

OHS 시스템 적용을 위한 선형전동기에 관한 연구

박건우[†] · 김원곤 · 황계호 · 문인호 · 조상준
(주)신성이엔지 기술연구소

A Study on the Design of Linear Motor for Over Head Shuttle system

G.W. Park[†] · W.G.Kim · G.H.Hwang · I.H.Moon · S.J.Cho
Shinsung ENG Co., Ltd. Institute of Technology

Abstract - 본 논문은 LCD 생산라인의 물류 자동화 시스템 중 OHS와 같은 선형 이송시스템에 적용이 가능한 영구자석 여자 횡자속 선형전동기 개발에 관한 내용이다. 3차원 등가 자기 회로방법을 이용한 해석과 정특성 실험을 통해 전동기의 특성을 분석하여, 직선-곡선부에서 이송 가능한 횡자속 선형전동기 추진모듈의 사양을 결정하고 시작품을 설계, 제작하여 OHS 시스템 등의 이송시스템에 적용 가능한지 그 타당성을 검토하였다.

1. 서 론

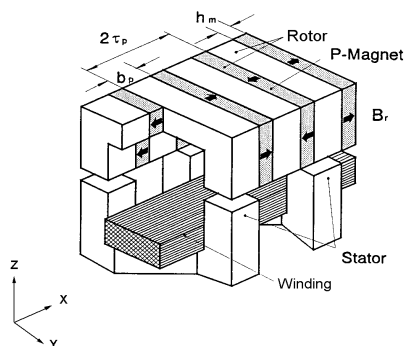
최근, 멀티미디어 환경이 보편화되고, 정보 인프라가 급속도로 확대됨에 따라, FPD(Flat Panel Display) 제조사들의 생산 효율 증대를 위한 차세대 설비 투자 경쟁이 치열한 상황이다. FPD중 LCD, PDP는 국내 자체 기술개발 및 생산 기반 구축에 적극적인 투자로 세계적인 경쟁력을 유지하고 있으며, 반도체와 함께 국가 성장 동력 산업으로서 큰 역할을 하고 있다. 그러나 이러한 첨단 디스플레이 산업에서 경쟁력을 갖추기 위한 증대된 요소들인 생산 장비 및 부품, 소재의 국산화율은 지극히 부진한 실정이며, 생산 설비 투자액 중 대부분을 미국, 유럽, 일본 등 선진국의 장비를 수입하는데 사용되고 있다. 또한, FPD를 생산하는 국내 대기업들이 대부분의 생산 설비를 외국으로부터 수입에 의존함으로써 생산라인 증설 계획이나 증설시 채택되는 신공정의 내용 등이 외부에 노출됨으로써 국내 업체들의 중요한 정보가 해외 경쟁업체에 흘러 들어가는 부작용도 나타나고 있다.[1]

이상에서 기술한 바와 같이 FPD 산업 분야에서의 물류 이송 시스템 장비 국산화는 매우 시급한 실정이다. 이에 본 논문은 FPD의 생산 물류 이송 장비 중 OHS(Over Head Shuttle) 시스템에 적용하기 위한 선형전동기로서 횡자속 선형전동기(TFLM : Transverse Flux Linear Motor)를 3차원 등가 자기 회로(EMCN : Equivalent Magnetic Circuit Network)법에 의한 해석과 3축 Load Cell을 이용한 정추력 실험을 통하여 OHS 시스템 적용 가능성에 대한 연구를 행하고자 한다.

2. 본 론

2.1 영구자석 여자 횡자속 선형전동기

영구자석 여자 횡자속 선형 전동기는 그림 1과 같이 고정자 혹은 이동자에 영구자석을 삽입한 형태이다. 영구자석에 의해 공극의 자계가 집중되어 높은 공극 자속밀도를 얻어 추력 밀도를 증가시킬 수 있다[2]. 횡자속 선형 전동기는 자속의 이동방향이 이동자의 이동방향에 대해 횡방향이며, 전류가 이동자와 같은 방향으로 흐르는 것이 특징이다[3].



〈그림 1〉 영구자석 여자 횡자속 전동기 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.[4]

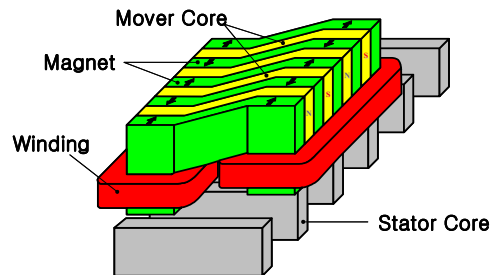
발생 가능한 힘밀도 F_{xd} 는 식 (1)과 같다.[5]

$$F_{xd} = k B_0 \frac{\Theta_a}{2\tau_p} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (1)$$

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

2.2 OHS 적용을 위한 횡자속 선형전동기의 설계

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



〈그림 2〉 OHS 적용 횡자속 선형전동기 형상

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

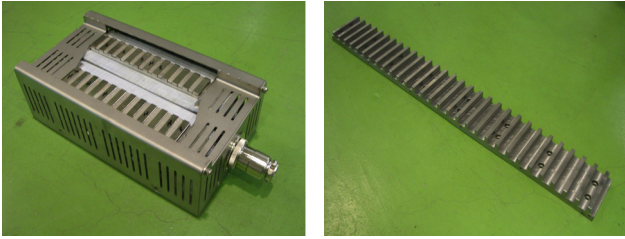
〈표 1〉 직곡선 추진 TFLM 추진 모듈 사양

구 분	사 양	비 고
구 동 부	Direct Driving by TFLM	wheel 사용
속 도	1.0 [m/s]	
최대 속도	1.5 [m/s]	
가 속 도	0.5 [m/s ²]	
공 극	2.0[mm] ~ 4.0[mm]	
회전 반경	750 [mm]	
정지 정도	± 1.0 [mm]	
위치 센서	근접센서 & Rotary Encoder	
이동부 무게	약 400[kg]	Load : 200[kg]
정격기자력	3000[AT]	
전 원	비접촉 전원장치(CPS)	2차측 : DC 300V

2.2.1 횡자속 선형전동기 해석 및 시작품 제작 실험

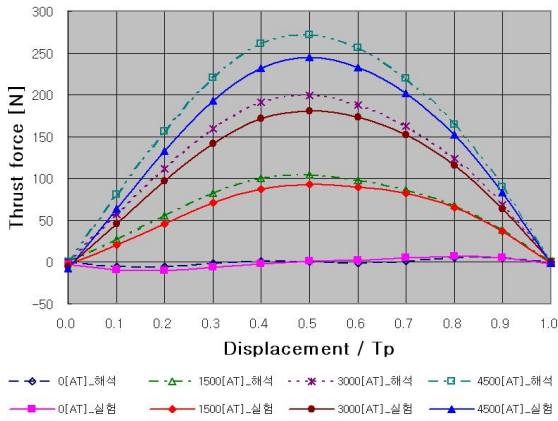
본 연구에서 설계된 횡자속 선형전동기를 3차원 등가 자기 회로방법을 이용하여 정특성 해석을 하였으며, 그림 3과 같이 제작된 모델을 3차원 Load Cell(KISTLER, 3-Component Force Link : type 9368B), Charge Meter(KISTLER, type 5015A)을 이용하여 정추력 실험을 수행

하고, 그 결과를 상호 비교하였다.



〈그림 3〉 횡자속 선형전동기 제작 실물(좌측:이동자, 우측:고정자)

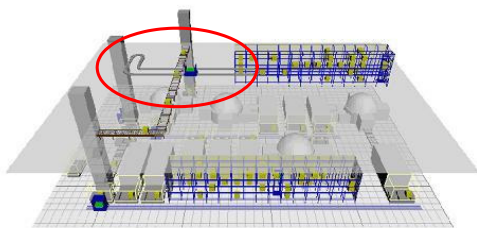
그림 4는 본 연구의 설계 기준 사양 공극 2~4[mm]에서 최대 공극 시 4[mm]일 때 1상의 정추력 특성 결과이다.



〈그림 4〉 횡자속 선형전동기 정추력 특성(공극:4[mm])

그림 4에서 평균 추력 실험 값이 해석 값의 약 90% 이상 나왔으며, 나머지 10%는 제작 시 이동자와 고정자의 일부 치수 오차와 실험 장비 구조물의 누설에 의한 손실로 예측 된다.

횡자속 선형전동기는 그림 4와 같이 τ_p 마다 추력이 0이 된다. 연속적인 추력 발생을 위하여 2상 이상의 다상 구조로 설치되어야 한다. 대차 1대당 그림 3의 이동자가 2상 장착되며, 이송 대차에 90도 만큼 전기적 위상차를 가지고 일정거리 이격되어 설치되는 구조이다.

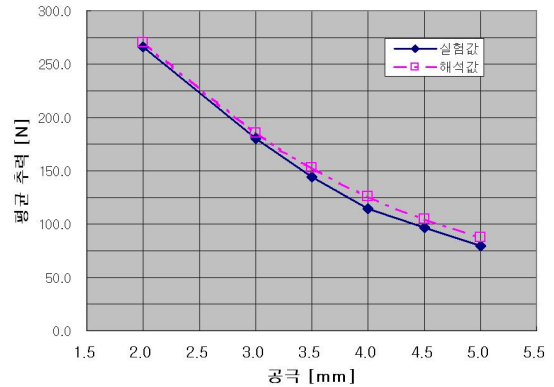


〈그림 5〉 LCD 생산 라인의 물류 이송 시스템

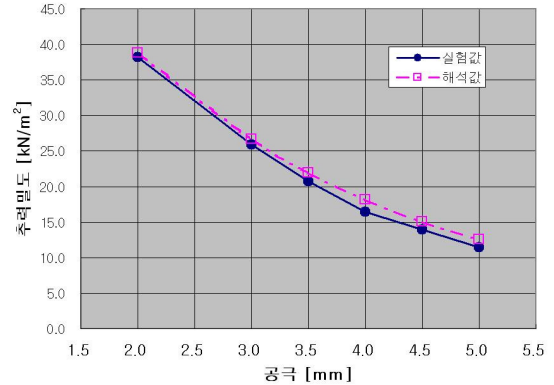
그림 5는 LCD 생산 라인의 물류 이송 시스템이며, 적색 타원으로 표시된 부분이 OHS 시스템이다. OHS 시스템은 이송 거리가 수 백 미터에 이르며, 이송 레일이 직선과 곡선을 모두 가진다[6]. OHS의 주행 방식은 표 1과 같이 횡자속 선형전동기에 의한 직접 구동 방식을 사용하며, wheel에 의해 주행방향 및 공극을 유지한다. wheel에 의해 선형전동기의 공극을 일정하게 유지하기란 매우 어렵다. 따라서 공극의 변화에 따른 추력 특성이 검토 되어져야 하며, 아울러, 곡선부에서 횡자속 선형전동기의 추력 발생 면적이 직선부에서의 추력 발생 면적보다 작기 때문에 곡선부에서는 추력은 줄어들고 상대적으로 흡인력은 커진다. 따라서 설계 시 힘 발생 면적에 대한 이동자의 크기를 고려해야 한다.

본 연구에서는 공극 변화를 표 1과 같이 2~4[mm]로 선정하였으며, 그림 6은 정격 기차력 3000[AT]에서 공극에 따른 횡자속 선형전동기 1상의 정추력 특성을 나타낸 것이다. 그림 7은 힘 발생 면적당 추력이며,

곡선부에서는 힘 발생 면적은 직선부의 1/3 가량 된다. 곡선부 주행 시 충분한 추력을 얻기 위해 이동자와 고정자 사이의 일정한 공극 유지가 매우 중요하다.



〈그림 6〉 횡자속 선형전동기의 공극별 정추력 특성



〈그림 7〉 횡자속 선형전동기의 공극별 추력 밀도 특성

3. 결 론

본 연구에서 OHS 시스템 적용을 위한 횡자속 선형전동기를 설계, 제작하였다. 공극에 따른 추력과 곡선부에서의 발생 추력을 고려하여 설계하였으며, 시제품 제작을 통하여 비교, 검증하였다. 실험 결과, 이동 레일의 직선뿐만 아니라, 곡선부에서도 이송 가능한 충분한 추력이 발생됨을 확인하였고, OHS 시스템과 같은 선형 이송시스템에 대한 적용 가능성을 검증하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 황계호, “디지털 제어를 이용한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터 시스템에 관한 연구”, 영남대학교, 2006.
 [2] Arshad, W.M., Backstrom, T., Sadarangain, C., “Analytical design and analysis procedure for a transverse flux machine”, Electric Machines and Drives Conference, IEMDC 2001. IEEE International, pp.115-121, 2001
 [3] Do Hyun Kang,, “Transversalfussmaschinen mit permanenter Erregung als Linear antriebe im schienengebundenen Verkehr”, Braunschweig University, 1996.
 [4] 강도현, Herbert Weh, “철도 차량용 고회력 횡축형 전동기 설계에 관한 연구”, 대한전기학회 논문지, 제48권, 제6호, B권, pp.301-308, 1999,
 [5] Weh, H. “Permanentmagneterregte Synchronmaschinen hoher Kraftdichte nach dem Transversalfußkonzept”, etzArchiv Bd, 10, H.5, S.143-149, 1988.
 [6] Deok-Je Bang, Henk Polinder, Jan A.Ferreira, and H.G.Kim, “Optimal Design and Control of the Transverse Flux Linear Motor with Curvilinear Stator”, Internaional Conference on Transverse Flux Machines 2006, pp.29-33, 2006.