'95 대한전기학회 하계학술대회 논문집(1995. 7. 20~22)

LPM을 이용한 X-Y table과 사용자 interface의 개발

0김문환*, 김용주*, 안종보**, 이상정**
*:한국전기연구소
**:이천전기공업주식회사

Development of X-Y table with LPM and its user's interface

Moonhwan Kim*, Youngjoo Kim*, Jongbo Ahn**, Sangjeong Lee**
*:Korea Electrotechnology Research Institute
**:Leechun Electric MFG. Co., R&D Institute

ABSTRACT
LPM(Linear pulse motor) was developed as a prototype. In this paper, the design results of prototype and its dynamic characteristics are shown. The prototype was designed by using permeance analysis and the thrust value was also confirmed by comparing with the analysis results of the finite element method. To verify the performance of LPM, dynamic characteristics were measured. In slewing characteristic of the LPM, the thrust value of prototype LPM is higher than commercial level. A X-Y table was structured as a application of the prototype LPM. A controller and user's interface was also developed. By using this control system, the position error of X-Y table was checked. The repeat position error in linear movement was under than ± 100 micron.

1. 개요: 자동화 분야에 활용되는 중요한 기술의 하나로 LPM이 있다. 이는 종래의 '회전형 전동기-변환기구-직선운동부'와 비교하여 모터자체만으로 직선운동을 바로 얻을 수 있는 것으로 linear Actuator로서의 역할이 점차 가중시되고 있는 분야라 할 수 있겠다. 국내에서의 연구도 활발한 편으로 최근 상품화계획 발표까지 있었다. 그러나 다른 기계설비와 함께 LPM도 연구선행국과 비교하면 아직 국산화에 대한 기술축적이 미비한 분야로 활용기술의 축적과 심도 있는 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 생각되어진다. 이번 보고에서는 그동안 본연구팀이 행한 LPM 설계 및 제작결과 보고와 함께, 응용품으로 제작한 X-Y Table에 관한 연구를 정리하였다. 이번에 제작한 X-Y Table에 적용한 LPM의 동특성측정결과, 기존시판제품과 비교하여 뛰어난 시동특성을 얻을 수 있었다. 그실험결과와 함께 X-Y Table 구동결과 얻어진 반복오차 범위등을 나타낸다.

2. LPM의 설계: LPM의 시작품은 최대속도 600mm/sec, 최대정추력 34 Newton으로 설계되었다. pitch는 시작품인 점을 고려하여 4mm, 2mm로 두종류로 나누어 설계, 제작하였다. 사용한 재질은 1차측(가동자)에는 규소강판을, 2차측(고정자)에는 순철, 규소강판을 사용하였다. 또한 영구자석으로는 희토류인 NdFeB를 사용했다. 그림 1에 시작품 LPM의 자기등가회로를 나타낸다. 그림에 있어서 $U_{1\sim4}, U_p$는 각각 4개의 coil과 영구자속에의한 기자력을 나타낸다. 또한 R은 자기저항을 나타내며 첨자 m,g,i는 영구자속, 공극, 철심을 의미한다. 일반적으로 철심부의 자기저항은 다음의 식으로 나타내어진다.

$$R1k=\int \frac{\nu \cdot l_{1k}}{S_k} \cdot dl \qquad (1)$$

여기서, ν는 자기저항율[m/H], l_{1k}는 자로의

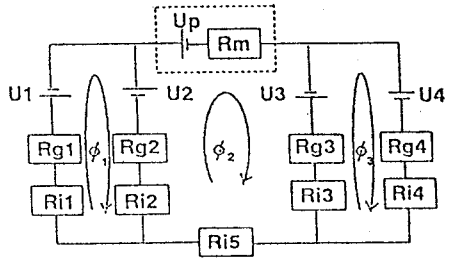

그림 1. LPM의 자기등가회로

길이[m], S_k는 자로에 수직한 단면적[m^2], k는 그림의 1~5를 나타낸다. 특성해석에는 공극을 0.2mm로설정했을 때의 여자전류와 추력의 관계를 구했다. 먼저, 유한요소법(FEM)보다 단시간에 해석이 가능한 퍼미언스해석에 의하였다. 1상여자의 경우, 여자전류 1A로 40Newton, 2A 여자시 70Newton, 3A 여자시에는 80Newton이 됨을 확인하였다. 해석결과의 확인을 위하여 유한요소법에의하여 가동자변

위와 발생 추력치의 관계를 구했다. 그림 2에 그 결과를 나타낸다. 공극이 0.5mm일때 1상여자시 최대추력이 40Newton미만으로 설계치와 근사한 해석결과가 얻어졌다.

3.시작품의 동특성:시작품의 성능파악 실험을 행하였다. 추력특성을 중심으로 동특성측정을 행하였다. 공극의 설계치는 0.5mm이지만 상기해석시와 마찬가지로 보다 큰 추력을 얻을 수 있슴을 확인하기 위하여 공극은 제작상 보장되는 최소치인 0.2mm로 고정하여 실험을 행했다.먼저 LPM기동시 최대 부하능력을 측정했다. 측정은 다음과 같이 행하였다. 정지한 상태의 LPM에 부하를 인가 한채로, 스텝상의 일정한 크기와 일정한 주파수의 구동펄스를 입력한다. 그 입력 주파수에 LPM이 동기하여 Slew영역(입력펄스에 동기하여 정속운동을 하는 상태)까지 운전되는 가를 확인한다. 운전이 가능하면 부하를 늘이고, 운전이 불가능하면 부하를 줄여서 반복기동을 시켰다. 이러한 방법으로 여자전류의 주파수와 전류치를 파라메타로 하여 시동시의 최대 부하담당능력을 실험적으로 구했다. 그림 3에 결과를 나타낸다. (a)는 시작품, (b)는 기존시판품(T사)의 실험결과로 시작품과의 비교를 위하여 측정을 하였다. 시작품의 실험결과에서 시판품에 비하여 비교적 폭넓은 구동주파수에서 여자전류치에 비례하는 시동추력특성이 있는것을 확인 할수 있었다. 다음 그림 4는 slew영역에서의 최대부하담당능력을 나타낸다. 측정은 다음과 같이 행했다. slew상태(구동펄스에 동기하여 정속도 구동중인 상태)의 LPM에 급히 부하를 가하여 LPM이 동기를 잃고 실속하는가를 확인한다. 동기를 잃으면, 부하를 감소시키고, 동기상태를 유지하면 부하를 증가시켜 실험을 반복하였다. 즉, 입력주파수와 그 값에 감당할 수 있는 최대 부하 능력을 측정하였다. 또한 여자전류치도 파라메타로 하였다.그림 4에서 시작품의 경우, 1.4A부근이 여자전류가 포화상태에 이름을 짐작할 수 있었다. 이 실험결과로 최적 구동전류치를 구할 수 있슴을 알 수 있다.

4.X-Y Table의 구동시스템과 실험 결과:X-Y Table 구동 시스템을 그림 5에 나타낸다. LPM의 구동은 open loop로 행하였다. 시스템에 위치 및 전류의 feedback loop가 있다.각각 위치오차측정 및 전류제어용 히스테리시스비교기를 위한 feedback loop이다. LPM의 위치오차 측정기로는 분해능 10μm의linear scale을 사용하였다. controller는 8097을

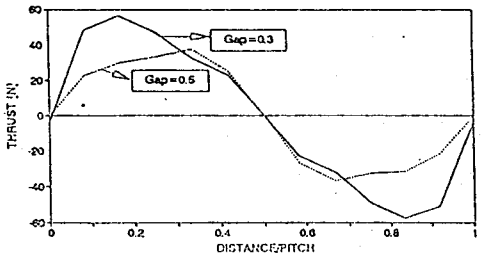

그림 2. Thrust 특성(FEM 해석 결과)

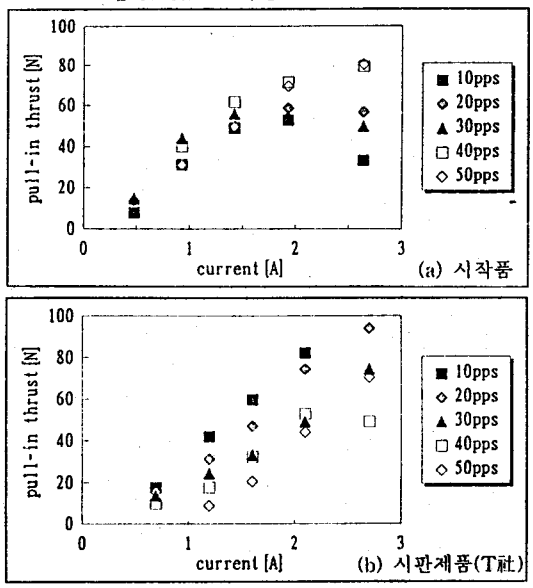

그림 3. 시동 thrust 특성(pull-in)

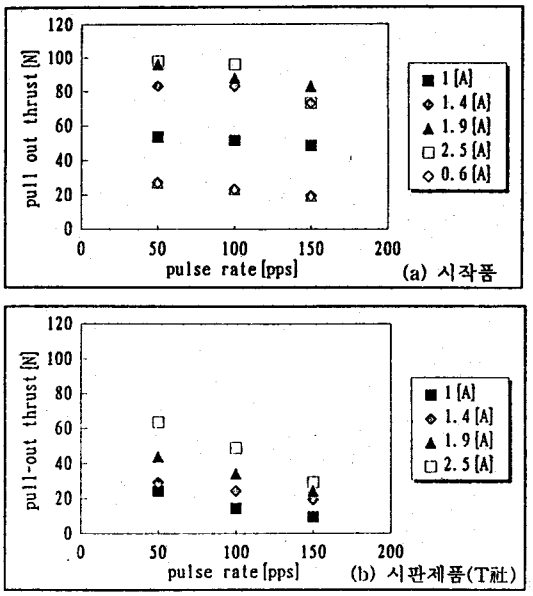

그림 4. Slewing 특성(pull-out)

탑재한 전용제어기로 pc와 시리얼 통신에 의하여 구동지시치 및 위치오차등을 측정할 수 있게 하였다. 또한 사용자 편의를 위하여 메뉴방식의 사용자interface를 개발하였다. 그림 6에는 직선등속도 구동시의 위치오차 측정결과 이다. 1/2 pitch 이동시 최대 오차가 75μm이 되었다. 또한 그림 7에는 개발한 메뉴방식의 사용자 interface를 나타낸다.

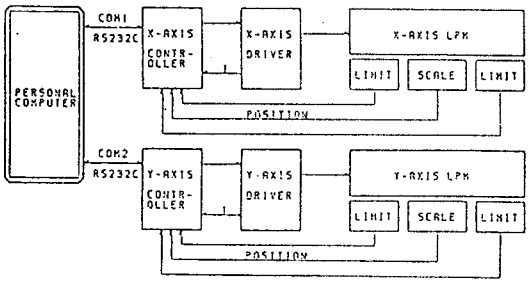

그림 5. X-Y table system

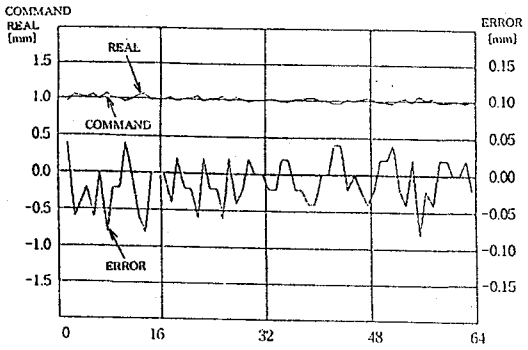

그림 6. 등속도 운전시 위치지령과 실제위치 1

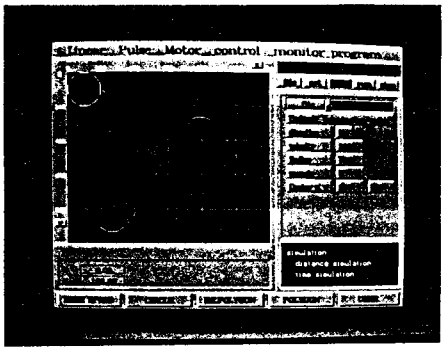

그림 7. 메뉴방식의 사용자 interface

5. 결론:

공극치 0.5mm에서 추력34N을 낼 수있는 LPM을 설계하고 퍼미언스 해석 및 FEM에 의하여 설계치의 확인검토를 하였다. 또한, 기동시 및 slew영역에서의 특성실험 방법을 개발하여 측정을 하였다. 그결과 시판품에 비하여 비교적 폭넓은 구동 주파수에 있어서 일정한 추력을 얻을 수 있었다. 시작품 LPM으로 X-Y Table을 구성하였다. 또한 메뉴방식 사용자 interface를 개발하였으며 등속도 운전시 위치오차가 ±100μm이내로 비교적 좋은 결과가 얻어졌다.

6. 참고문헌

1)안종보외, "microstep방식을 이용한 linear pulse motor제어에 관한 연구", 1993.7. 대한전기학회, 하계학술논문집(B), pp.840-843

2)김문환외, "FA용 Linear Pulse Motor 설계 및 Microstep 구동", 1994.7. 대한전기학회, 하계학술논문집(A), pp.322-324