

횡자속형 선형전동기를 이용한 Lift 시스템 개발

김원곤 · 박건우 · 백철준 · 윤종보 · 조인수, *장정환
(주)신성이엔지 기술연구소, *한국전기연구원

Development of the Lift System Driven by the Transverse Flux Linear Motor

†Wongon Kim · Gunwoo Park · Cheoljun Paik · Jongbo Yun · Insoo Cho, *Junghwan Chang
†R&D Division, Shinsung ENG Co. Ltd, *Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - 본 논문에서는 상하방향의 추진력을 필요로 하는 클린룸용 리프트 시스템의 구동원으로 고효율 선형전동기 적용에 관한 연구를 진행하였다. 기존의 리프트 시스템은 회전형 전동기와 부가적인 동력전달장치를 이용하여 동력을 전달하는 간접구동방식으로, 선형전동기를 적용한 직접구동방식에 비해 구조적으로 복잡하며, 클린룸내에서 청정도에 영향을 주는 분진발생이 상대적으로 많아진다. 선형전동기를 리프트 시스템에 적용함으로써 시스템의 컴팩트화, 구동속도 향상, 그리고 신뢰성 향상을 통한 성능개선이 가능하다. 본 연구에서는 실제 제작한 리프트 실험장치를 통하여 선형전동기의 구동성능을 분석하고, 제안한 리프트 시스템의 타당성을 검증한다.

1. 서 론

선형 전동기(Linear Motor, 이하 LM이라 칭함)는 FA, HA, OA 기기 등 각종 자동화 시스템의 핵심 구동장치로 응용개발이 날로 확대되고 있는 추세이다. 이는 LM을 시스템에 적용함으로써 고정밀성, 고속성, 유지보수의 간편성, 구조의 단순성, 비접촉성, 정숙성 등의 여러 장점을 가지기 때문이다[1]. 또한 전동기의 고효율 고효출력을 위해서 전동기 관련 재료의 발전과 전력용 반도체의 개발과 더불어 새로운 설계개념을 도입한 선형전동기가 개발되고 있다.

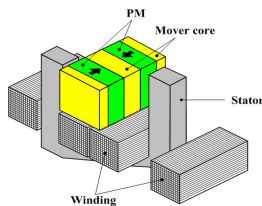
FA 기기 중 상하방향의 추진력을 필요로 하는 리프트 시스템은 회전형 전동기와 부가적인 동력전달장치를 이용한 간접구동방식으로 구동되기 때문에 직접구동방식에 비해 구조적으로 복잡하다.

본 논문에서는 클린룸용 이송장비인 리프트 시스템에 적용이 가능한 영구자석형 횡자속 선형전동기(PM-type Transverse Flux Linear Motor, 이하 TFLM이라 칭함)를 소개하고, 이를 적용한 직접구동방식의 리프트 시스템을 제안한다. 이는 TFLM이 직류기 혹은 교류기 보다 효율이 약 10[%]이상 높으며, 출력비는 일반 유도기에 비해 3배 이상 증가될 수 있기 때문이다[2]. 본 연구에서는 이러한 장점을 가진 TFLM 적용 리프트 시스템의 구동성능을 분석하고, 시스템의 타당성을 검증하고자 한다.

2. 본 론

2.1 리프트 시스템 적용 선형전동기

그림 1은 리프트 구동용으로 제작된 TFLM 시작품의 형상을 보여주고 있고, 표 1은 이에 대한 세부 설계사양을 나타낸다. 그림 1에 도시된 TFLM 이동자는 고정자와 좌우 공극이 1.5[mm]가 되도록 리니어 가이드(LM guide)를 사용하여 리프트 이송대에 고정되어 설치된다. TFLM 극간격(τ_p)은 20[mm]로, τ_p 를 기준으로 전류의 부호를 반대로 인가해 주어야 일정 방향으로 추진력을 발생시킬 수 있다[3]. 정격전류(11.1[A])가 각 상에 인가되어질 때 발생하는 2상 합성추력은 약 1000[N]급으로, 가반하중 100[Kg]에 대하여 가속도 1[g]의 힘을 발생시킬 수 있도록 설계되었다.



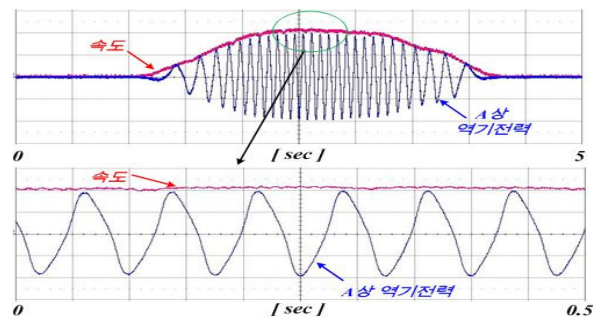
〈그림 1〉 리프트용 TFLM 시작품 형상

〈표 1〉 TFLM 시작품 설계 사양

항 목	구 분/기 호	치 수/사 양
전동기 정격	기자력	3000 [AT]
	추력(2상)	1000 [N]
	전류	11.1 [A]
공극	δ	1.5 [mm]
권선	재질	Copper(1[mm]×3[mm])
	권선 수	135×2 turns
	폭	15 [mm]
영구 자석	높이	30 [mm]
	재질	NdFeB ($B_r = 1.2[T]$, $\mu_r = 1.05$)
고정자	두께	10 [mm]
	재질	SM-490A
	극간격(τ_p)	20 [mm]
	치두께	14 [mm]
이동자	폭	20 [mm]
	재질	SM-490A
	폭	10 [mm]

2.2 선형전동기 출력 특성

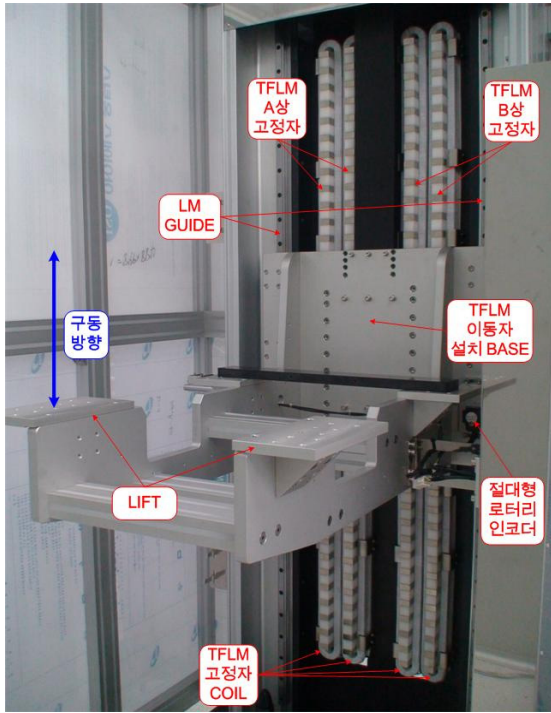
그림 2는 리프트에 설치된 TFLM A상의 속도별 역기전력 특성 실험결과를 보여주고 있다. 그림 2를 통하여 이동속도가 각각 0.1[m/sec], 0.2[m/sec]일 때 약 10[V-peak], 20[V-peak]의 역기전력이 유기됨을 알 수 있다. 또한 역기전력은 영구자석에 의한 비선형 특성이 나타남을 확인할 수 있다.



속도 : 0.1[m/sec]/div, 역기전력 : 10[V]/div
〈그림 2〉 속도 별 TFLM 역기전력 출력 특성

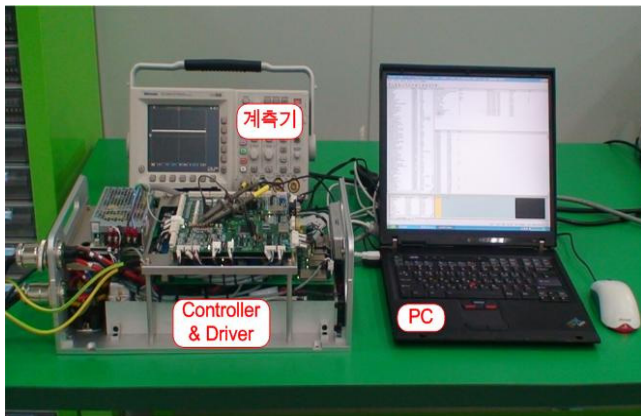
2.3 실험

그림 3은 본 연구를 위해 실제 제작된 리프트의 설치외관을 보여주고 있다. 그림 3에서 알 수 있듯이 TFLM 이동자 A상과 B상은 리프트 설치 base에 고정되고, 리프트는 리니어 가이드를 이용하여 설치되어 TFLM A상과 B상의 공극이 유지된다. 리프트 시스템의 이송거리는 설치된 고정자 거리에 의한 제약을 받아 약 1000[mm]이며, TFLM 위치검출용 인코더는 절대 위치제어를 위하여 rack-pinion 형태의 절대형 로터리 인코더를 사용한다. 또한, 리프트 장치가 구동중에 공급되는 추진원이 차단될 때 리프트의 자유낙하를 방지 및 TFLM으로 추력 발생에 필요한 최소 전류를 인가를 위하여 무부하 시 리프트 하중 만큼의 카운트 weight를 설치하였다.



〈그림 3〉 리프트 설치 외관

그림 4는 리프트 시스템을 구동하기 위한 실험 장치를 보여주고 있다. TFLM을 구동하기 위한 제어기는 TI사의 F2812 코어를 사용하여 제작하였으며, 전력변환장치는 자체 보호기능을 내장한 IPM을 이용하여 TFLM 각 상의 PWM 독립전압제어가 가능한 풀브리지 topology로 설계 및 제작을 하였다. PWM 스위칭시 전력소자의 스위칭 손실을 최소화하기 위한 ON/OFF 방식 PWM 방식을 사용하고 10[KHz]로 전류제어를 수행한다[1].

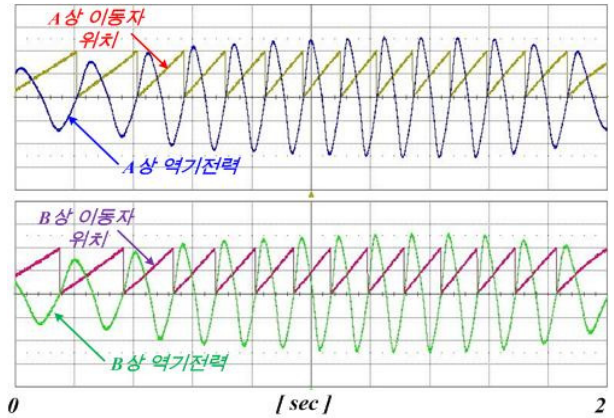


〈그림 4〉 리프트 제어시스템 실험 전경

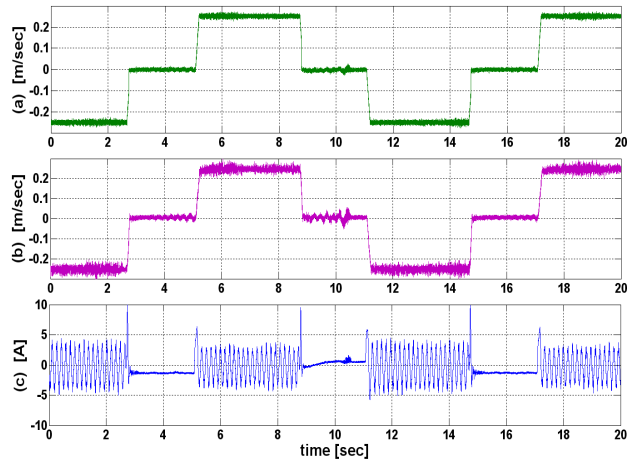
그림 5는 rack-pinion 절대형 로터리 인코더를 이용하여 리프트용 TFLM 이동자 A상과 B상에 대한 위치검출 특성 실험결과를 보여주고 있다. 그림 5에서 보듯이 각상의 위치검출은 역기전력 위상과 비교하여 정확히 검출되고 있음을 알 수 있고, A상과 B상의 위상관계는 전기각으로 B상이 A상에 대하여 90도(기계각 : 10[mm]) 위상이 앞서는 것을 알 수 있다.

그림 6은 리프트 구동 시 특성 실험결과를 도시하고 있다. 실험을 위해 리프트의 위치지령은 stroke 1000[mm]에 대하여 반복 주행을 하였으며, 하중은 카운트 weight 전제하중 50[Kg]에서 리프트 하중 40[Kg]를 뺀 10[Kg]가 부하로 작용한다. 또한, 속도지령은 최대 0.25[m/sec], 가속도 지령은 2[g]로 실험을 수행하였다. 그림 6에서 보듯이 속도는 전 구간에서 지령치를 잘 추종하고 있으며, 하중에 의한 영향으로 역방향으로 구동(down)하는 경우가 정방향으로 구동(up)하는 경우보다 TFLM에 인가되는 전류량이 증가됨을 알 수 있다.

표 2는 리프트 시스템의 최종 실험사항과 결과를 보인다. 표 2에서 보듯이 주전원 공급 장치는 상용전원인 3상 220[Vac]를 사용한다. 위치제어 정밀도는 절대형 로터리 인코더에 의한 0.05[mm]이다.



이동자 위치 : 20[mm]/div, 역기전력 : 10[V]/div
 〈그림 5〉 리프트용 TFLM 이동자 위치검출 특성



(a) 속도지령 (b) 속도 (c) A상 전류
 〈그림 6〉 리프트용 TFLM 속도 및 전류 제어특성

〈표 2〉 리프트 시스템 실험사항 및 결과

항 목	사 양
구동원	P.M-type TFLM
주전원 장치	220[Vac] (3상)
주행 속도	0.25[m/sec]
추 력	200[N] (설계사양 : 1000[N])
제어 방식	위치 제어 (위치정밀도 : 0.05[mm])
위치 검출	17-bit 절대형 로터리 인코더
하 중	Lift 40[Kg] (카운트 weight : 50[Kg])

3. 결 론

본 논문에서는 클린룸내의 이송시스템인 리프트 시스템에 상하방향으로 추력 발생이 가능한 횡자속형 선형전동기를 적용한 연구를 수행하였다. 실험 결과를 통하여 알 수 있듯이 리프트 시스템의 구동 성능은 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 실제 상용화 리프트 시스템에 본 연구결과를 적용하기 위해서는 시스템 신뢰성 확보가 중요하기 때문에, 구동 중 전원차단에 의한 리프트의 자유낙하를 방지할 수 있는 추가적인 기구 또는 전기 장치에 대한 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김원근 외 5명, "곡선구간에 운행 가능한 선형전동기 제어에 관한 연구," 대한전기학회 하계학술대회 논문집(B), 1063-1064, 2006.
- [2] 고효율 고풍력 횡축형 영구자석여자 전동기 개발. 산업자원부. 최종보고서 2000.
- [3] J. H. Chang, D. H. Kang, J. Y. Lee, and J. P. Hong, "Development of Transverse Flux Linear Motor With Permanent-Magnet Excitation for Direct Drive Application", IEEE Transactions on Magnetics, pp.1-4, 2005.