

3차원 유한요소법에 의한 2상 8극 HB형 LPM의 가동자의 자속분포 해석

이동주*, 이은웅*, 김성현**, 김성중*
충남대학교*, 천안공업대학교**

Analysis of Flux Distribution in 2 Phase 8 Pole HB type LPM by 3D FEM

Dong-Ju Lee*, Eun-Woong Lee*, Sung-Hun Kim**, Sung-Jong Kim*
Chungnam National University*, Chunan Technical College*

Abstract - 2 phase 8 pole HB type LPM(linear pulse motor) has the suitable structure for it's microstep drive. Hence, if this LPM will be driven by this method, the limited(mechanically) step resolution can be increased further and vibration and noise can be decreased considerably.

But, It is difficult that this LPM was analyzed in detail because of it's complex magnetic circuits to be composed the LF(longitudinal flux) and TF(transverse flux.) path.

If LPM was analyzed by the approximate 2D model, we could not be obtained satisfactory result. Therefore, It is necessary to be analyzed the 3D model in detail for the more satisfactory results.

In this paper, we obtain 3D flux distribution of the mover using by 3D FEM(finite element method)

1. 서 론

하이브리드형 리니어 펄스 모터(LPM:Linear Pulse Motor)는 마이크로 스텝 구동(microstep drive)에 의해서 기계적인 위치정밀도를 극복할 수 있으며 저속영역에서의 진동 및 소음을 현저히 감소시킬 수 있어 고정밀도를 요구하는 응용분야에 적합하다. 그래서 본 연구실에서는 이러한 응용분야에 적합하도록 2상 8극 하이브리드형 LPM을 설계·제작하여 많은 연구를 진행하여 왔다. [1]

하지만 지금까지는 횡방향(longitudinal) 자로와 종방향(transverse) 자로의 합성에 의해서 구성되는 주 자로의 분포를 단지 간소화된 2차원 등가모델를 이용하여 해석하여 왔다. 그리고 구동특성에 지배적인 영향을 주는 정추력 곡선에 관한 많은 해석이 이루어졌으며 위치정밀도에 영향을 주는 여러 요인에 관해 언급한 바가 있다. [2][3] 하지만 본 시작기는 주 자로의 분포가 3차원적인 분포를 하므로 위치오차를 유발시키는 여러 원인중 기계적인 원인(극간 오차/불균형 등)을 고려한 보다 상세한 해석을 위해서는 3차원 모델을 이용한 해석이 필수적이다. 그래서 본 연구에서는 시작기 LPM을 3차원 유한요소해석을 통하여 가동자의 자속분포를 개략적으로 검토하고 해석방법을 정립하여 보다 고 분해능의 LPM을 설계시, 기초자료로서 이용하고자 한다.

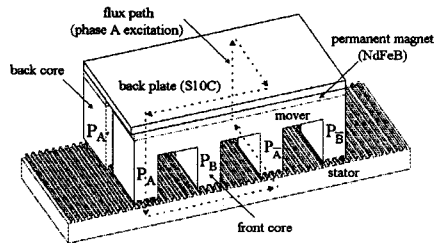
2. 2상8극 HB형 LPM의 여자 특성과 자료

2.1 LFM형과 TFM형 여자 방식 비교 선택

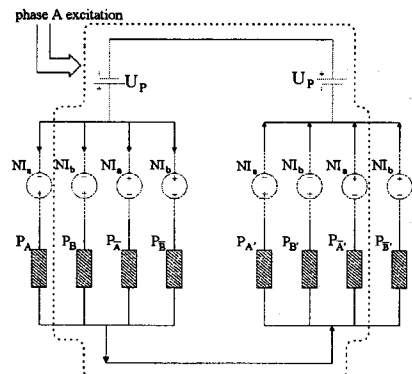
일반적으로, TFM형 LPM은 1상 여자시나 2상 여자시 LFM형보다 발생추력이 크며 또한 TFM형은 LFM형에 비해 동추력 특성 곡선상의 저속영역에서의 함몰(dips)되는 부분이 적어 구동시 소음/진동이 적은 특징을 가지고 있다.

그러나 정전류 1상 여자시에는 LFM형 LPM이 위치결정오차가 적으나 정전류 2상 여자시에는 TFM형 LPM이 보다 우수한 위치정밀도를 갖는다. 따라서 정전류 2상 여자방식이 마이크로스텝 구동의 기초가 되는 여자방식이므로 TFM형 LPM이 2상 여자나 마이크로스텝 구동에 적합하다. [4]

2.2 2상 8극 HB형 LPM



(a) Structure



(b) Magnetic equivalent circuit

Fig. 1. 2 Phase 8 Pole HB type Linear Pulse Motor

본 연구실에서 제작된 2상 8극 HB형 LPM 시작기는 위치정밀도를 향상시키고 제작시의 기계적인 오차를 줄이고자 가동자의 앞쪽 철심(front core)과 뒷쪽 철심(rear core)으로 두 개의 2상 4극 LPM을 z축 방향으로 1/2 치 피치만큼 어긋나게 겹쳐놓은 구조이고 A, A', \bar{A} , \bar{A}' 극에는 A상 권선이 직렬로 감겨져있고 B, B', \bar{B} , \bar{B}' 극에는 B상 권선이 직렬로 감겨 있어 바이폴라 2상 모터로 구동되며 그 구조와 자기동기회로는 그림 1과 같은 1상 여자시와 2상 여자시의 전류파형은 그림 2와 같다.

그림 1과 같은 구조를 하고 있는 2상 8극 하이브리드형 LPM은 A상 권선만을 여자시(1상 여자 : 그림 2(a)의 mode 1), A'극과 \bar{A} 극은 권선 기저력의 방향과 영구자석의 기저력의 방향이 반대로 되기 때문에 서로 상쇄되고, 자로는 A극과 \bar{A} 극을 통해서 구성되어 자로의 분포가 그림 1(a)에서 점선 화살표로 나타낸 것과 같은 3차원적인 분포를 하게 된다.

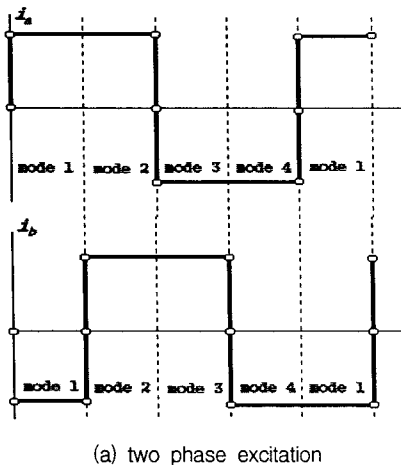
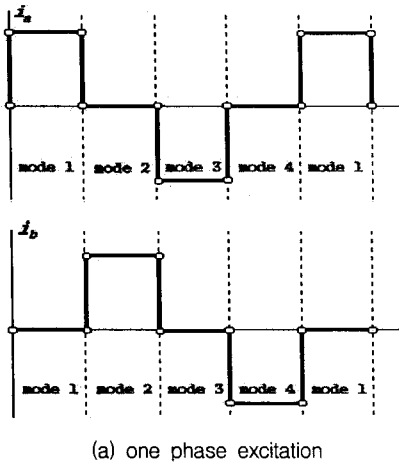


Fig. 2 Current waveform when bipolar constant current driving

3. 3차원 유한 요소 해석

3.1 유한 요소 모델

그림 1과 같은 구조를 하고 있는 2상 8극 HB형 LPM은 그림 2와 같은 여자방식에 따라 그 성능 및 특성이 다르게 된다. 즉 그림 2의 (a), (b)의 각 구간 mode 1에서 mode 4까지의 모든 여자상태를 해석하는 것이 필요하다. 하지만 본 논문에서는 개략적인 해석을 위해서 그림 2.(a)의 mode 1(A상 권선만을 여자시)에 대해서만 해석하기로 한다.

이를 위해서 그림 3과 같은 A상 권선만을 포함하고 있는 LPM을 가지고 유한요소해석을 하였다. 이때 가동자와 고정자는 상대 투사율은 10^4 인 선형적인 재질을 입력하고 계철부분은 상대 투사율이 10^3 인 선형적인 재질을 입력하였다.

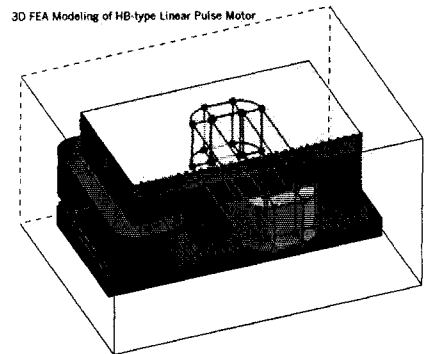


Fig. 3 3D Model for analysis

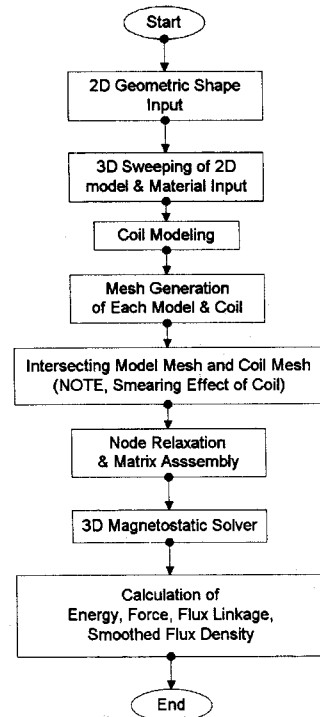


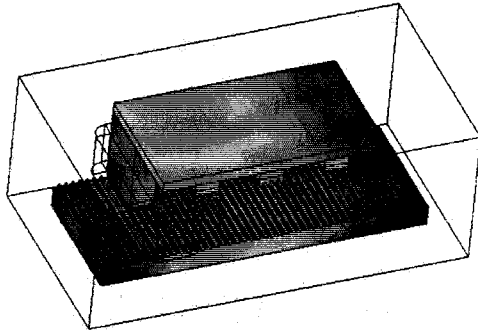
Fig. 4 Flow chart of 3D finite element analysis

그림 3과 같은 모델을 가지고 유한요소해석을 통한 자속분포를 얻기 위한 과정은 그림 4와 같다. 본 해석에서는 앞쪽 철심과 뒤쪽 철심을 독립적으로 해석하기 위해서 극 A와 극 A'을 여자시킨 경우만을 고려하여 가동자의 자속분포를 구하였다.

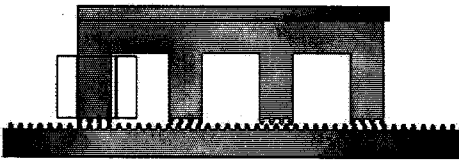
3.2 해석결과 및 고찰

그림 5는 뒤쪽 철심만을 가지고 극 A'이 $x=0$ 인 위치에서 A상 여자시의 자속밀도의 분포를 해석한 결과이다.

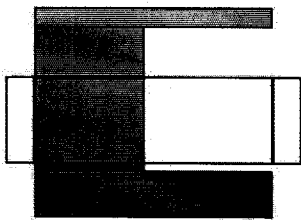
그림 5(a), (b)에서 보여지는 바와 같이, A'극의 양쪽 단부에 자속이 매우 집중됨을 알 수 있으며 가동자와 고정자의 정렬시 공극부분의 치 면에 포화현상이 일어날 수 있음을 그림 5(c)로부터 예측할 수 있다.



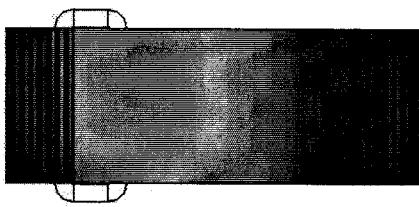
(a) 3D View



(b) Front view



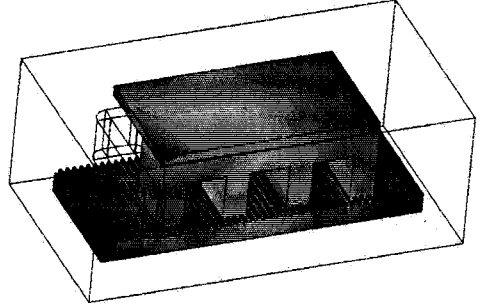
(c) Side view



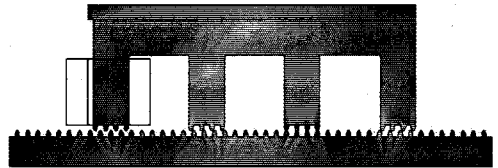
(d) Upper view

Fig. 5 Analysis result of rear core (Pole A' : $x=0$)

그림 6은 앞쪽 철심만을 가지고 극 A이 $x=\tau/2$ 인 위치에서 A상 여자시의 자속밀도의 분포를 해석한 결과이다. 그림 6(a)에서와 같이 극 A가 고정자와 완전히 어긋난 위치라고 하더라도 그림 5(a)에서와 같이 포화가 심하지는 않을 것이 예상되지만 극의 앞부분과 뒷부분에 자속이 여전히 집중되었다.



(a) 3D View



(b) Front View

Fig. 6 Analysis result of front core (Pole A : $x=\tau/2$)

4. 결 론

본 논문에서는 2상 8극 HB형 LPM의 완전한 3차원 유한요소해석을 위한 전단계로서 앞쪽 철심과 뒤쪽 철심을 각각 독립적으로 해석하여 가동자의 자속분포를 얻었다. 그 결과, 여자된 극의 중앙보다는 앞부분과 뒷부분에 자속이 집중될 수 있음을 확인하였다.

앞으로 앞쪽 철심과 뒤쪽 철심을 결합하고 각 부분의 비선형적인 재질특성을 고려하여 각각의 여자상태에 따른 해석이 진행될 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 김일중, "磁氣回路의 平衡을 고려한 하이브리드형 리니어 펄스 모터의 特性解析", 박사학위논문, 충남대, 1995
- [2] 김성현, "횡자속형 LPM의 정밀위치제어에 관한 연구", 박사학위논문, 1999
- [3] 이동주, "리니어 펄스 모터의 구동특성 해석 및 마이크로 스텝제어", 석사학위논문, 충남대, 1998
- [4] "Performance Comparison of Logitudinal Flux Machine Type and Transverse Flux Machine Type Linear Pulse Motor", JIEE, MAG-85-129, pp.87-95, 1985.
- [5] "MagNet Version 6, Getting Started Guide", Infolytica Corporation, 1998.