

인덱서 시스템에 대한 횡축형 선형 전동기의 적용에 관한 연구

김지원*, 안종보*, 강도현*, 장정환*, 방덕제**, 진전용**

* 한국전기연구원 메카트로닉스 연구그룹, ** 신성엔지니어링 개발팀

A study on application of transverse flux linear motor to indexer system

J.W. Kim*, J.B. Ahn*, D.H. Kang*, J.H. Jang*, D.J. Bang**, J.Y. Jeon**

* Korea Electrotechnology Research Institute, ** SHINSUNG ENG CO.,LTD

Abstract - 기존의 선형 이송 시스템은 구동원으로 서보 모터를 사용하고 있다. 서보 모터의 회전 운동을 직선 운동으로 변환하기 위해서는 기계적인 동력전달 장치가 필요하며, 이는 위치 오차의 발생이나 주기적인 시스템의 유지보수의 필요성 등의 문제점을 야기한다. 본 논문에서는 단위 체적당 추력비가 기존의 모터에 비해 우수한 횡축형 선형전동기를 이용하여 LCD 공정에 사용되는 indexer 시스템의 선형 추진부에 적용하는 연구를 수행하였다. 실험결과 횡축형 선형전동기는 가속능력, 최대 속도 및 위치결정 정밀도 등에서 indexer 시스템에 적용하기에 적합한 것을 검증하였다.

다. 실험결과 횡축형 선형전동기를 이용한 indexer 시스템은 필요한 가속성능, 최대속도 및 위치 정밀도를 만족하는 것을 확인할 수 있었다.

2. 본 론

2.1 영구자석 여자 횡자속 선형 전동기

전동기는 자속 방향에 따라 종축형과 횡축형(또는 횡자속형)으로 나눌 수 있는데 자속의 이동 방향과 전동기의 이동 방향이 같은 경우 종축형 기기라 하고, 자속 방향이 전동기의 이동 방향과 횡방향인 경우 횡자속형 기기라 한다. 횡자속형 선형전동기는 전류의 방향과 이동자의 방향이 일치하며 자속의 진행 방향과 전동기의 이동 방향과는 수직 즉, 횡방향이 된다. 횡자속형 전동기는 자기회로와 전기회로가 분리되어 있기 때문에 단위 체적당 높은 출력과 높은 효율을 얻을 수 있다는 장점을 갖는다. 횡축형 전동기의 다른 형태로 회전자에 영구자석을 삽입하여 출력밀도를 증가시킨 영구자석 여자 횡축형 전동기가 있다. 구조적으로 그림 1과 같이 영구자석에서 발생하는 자계가 공극에서의 자계를 집중시키므로 높은 공극 자속 밀도를 얻을 수 있다. 그림 1의 형상에서 회전자의 영구자석은 자속을 일정한 방향으로 발생시키도록 교대로 설치되며, 일정한 방향으로 추진력을 얻기 위해 권선이 있는 고정자 철심은 양측 극면에서 r_p 만큼 엇갈리게 설계되었다. 물론 권선을 회전자에 설치하여도 무방하다.

1. 서 론

현대 산업이 고도화됨에 따라 공장 자동화, 반도체, 공작 기계 등의 분야에서 생산 설비의 고성능화가 요구되고 있으며, 이송 장비 부분에서도 고정도, 고속화, 고효율화가 요구되고 있는 추세이다. 기존의 선형 이송 장비들은 구동원으로 서보 모터(Servo Motor)를 사용하고 있으며, 서보 모터에서 발생한 회전 운동을 직선 운동으로 얻기 위해서는 감속기, Rack-Pinion, Timing Belt, Chain, Ball Screw, Crank등의 기계적 동력 전달 장치가 필요하다. 이와 같이 회전형 전동기를 사용한 기존의 선형 이송 장비는 구조가 복잡하고 마찰에 의한 소음, 분진, 에너지 손실 및 Backlash에 의한 위치 오차의 발생 요인이 많으며, 주기적인 유지 보수를 필요로 하는 등의 단점을 가지고 있다. 반면에 구동원으로 선형전동기를 적용하면 동력 전달 장치가 생략되어 고속고가속의 직선 운동이 가능하여 생산성을 높일 수 있으며 소음, 진동, 분진, 에너지 손실의 발생이 현저하게 감소된다. 그리고 동력 전달 장치에서 나타나는 변형이나 Backlash가 없지기 때문에 고속 운전 시에도 고정도의 효과를 얻을 수 있다. 또한 이송 물체를 선형전동기로 직접 구동시키기 때문에 동력 전달 장치의 유지 보수가 필요 없어 수명이 반영구적이다. 본 논문에서는 단위 체적당 추력비가 기존의 다른 모터에 비해 우수한 횡자속형 선형전동기를 indexer 시스템에 적용하는 연구에 관하여 서술하였다.

Indexer는 LCD 공정상의 이송장비중 하나로서 대기용 LCD glass를 수납 및 공급하는 장치이다. Indexer는 MGV(Manual Guided Vehicle)나 AGV(Auto Guided Vehicle)를 통하여 수동이나 자동으로 LCD glass를 각 공정에 공급하거나 각 공정으로부터 처리가 완료된 LCD glass를 수납하게 된다. Indexer는 크게 지정된 shelf로 이동하기 위한 X축 구동부와 LCD glass를 적재하거나 반출하기 위한 Arm Robot으로 구성된다.

본 논문에서는 800N급 영구자석 여자 횡자속 선형전동기를 이용하여 축소형 indexer 시스템을 구성하였고, arm robot 부하를 고려하여 이동자에 부하를 인가하여 가속능력, 최대속도 및 위치결정 정밀도 등을 평가하였

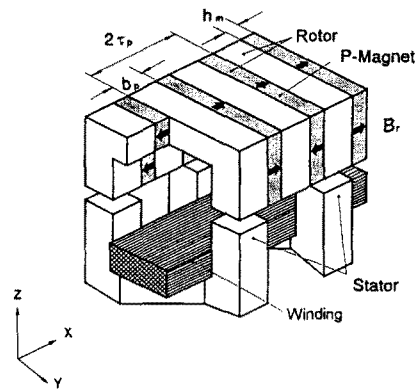


그림 1. 영구자석 여자 횡축형 전동기 형상

회전자 위치에 따른 기자력-발생추력은 그림 2와 같다. 일정한 방향으로 힘을 발생시키기 위해 $0 \leq x \leq \tau_p$ 구간에서는 고정자의 자속이 영구자석의 자속방향과 같은 방향이 되도록 전류를 인가하고, $\tau_p \leq x \leq 2\tau_p$ 구간에서는

반대방향의 전류를 흘려야 된다.

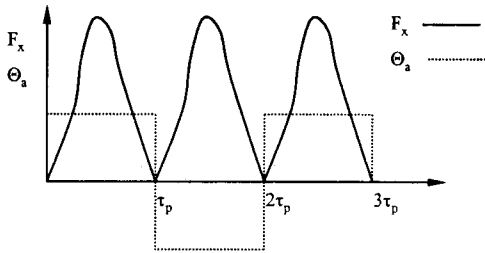


그림 2. 영구자석 여자 횡축형 전동기의 회전자 위치에 따른 기저력(θ_a)-발생 추력(F_x)

2.2 실험장치 구성

2.2.1 제어기 및 드라이버 구성

본 논문에서는 TI사의 TMS320C32-60 DSP를 이용하여 제어기를 구성하였다. 아날로그 입력은 8채널을 받을 수 있도록 구성하였으며, 내부 변수 값 확인을 위한 DA 컨버터 출력은 4채널을 구성하였다. EPLD에 PWM 출력 채널과 엔코더를 이용하여 모터의 위치를 검출하는 로직을 구현하였다. 그림 3에 구성된 제어기의 블록 다이어그램을 나타내었다.

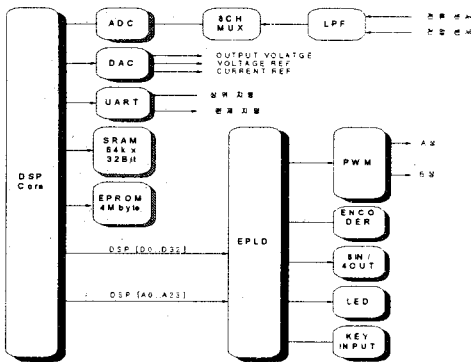


그림 3. 제어기의 블록 다이어그램

본 논문에서는 2상 횡축형 선형전동기를 구동하기 위하여 full-bridge 형태의 2상 드라이버를 사용하였다. Full-bridge 형태의 드라이버는 각 상을 독립적으로 제어할 수 있으며, DC Link 전압을 거의 100% 사용할 수 있기 때문에 본 논문에서는 이러한 형태의 드라이버를 사용하였고, 그림 4에 2상 드라이버의 구조도를 나타내었다.

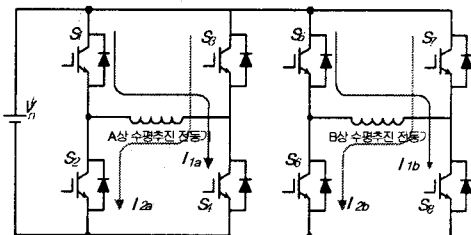


그림 4. 2상 드라이버의 구조도

2.2.2 축소형 Indexer 시스템 구성

본 논문에서는 그림 5와 같은 축소형 indexer 시스템을 제작하였다. 횡축형 선형전동기는 2상으로 구성되어 있으며, indexer의 추진축 위에 설치될 arm robot의 부하를 고려하기 위하여 부하중량을 설치하여 이동자의 무게가 400[kg]이 되도록 하였다.

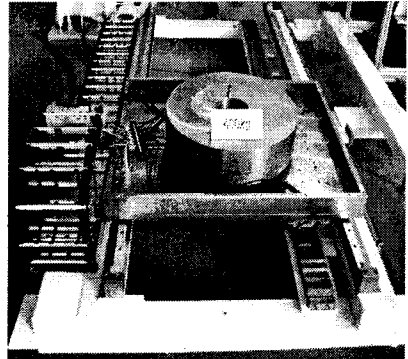


그림 5. 제작된 축소형 Indexer 시스템

2.3 실험결과

위치명령이 주어지면 내부적으로 그림 6과 같은 속도 프로파일을 생성하여 구동하도록 하였다.

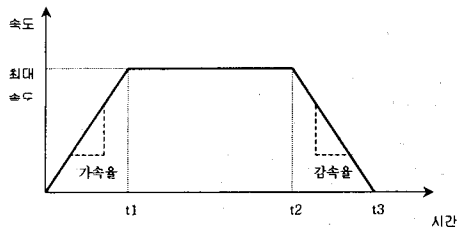


그림 6. 내부적으로 발생하는 속도 프로파일

그림 7과 그림 8에 각각 가속도 1.0[m/s²]과 1.5[m/s²]인 경우에 대한 실험 파형을 나타내었다.

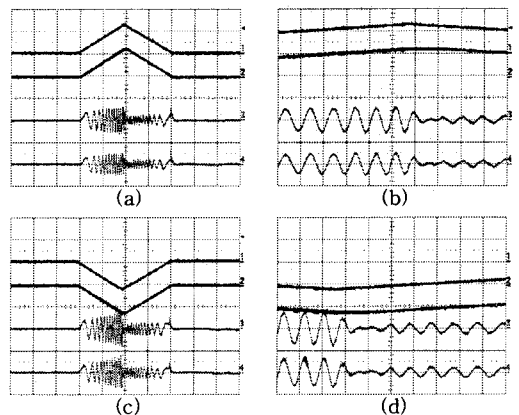


그림 7. 가속도 1.0[m/s²]인 경우 실험 파형

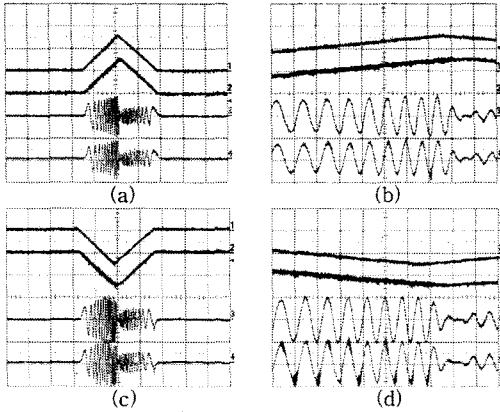


그림 8. 가속도 $1.5[m/s^2]$ 인 경우 실험 파형

그림 7과 그림 8에서 각각 Ch.1은 속도 기준치, Ch.2는 실제속도, Ch.3은 A상 전류기준치 그리고 Ch.4는 A상 실제전류를 나타낸다. 실험 결과에서 보듯이 주어진 기준치를 잘 추종하는 것을 확인하였다. 실제 indexer 시스템은 공정의 특성상 최대가속도 $1.0 [m/s^2]$ 와 $1.0[m/s]$ 를 요구하기 때문에 요구되는 spec.은 만족하는 것으로 판단할 수 있다. 그림 9는 위치 정밀도를 살펴보기 위한 실험파형으로 Ch.1은 위치명령, CH2는 실제위치, Ch.3은 속도명령 그리고 Ch.4는 실제속도를 나타낸다.

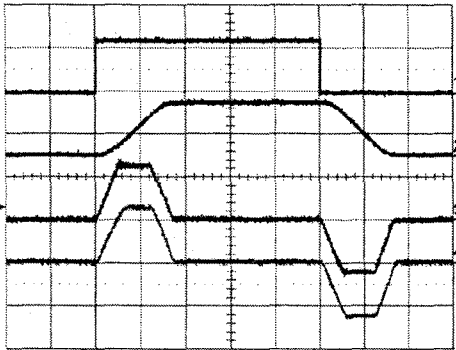


그림 9. 위치 및 속도 명령 추종결과

그림 9에서 보듯이 위치명령에 대한 추종 결과도 양호한 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 논문에서는 횡자속 선형전동기를 LCD 공정에 사용되는 indexer 장비의 추진축에 적용하는 연구를 수행하였다. 횡자속 선형전동기를 이용하여 Indexer 장비의 축소 모델을 제작하고 실험을 통하여 횡자속 선형전동기를 indexer 장비의 추진축에 적용하는 경우 가속성능, 최대속도 및 위치 정밀도 등의 사양을 충분히 만족할 수 있는 것을 확인하였다. 횡자속 선형전동기를 적용한 indexer를 실제 산업현장에 적용할 경우 별도의 동력전달 장치가 필요한 서보모터를 이용한 장비에 비해서 유지보수나 위치 정밀도 등에서 유리할 것으로 생각되며, clean room 내에서의 작업에 있어서도 장비에서 발생하는 분진 등이 현저하게 감소되어 기존의 장비에 비해 여러 가지 면에서 유리할 것으로 기대된다. 추후에는 장시간 운전 테스트와 싸이클 테스트 등을 거친 후 arm

robot을 탑재하여 실제 indexer 동작을 구현하여 산업 현장에 적용할 수 있도록 계속하여 연구를 진행할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Weh H. "Linear Electromagnetic Drives in Traffic Systems and Industry", The First International Symposium on Linear Drive for Industry Applications, Nagasaki(Japan), 1995
- [2] 강도현, Herbert Weh, "철도 차량용 고출력 횡축형 선형전동기 설계에 관한 연구", 전기학회논문지, 48B권 6호, pp310-308, 1999
- [3] 강도현, 김문환, "자기부상 열차용 부상 및 안내 결합형 횡자속 선형 전동기 설계에 관한 연구", 전기학회논문지, 49B권 2호, pp102-109, 2000
- [4] 전영환, 김지원, 전진홍, 전정우, 강도현, "선형 브러시리스 DC 모터의 정밀 위치 제어에 관한 연구", 전기학회논문지, 50D권 9호, pp417-422, 2001
- [5] J.W. Kim, J.W. Jeon, Y.J. Kim, Y.H. Chun, J. M. Kim, "An error free position detection method for repetitive operation using incremental encoder", ICEE 2002, Jeju(Korea), pp2442-2445, 2002