

The Characteristics Analysis of Linear Pulse Motor

曹允鉉* · 李光浩** · 金成道***
(Yun-Hyun Cho · Kwang-Ho Lee · Sung-Do Kim)

Abstract - This paper describes static characteristics analysis of linear pulse motor(LPM) with two permanent magnets. Linear pulse motors are finding a wide range of application for the Factory-Automation or the Office-Automation. Typically, LPM provides for a reliable and precise control of position, velocity, or acceleration without using a closed-loop system. Some of the advantages of LPMs are ease of control, step multiplication, static and dynamic positioning, and locking force. The flux density and thrust of LPM is computed by the FEM and magnetic equivalent circuits which considered the magnetic nonlinear phenomena.

The result of characteristics analysis are shown as the flux, the air gap reluctance and the thrust. The velocity and position characteristics as a function of unit step input is measured. To estimate the unit step response characteristic of LPM, the simulation results by Matlab and the experimental results is compared.

Key Words : Linear Pulse Motor(LPM), permanent magnet, Finite Element Method(FEM)

1. 서 론

최근 선진국 중심으로 경쟁력을 높이기 위하여 고 부가 가치의 고 성능 기술개발 및 제조기술 자동화에 집중연구 및 투자가 이루어지고 있는 실정이다. 그 예로 선진국 중심으로 1980년 말부터 지적 생산 시스템의 규격화 프로그램 까지 대두되고 있는 실정이다. 이에 우리 나라에서도 고 성능 및 고 부가가치의 공장 자동화, 사무 자동화 기기에 대한 연구가 필연적으로 요구되고 있다[1]. 그러므로, 직선 왕복운동의 공간이동이 요구되는 정밀위치 메카니즘의 구동 장치로서 초 저속에서 고속 운전 시까지 속도 범위가 넓고, 정추력 특성을 갖는 고성능 선형 펄스 전동기를 구축하고자 했다. 이것은 기존의 공작 기계 등에 공간 정밀 위치이동 유니트를 직접 구동방식을 채택함으로써 공작 기계의 소형 화 및 부품수의 감소화로 인한 보수, 유지비가 적고 정밀 위치 제어가 가능하므로 선형 펄스 전동기 및 제어가 적합하다. 국내에서는 제조업 등에서 많은 관심을 가지고 있지만 소형 선형 전동기의 설계기술이 미비하여 실질적인 연구가 잘 이루어지지 않고 있다. 일본의 경우는 미쯔비 등에서 개발된 직선 왕복용 서보 시스템을 들 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 1상과 2상이 여자될 때의 자속분포 특성과 위치에 대한 추력을 자기등가회로, 유한 요소법에 의한 특성 해석값과 실험값을 비교하였다. 그리고, 선형 펄스모터의 단위

스텝 응답 특성을 고찰하기 위해서 매트 랩의 시뮬레이션 결과와 실험결과를 비교함으로써 운전시 의 동특성 분석과 제어회로 설계시의 기본 데이터를 얻었다. 이것을 통하여 정밀 위치 제어용 선형 펄스 전동기 설계시 고려되어야 할 사항과 제작할 때 문제점등을 검토 하였다. 이 축적된 기술을 토대로 선형 펄스 전동기 및 제어기를 개발함으로써 국 산화 및 국제 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 생각되며, 또한 관련기술의 축적으로 산업 자동화 시스템에 응용될 수 있다.

2. 선형펄스모터의 기본이론 및 자기등가회로

본 논문에서 시작점으로 제작한 선형펄스모터의 구조는 그림 1과 같다. 그림 1의 해석모델에 대한 특성을 고찰하기 위해서 다음과 같이 가정을 두었다.

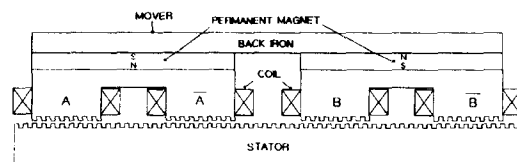


그림 1 선형펄스모터의 해석 모델

Fig. 1 Analysis model of LPM

- (가) 자성체 재질은 모든 방향으로 등방성이다.
- (나) 와전류 손실은 무시한다.
- (다) 선형펄스모터의 같은 영역에서 같은 자기적 특성을

* 正 會 員 : 東亞大 工大 電氣工學科 助敎授, 工博

** 準 會 員 : 東亞大 工大 電氣工學科 博士課程

*** 準 會 員 : LG電子 電氣機器 研究員, 碩士

接受日字 : 1999年 2月 11日

最終完了 : 1999年 4月 1日

갖기 위하여 해석영역을 작은 영역으로 분할한다.
 (라) 공극자속은 일정영역의 유속관으로 단지 위치 함수로 다룬다.

그림 1의 선형펄스모터에 대하여 주 자속이 코어의 중심을 지난다고 가정하여 자기등가회로를 구성하면 그림 2와 같다. 여기서 U_1, U_2, U_3, U_4 는 전원에 의한 기자력이고, U_p 는 영구자석에 의한 기자력이다[2].

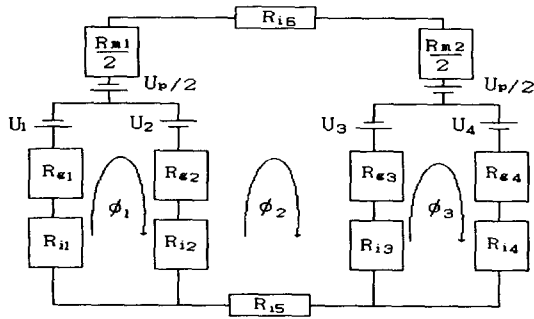


그림 2 등가 자기 회로
 Fig. 2 Equivalent magnetic circuit

또한, $R_{g1}, R_{g2}, R_{g3}, R_{g4}$ 는 각 극에서의 공극 자기저항, $R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4}, R_{i5}$ 는 코어 각 자로에서의 자기저항, R_{m1}, R_{m2} 는 영구자석의 내부 자기저항을 나타낸다.

본 연구에서 공극 자기저항은 식(1)과 같이 피미언스법으로 근사화 할수 있다[3].

$$P = \frac{\mu \cdot S}{l} = \frac{1}{R} \quad [\text{Wb/A}] \quad (1)$$

여기서, μ : 투자율 [H/m]
 l : 자로의 길이 [m]
 S : 자로에 수직인 단면적 [m^2]이다.

따라서, 선형펄스모터의 추력은 자기수반에너지 (W_m')를 변위에 대하여 미분하여 식 (2)로부터 구할수 있다[3].

$$f = - \frac{\partial W_m'(i, x)}{\partial x} \quad (2)$$

3. 뉴턴-랩슨 알고리즘을 이용한 추력의 계산

그림 2의 선형펄스모터 등가자기회로로부터 각 회로망에 대한 기자력 방정식을 세우면

$$f_1(\phi_1, \phi_2, \phi_3) = (R_{g1} + R_{i1}) \cdot \phi_1 + (R_{g2} + R_{i2}) \cdot (\phi_1 - \phi_2) + U_1 + U_2$$

$$f_2(\phi_1, \phi_2, \phi_3) = (R_{g2} + R_{i2}) \cdot (\phi_2 - \phi_1) + (R_{g3} + R_{i3}) \cdot (\phi_2 - \phi_3) + (R_{i5} + R_{m1}) \cdot \phi_2 + U_p - U_1 - U_2$$

$$f_3(\phi_1, \phi_2, \phi_3) = (R_{g3} + R_{i3}) \cdot (\phi_3 - \phi_2) + (R_{g4} + R_{i4}) \cdot \phi_3 + U_3 + U_4$$

식 (3)의 자기적 비선형을 고려한 특성 해를 구하기 위해 뉴턴-랩슨 알고리즘[3]을 사용하였다. 이상에서 선형펄스모터 특성해석을 위한 주프로그램의 흐름도는 그림 3과 같다.

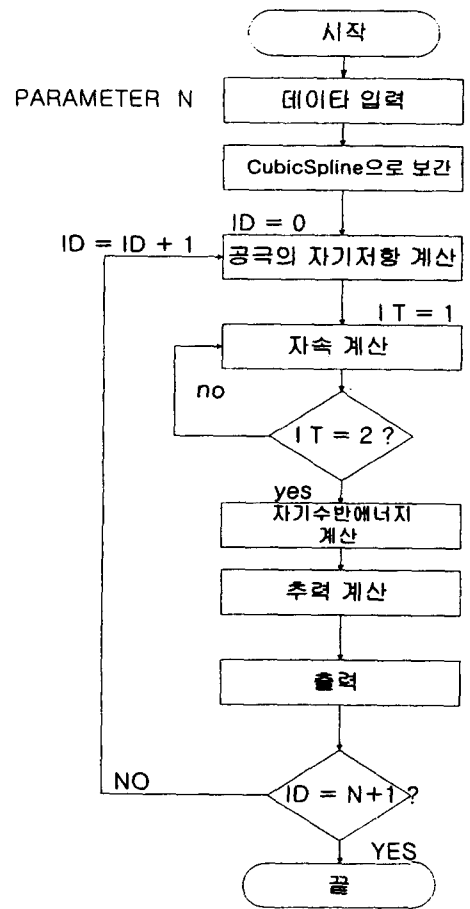


그림 3 선형펄스모터의 특성에 대한 주프로그램 순서도
 Fig. 3 Main program flowchart for the analysis of LPM

그림 4는 자속에 대한 서브루틴 흐름도인데 비선형 해석을 설명하면 다음과 같다.

- ① 초기 자속밀도를 설정한다.
- ② Cubic spline으로 보간된 B-H 곡선으로부터 자기저항률 ν 및 $\partial \nu / \partial \phi$ 를 계산한다.
- ③ 계산된 $\nu, \partial \nu / \partial \phi$ 값으로부터 $d \phi$ 를 구한다.

$$\frac{\partial f_i}{\partial \phi_i} = \frac{\partial f_i}{\partial \nu_i} \cdot \frac{\partial \nu_i}{\partial \phi_i} \quad (i=1, 2, 3) \quad (4)$$

여기서, ν_i 는 각 자로의 자기저항률 이다.

$$d\phi = \begin{bmatrix} d\phi_1 \\ d\phi_2 \\ d\phi_3 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial \phi_1} & \frac{\partial f_1}{\partial \phi_2} & \frac{\partial f_1}{\partial \phi_3} \\ \frac{\partial f_2}{\partial \phi_1} & \frac{\partial f_2}{\partial \phi_2} & \frac{\partial f_2}{\partial \phi_3} \\ \frac{\partial f_3}{\partial \phi_1} & \frac{\partial f_3}{\partial \phi_2} & \frac{\partial f_3}{\partial \phi_3} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f_1(\phi_1, \phi_2, \phi_3) \\ f_2(\phi_1, \phi_2, \phi_3) \\ f_3(\phi_1, \phi_2, \phi_3) \end{bmatrix} \quad (5)$$

- ④ ϕ 를 $\phi + d\phi$ 로 대체한다.
- ⑤ $d\phi$ 의 수렴판정을 하고 수렴되지 않는 경우 ①, ②, ③, ④과정을 반복한다.

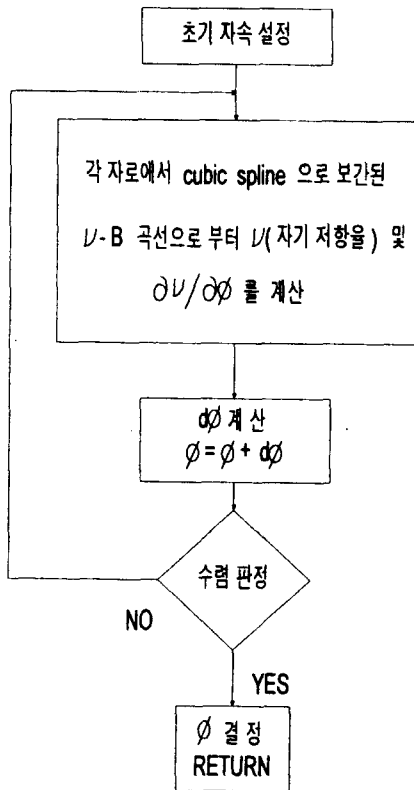


그림 4 자속 계산에 대한 순서도
Fig. 4 Flow chart for the calculation of magnetic flux

위의 알고리즘을 각 변위마다 반복수행하고, 수렴된 쇄교 자속으로부터 자기수반에너지를 구한 다음 다시 3차 스플라인 함수로 보간하여 그 변위 x에 대한 미분을 하여 정 추력을 구한다.

표 1 선형펄스모터의 사양

Table 1 The specification of the LPM

이동자	슬롯 피치	2 [mm]
	슬롯 폭	1 [mm]
	슬롯 깊이	1 [mm]
	스택 길이	50 [mm]
고정자	슬롯 피치	2 [mm]
	슬롯 폭	1 [mm]
	슬롯 깊이	1 [mm]
	고정자 길이	1,000 [mm]
공극 길이		0.5 [mm]
극 수		4 [mm]
턴수		80 [turn/pole]
코일 직경		0.7 [mm]
정격 전류		3 [A]
권선 저항		1.7 [Ω]
권선 인덕턴스		17 [mH]
자석 치수		44 × 6 × 50[mm]

4. 선형펄스모터의 운동방정식

선형펄스모터의 구동시 자기 릴럭턴스 변화에 의해 자기력의 불평형이 발생하여 진동과 소음이 발생한다. 선형펄스모터 특유의 진동현상으로 시스템 고유주파수에서 진동, 공진 현상이 발생하기 쉬우며, 이동자가 정지하는 경우 진동하면서 안정점에 정지한다. 이 진동은 모터의 고유진동수와 비슷한 주파수로 구동할 때나 고유진동수의 정수 배의 주파수로 구동할 경우 발생하기 쉬우며 공진이 일어날 경우 토크가 급격히 감소하여 탈조하게 된다. 따라서 선형펄스모터의 진동억제와 마이크로스텝 구동에 대한 특성을 고찰하기 위해서는 동특성 해석이 되어야 한다. 선형펄스모터의 운동방정식은 식 (6)과 같다.

$$M \frac{d^2}{dt^2} x(t) + D \frac{d}{dt} x(t) = F(t) \quad (6)$$

단, M : 이동자 질량, D : 점성 마찰계수,
 $x(t)$: 이동자 변위, $F(t)$: 이동자의 발생 추력

선형펄스모터의 상 여자시 이동자 변위에 따른 추력 분포는 고조파 성분을 함유한 정현파로 표현할 수 있다. 따라서 추력의 기본파 성분으로 표시하면 F 는 다음과 같이 둘 수 있다[4].

$$F = -K_f i_a \sin \frac{2\pi}{\tau} x + K_f i_b \cos \frac{2\pi}{\tau} x \quad (7)$$

K_f : 추력 정수, i_a, i_b : A, B상의 여자전류, τ : 치간격

그림 5는 2상 하이브리드 선형펄스모터를 정현파 정 전류 원으로 구동하는 경우, 블록 다이어그램으로 나타내었다. 이때 선형펄스모터의 특성식은 식 (8)에 나타내었다.

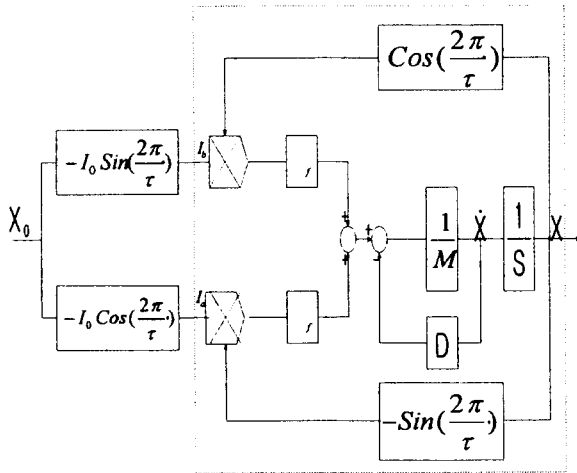


그림 5 정현 전류로 여자된 선형펄스모터의 블록선도
 Fig. 5 The Block diagram of LPM excited with sinusoidal current

$$\begin{aligned}
 F &= -K_f i_a \sin \frac{2\pi}{\tau} x + K_f i_b \cos \frac{2\pi}{\tau} x \\
 &= K_f (I_0 \cos \frac{2\pi}{\tau} x_0) \sin \frac{2\pi}{\tau} x - K_f (I_0 \sin \frac{2\pi}{\tau} x_0) \cos \frac{2\pi}{\tau} x \\
 &= K_f I_0 \sin \left[\frac{2\pi}{\tau} (x_0 - x) \right]
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

식 (8)에서 위치 지령치 x_0 와 현재위치 x 와의 차가 비교적 작다고 가정하면 (θ 가 아주 작다고 가정하면 $\sin \theta \approx \theta$ 이므로) 다음 식과 같이 근사화 할 수 있다.

$$F = K_f I_0 \frac{2\pi}{\tau} (x_0 - x)
 \tag{9}$$

따라서, 식 (8)를 식 (9)로 대체하면 그림 5는 그림 6과 같이 간략화 된다.

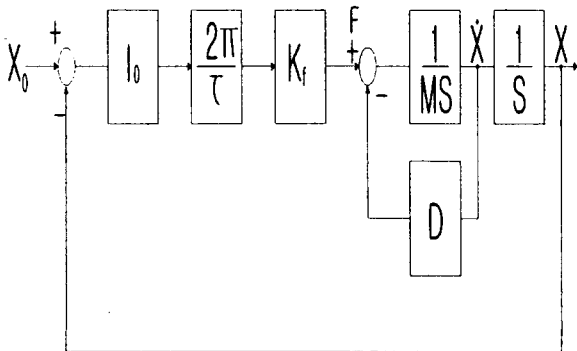


그림 6 선형펄스모터의 블록선도
 Fig. 6 The block diagram of LPM

5. 선형펄스모터의 정특성 해석 및 고찰

5.1 자속분포 특성 해석

그림 7은 1상과 2상 여자 되었을 때 선형펄스모터의 공극 자속분포를 볼 수 있다. 이 자속 분포도는 유한 요소법을 사용한 상용 전자장 해석 프로그램인 Flux 2D로 구한 결과이다. 그림 8은 그림 7과 그림1에서와 같이 1상이 여자될 때 극간격인 A 와 \bar{A} 에서는 \bar{B} 최대 자속밀도값 1.8[T]의 약 $\frac{1}{2}$ 되는 1.0 [T] 값을 나타낸다. 2상이 여자될 때는 \bar{A} 와 \bar{B} 에서 최대 자속밀도 값1.8[T]을 나타내고 나머지 극 간격인 A 와 B 에서는 약 0~0.1[T]를 나타낸다.

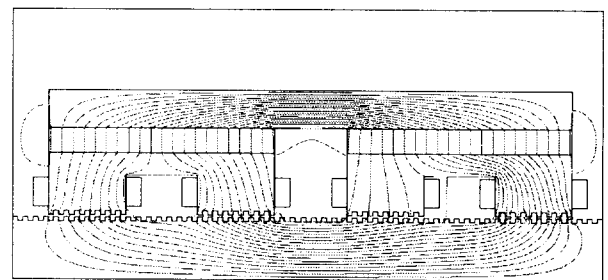


그림 (a) 1상이 여자 될 때 선형펄스모터의 자속분포

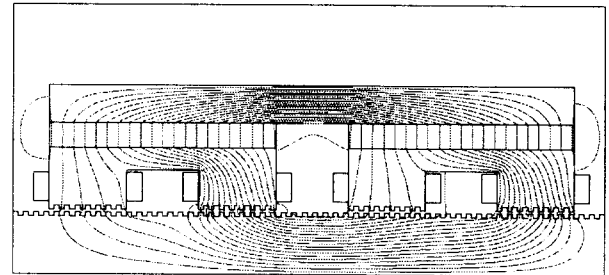


그림 (b) 2상이 여자 될 때 선형펄스모터의 자속 분포

그림 7 선형펄스모터의 자속분포

Fig. 7 Magnetic flux distribution of LPM

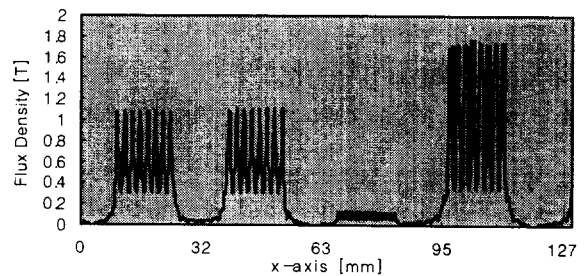


그림 (a) 한 상이 여자 될 때 선형펄스모터의 자속밀도

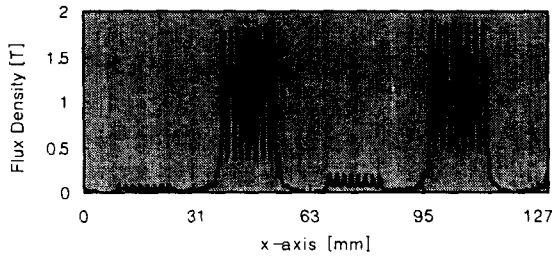


그림 (b) 2상이 여자 될 때 선형펄스모터의 자속밀도

그림 8 선형펄스모터의 자속밀도

Fig. 8 The flux density of LPM

그림 9는 변위에 대한 그림 1 자료의 A극 (A-pole) 부분에서 공극 자기저항을 나타낸다. 이동자의 변위가 1/2 피치인 1[mm]에 도달했을 때 자기저항이 $475 \times 10^3 [1/H]$ 으로 가장 크며, 고정자 치와 이동자 치가 정확히 맞물려 있는 경우의 자기저항은 $340 \times 10^3 [1/H]$ 으로 가장 작다. 선형펄스모터의 발생 추력은 이와 같이 자기저항이 줄어드는 방향으로 발생한다.

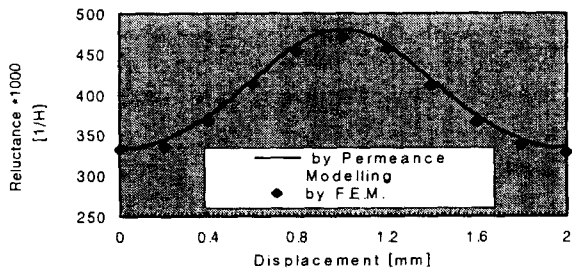


그림 9 1상이 여자될 때 선형펄스모터의 공극 릴럭턴스
Fig. 9 The air gap reluctance of LPM excited with 1 phase current

5.2 정추력 특성고찰

선형펄스모터 이동자의 발생 추력은 feed screw를 통해 로드 셀에 가해지고, 로드 셀 출력 데이터는 인터페이스 카드를 거쳐 컴퓨터로 전송된다. 또한 이동자의 위치정보는 feed screw를 돌려 선형펄스모터 이동자에 변위를 가하면 리니어 스케일에 의해 검출되고, 이 데이터는 컴퓨터로 전송되어져 이동자 변위의 함수로 선형펄스모터의 추력이 측정된다. 본 측정실험에서 feed screw의 마찰력에 의한 영향을 제거하기 위해 선형펄스모터 치 간격에 대해서 왕복 2회 측정을 하고, 이 두 데이터의 평균값을 선형펄스모터의 정추력으로 기록하였다. 선형펄스모터의 정추력 특성을 고찰하기 위해서, 실험 장치들이 그림 10에서 보여진다.

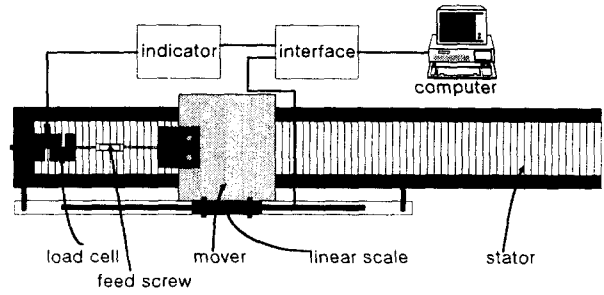


그림 (a) 정추력 측정 시스템

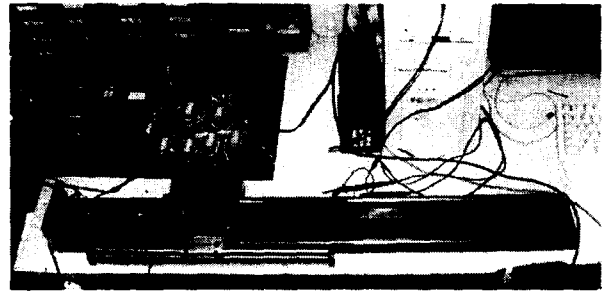


그림 (b) 실험 장치 사진

그림 10 선형펄스모터의 실험 장치
Fig. 10 Experimental apparatus of LPM

그림 11은 1상이 여자 될 때, 이동자 변위 함수에 대한 추력을 나타낸다. 자기 동가회로 방법으로 구한 특성값들은 유한 요소법으로 구한 값과 잘 일치함을 알수 있으나, 이론 값과 실험 결과 사이에 약간의 오차를 보인다. 이 오차의 원인은 feed screw와 이동자의 마찰과 제작상의 정밀도가 떨어진데 기인한 것으로 생각된다.

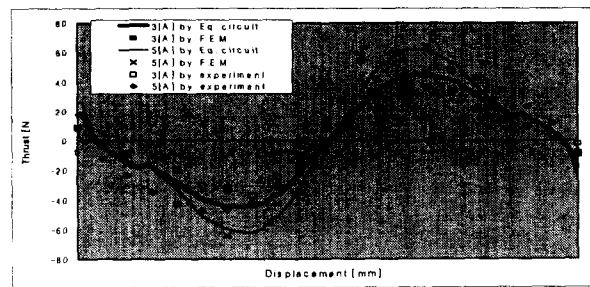


그림 11 추력 특성 (공극 : 0.2 [mm])
Fig. 11 Thrust characteristics (air gap : 0.2[mm])

그림 12는 여자 전류함수에 대한 최대 정추력 곡선이다. 그림 11의 추력 특성 곡선에서 최대값들을 전류에 대하여 나타내었다. 1상 여자와 2상 여자를 비교하면, 2상 여자가 1상 여자 최대 추력 값의 약 2배 가까이 되는 것을 볼 수 있다. 추력의 포화 현상은 여자 전류가 3[A]에서 발생함을 알 수 있다.

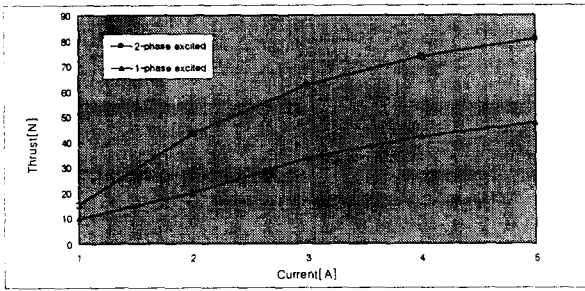


그림 12 최대 정 추력 특성
Fig. 12 Maximum static thrust characteristics

6. 선형펄스모터의 운전특성 고찰

6.1 입력 전압, 전류 특성

선형펄스모터의 권선은 4개의 각 극에 대해서 지름 0.7[mm]의 동선을 80회씩 감았으며, 이들 중 2극씩을 직렬로 묶어 1개의 상으로 하고 있다. 이때 각 상의 권선 저항과 인덕턴스를 LCR 미터로 실측하여 얻은 R값과 L값은 각각 1.7[Ω]과 17.5[mH]이다. 따라서 시정수를 계산해 보면 약 10[mS]임을 알 수 있다.

그림 13에서는 실제로 선형펄스모터의 여자전류를 단위 스텝응답으로 얻어서 시정수를 구하는 것을 나타내고 있다. 이 그림에서 보면 정상상태로 도달했을 때의 상 전류는 약 1.4[A]이며, 정상상태의 63.2[%]까지 도달한 전류는 약 0.88[A]이다. 따라서 0.88[A]로 상승하는데 까지 걸린 시간, 즉 시정수를 조사해 보면 약 10[mS]가 됨을 쉽게 알 수 있다. 이런 상태에서 상 여자를 시켜 선형펄스모터를 구동시킨다면 비교적 큰 시정수로 인해 상 전류의 빠른 상승과 하강을 기대할 수 없으므로 고속시의 토크가 현저히 저하됨을 예측할 수 있다. 이것을 개선하기 위해서 정격전압의 수배 이상의 전압을 선형펄스모터의 각상에 인가하여 전류의 상승·하강 속도는 증가시키고, 정격전류 이상의 전류가 흐르지 않도록 전류제한 장치를 설치한다. 그러므로, 정전류 초과 펄스 폭 변조 구동을 통해 고속운전의 토크개선이 가능함을 알 수 있다.

그림 14에는 바이폴라 2상 여자시의 게이트 트리거 파형과 전류 파형을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 정상 상태에 도달하기 전에 상 전류의 방향이 바뀌어 전류의 상승이 더 이상 일어나지 않고 있다.

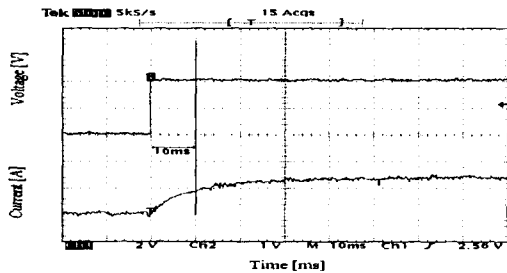


그림 13 상 전류의 단위 스텝응답
Fig. 13 Unit step response of phase current

그림 15는 고속시의 토크를 개선하기 위하여 바이폴라 정전류 초과 2상 여자시의 전압전류특성을 나타낸다. 그림 15의 파형 중 채널 2 파형은 D/A컨버터의 출력으로 전류 지령치이며, 채널 1의 파형은 상 전류 파형이다. 그림 15에서 1[V]당 1[A]를 나타내며, 상 전류는 5[A]로 지령치를 잘 추종함을 알 수 있다. 그림 16에는 상 전류 파형과 게이트단의 펄스 폭 변조 패턴을 나타낸다.

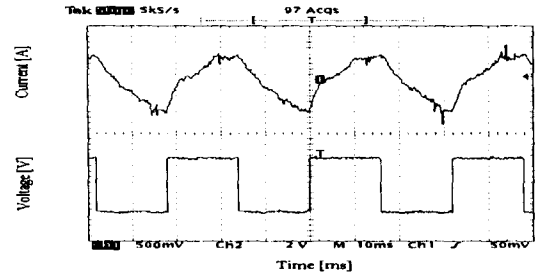


그림 14 게이트 트리거 펄스 대 상 전류 파형
Fig. 14 Wave form of phase current vs. gate trigger pulse

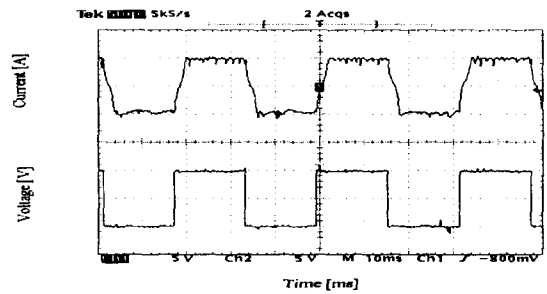


그림 15 기준값 대 상 전류 파형
Fig. 15 Wave form of phase current vs. reference value

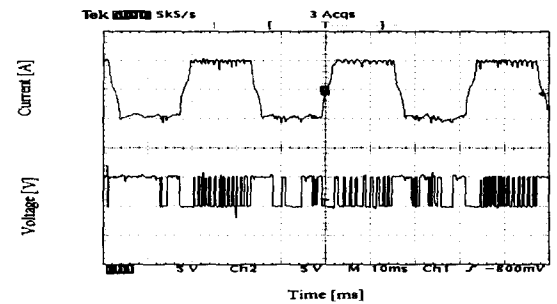


그림 16 펄스 폭 변조 패턴 대 상 전류 파형
Fig. 16 Wave form of phase current vs. PWM pattern

6.2 단위스텝 특성 고찰

그림 17은 선형펄스 모터의 실험장치를 매트 랩의 시뮬링 크로 시뮬레이션 하기 위한 시스템 블록선도로 제어기는 크게 제어 부와 구동 부로 나누어져 있다. 제어 부에서는 통신단자를 이용하여 컴퓨터와 통신이 가능하도록 구성이 되어 있으며, 구동 부는 제어 부와의 절연을 위해 포토 커플러로 절연이 되어 있다.

그림 18은 선형펄스모터의 단위스텝 구동시의 시간-위치

곡선을 나타낸다. 그림 18(a)는 시뮬레이션 한 값이고, 그림 18(b)는 실험 결과를 나타낸다. 단위스텝 응답에 대한 시뮬레이션과 실험 값을 비교해 보면, 시간에 대한 변위에 대해서 시뮬레이션 값들은 빠른 정착시간을 나타내는데 실험값들은 다소 진동을 하다가 정착됨을 알 수 있다.

그림 19는 단위스텝 구동시의 시간-속도 곡선을 나타낸다. 시뮬레이션 값은 120[ms]에서 안정화되지만 실험 값은 진동폭이 서서히 줄어들면서 130[ms]에서 안정화됨을 볼 수 있다.

그림 20은 단위스텝 구동시의 시간-추력 곡선을 나타낸다. 시뮬레이션 값은 115[ms]에서 추력곡선이 진동없이 정착되지만 실험 값은 더욱 감쇄 진동하면서 고조파 성분이 많이 포함되어 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 선형펄스모터를 제작할 때 생긴 오차로 인하여 발생하는 현상이라 생각된다.

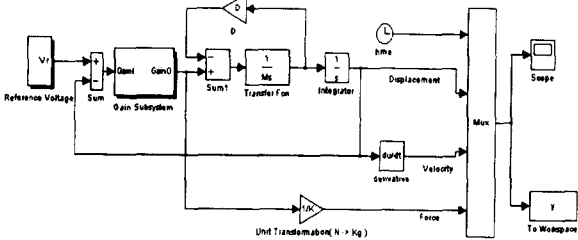


그림 17 블록선도
Fig. 17 Block diagram

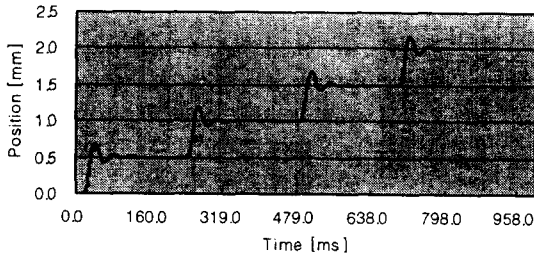


그림 (a) 시뮬레이션

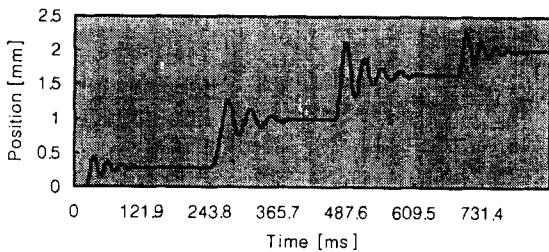


그림 (b) 실험 값

그림 18 시간에 대한 위치 (선형펄스모터의 스텝응답)
Fig. 18 Position vs. time (step response of LPM)

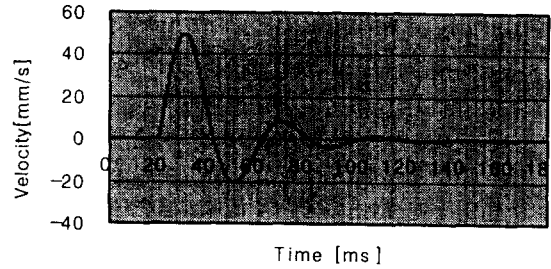


그림 (a) 시뮬레이션

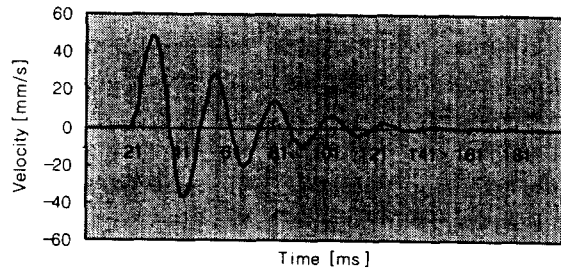


그림 (b) 실험 값

그림 19 시간에 대한 속도 (선형펄스모터의 스텝응답)
Fig. 19 Velocity vs. time (step response of LPM)

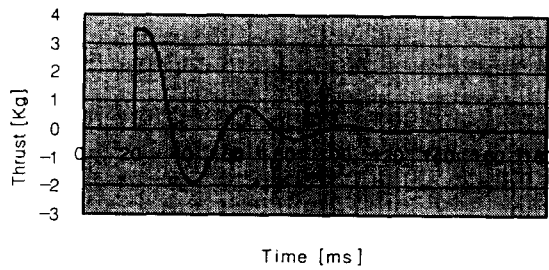


그림 (a) 시뮬레이션

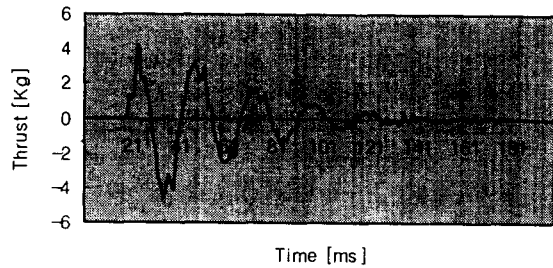


그림 (b) 실험 값

그림 20 시간에 대한 추력 (선형펄스모터의 스텝응답)
Fig. 20 Thrust vs. time (step response of LPM)

7. 결론

본 논문에서는 선형펄스모터의 특성을 제시하였다. 선형펄스모터의 특성을 고찰하기 위하여 자성체의 비선형성을 고려한 자기등가회로부터 자기수반에너지를 이용한 해석

방법을 개발하였다. 기본 선형펄스모터의 입력전류 모델링에 의한 1,2상 여자시의 특성을 분석 비교하고, 2상 여자시에 대한 입력전류변화 및 변위에 따른 특성을 고찰하므로써 시작기의 기본 특성을 제시하였다.

선형펄스모터의 특성을 고찰하기 위해서는 자기등가회로와 등가회로 정수를 산정하고, 속도, 위치 변화에 따른 특성을 분석하기 위하여 특성해석 프로그램을 개발하였다.

자속밀도와 추력은 자성체의 비선형성을 고려한 자기등가회로와 유한 요소법으로 계산하므로써 선형펄스모터의 기본 특성을 제시하였고, 시간에 대한 변위, 속도, 힘에 대한 단위 스텝 응답특성을 시뮬레이션 값과 실험 값을 비교 분석하였다. 그 결과 실험 값과 이론 값들이 약간의 오차가 발생함을 알수 있었다. 이것을 개선하기 위해서 마이크로 스텝 구동 방법을 이용하여 상 전류의 크기를 서서히 증가 또는 감소 시켜 선형펄스 전동기의 여자극을 근사적으로 연속 이동 시킴으로써 구동시 진동 및 오버슈트가 상당히 개선되어 질 것으로 본다. 또, 이것은 본 시험기의 선형펄스모터 제작시 고정자와 이동자의 정밀 금형과 제작기술이 요구됨을 알 수 있다.

이상에서, X-Y 공간 좌표축 이동 직선운동시스템의 구동 장치로 기존의 회전형 전동기를 대용한다면 시스템의 소형화, 보수유지가 저렴하게 될 것이며, 공장 자동화 시스템, NC공작 기기 및 사무 자동화 기기 개발에 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 1995년도 기초전력공학 공동연구소(과제번호 : 95-27)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] A. Nasar and I. Boldea, Linear Electric Motors, Theory, Design and Practical Applications, Prentice-Hall, INC., New Jersey, 1987
 [2] Ho, Yamada, K.Segawa, T.mizuno and Y.Yamamoto, "Analysis of the flat type linear pulse motor",paper of Technical Committee on magnetics, MAG-81-59,1981
 [3] Yunhyun Cho, Jaebong Lee, Daehyun Koo, "The Analysis of the Static Thrust of a Hybrid type Double-sided Linear Pulse Motor", The sixth biennial IEEE conference on Electromagnetic field Computation, pp.61, March 1994
 [4] Yamada H.etal, "Development of a flat Linear Pulse Motor having a Large Thrust\Input Ratio of 20 N/W for Artificial Heart Applications", Trans. of IEEE of Japan, Vol. 109, NO, 1, pp. 57-90,1990
 [5] Karita Metal, "Development of Double Sided LPM", IEEE Trans. Mag., Vol. 25, No. 5, pp.3257-3259, 1989

[6] G. W. Mclean, "Review of Recent Progress in Linear Motors", IEEE Proceedings, Vol. 135, pt. B, No. 6 pp.380-416, 1988

저 자 소 개



조 윤 현(曹 允 鉉)

1961년 12월 25일 생. 1984년 한양대 전기공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1986~1988년 삼성종합기술원 선임연구원. 1990~1995년 한국전기연구소 선임연구원. 1997년~현재 동아대학교 전기공학과 조교수

Tel : (051) 200-7742

E-mail : yhcho@daunet.donga.ac.kr



이 광 호(李 光 浩)

1971년 8월 26일 생. 1996년 동아대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : (051) 200-7732

E-mail : a967700@daunet.donga.ac.kr



김 성 도(金 成 道)

1972년 3월 15일 생. 1996년 동아대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998~현재 LG전자 전자기기 연구소 연구원

Tel : (051) 468-7684

E-mail : ksd0315@kimhae.lge.co.kr