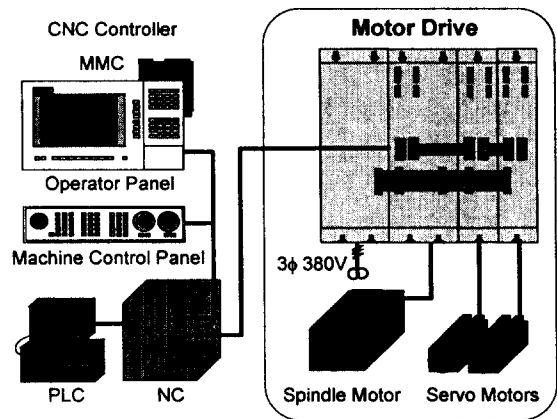


Fig. 1. 수치 제어 시스템의 구성요소인 모터 드라이브

2.1. 시스템 구조

개발된 드라이브 시스템의 구조는 하나의 컨버터를 다수의 드라이브가 공유하는 형태 (Fig. 2. 참조)로서 각 부분이 분리된 모듈 구조이다. 모듈 구조의 장점으로서는 다축 응용시 단일 컨버터를 공유함으로써 전체 시스템의 크기를 경감시킬 수 있고, 기계 사양에 맞는 임의의 조합이 가능하다는 것이다. 또한 모듈의 형태를 규격화시켜 취부가 간단하며, Bus bar를 통하여 모듈을 직결하므로 배선의 간략화를 가져온다.

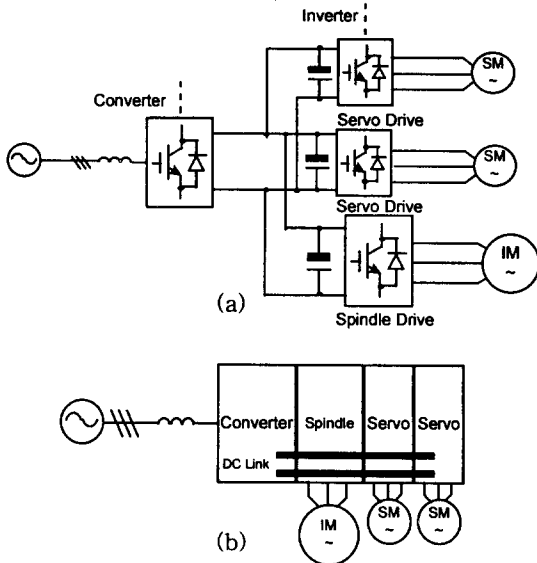


Fig. 2. (a) 드라이브 시스템의 구조;
(b) 모듈 구조

2.2. 컨버터

컨버터는 AC전원을 입력받아 DC전원으로 변환시키는 부분으로서 연결된 드라이브들에 Bus bar를 통하여 DC 전원을 공급한다. 개발된 컨버터는 DC Link에 600V의 고전압을 채택함으로써 모터제어의 과도응답 특성과 속도 제어범위를 향상시켰으며 공작기계 적용시 배선의 단면적을 감소시켜 원가절감을 도모하도록 하였다. 제어기술로는 고속 스위칭 소자를 사용한 PWM기법을 사용하여 일정 전압제어 및 역률제어를 실현하였다. 이러한 구조는 기계적 제동시 발생하는 회생에너지를 전원 라인측에 되돌릴 수 있어 전력절감이 가능하다.

항 목	내 용
입력 전원	3상 380V, 60Hz
정격 Power	36kW
Short term overload (S6-40)	47kW
Peak 회생 Power	70kW
출력 DC 전압	600V
정격 전류 (정격전압 입력시)	60A
PWM 방식	삼각파 비교 방식
제어기 구성	아날로그 PI 제어
냉각 방식	강제 공냉 방식

Table 1. 개발 컨버터의 사양

2.3. 서보/스핀들 드라이브

드라이브는 DC전원을 AC전원으로 변환시켜 모터를 구동시키는 부분이다. 드라이브의 하드웨어는 속도 및 전류제어를 수행하는 제어보드와 전력변환을 위한 파워부로 구성되는데 본 개발에서 제어보드는 TI사의 DSP인 TMS320C32를 사용하여 고성능 디지털 제어를 구현하였다. 드라이브는 모터제어의 성능을 결정하는 핵심적인 부분이므로 그 사양 및 특징을 상세하였다. Table 2에 개발한 제품 4종의 기본 사양을 나타내었다.

항 목	서보 드라이브	스핀들 드라이브
정격 출력 전류	5/18A	24/60A
Peak 출력 전류	10/36A	32/80A
과부하율	max. 200%	max. 133%
입력 전압	DC 600V	DC 600V
출력 전압	0~380V	0~380V
출력 주파수	0~400Hz	0~800Hz

Table 2. 개발 서보/드라이브(각 2종)의 사양

드라이브 하드웨어는 서보 및 스핀들 드라이브 모두 동일화하였으며 단지 탑재되는 소프트웨어로 구별되도록 하였다. 이같은 서보/스핀들 드라이브 제어보드의 공용화로 개발노력을 최소화 할 수 있었으며 생산품의 단일화를 이루었다. Table 3에 개발한 제어보드의 주요 사양을 항목별로 열거하였다.

항 목	내 용
폐루프 제어	1) DSP based digital control (TMS320C32-50) 2) PWM 스위칭 주파수 : 4kHz~10kHz
인코더 신호처리	1) Sin/Cos type encoder(2048 P/R) 2) 위치 분해능 : 1,000,000 P/R 3) NC로 중계하는 펄스 : 2048 P/R
입/출력 신호	1) 각종 Enable 신호 입력 2) 특수 기능을 위한 디지털 입/출력
통신	1) PC와의 RS232C 통신

Table 3. 개발 제어기의 주요 사양

제작된 PCB보드는 표면실장(SMD) 기술을 적용하여 소형화와 함께 신뢰도를 향상시켰다. 회로적으로는 프로그램 논리 소자(PLD) 등의 최신 회로 기술을 응용하여 집적화 및 고성능화를 이루었다. 개발한 제어보드의 외형을 Fig. 3에 나타내었다.

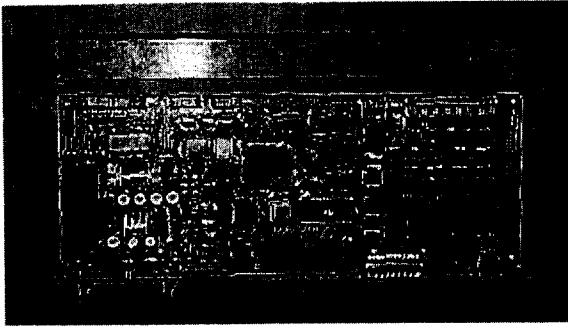


Fig. 3. 개발한 드라이브의 제어보드

모터의 제어에는 공작기계의 급가속 및 고정도 제어에 적합한 벡터제어 방식을 사용하였다.⁽¹⁾ 이 방식은 전압, 주파수 등의 스칼라량이 아닌 공간적으로 정의되는 전류, 전압벡터를 제어 입력으로 사용하여 순시 토크제어가 가능하도록 하는 제어방법이다.⁽²⁾ 본 개발품에도 서보와 스피들 드라이브에 벡터제어 방식을 채용하였다. 모터에 인가되는 전압의 생성에는 공간 전압벡터 PWM 방식을 채용함으로써 모터 전류의 왜곡을 최소화하여 정밀한 토크제어가 가능토록 하였다. 또한 전류 및 속도제어를 위해 디지털 PI 제어가 사용되었다.

공작기계와 같은 정밀 제어에서는 제어 위치 정도로 0.5~0.1 μ m(10mm/Rev.의 이송 기구를 사용시) 혹은 0.001° 이하(회전축의 경우), 이송 속도로는 20~40m/min가 요구된다. 이러한 위치정도는 보통 서보용으로 많이 사용되는 2000~5000 P/R 정도의 구형파 인코더를 이용하여 4배를 하더라도 만족시킬

수 없는 사양이다(Fig. 4. 참조). 이와같은 제어 정도는 정현파 출력의 중분형 인코더를 A/D 컨버터와 계수기(Counter)를 병용하여 하나의 정현파 파형을 보간(Interpolation)하는 고분해능의 위치측정 기법을 통하여 실현할 수 있다. 예를 들어 12Bits A/D 컨버터와 1024 P/R의 정현파 인코더를 사용하면 한 회전당 약 4백만 분해능의 위치정보가 발생된다. 이같은 고분해능의 위치정보는 속도 및 위치루프의 대역폭이 각각 200Hz, 20Hz에 이르는 고성능 응답을 가능케 해준다.

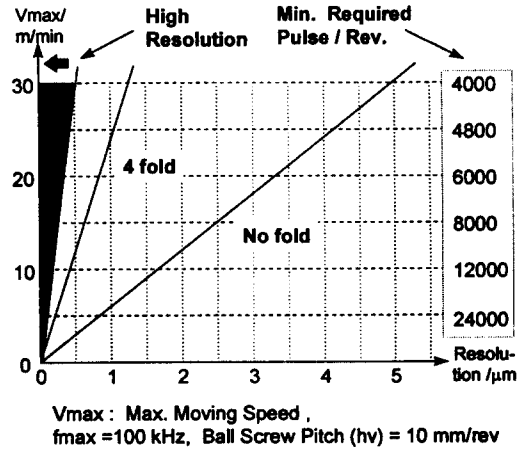


Fig. 4. 최대 이송속도/위치 정도와 위치센서의 분해능과의 함수 관계

Fig. 5에 서보/스피들 드라이브 제어의 블록선도를

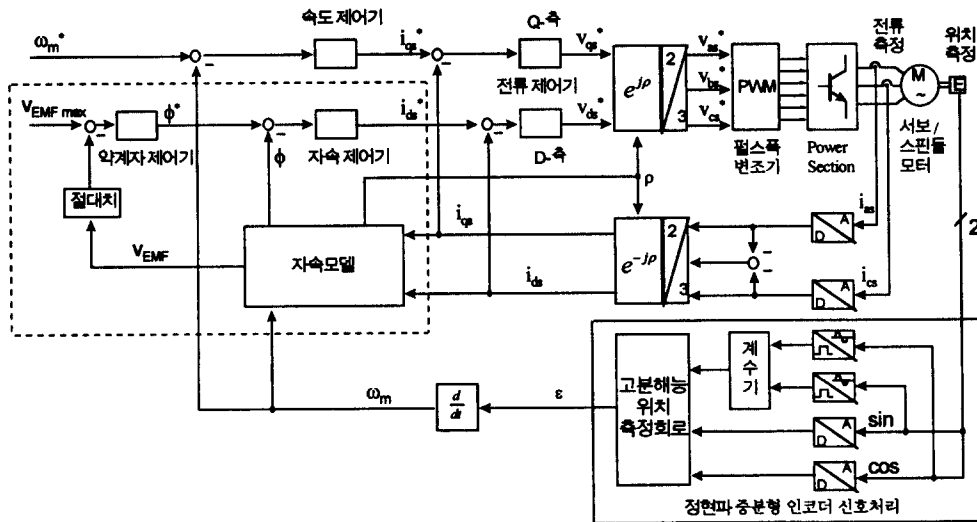


Fig. 5. 서보/스피들의 제어 블록선도

나타내었다. 스피들제어는 서보제어에 자속제어(그림에서 점선부분)를 추가시킨 구조이다. 이와같은 제어의 수학적 연산 및 각 제어루프는 DSP를 사용한 디지털 신호처리를 통하여 실시간으로 수행된다.

2.4. 공작기계용 전용기능

공작기계에 사용되는 드라이브는 제어기능 및 자체의 보호/감시 등의 기본적 기능 이외에도 공작기계에 특별히 요구되는 전용기능의 채용이 확대되고 있는 실정이다. 본 개발품에도 다음과 같은 공작기계 전용 기능을 구현하였다.

- (1) 모터 과열 감시 기능 : 허용된 과부하율을 초과하는 가공 사이클 등의 조건에서 모터 온도를 감시하여 모터의 소손을 방지한다.
- (2) 기계적 이상조건 감시 기능 : 기계부가 파손되거나 이물질이 구동부에 끼인 경우와 같은 기계적인 이상조건시 드라이브를 정지시켜 기계부를 보호하는 기능이다.
- (3) 특정 신호 출력 기능 : 지령 속도 도달, 최저 속도 이하 운전, 설정 토크이하 운전 등 NC와의 인터페이스에 필요한 신호를 발생시키는 기능

2.5. 기타 서비스 기능

최근의 드라이브는 그 성능 이외에도 조작 및 조정의 편의성을 위한 서비스 기능이 중요한 제품평가의 기준이 되고 있다. 개발된 드라이브에도 이를 고려하여 다음과 같은 기능을 구현하였다.

- (1) 7-segment LED 표시기 : 드라이브의 동작상태 및 오류 발생시 원인 코드를 표시하여 사용자에게 알려준다.
- (2) D/A 변환 출력기 : 내부 제어 변수를 아날로그 전압으로 출력하여 제어특성을 측정할 수 있도록 하였다.
- (3) PC와의 인터페이스 : RS232C 직렬 통신 포트를 내장하여 일반 PC와 인터페이스한 후 PC상에서 전용 서비스 프로그램을 실행하여 드라이브의 파라미터 조작과 내부 상태 점검이 가능하도록 하였다.

3. 향후 개발 계획 및 전망

수치제어장치(NC)로부터 모터 드라이브로의 지령은 아날로그 전압을 통하는 것이 보편적이다. 그러나, 현재 디지털 통신을 이용한 NC 인터페이스 방

법이 각광을 받고 있으며 그 사용이 확대되고 있다. 디지털 통신은 다량의 정보를 고속으로 전달할 수 있어 고속·고정도 응용에 필수적이 되고 있다. NC와 드라이브간의 실시간 통신을 위해 개발된 SERCOS는 디지털 통신의 표준이 되었으며⁽³⁾ 현재 이를 이용한 차기 제품이 개발 중에 있다. 서비스 기능 차원에서도 단순한 조작 편의성 이외에도 NC의 화면을 통하여 FFT분석, 주파수 응답 측정, 계단 응답 측정 등을 가능하도록 하여 전문적 측정장비 없이도 간편히 파라미터 최적화를 수행할 수 있도록 지원하는 기능의 개발을 계획하고 있다.

4. 결론

본 논문에서는 공작기계로의 적용을 위한 모터 드라이브의 개발사례를 들었다. 개발된 제품에는 고속의 신호 처리와 고정도 센서 기술 이외에도 공작기계 전용 기능 및 사용자 편의를 위한 서비스 지원 기능 등이 구현되었다. 당사는 향후 통신 및 고차원적 서비스 기능에 대한 요구가 커질 것에 대비해 신제품 개발에 노력을 경주하고 있다.

본 연구는 통상산업부에서 시행한 공업기반 기술개발사업의 기술개발 결과임.

참고 문헌

1. 최종률, "산업용 고속·고정도 서보/스핀들 드라이브 기술의 최근 동향과 향후 발전전망", 대한전기학회 학회지, pp.28-32, 제45권 1호 1월, 1996
2. B.K. Bose, Power Electronics and AC Drives, 1986, Prentice-Hall
3. IEC 1491, Industrial Machines - Serial Data Link for Real-time Communication between Control and Drives
4. 서보/스핀들 드라이브 설계기술 1차년도 중간보고서, 통상산업부, 1996
5. 서보/스핀들 드라이브 설계기술 2차년도 중간보고서, 통상산업부, 1997