

## FA용 Linear Pulse Motor 설계 및 Microstep 구동

0김문환\*, 김종문\*, 김용주\*, 안종보\*\*, 권혁\*\*, 이상정\*\*

\*:한국전기연구소

\*\*:이천전기 중앙연구소

Design and microstep drive of linear pulse motor for FA

Moonhwan Kim\*, Jongmoon Kim\*, Youngjoo Kim\*, Jongbo Ahn\*\*,

Hyuk Kwon\*\*, Sangjeong Lee\*\*

\*:Korea Electrotechnology Research Institute

\*\*:Leechun Electric MFG. Co., R&D Institute

### ABSTRACT

The 2nd prototype LPM is designed as single side stator structure for improving the thrust force and acceleration time. Experimental results are shown that the static and dynamic characteristics are improved compared with the 1st prototype. By the computer simulation, the permanent magnet design method is also clarified to desired thrust force. And microstep driver is adopted to the position controller to the designed LPM. The driver suppressed position errors within 1/10 pitch.

1. 개요: 회전형 전기기기로부터 직선운동을 얻기 위해서는 치차 및 벨트등의 변환기기를 이용하지 않으면 안된다. 그리고, 현재의 회전형 전기기기에서, 동기속도 및 정격속도에서 초저속까지 넓은 범위에 걸쳐 안정된 회전속도 및 회전토크를 얻을 수 있는 것은 그렇게 많지 않다고 할 수 있다. 때문에 회전기기에서 초저속, 고정밀 위치 제어의 직선운동을 얻기 위해서는 정격속도에서의 직선운동 변환기기 외에 감속기등의 또 다른 메카니즘을 갖지 않으면 안된다. 이러한 변환 및 변속기기는 FA분야에서 필수적으로 요구되는 메인테넌스의 면에서 바람직 하지 않은 요소가 된다. 이에 비교적 넓은 속도범위의 직선운동을 직접 얻을 수 있는 공장용자동화기기의 하나로 linear pulse motor(LPM)가 있다. 본연구에서는 양측식의 1차 시제품에 이어 편측식의 2차 시제품을 제작하였다. 시제품의 특성시험 결과 정특성 및 동특성이 개선되었음을 확인하였다. 그리고 IGBT모듈을 사용한 마이크로컴퓨터 제어기에 의한 마이크로스텝구동에서 위치제어를 행하였다. 그결과 지령치와 실행치의 오차가 약±130 $\mu$ m이내의 결과가 얻

어졌기에 이에 보고한다.

### 2. LPM 설계 및 제작

지난 발표<sup>1)</sup>때의 LPM은 영구자석형으로, stator를 양측식 구조로 설계 제작 했다. 그러나 저가격의 LPM 설계 및 제작을 목표로 하는 본연구의 성격상, 양측식 구조로는 stator와 forcer(가동자)간의 gap을 stator의 전 가동구간에 있어서 주어진 정밀도내에 만족시키기에는 한계가 있었다. 이에 따라 pull-in, pull-out등의 동특성과 가속시간의 개선을 위하여 신 시제품은 편측식으로 설계를 변경하였다. 전 가동구간에서 支撑기구에 의하여 gap을 일정히 유지토록 하였다. 또한 추력을 증가시키기 위하여 영구자석의 두께 및 면적 그리고 공극에 따른 영향을 FEM(Flux-2D)기법에 의하여 분석 하였다. forcer는 SM23, stator에는 순철을 사용하여 B-H곡선을 사용하였다. 영구자석은 희토류의 NEOMAG-35(NdFeB계열)를 사용하였으며  $B_r=1.13\text{Wb/m}^2$ ,  $\mu_r=1.05$ 로 가정하여 사용하였다. 다음 그림1은 제작한 편측식

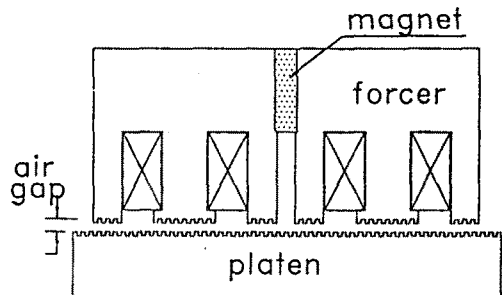


그림1 편측식 hybrid LPM설계모델

hybrid LPM의 설계 모델을 나타낸다. 그림 2,3은 시뮬레이션결과로서 각각 영구자석두께 및 영구자석의 수직방향길이의 값과 추

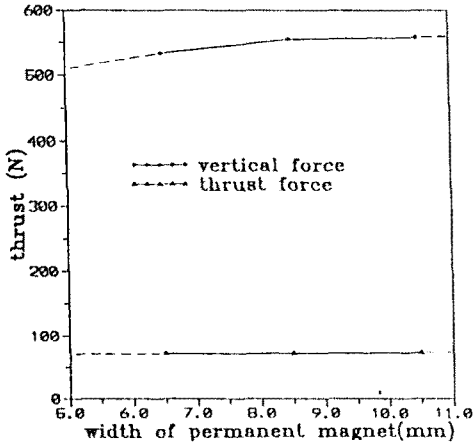


그림2 영구자석의 두께와 추력곡선

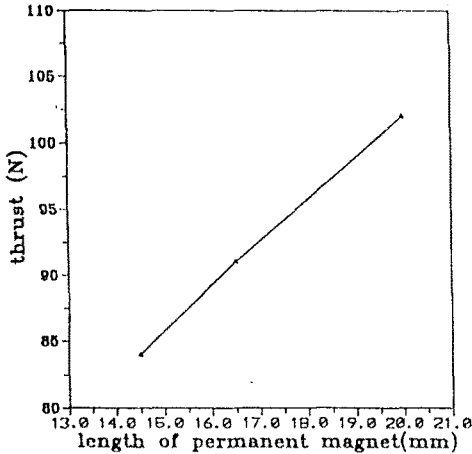


그림3 영구자석의 길이와 추력곡선

력의 관계를 나타낸다(공극은 둘다 0.1mm일 때). 그림2에서는 영구자석의 두께가 커짐에 따라 수직력(vertical force)은 상승하나 추력(thrust force)의 변화는 거의 보이지 않음을 알 수 있다. 또한 그림3에서는 영구자석의 길이와 추력은 거의 비례관계에 있음을 보여주고 있다. 시작품에서는 영구자석의 두께는 4.5mm로 결정 했다. 이는 두께가 6.5mm일 때와 비교하여 추력이 70 newton으로 거의 감소를 보이지 않고, 또한 전류밀도 1.2A/mm<sup>2</sup>로 여자(2상)하면 자속 밀도도 1.0tesla 이상 유지하여 포화상태를 보이지 않는 점에서 선택 되어졌다. 또한, 길이의 경우, 14~15mm등으로 크게 했을 경우 필요한 추력을 얻기위하여는 자속상쇄에 필요한 전류값이 정격치를 넘어 과열 문제가 생기며 또한 자속밀도도 2.2Tesla를 넘어 포화상태가 되므로 이것을 피하여 12.5mm로 하였다.

### 3. LPM의 특성시험

#### 3-1 정특성

정추력은 stator에 고정된 strain guage형의 load cell과 마이크로메타를 사용하여 측정하였다. 먼저 마이크로메타로 무여자된 상태의 가동자에 미소변위를 주었다. 이때 가동자의 다른 쪽에 고정되어있는 load cell로 정추력을 측정하였다. 그림4에 그결과를 나타낸다. 여자전류를 1.5A 흘렸을 때, 시뮬레이션 결과와 비슷한 70newton 가까운 값이 됨을 확인할 수 있다.

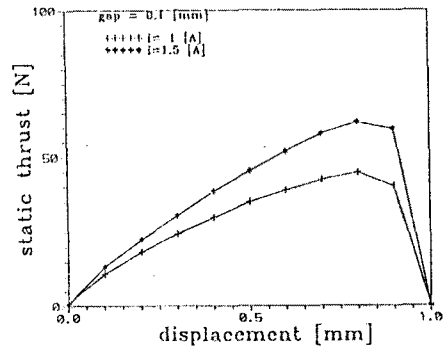


그림4 정추력특성곡선

#### 3-2 동특성

a) pull-in: 구형파의 일정전류를 0-85pps(0-170mm/sec)의 속도범위내에서 pulse rate에 관계없이 start했으며 그때의 pull-in thrust를 측정했다. 1차시작품과 비교하여 50%이상 thrust force가 개선되었음을 알 수 있다. 그림5에 실험결과를 나타낸다.

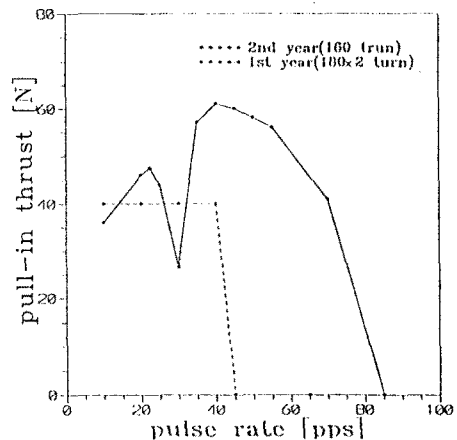


그림5 속도에 따른 pull-in추력 곡선

b) pull-out: start 및 stop주파수를 30pps로 하고 slewing주파수를 100, 150, 200, 250, 500pps로 변경하면서 pull-out특성을 체크하였다. 측정은 속도가 slewing 주파수에 도달한 순간의 thrust force를 측정하였다.

그림6에 1차시제품과의 값을 비교하여 나타낸다. thrust와 pps의 값이 약2배이상 개선되었음을 확인할 수 있다.

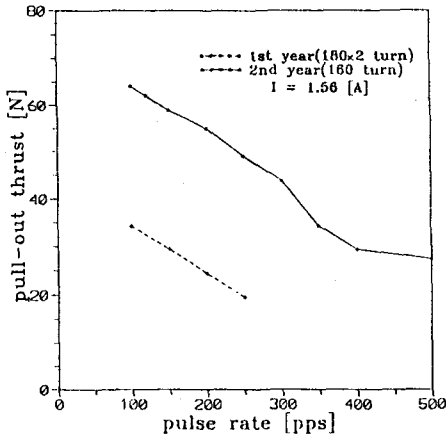


그림6 속도에 따른 pull-out추력 곡선

c) acceleration time: 그림7에 그결과를 나타낸다. 250pps에서 1차시작품과 비교하여 5배이상 빨라졌음을 확인할 수 있다.

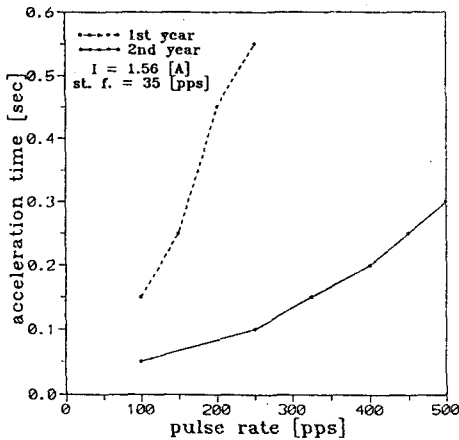


그림7 속도에 따른 최소가속시간 곡선

#### 4. microstep방식에 의한 위치제어실험

그림8은 microstep방식에 의한 제어기의 블록선도를 나타낸다. 16bit CPU(8097BH), I/O부분, memory, logic회로, DAC, 증폭기, 전류센서부 그리고 LPM으로 구성되어있다. 또한 소프트웨어로 LPM의 이동거리, 가/감속시간, 속도등을 가변시킬 수 있게 하였다. microstep 분해능을 100step, 이동시간을 4sec로 하여 위치제어한 실험결과를 그림9에 나타낸다. 이동거리는 linear scale로 측정했다. 자기회로의 비안정점에 해당하는 1/8pitch 부근에서 최대  $\pm 130\mu\text{m}$ 의 오차가 나왔으나, 안정점에서는  $30\mu\text{m}$ 이내의 오차를 보였다.

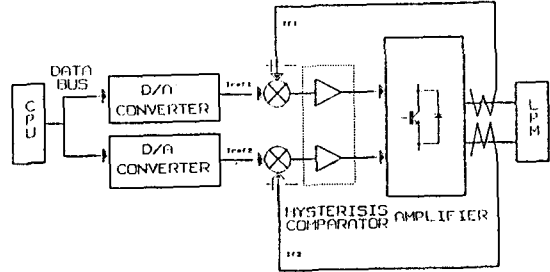


그림8 LPM controller 블록선도

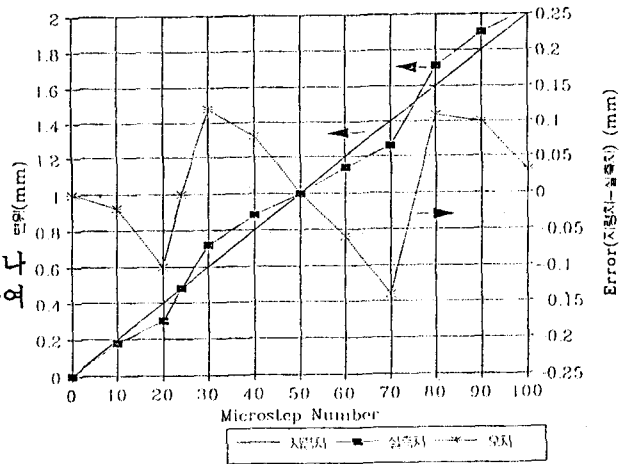


그림9 실험결과

5. 결과: 제1차 시작품에 이어 저가격의 2차 시작품 LPM을 설계 제작하였다. 제작 후 특성시험결과 동특성 및 가속시간의 개선을 확인할 수 있었다. 또한 microstep방식으로 위치제어를 한 결과 자기회로의 비안정점에서 최대  $\pm 7.5/100$  pitch의 오차가 생겼다. 금후 자기회로 및 구동회로의 개선으로, 오차를 1/100pitch이내로 위치제어특성을 개선코자 한다.

#### 6. 참고문헌

- 1) 안종보 외, "Microstep방식을 이용한 Linear Pulse Motor제어에 관한 연구", 1993.7, 대한전기학회, 하계학술대회논문집 (b), pp.840-843.
- 2) 山田 一 著, 産業用リニアモータ, 1981, 工業調査會刊行, 주로 4章