

# 정밀 조립장비용 Z축 구동 VCM장치 개발

\*조경래<sup>1</sup>, 석줄기<sup>1</sup>, 김동훈<sup>2</sup>, 김상범<sup>3</sup>, 김기웅<sup>3</sup>, 박기웅<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 영남대학교 전기공학과, <sup>2</sup> 경북대학교 전자정보공학부, <sup>3</sup> DCT

## Development of Z-axis VCM Drive System for Precision Assembler

\*K. R. CHO<sup>1</sup>, J. K. SEOK<sup>1</sup>, D. H. KIM<sup>2</sup>, S. B. KIM<sup>3</sup>, K. W. KIM<sup>3</sup>, K. W. GWAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Electrical Eng., Yeungnam Univ., <sup>2</sup> Dept. of Electronics & Electrical Eng., Kyungbuk Univ., <sup>3</sup> DCT.

Key words : VCM, Assembler, Z-axis

### 1. 서론

현재 국내 모바일 기기 산업 분야는 세계 시장을 선도하는 최고 수준을 자랑하고 있으며, 특히 CCM(Compact Camera Module)이 장착된 카메라폰 시장은 지속적으로 확대되어감에 따라 CCM의 수요는 폭발적으로 증가하고 있다. 그러나 현재까지 개별공정 장비들은 수동 혹은 반자동 수준에서 단동 운전됨으로 인해 생산성 저하와 함께 무엇보다도 표준화 미비 및 다수의 작업자에 의한 청정도 저하로 생산 수율이 떨어지는 단점을 안고 있다. CCM의 인라인 화는 세계적으로도 아직 표준화가 되어있지 않고 구축된 사례가 없으므로 인라인 화에 필요한 요소기술을 선점 개발함으로써 국내의 CCM 생산라인을 조기에 인라인화가 가능케 하고, 인라인화의 세계 시장을 선도할 수 있게 하는 성장 잠재력이 매우 높은 분야이다. 본 연구는 이러한 CCM 생산라인의 인라인 화에 필요한 정밀 조립 장비용 Z축 구동 VCM(Voice Coil Motor) 장치를 개발하고자 한다.

VCM은 선형 전동기로서 회전형 전동기가 선형 운동을 할 때 가지고 있는 구조적인 문제점인 기계적 마찰, 백래쉬(Backlash)등이 거의 없어 최근 하드 디스크 드라이브(HDD)<sup>1</sup>, 진동 억제 장치<sup>2</sup> 등 정밀 모션 제어에 성공적으로 응용되고 있으며 그 사용영역을 점차 넓혀 가고 있다. 본 연구에서는 정밀 조립장비용 Z축 구동 VCM장치 개발을 위하여 VCM의 전자장 특성을 해석하고 VCM 제어용 보드를 개발하였다

### 2. VCM 전자장 특성해석

VCM은 직선 운동을 할 때 기계 장치의 사용으로 인한 기계적인 비선형성은 없지만 전자기 반작용에 의한 비대칭성 때문에 원하는 성능을 얻지 못하게 될 경우가 있다. 이를 분석하기 위하여 전자장 해석을 수행 하였다.

전자기 전류 때문에 발생하는 전자기 반작용 효과를 확인하기 위하여 그림 1과 같이 이동자의 위치에 따른 전자기 반작용에 의한 쇄교 자속의 변화를 살펴보았다. 전자기에 전류를 공급하게 되면 필연적으로 전자기 반작용 현상이 발생하게 되며 이는 그림에서 볼 수 있듯이 이동자의 위치에 따라 쇄교 자속이 변화를 야기 시킨다. 이러한 쇄교 자속의 변화는 결국 발생 추력의 비대칭성으로 나타난다. 그림 2는 전자기 전류를 각각 1[A], 2[A], 4[A]

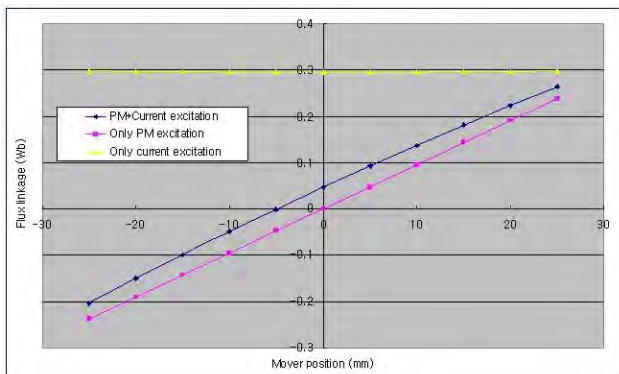


그림 1. 이동자의 위치에 따른 전자기 반작용에 의한 쇄교 자속의 변화 비교

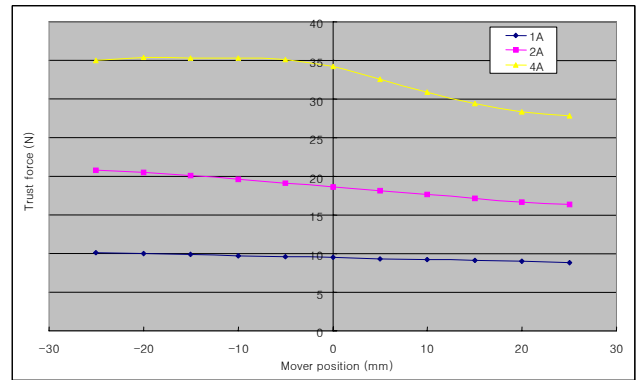


그림 2. 이동자의 위치에 따른 추력특성 비교

흐렸을 때 이동자의 위치에 따른 발생 추력의 변화를 나타낸 것이다. 전자기 반작용 때문에 같은 전자기 전류를 흘려도 이동자의 위치에 따라 발생 추력이 달라지는 것을 확인할 수 있으며, 또한 전자기 전류가 증가함에 따라 전자기 반작용 현상도 커지게 되어 발생 추력의 비대칭성도 심화되는 것을 알 수 있다.

따라서 이동자의 위치에 따라 일정한 발생 추력을 얻기 위해서는 기존의 VCM 구조에 추가적인 보상 코일의 설치 또는 전자기 반작용을 고려한 제어 알고리즘이 필요하다.

### 3. 제어용 보드의 설계

VCM 장치를 구동하기 위하여 사용된 제어용 보드는 120MHz의 고속 연산이 가능한 TI사의 TMS320VC33 DSP와 다음과 같은 주변회로로 구성되어 있다.

- 1) PWM 신호를 이용하여 전압을 만들기 위한 파워모듈
- 2) 전류 측정 및 아날로그 필터회로
- 3) 엔코더 신호를 처리하기 위한 회로
- 4) PC와의 통신을 하기 위한 회로
- 5) 다른 제어용 보드와 신호를 주고받기 위한 회로

그림 3은 설계된 제어용 보드의 전체 회로 구성을 나타내고 있다.

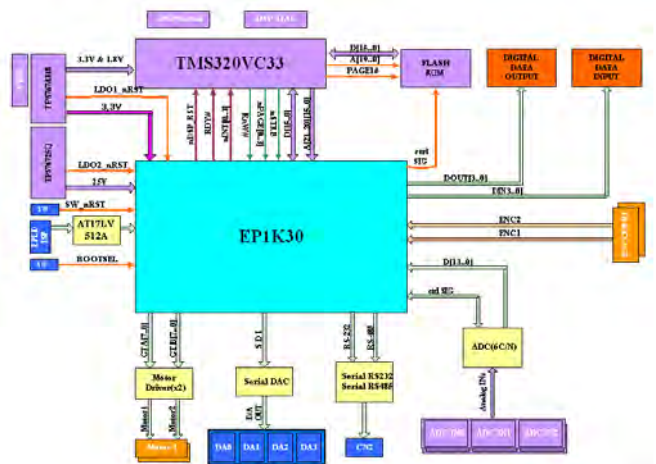


그림 3. 전체 회로 구성

### 3. 1 PWM 신호를 이용한 전압 합성

PWM 신호를 이용하여 전압을 합성하는 파워 모듈은 National Semiconductor 사의 LMD18200을 이용하였다. 이 소자는 입력전압을 55[V]까지 사용할 수 있으며, 연속적으로 3[A]까지 순간적으로 6[A]까지 전류를 흘릴 수 있다. LMD18200은 전압 합성에 두 가지 PWM 신호를 사용할 수 있다. 첫 번째, Simple PWM은 듀티비 (Duty ratio)신호만을 이용하여 전압을 합성하는 방법으로 이 경우는 50%의 듀티비를 가질 때 전류가 흐르지 않게 된다. 두 번째, Sign/magnitude PWM으로 듀티비 신호와 부호신호의 두 가지 신호를 이용하여 전압을 합성한다. 이 경우 듀티비가 0%일 때 전류가 흐르지 않게 된다.

### 3. 2 전류 측정 및 아날로그 필터회로

전류 제어에서는 전류를 측정하여 피드백 신호로 사용하여야 한다. 전류를 측정하기 위하여 선형성이 우수한 고 정밀 측정 저항을 전류 루프에 삽입하여 이 저항 양단의 전압 차를 측정하여 전류를 계산할 수 있다. 그러나 이렇게 측정된 전류는 스위칭 리플을 가지고 있기에, 피드백 신호로 사용되기 전에 아날로그 필터회로에서 필터링과정을 거친다. 아날로그 회로는 OP-amp를 이용하여 저역 통과기로 설계하였다.

### 3. 3 PC 통신 회로

TMS320VC33과 PC와의 직렬통신을 위해 TL16C550을 사용하였다. TL16C550은 16바이트의 FIFO 내부 버퍼를 가지고 DSP의 병렬 데이터를 직렬로 또는 PC로 부터의 직렬 데이터를 병렬로 바꾸어 주는 역할을 하게 된다. 충분히 큰 내부 버퍼는 이러한 직/병렬 데이터 변환 시 전송 지연으로 인해 발생할 수 있는 데이터 덮어쓰기 현상을 막아준다. 또한 max232, max485 Drivers/Receivers를 장착하여 RS-232 및 RS-485 통신 모두 지원해 준다.

### 3. 4 타 제어 시스템과의 통신 회로

제어용 보드는 상위제어기인 PC로부터 직렬통신으로 지령을 받아 VCM 장치를 직접 제어하거나, 다른 구동 장치에 연결된 VCM 장치를 제어하거나, 다른 제어용 보드로부터 제어 신호를 받아 VCM 장치를 구동할 수 있어야 한다. 이렇게 하기 위해서는 다른 제어용 보드와 엔코더 신호 및 제어 신호를 주고받을 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서 사용된 제어용 보드는 엔코더 신호를 다른 제어용 보드와 공유할 수 있는 포트를 만들었으며, D/A 컨버터를 이용하여 다른 제어용 보드에 지령을 아날로그 전압으로 전달할 수 있고 A/D 컨버터로 다른 제어용 보드에서 나오는 제어 신호를 입력 받을 수 있도록 설계되었다.

### 3. 5 기타

제어용 보드는 전류를 측정하기 위하여 14bits A/D 컨버터인 AD7865와 VCM 장치 내부 온도를 측정하기 위하여 저가형 8bits A/D컨버터인 AD7819를 사용하였다. 또한 DSP 내부 변수를 모니터링하고 아날로그 지령을 생성하기 위해 12bits D/A 컨버터 DAC8420을 장착하였다. DSP 부팅을 위해 JTAG 포트와 FLASH ROM을 통한 부팅회로 두 가지 모두 가능하도록 설계하였다.

## 4. 제어 알고리즘 및 실험결과

제어부는 크게 위치제어와 속도제어, 전류제어로 구성되어 있고 모든 알고리즘은 C언어로 구현되어 있다. 제어주기는 전류 제어의 경우 25[μs]이며, 속도 제어 주기는 전류 제어 주기의 5배, 위치 제어 주기는 속도 제어 주기의 5배이다.

그림 4는 PWM 발생회로에서 만들어진 PWM 신호이다. 스위칭 주파수는 20[kHz]이고 PWM 주기는 50[μs]이다. 그림 5는 위치 제어 응답을 보여주고 있다. 위치 오차가 반복 정밀도 요구사항 양인 ±10[μm] 내에 들어감을 확인할 수 있으며, 앞으로 전기자652

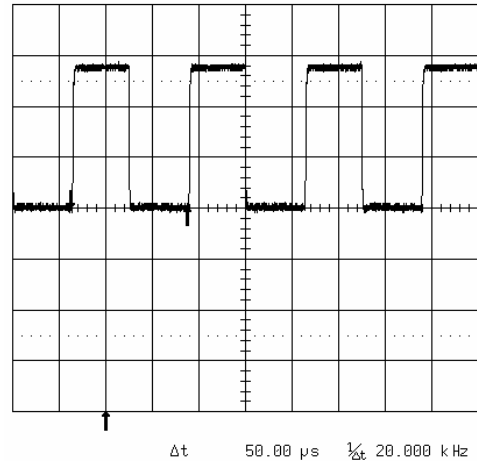


그림. 4 PWM 신호

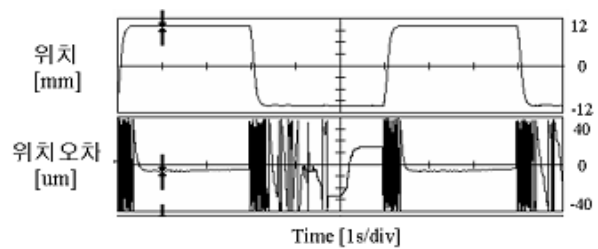


그림. 5 위치 제어 응답

반작용 효과를 보상할 수 있는 알고리즘 및 장치를 개발한다면 더욱더 향상된 제어 응답을 기대할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 VCM의 전기자 반작용에 의해 발생하는 이동자의 위치에 따른 추력의 비대칭성이 존재함을 보였고 이 비대칭성을 없애기 위해서는 추가적인 장치 또는 알고리즘이 필요하다는 것을 밝혔다. 또한 이 VCM 장치를 구동하기 위한 제어용 보드를 설계하였다. 설계된 제어용 보드는 단독으로 혹은 다른 제어용 보드와 병렬로 VCM 장치를 구동할 수 있으며, PC와의 통신을 통하여 데이터를 주고받을 수 있다.

## 감사의 글

본 연구는 산업자원부가 지원하는 중기거점과제(“CCM 인라인 조립장비 개발”) 사업으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

1. R.Obob, F. Marcassa and G. Maiocchi., "Hard Disk Drive with Voltage-Driven Voice Coil Motor and Model-Based Control," IEEE Transaction on Magnetics, 41, 784-790, 2005.
2. Y. D. Chen, C. C. Fuh and P. C. Tung., "Application of Voice Coil Motors in Active Dynamic Vibration Absorbers," IEEE Transaction on Magnetics, 41, 1149-1154, 2005.