

센서리스 벡터 제어를 위한 과도 FEM & 실험을 이용한 선형 유도 전동기의 On-line 관측기시스템의 설계

전명진*, 이병두*, 이중호*
국립 한밭대학교*

The Evaluation of On-line Observer System of Linear Induction Motor Using a Transient FEM & Experiment for Sensorless Vector Control

Myung Jin Jun*, Byeong Du Lee*, Jung Ho Lee*
Hanbat National University*

Abstract - This study deals with the dynamic characteristics analysis of Linear Induction Motor (LIM) using finite element method in which the moving mesh technique is considered. The focus of this paper is to show the appropriate of on-line observer system for position sensorless control of a LIM under the phase asymmetry, saturation and iron loss.

Comparisons are given with angle of the observer and that of proposed FEA method of linear induction motor, respectively. The position sensorless control system is realized, and the effective of the observer system is verified by experimental results.

1. 서 론

벡터 제어 선형 유도 전동기는 다양한 사업 분야에서 가변 속도 제어 시스템으로 널리 사용 되어 왔다.

LIM은 모터구조상 각 상의 상수들이 다르므로 회전기 이론에 의한 LIM의 정확한 벡터 제어가 어렵다. 특히, 정확한 변환각은 간접 연산 벡터제어로 계산할 수 없다.

LIM 서보 시스템의 제어는 일반적으로 위치를 알아야 하므로, 위치 센서는 모터에 부착 되어 있다.

그러나 위치 센서는 비용, 신뢰성, 부착물 공간 및 케이블의 합선과 같은 몇 가지 문제가 있다. 이러한 이유로 위치 센서 컨트롤 바람게 되었고, 여러 기관에서 연구를 하게 되었다.

여러 매개 변수를 식별하는 방법이 제안되었다. 특히 새롭고 좋은 온라인 매개 변수 식별 시스템을 제안했다.

물론, 사전에 모터 매개 변수의 복잡한 측정이 불필요하다. 게다가, 제한된 시스템은 수학적 모델에 포함되어 있는 위치와 속도 조건을 취소 후, 식별 매개 변수는 위치 추정 오류에 의해 영향을 받지 않는다.

그러나 운전 상태 일 경우는 로드, 철손, 고조파의 PWM 등, 이러한 등가 회로 모델의 방법으로 정확하게 측정할 수 없는 내적 LIM의 물리적 특성에 의해 변화했다.

그리고 이 식별 시스템의 성능 향상이 제한된다. 다행히도, 전압 방정식 모델링과 달리 유한 요소법(FEM)의 이점은 주로 LIM내에서 복잡한 내부 구조를 모델로 자신의 능력과 능력의 정확성 높은 정도에 자기 포화를 모델로 하고 있다.

이 논문에서 LIM에 대한 과도 유한 요소 해석이 제시되었고, 센서 벡터 제어 매개 변수 추정은 효과와 위상 비대칭성, 포화 및 철손하에 수행되었다.

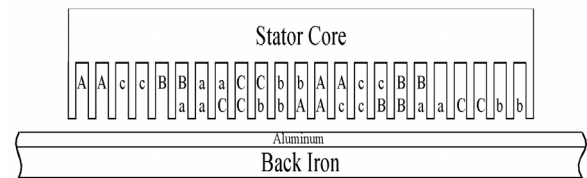
동특성 해석법을 제안하기 위해 움직이는 메쉬 기술이 사용되었고, 벡터 제어알고리즘이 분석 툴과 함께 결합되었다.

관찰자의 각도와 선형 유도 전동기에 제안된 FEM의 각각의 각도에 서 비교 하였다.

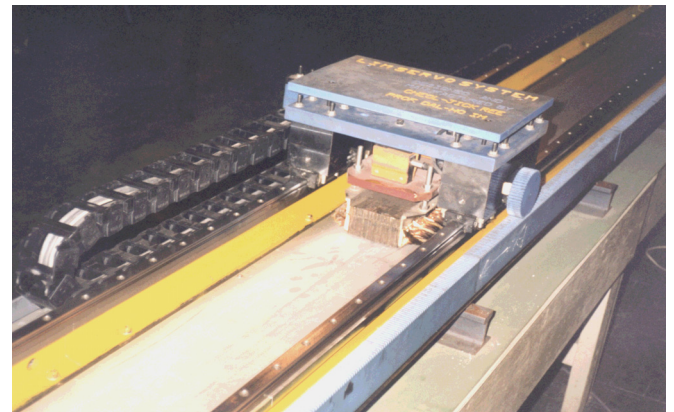
2. 본 론

2.1 해석 모델

그림 1은 LIM의 2차원 모델이고, 그림 2는 LIM 서보 시스템의 원형을 보여준다.



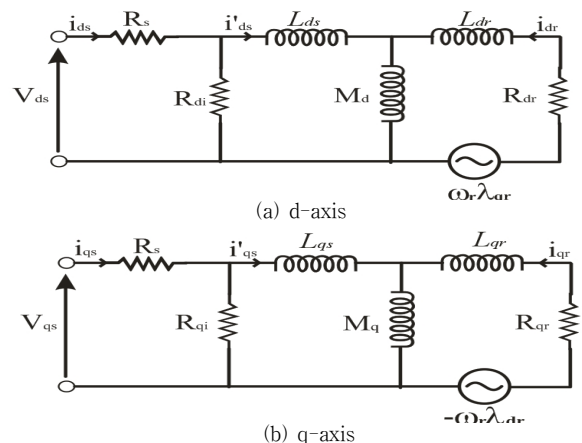
<그림 1> LIM의 해석 모델



<그림 2> LIM 서보 시스템의 원형

2.2 LIM의 수학적 모델

LIM은 모터구조상 각 상의 상수들이 다르므로 회전기 이론에 의한 LIM의 정확한 벡터 제어가 어렵다. 특히, 정확한 변환각은 간접 연산 벡터제어로 계산할 수 없다. 비대칭 상의 d-q회로 상수가 즉, 자성 도체판이 LIM으로부터 제거됨에 상응하는 부하 테스트 및 회로 방정식 구축 시험을 통해 계산되어진다. 그림 3은 LIM의 비대칭 d-q의 등가 회로이다.



<그림 3> 비대칭 d-q 등가 회로

이 섹션에서는 센서 제어를 위한 수학적 모델로 사용된 그림 3에서 LIM 회로 방정식은 좌표를 두 가지 종류에 대해 설명: γ - δ 회전 좌표와 d - q 축 좌표.

d - q 축 좌표에서 LIM에 회로 방정식은 식 (1)과 같다.

$$\begin{bmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + k_d PL_{ds} & 0 & k_d PM_d & 0 \\ 0 & R_s + Pk_q L_{qs} & 0 & k_q PM_q \\ PM_d & \omega_{ye} M_q & R_{d\gamma} + PL_\gamma & \omega_{ye} L_{q\gamma} \\ -\omega_{ye} M_d & PM_q & -\omega_{ye} L_{d\gamma} & R_{q2} + PL_{q\gamma} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i'_{ds} \\ i'_{qs} \\ i_{d\gamma} \\ i_{q\gamma} \end{bmatrix} \quad (1)$$

변형 식(1)은 이산 상태 방정식이다.

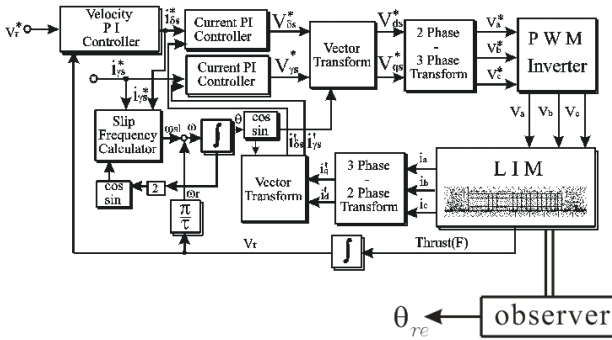
추정 시스템의 샘플링 시간 ΔT 를 나타내어 파생된 것이다. 이 이산 상태 방정식은 정지상태에서 사용된다. 모터 매개 변수와 위치 정보를 포함하는 매개 변수 매트릭스는 정의 된다.

매개 변수 행렬을 확인 위해서 회기최소자승법이 사용됐고, 매개 변수 행렬이 반복적으로 식별 되었다.

마지막으로 식별된 매개 변수 행렬로부터 회전자 위치 θ_{rc} 를 예상 할 수 있다.

2.3 LIM의 분석 알고리즘

그림 4는 시스템의 블록 선도를 보여준다. 비대칭 슬립각 계산 알고리즘은 FEM의 자속각과 비교하기 위해 제어기에 적용되어졌다[3]. 회전하는 교류 기계의 일반적인 이론은 회전 좌표 축으로 변환하기 위해 LIM에 적용된다. LIM의 비대칭 상의 상수들 때문에 회전하는 좌표축을 변환하는데 있어서 상충되는 조건들이 없으므로 변환된 전압공식은 복잡하다. 논문에서 제안된 해석 기법은 샘플링 타임을 10 [μ sec]로 사용하였으며, 벡터 제어기에서 스텝속도 지령 [2m/sec]을 적용하였다. 추력 지령전류는 i_{ds}^* 이고 자화 지령전류는 i_{qs}^* 이다.



〈그림 4〉 LIM의 분석 알고리즘

동특성 해석에서 LIM의 속도는 다음 방정식에 의해 계산된다.

$$V_r = \int (F_x - F_l) / m \cdot dt \quad (2)$$

$$\omega_r = (\pi / \tau) \cdot V_r \quad (3)$$

$$\theta = \int (\omega_r + \omega_{sl}) \cdot dt \quad (4)$$

여기서 V_r , ω_r , ω_{sl} 은 각각 속도, 각속도, 슬립 각속도 이고 F_x , F_l 은 추력과 부하추력이며 τ 는 극 간격이다. 유한요소법에 의해 계산된 자속각은 다음과 같이 나타낸다.

$$\theta = \tan^{-1}(\lambda_{qs} / \lambda_{ds}) \quad (5)$$

3. 결 론

제안된 분석 방법의 예의를 증명하기 위해 실험 장치가 탑재되어 설치 되었다. 본 연구에서는 모터 포화 및 손실 등 파라미터 변동에 무관한 온라인 파라미터 관측시스템을 수학적 모델로부터 구현하였다.

향후 과제로서는 부하변동에 따른 양호한 응답특성을 가질 수 있도록 시스템 안정성에 관한 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] S.Ichikawa, M.Tomita, S.Doki, and S.Okuma, "low speed Sensorless Control and Initial Position Estimation of

Synchronous Motors based on system Identification Theory" *The 30th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp.975-980, Nov.2-6, 2004, Busan, Korea.

[2] K.Kawai, M.Tomita, S.Ichikawa, S.Doki and S.Okuma. "Sensorless Controls of Synchronous Motors based on an Extended EMF Model and Initial Position Estimation". Vol.122-D, No.12, pp.2150-2155, 2003, (in Japanese).

[3] J. H. Lee, D. S. Hyun, "Dynamic Characteristic Analysis of LiM Using Coupled FEM & Control algorithm," *IEEE Trans. on Magnetics*, Vol. 36, No. 7, pp 1876-1879, July 2000.

[4] H.Sugimoto and M.tomoe, "A vector control method of a linear induction motor with asymmetrical constants and its performance characteristics," *Trans. on IEE Japan*, vol. 114-D, No. 1, pp. 17-23, 1994.