

형방향자속 선형동기전동기의 특성해석

윤선기*, 조윤희
 동아대학교 전기공학과

Characteristics Analysis of Transverse Flux Linear Synchronous Motor

Sun-Ky Youn, Yun-Hyun Cho
 Dept. of Electrical Engineering, Dong-A Univ

Abstract - This paper is presented about the development of magnetic levitation conveyor with a transverse flux linear synchronous motor (TFLSM). The TFLSM is proposed as the new type linear motor for the conveyor driving system.

The flux density distribution, the thrust and etc. of TFLSM are analyzed by the finite element method. To analyze the dynamic characteristics of TFLSM, the parameter of equivalent circuit is calculated by the analytical method.

1. 서 론

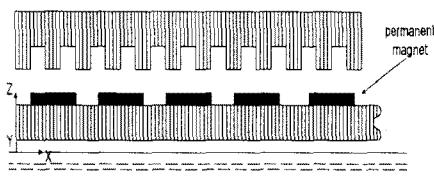
21세기의 미래지향적인 반도체산업 공정 자동화 시스템은 저소음, 고속성, 쾌적성, 경제성 등을 요구한다. 이에 공정자동화의 반송시스템으로 직선 왕복운동이 가능한 선형전동기를 구동장치로 한 자기부상 반송시스템의 개발은 이들의 요구를 충족시킬 수 있으므로 가장 적합한 반송수단으로 여겨지고 있다.

자기부상열차의 추진 시스템으로는 선형유도전동기(LIM)와 선형동기전동기(LSM)가 주종을 이루고 있는데 LIM은 구조가 간단하고 제어가 용이한 반면 입구단과 출구단에서 단부효과 때문에 속도의 한계가 있고 2차 도체판에 와전류가 유도되고, Back iron에 철손과 와전류손 때문에 효율과 역률이 낮다. 이에 반해 LSM의 구조는 회전형 동기전동기와 마찬가지로 계자와 전기자로 구성되어 있으며 이를 펼친 형태이므로 LIM에 비해 구조가 복잡하고 운행제어가 어려운 반면 계자와 전기자의 구성방법에 따라 역률, 효율을 LIM보다 높게 할 수 있고 초고속 운전이 가능하므로 대용량 고속의 도시수송의 구동장치로 각광을 받고 있다.

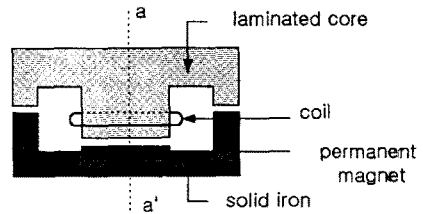
본 논문에서는 횡자속 선형동기전동기에 대한 자기력특성을 고찰하기 위하여 3차원 유한요소법을 적용하여 해석 하였다.

2. 이론적 해석 및 실험결과

2.1 TFLSM의 구조 및 특성식



(a) 정면도 (a-a')



(b) 측면도
 그림 1. TFLSM의 기본구조

2.1.1 등가회로 정수 및 특성식

d-q 좌표계에서의 LSM의 특성해석을 하기 위한 기본특성식은 식(1), (2)와 같다.

$$\frac{d}{dt} i_d = -\frac{R}{L_d} i_d + \omega \frac{L_q}{L_d} i_q + \frac{V_d}{L_d} \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} i_q = -\omega \frac{L_d}{L_q} i_d - \frac{R}{L_q} i_q - \frac{\omega}{L_q} \Phi_a + \frac{V_q}{L_q} \quad (2)$$

여기서, i_d, i_q : d, q축의 전기자 전류,

V_d, V_q : d, q축의 단자전압,

$$\Phi_a : \sqrt{\frac{3}{2}} \Phi_f,$$

Φ_f : 각 상당 영구자석의 최대 쇄교자속,

R : 전기자 저항, ω : 각속도($\frac{\pi v}{\tau}$)

LSM의 추력은 식(3)으로 구할 수 있다.

$$F = \frac{\pi}{\tau} \Phi_a i_q + (L_d - L_q) i_d \times i_q \quad (3)$$

매개변수 L_d, L_q 및 Φ_a 는 유한 요소법을 이용하여 구할 수 있으며, 자기 인덕턴스(self inductance)는 식(4)와 같이 계산한다.

$$L_a = \frac{\int A_y \cdot J_y ds}{0.5 I^2} = \frac{\int \int H \cdot dB ds}{0.5 I^2} \quad [H] \quad (4)$$

여기서, $L_a = L_b + L_{mq} = L_d,$

(L_b : 누설 인덕턴스, L_{mq} : q축 상호 인덕턴스)

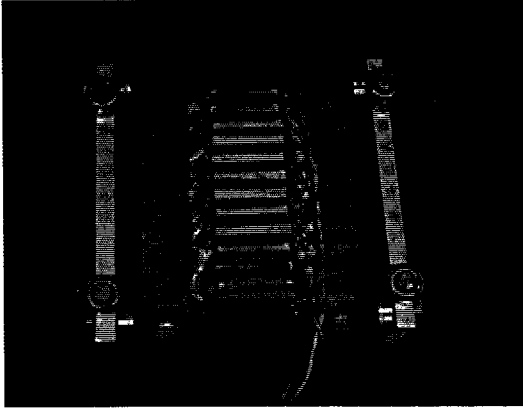
$$L_a = L_b + L_{md} = L_d$$

(L_b : 누설 인덕턴스, L_{md} : d축 상호 인덕턴스)

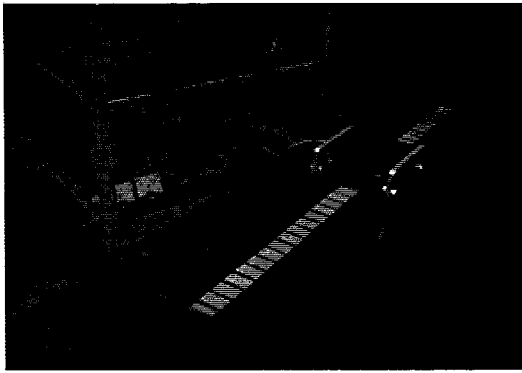
식(4)로부터 $L_q = L_d = 3.02 [mH]$ 를 얻을 수 있다.

2.2 TFLSM의 특성해석

그림 2는 제작된 TFLSM의 이동자와 실험장치를 나타내었다.



(a)이동자



(b)TFLSM의 실험장치
그림 2. TFLSM의 이동자와 실험장치

표 1에 특성식과 유한요소법으로 구한 회로정수를 나타내었다.

표 1. 회로정수

L_d	3.02(mH)
L_a	3.02(mH)
Φ_f	8.53(wb)
v	1.5(m/s)
R	6.6(Ω)
Φ_a	10.45(wb)

표 2에 본 연구에 사용된 정격전압 100(V), 정격전류 5(A)의 TFLSM의 제원을 나타내었다.

그림 3은 TFLSM의 영구자석의 정확한 특성을 고찰하기 위하여 X-Y Table구조의 2차원 실험장치를 구성하여 회로류 영구자석의 표면의 착자현상을 분석하였다.

표 2. LSM의 제원

1차축	폭	120mm	영구자석	폭	20mm
	길이	125mm		길이	40mm
	높이	57mm		높이	10mm
	슬롯폭	6mm	공극길이	3mm	
	슬롯깊이	30mm	턴수	120	
	슬롯수	12	코일지름	0.5mm	
	치폭	4mm	매극대상 당 슬롯수	1	
	치깊이	30mm	극수	4	

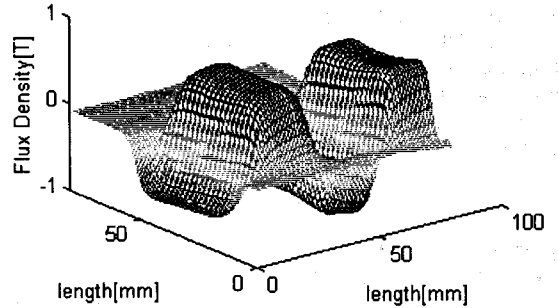


그림 3. 영구자석의 자속밀도 분포

그림 4는 TFLSM의 자속밀도 분포도를 나타낸다.

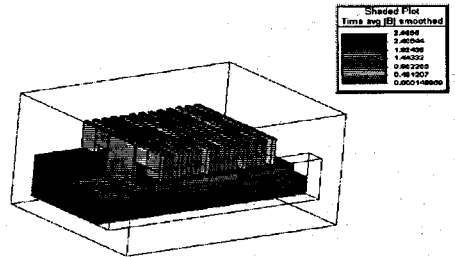


그림 4. TFLSM의 자속밀도 분포도

그림 5의 속도-추력 곡선에서 정격전압100(V), 정격전류 5(A)일 때의 추력이 510(N)이 됨을 알 수 있다.

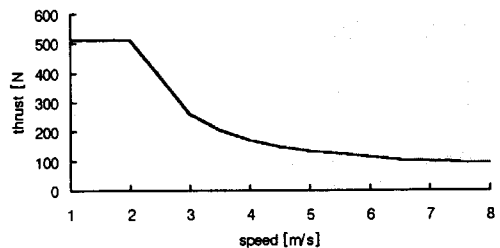


그림 5. 속도-추력 곡선

3. 결 론

본 연구에서 반도체 공정의 clean room내에 자기부상식 반송시스템의 추진장치로서 사용가능한 새로운 형태의 횡자속형 선형동기전동기의 동작 원리 구명과 시제품 제작을 통하여 특성을 분석함으로써 응용의 가능성을 연구하였다.

이를 위한 기초 연구로 전동기의 등가회로 정수 산정과 상태방정식의 매개변수를 수치해석인 방법인 유한요소법을 이용하여 구하는 방법을 연구하였다.

앞으로 TFLSM에 대한 좀 더 구체적인 특성 분석과 운전특성 고찰을 위한 연구가 이루어져야 한다고 생각되어진다.

(참 고 문 헌)

- [1]J.F.Gieras, "Linear Induction Drives", Oxford Univ.Press,1994
- [2]Syed A. Nasar, "Linear electric motor : Theory, Design,and Practical Applications", Prentice-Hall, Inc,1987
- [3]Boon-Teck Ooi,"Homopolar Linear Synchronous Motor Dynamic Equivalents",IEEE Transactions on Magnetics Vol,MAG-13,No.5,September 1977, pp1424-1426