

OHS 분기 시스템 적용을 위한 선형전동기에 관한 연구

박건우[†] · 윤종보 · 문인호
(주)신성애프에이 기술연구소

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

Gun-Woo Park[†] · Jong-Bo Yun · In-Ho Moon
Shinsung F.A. Co., Ltd. Institute of Technology

Abstract - 본 논문은 LCD 생산라인의 물류 자동화 시스템 중 OHS(Over Head Shuttle)를 분기가 되도록 하여, 이송 효율을 높이고, 이송거리를 단축시키기 위한 선형 이송시스템에 적용이 가능한 영구자석 여자 횡자속 선형 전동기 개발에 관한 내용이다. 3차원 FEM 해석과 정특성 실험을 통해 전동기의 특성을 분석하여, 직선-곡선 레일과 분기 구간에서 이송 가능한 횡자속 선형전동기 추진모듈의 사양을 결정하고 시작품을 설계, 제작하여 OHS 시스템 등의 이송시스템에 적용 가능한지 그 타당성을 검토하였다.

1. 서 론

선형전동기는 자동화산업 응용분야에서 정밀성, 구조의 단순성, 고속성, 비접촉성 등의 장점으로 인하여 서보전동기와 더불어 자동화 시스템의 핵심 구동 장치로 사용된다. 과거에는 직선 스테이지 응용분야에 국한되어 사용되어 왔던 선형전동기는 최근에 반도체 및 LCD 산업의 고속성장과 더불어 물류 이송 효율과 시스템 신뢰성을 높이기 위한 연구결과로 이제는 곡선 스테이지 분야에도 적용이 가능하게 되었다. 이는 물류를 한 지점에서 다른 지점으로 이송시키고자 하는 경우, 곡선구간 이송경로를 포함하여 다수의 이송장치 없이도 하나의 이송장치로 물류 이송이 가능함을 의미한다[1]

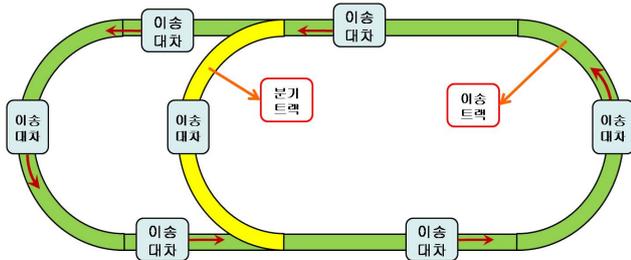
이송시스템은 직선 및 곡선 스테이지 구동뿐만 아니라, 필요에 따라 직선과 곡선 스테이지 동시대응이 요구되는 분기시스템을 통해 물류이송 효율을 극대화할 수 있다. 즉, 다수의 이송대차가 단일 직선 및 곡선 이송트랙을 사용함으로써 물류이송 도중 트랙픽 발생 시 분기구간을 이용한 회피 등이 가능함으로써 이송시스템의 전체 운용을 더욱 유연하게 대처할 수 있다.

본 논문에서는 FPD의 생산 물류 이송 장비 중 OHS(Over Head Shuttle) 시스템의 물류 이송의 효율을 높이기 위해 직선과 곡선 구간뿐만 아니라, 분기구간에도 직선 및 곡선 운행이 가능한 횡자속 선형전동기(TFLM : Transverse Flux Linear Motor)를 3차원 등가 자기 회로망(EMCN : Equivalent Magnetic Circuit Network)법에 의한 해석과 시작품을 제작하여 시뮬레이션과 실제 실험결과를 비교함으로써 그 타당성을 검증하기로 한다.

2. 본 론

2.1 OHS 분기 시스템

OHS 시스템에서 이송대차가 다수인 경우 물류 이송 순서에 따라 갖는 대기 시간과 이송대차의 장거리 이동으로 생산 효율 저하 및 손실이 발생하게 된다. 따라서 전체 OHS 시스템 운용 측면에서 주행 트랙에 분기 구간을 두어 한 지점에서 다른 지점으로 이송 시 상대적으로 분기 구간이 존재하지 않는 시스템에 비해 단거리에 이송이 가능하게 된다.



〈그림 1〉 OHS 분기 시스템 트랙

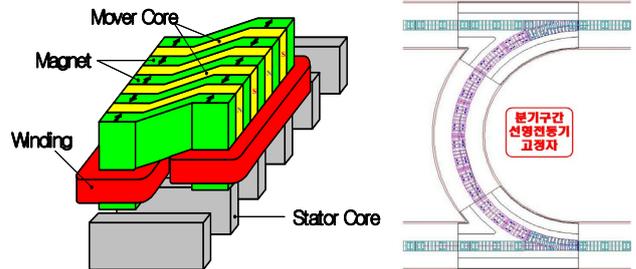
그림 1은 분기적용 트랙과 직선 및 곡선 트랙을 포함하는 OHS 시스템을 보여주고 있다. 본 시스템의 구성은 크게 이송대차와 이송트랙 그리

고 분기트랙으로 구성되어 있다. 물류 이송에 사용되는 주경로는 직-곡선을 주행하는 이송트랙이며,[2] 다수의 이송대차를 물류 순서에 따라 이송대차를 효율적으로 이송시키기 위한 분기트랙을 사용한다. 즉, 이동 방향을 따라 물류 이송 시 선행대차의 정지 작업으로 이송트랙을 지나가지 못하는 경우, 분기트랙을 이용해 선행대차를 앞질러감으로써 물류 이송을 효율적으로 할 수 있다.

이송대차는 분기트랙에서 직선 주행경로 또는 곡선 주행경로를 선택하여 이동 할 수 있다. 따라서 이송대차 구동원으로 적용할 선형전동기는 분기트랙에서 직선 추력과 곡선 추력도 함께 발생시켜야 한다.

2.2 OHS 분기 시스템 적용을 위한 횡자속 선형전동기의 설계

본 연구에서는 가반하중 약 200[kg]을 직선 주행과 곡선 주행 및 분기에서도 주행 가능한 횡자속 선형전동기 추진 모듈의 사양을 결정하고 시작품을 설계, 제작하였다. 그림 2는 본 연구에서 제안하는 분기 적용 횡자속 선형전동기의 형상을 보여주고 있다. 영구자석 여자 횡자속 선형전동기는 그림 2의 좌측과 같이 이동자에 영구자석을 삽입한 형태이다.[3] 영구자석에 의해 공극의 자계가 집중되어 높은 공극 자속밀도를 얻어 추력 밀도를 증가시킬 수 있다[4-6]. 그림 2의 우측은 분기구간에서의 고정자 형상으로 직선 주행과 곡선 주행이 모두 가능하도록 고려하여 설계하였다.



〈그림 2〉 OHS 적용 횡자속 선형전동기 형상

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

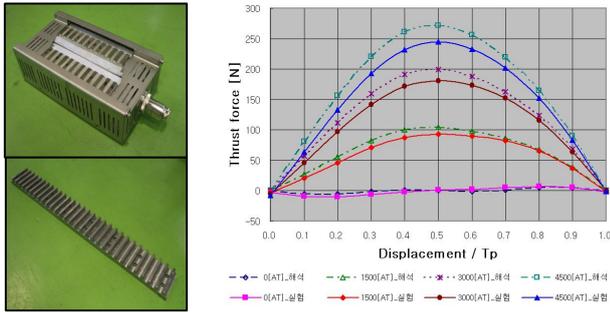
〈표 1〉 직곡선 추진 TFLM 추진 모듈 사양

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] ~ 3.5[mm]	
회전 반경	1000 [mm]	
정지 정도	± 1.0 [mm]	
위치 센서	근접센서 & Rotary Encoder	
이동부 무게	380[kg]	Load : 200[kg]
정격기차력	3000[AT]	
전 원	비접촉 전원 공급 장치(CPS)	2차측 : DC 300V

2.2.1 분기용 횡자속 선형전동기 해석 및 시작품 제작

본 연구에서 설계된 횡자속 선형전동기를 3차원 등가 자기 회로망

을 이용하여 직선 구간에서의 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 수행하고, 그 결과를 상호 비교하였다.

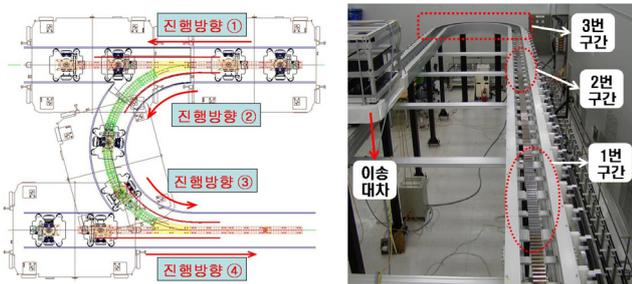


〈그림 3〉 횡자속 선형전동기 시작품과 정추력 특성(공극:4[mm])

그림 3에서 본 연구의 설계 기준 사양 공극 2~4[mm]에서 최대 공극 시 4[mm]일 때 1상의 정추력 특성 결과이다. 평균 추력 실험값이 해석값의 약 90% 이상 나왔으며, 나머지 10%는 제작 시 이동자와 고정자의 일부 치수 오차와 실험 장비 구조물의 누설에 의한 손실로 예측 된다.

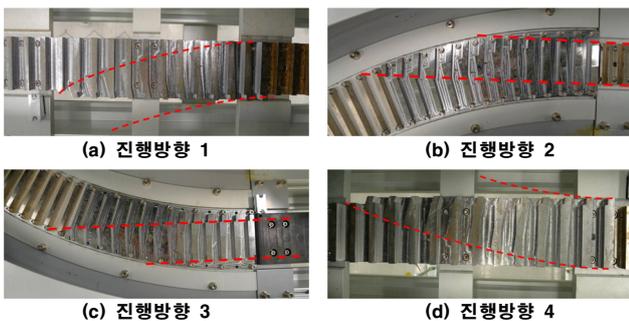
2.3 OHS 분기 시스템 시작품 제작 및 실험

분기용 횡자속 선형전동기의 고정자는 그림 1의 분기 크랙 개념을 이용하여 주행 방향에 따라 4개의 구간을 나누어 제작을 하였다. 그림 4는 시작품 제작을 위한 설계도(좌)와 주행 영역별로 나누어 설치된 시작품 이동트랙(우)을 보여주고 있다. 이송대차의 진행방향에 따라 각각 4개의 구간으로 나누고, 진행 방향에 따라 나누어진 횡자속 선형전동기 고정자를 각각 제작하였다. 진행방향 1, 4는 직선 주행으로 1번, 2번 구간에 각각 설치하였고, 진행방향 2, 3은 곡선 주행으로 3번 구간에 곡선 진입 방향과 진출 방향에 맞게 각각 설치하였다.



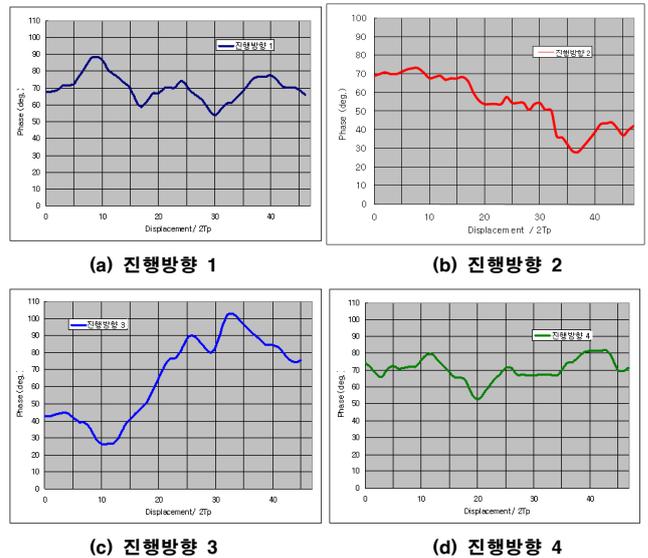
〈그림 4〉 OHS 분기용 선형전동기 고정자 설계와 시작품

그림 5는 그림 4와 같이 이송 트랙에 설치된 진행 방향에 따른 각각의 횡자속 선형전동기의 고정자의 설치 모습을 보여주고 있다. 그림 5의 (a)와 (d)는 직선 주행 방향 고정자가 설치되어 있으며, 곡선 주행 시 추력 발생에 기여하는 고정자와 합쳐서 설계된 것을 볼 수 있다. 이와 반대로 그림 6의 (b)와 (c)는 곡선 주행 방향 고정자가 설치되어 있으며, 직선 주행 시 추력 발생에 기여하는 고정자와 합쳐져서 설계된 것을 볼 수 있다.



〈그림 5〉 분기 구간의 진행방향에 따른 선형전동기 고정자

그림 4의 이송 대차를 보면 1대 대차에 횡자속 선형전동기 이동자가 2상이 존재하면, 직선 구간에서의 이동자 2상간의 위상차는 90도를 항상 이루고 있어야 한다. 그러나, 곡선 진입-진출 시 그리고 곡선 구간에서 이동자와 고정자의 상대적 위치 변화가 이동되어 위상차가 벌어지게 된다. 특히, 분기 구간에는 그림 5와 같이 직선 주행 고정자와 곡선 주행 고정자가 겹치면서 이동자 2상간의 위상차의 변화가 심하게 발생한다.



〈그림 6〉 분기구간에서의 횡자속 선형전동기 2상의 위상차

그림 6은 분기용 횡자속 선형전동기의 2상의 역기전력 실험을 통하여 위상차를 계산한 것이다. 직선구간에서 이동자 2상의 위상차가 90도를 이루어야 하나, 제작 시 가공 오차와 조립 오차 등에 의해 70도를 유지하고 있다. 진행 방향 1, 4는 직선 주행으로 분기구간에서 70도±20도의 위상차를 보이며, 진행 방향 2, 3은 분기구간에서 곡선 진입-진출 주행으로 곡선 완전 진입구간에서는 약40도의 위상차를 이루고 있으며, 약 28도~103도까지의 위상변화를 보이고 있다.

3. 결 론

본 연구에서 OHS 시스템 적용을 위한 횡자속 선형전동기를 설계, 제작하였다. 실제 분기 시스템에 적용하기 앞서 진행방향에 따라 구간별 제작 및 실험을 통하여 그 타당성을 검증하였다. 실험 결과 이동자 2상의 위상차가 직선구간 위상차 기준에서 직선 주행 시 ±20도, 곡선 진입-진출 주행 시 ±40도의 위상 변화 결과를 얻었으며, 이를 바탕으로 실제 운행한 결과 주행에 필요한 충분한 추력 발생이 이루어지고 있음을 확인하였다. 향후에는 실제 분기트랙을 구성하여 제한한 선형전동기의 성능검증을 할 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] 김원근, 윤종보, 박건우, 황계호, “선형전동기를 적용한 LCD 패널 자동반송용 순환케도차량 시스템 개발”, 한국반도체및디스플레이장비학회지, 제7권3호, pp.11-16, 2008.
 [2] 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”, International Conference on Transverse Flux Machines 2006, pp.29-33, 2006.
 [3] 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
 [4] Do Hyun Kang,, “Transversalfussmaschinen mit permanenter Erregung als Linear antriebe im schienengebundenen Verkehr”, Braunschweig University, 1996.
 [5] 강도현, Herbert Weh, “철도 차량용 고회전 횡자속형 전동기 설계에 관한 연구”, 대한전기학회 논문지, 제48권, 제6호, B권, pp.301-308, 1999,
 [6] Weh, H. “Permanentmagneterregte Synchronmaschinen hoher Kraftdichte nach dem Transversalfußkonzept”, etzArchiv Bd, 10, H.5, S.143-149, 1988.