

컨베이어 시스템용 횡자속 선형전동기 특성에 관한 연구

박건우, 문인호, 윤종보, 황계호, 조상준

(주)신성이엔지 기술연구소

초록

본 논문은 LCD 생산라인의 물류 자동화 시스템 중 컨베이어와 같은 선형 이송시스템에 적용이 가능한 영구자석 여자 횡자속 선형전동기 개발에 관한 내용이다. 3차원 등가 자기 회로방법을 이용한 해석과 3축 Load Cell을 이용한 정특성 실험을 통해 횡자속 선형전동기의 특성을 비교, 분석하여 물류 이송이 가능한 횡자속 선형전동기 추진모듈의 사양을 결정하였고, 시작품을 설계, 제작하여 컨베이어 시스템 등의 이송시스템에 적용 가능성 및 그 타당성을 검토하였다.

1. 서론

최근, 멀티미디어 환경이 보편화되고, 정보 인프라가 급속도로 확대됨에 따라, FPD(Flat Panel Display) 제조사들의 생산 효율 증대를 위한 차세대 설비 투자 경쟁이 치열한 상황이다. FPD 중 LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel)는 국내 자체 기술 개발 및 생산 기반 구축에 적극적인 투자로 세계적인 경쟁력을 유지하고 있으며, 반도체와 함께 국가 성장 동력 산업으로서 큰 역할을 하고 있다. 그러나 LCD업계는 일본, 대만 등 회사들간의 기술적 제휴에 의해 LCD패널의 기술력이 평준화되고 있다. 따라서 기술에서는 큰 차이가 없고, 가격 경쟁력에서 앞선 외국 회사 제품들이 현재까지 시장을 주도해온 국내 기업들에게 큰 위협이 되고 있는 실정이다. 최근 경제 상황의 악화로 생산 라인 증설 및 차세대 패널을 위한 생산 설비 투자가 어렵고, 가격 경쟁력을 위해 생산 원가 절감이 절실히 필요한 실정이다. 생산라인에서 신속한 물류 이송 시스템은 생산량 증대 효과를 가져올 수 있으므로 대량 생산 시스템에서 원가 절감 효과를 기대 할 수 있다.

이상에서 기술한 바와 같이 FPD 산업 분야에서의 원가 절감을 위해 신속한 물류 이송 시스템 개발은 매우 중요한 요소이다. 따라서 FPD의 생산 물류 이송 장비 중 컨베이어 시스템에 선형전동기를 적용함으로써 기존의 컨베이어 시스템에 적용된 서버 모터를 이용한 기어, 벨트, rack/pinion 등의 구동 방식에 의한 particle 발생과 잦은 유지·보수 등의 문제점을 감소 시키고, 직접 구동 방식에 의한 고추력, 고속 이동의 물류 이송 시스템을 제공하고자 한다. 본 논문에서 컨베이어 시스템에 적용하기 위한 선형전동기는 영구자석 여자 횡자속 선형전동기(PM Excited Transverse Flux Linear Motor(이하 : 횡자속 선형전동기[TFLM]))로써 그 특성을 3차원 등가 자기 회로망(EMCN : Equivalent Magnetic Circuit Network)법에 의한 해석과 3축 Load Cell을 이용한 정추력 실험을 통하여 추진 모듈의 사양을 결정하고, 시작품을 제작하여 Conveyor 시스템 적용 가능성에 대한 연구를 행하고자 한다.

2. 영구자석 여자 횡자속 선형전동기

영구자석 여자 횡자속 선형전동기는 그림1.과 같이 고정자 혹은 이동자에 영구자석을 삽입한 형태이다. 영구자석에 의해 공극의 자계가 집중되어 높은 공극 자속밀도를 얻어 추력 밀도를 증가시킬 수 있다[1]. 영구자석 여자 횡자속 선형전동기는 자속의 이동방향이 이동자의 이동방향에 대해 횡방향이며, 전류가 이동자와 같은 방향으로 흐르는 것이 특징이다[2].

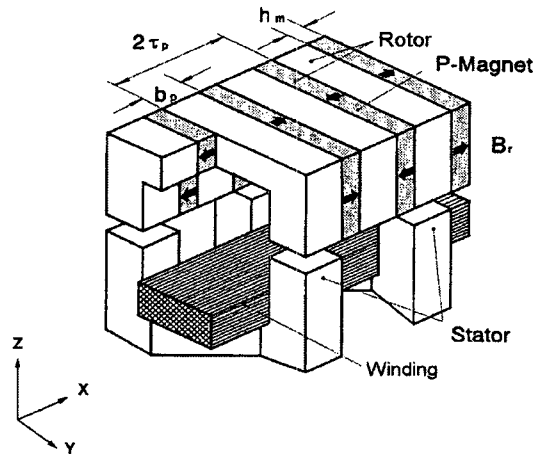


그림 1. 영구자석 여자 횡자속 선형전동기 형상

그림 1의 모델에서 일정한 방향으로 추진력을 얻기 위해 이동자에 설치된 영구자석은 자속을 일정한 방향으로 발생시키도록 교대로 설치하고, 권선이 있는 고정자의 철심은 양측 극면에서 τ_p 만큼 엇갈리게 설계되었다. 물론, 권선은 이동자 또는 고정자 어느 쪽에 설치되어도 무방하다[3].

발생 가능한 힘밀도 F_{xd} 는 식 (1)과 같다[4].

$$F_{xd} = kB_0 \frac{\Theta_a}{2\tau_p} [kN/m^2] \tag{1}$$

여기서, k 는 설계상수, B_0 는 무부하 공극자속밀도, Θ_a 는 기자력, 그리고 τ_p 는 극간격이다.

3. 컨베이어 적용을 위한 횡자속 선형전동기의 설계

본 연구에서는 가반하중 약 200[kg]을 직선에서 이송 가능한 횡자속 선형전동기 추진 모듈의 사양을 결정하고 시작품을 설계, 제작하였다. 그림 2.는 컨베이어 적용을 위한 횡자속 선형전동기의 기본 형상을 나타낸다. 이동자에 영구자석과 권선 및 이동자 철심이 설치되고, 고정자에는 철심만이 설치된다.

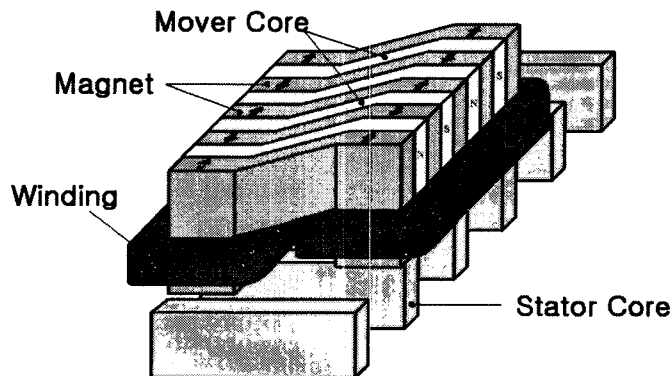


그림 2. 컨베이어 적용 횡자속 선형전동기 형상

표 1은 본 연구에서 설계된 가반하중 200[kg]급 컨베이어 적용 횡자속 선형전동기의 설계 기준 사양을 나타낸다.

표 1. 컨베이어 시스템의 구동부 추진 모듈 사양

구분	사양	비고
구동부	Direct Driving by TFLM	Wheel 사용
정격속도	2.0 [m/s]	
최대속도	2.5 [m/s]	
가속도	1.5 [m/s ²]	
공극	3.0 [mm] ~ 3.5 [mm]	
정지정도	± 0.5 [mm]	
위치센서	Rotary Encoder	17bit absolute type
이동부 무게	약 400[kg]	
정격기차력	4000[AT]	
전원공급	비접촉 전원장치(CPS)	2차측 : 3Ø 220V

4. 횡자속 선형전동기 해석 및 시작품 제작 실험

본 연구에서 설계된 횡자속 선형전동기를 3차원 등가 자기 회로방법을 이용하여 정특성 해석을 하였으며, 그림 3.은 설계, 제작된 횡자속 선형전동기의 이동자와 고정자를 보여주고 있다. 제작된 선형전동기를 그림 4.와 같이 3축 Load Cell(KISTLER, 3-Component Force Link : type 9368B), Charge Meter(KISTLER, type 5015A)을 이용하여 정추력 실험을 수행하고, 그 결과를 상호 비교하였다.

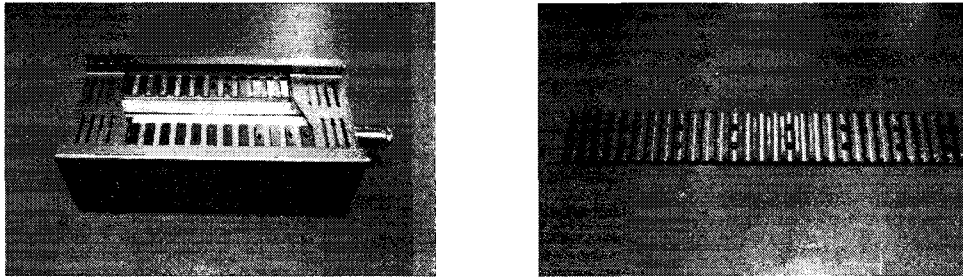


그림 3. 횡자속 선형전동기 제작 사진(좌측:이동자, 우측:고정자)

그림 4의 정추력 실험 장비는 3축 Load Cell을 고정자 고정판 하부에 설치하고, 이동자를 위치에 따라 고정하였을 때, 그 때의 고정자가 받는 힘을 Charge Meter로 측정한다.

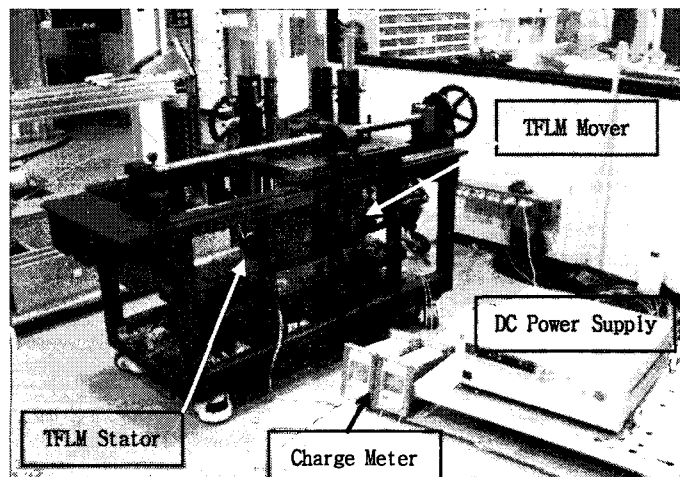


그림 4. 선형전동기 정추력 실험 장치

그림 5는 본 연구의 설계 기준 사양 공극 3~3.5[mm]에서 최대 공극시 3.5[mm]일 때 3차원 등가 자기 회로방법에 의한 해석과 그림 4와 같이 정추력 실험에 의한 결과를 비교 정리한 것이다.

그림 5에서 평균 추력 실험 값이 해석 값의 약 105%의 결과가 나왔으며, 이는 제작 시 이동자와 고정자의 일부 치수 오차와 실험 장치 셋업 시 구조물의 영향으로 예측 된다.

횡자속 선형전동기는 그림 5와 같이 τ_p 마다 그 추력 값이 0이 된다. 연속적인 추력 발생을 위하여 최소 2상 이상의 다상 구조로 설계 되어져야 한다. 본 연구에서는 대차 1대당 그림 3.의 이동자가 2상 장착되며, 이송 대차에 90도 만큼 전기적 위상차를 가지고 일정거리 이격되어 설치된다.

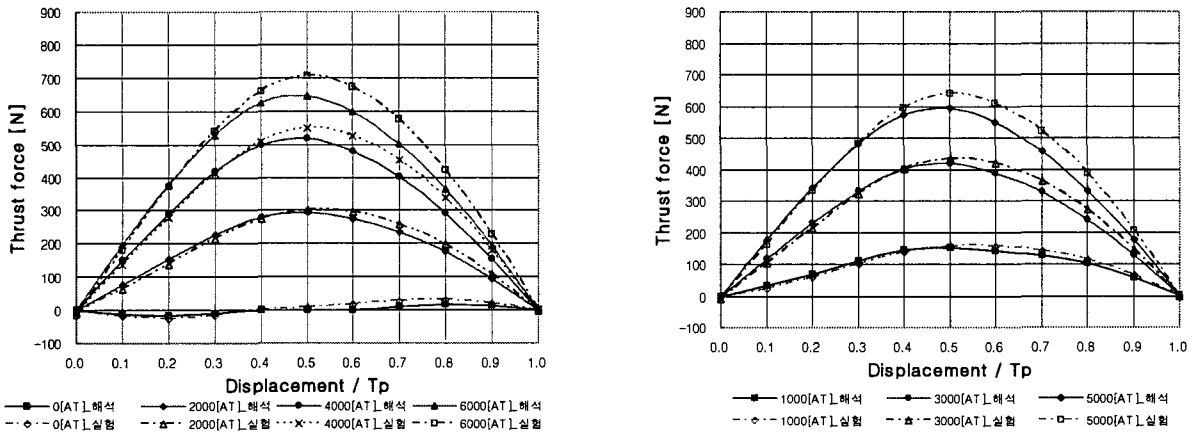


그림 5. 횡자속 선형전동기 정추력 특성(공극 : 3.5[mm])

그림 6은 개략적인 LCD 생산 라인의 물류 이송 시스템이며, 타원으로 표시된 부분이 컨베이어 시스템이다. 컨베이어 시스템은 이송 거리가 수 십 미터에 이르며, 이동 레일이 직선으로만 이루어져 있고, 방향 전환 시에는 턴 테이블 등을 사용한다. 이와 같이 컨베이어 시스템은 공정 장비간 또는 물류 장비간의 물류를 신속히 이송하는 시스템이다.

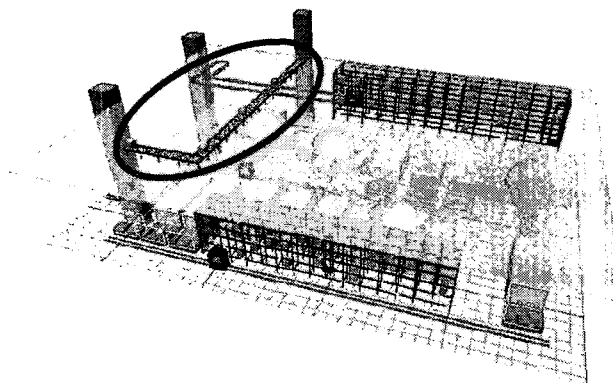


그림 6. LCD 생산 라인의 물류 이송 시스템

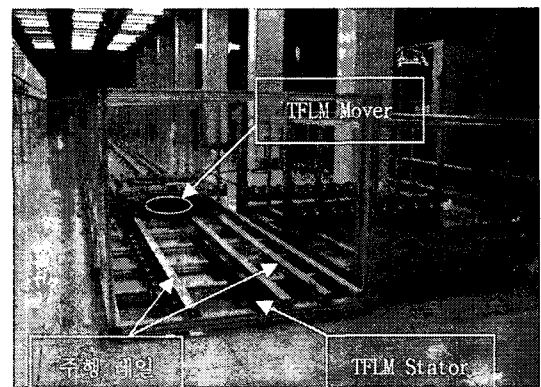


그림 7. 컨베이어 시스템

컨베이어 시스템의 주행 방식은 표 1과 같이 횡자속 선형전동기에 의한 직접 구동 방식을 사용하며, 그림 7에서 보듯이 Vehicle에 장착된 횡자속 선형전동기 이동자는 wheel에 의해 주행 레일을 따라 고정자 공극을 유지하도록 제작하였다. 실제로 wheel에 의해 선형전동기의 공극을 일정하게 유지하기란 매우 어려운 일이다. 따라서 공극의 변화에 따른 추력 특성이 검토 되어야 한다. 또한 횡자속 선형전동기 설치 시 위치에 따른 공극 변화에 대한 일정 변위를 지정하여 지정된 범위를 벗어나지 않도록 설치 되어야 한다. 그림 7.의 컨베이어 시스템은 설치 공극을 3.0[mm]를 기준으로 ± 0.5 [mm]를 유지하도록 설치하여 실험을 행하였다.

5. 결론

본 논문은 컨베이어 시스템 적용을 위한 횡자속 선형전동기를 설계, 제작, 실험을 행하였다. 설치 시 유지 가능한 공극에 따른 발생 추력을 고려하여 횡자속 선형전동기를 설계하였으며, 시작품을 제작하여 해석과 실험을 통하여 그 특성을 비교, 검증하였다. 제작된 시작품을 컨베이어 시스템에 적용하여 이동 레일의 전 구간에서 가반하중 200[kg] 이송 가능한 충분한 추력이 발생됨을 확인하였고, 선형 이송시스템에 대한 적용 가능성을 검증하였다.

기존 컨베이어 시스템에 적용된 서버 모터를 이용한 벨트, rack/pinion 등의 구동 방식은 마찰에 의한 particle 발생과 잦은 유지, 보수가 필요하다. 이에 본 연구에서는 컨베이어 시스템과 같은 선형 이송시스템에 횡자속 선형전동기를 적용함으로써 고추력, 고속 이동이 가능 하였으며 기존 시스템의 문제점들을 감소 시킴으로써 불량률과 유지·보수 비용 절감 효과를 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] Arshsd, W.M., Backstrom, T., Sadrangain, C., "Analytical design and analysis procedure for a transverse flux machine", Electric Machines and Drives Conference, IEMDC 2001. IEEE International, pp.115-121, 2001.
- [2] Do Hyun Kang,, "Transversalflussmaschinen mit permanenter Erregung als Linear antriebe im schienengebundenen Verkehr", Braunschweig University, 1996.
- [3] 강도현, Herbert Weh, "철도 차량용 고풍력 횡축형 전동기 설계에 관 연구", 대한전기학회 논문지, 제48권, 제6호, B권, pp.301-308, 1999.
- [4] Weh, H. "Permanentmagneterregte Synchronmaschinen hoher Kraftdichte nach dem Transversalflußkonzept", etzArchiv Bd, 10, H.5, S.143-149, 1988.