

원통형 LPM의 설계 및 제작기법에 관한 연구

김문환**, 이남기*, 안종보*, 김국현*, 이동영**, 이상진**
한국전기연구소 발전제어 사업팀*, 위덕대학교 전기공학과

A development of cylindrical type Linear Pulse Motor

Moonhwan Kim**, Nam-Ki Lee*, Jong-Bo Ahn*, Kook-Hun Kim*, Dong-Young Yi**, Sang-Jin Lee**
(Korea Electrotechnology Research Institute*, Uiduk University Dept. of Electrical Engineering**)

Abstract - A cylindrical type Linear Pulse Motor (LPM) was designed as a linear motion actuator. In this paper, it is mentioned the mechanical design method of the LPM. It was designed as a prototype to estimate a new linearization control method for the nonlinear thrust force which is caused by the variable reluctance of the LPM. The designed LPM is determined a variable reluctance type to except the term of permanent magnetic force. The concreted figures and the dimensions will be described.

한 바 있다(1)-(4). 개발된 제어 기법의 보편적 타당성을 확인하기 위하여 새로운 형태의 LPM에의 적용을 시도하였다. 그 대상으로 원통형 LPM을 선정하였다. 원통형 LPM은 평판형에 비하여

- 1) 구조상, 누설 자속이 적은 형태를 하고 있으며
- 2) 용적당 추력비가 큰 점,
- 3) 소형·경량화에 유리한 점등의 잇점이 있다.

이러한 잇점들 중에서 특히 누설 자속이 적은 점과, 소형·경량화는 원통형 LPM의 실산업에의 적용대상을, 고신뢰성이 요구되는 분야(소형기기)에서 고추력이 요구되는 곳(산업용 생산기기)에 까지 폭넓은 적용성을 보여주는 것이라 할 수 있다. 원통형 LPM의 구동전원은 3상이며 구조는 variable reluctance(VR) type으로 하였다. 이는 통상의 전기기기용 전력변환장치가 3상으로 되어있는 경우가 대부분으로 연산제어장치의 제설정등의 번거로움을 피하고자, 실험실에서 제작된 비선형제어연산을 하는 제어기도 3상으로 설계하였다. 또한 VR type도 영구자석으로 인한 비선형성을 피하기 위해서이다.

1. 개 요

원통형 Linear pulse motor(LPM)은 LPM의 추력 리플 저감 기법 개발을 목적으로 한 연구의 일환으로 진행되었다. 이미 잘 알려진 바와 같이 Linear Motor는 모터 자체에서 직접 직선운동을 얻을 수 있는 것으로, 종래의 회전형 전기기기에 비하여, 보다 정확한 위치제어가 가능하며, 동일한 시스템으로 저속에서 고속까지 넓은 구동범위를 구현할 수 있는 것 등 많은 특징점을 갖고 있다. 회전기의 토크에 해당하는 추력의 면에서도 회전기에 비하여 약 수배의 추력대 질량비를 구현할 수 있다고 말하여 지고 있다. 그러나 본 연구에서 대상으로 하고 있는 LPM의 경우, 치 구조와 펄스형태의 구동전류로 인하여 추력에 심한 비선형성을 내포한다. 특히 저속 구동시 현저하게 드러난다. 고 정밀 위치제어를 필요로 하는 자동화분야에의 LPM적용이 늦어지는 가장 큰 이유가 된다. 본 연구는 위에서 언급한 바와 같이, LPM의 추력리플의 저감기법으로, 새로운 선형화 제어 기법을 개발하고자 하고 있다. 본 보고서는, 지금까지 실험실에서 사용해 온 평판형 LPM에 대신하여, 새로 채택한 원통형 prototype LPM에 관한 디자인결과를 정리한다. 원통형은 평판형에 비하여 단위 용적당 추력이 크며, 본 연구의 최종 목적인 리플저감 기법의 적용 대상으로 보다 적합하다고 보여지기 때문이다. 이하, 설계한 원통형 LPM(VR type)의 기계적 설계에 대하여 중간 연구결과를 간략히 정리한다.

3. 원통형 LPM의 설계

prototype LPM의 기계적 외형 치수는 실험실레벨로 실험이 용이한 크기를 택하였다. 기계적 요구사항으로 기본 스텝량 0.4mm, 총 행정길이 500 mm, 최대 추력치 20Newton 이상을 목표로 선정하였다. 구조는, 내부의 원기둥을 700mm로 하였으며 외부에서 고정하는 형태로 하였다(고정자). 가동자는 원통형으로 하여 고정자에 맞추어 끼우는 형태로 하였으며 길이는 145mm로 하였다. 외경은 고정자 60mm, 가동자는 110mm로 하였다. 고정자의 경우 전 길이에 걸쳐 동일 핏치로 슬롯을 가공하였다. 단, 직경방향으로 인접한 극간의 누설 자속을 차단하기 위하여 길이방향으로 서로 대칭 되는 4개의 홈통을 파도록 했다. 가동자의 경우는 길이 방향으로 3개의 극을 서로 $\{(n \times \text{핏치}) + 1/3\}$ 씩 어긋나게 배치하였다. 또 직경방향으로 인접한 극간의 극성이 어긋나도록 하였으며 이 또한 누설 자속을 차단하기 위하여 길이방향으로 서로 대칭 되는 4개의 홈통을 파다.

2. 원통형 LPM

본 연구는 LPM의 추력리플 감소 제어방식의 개발을 최종연구목적으로 진행하였다. 지금까지의 연구는 평판형 LPM을 prototype으로 하였다. 대상모터는 2상으로, 영구자석을 내장한 Hybrid Type이다. 제작한 모터의 특성측정 기법을 개발하였으며, 정특성, 동특성, 그리고 추력 리플 측정 시험을 했다. 또한 추력 리플 저감 기법 개발에 관하여, variable reluctance의 비선형값을 보상할 수 있는 새로운 선형화 제어 기법을 제안하였다. 그 결과, 얻어진 실험 결과는 이미 학회에 발표

요구되는 기계적 사양에 맞추기 위하여 전기적 사양을 설계하였다. 가동자 및 고정자에 사용되는 재료의 전기적, 기계적 특성, 최대 정추력 설계치를 얻을 수 있는 기차력과 권선의 무게/공간 등을 고려하여 설계하였다. 그리고 목표 가변 스텝량에 따른 슬롯의 크기를 결정하였다. 모델링에 사용된 주요한 파라미터 값을 다음 표 1에 나타낸다. 표1의 값을 사용하여 FEM 해석을 했다. 다음 그림 1에 FEM해석에 사용된 2차원 모델을 나타낸다. 그림 1은 축(길이)방향의 단면이며, 3상중 1상분을 나타낸 것이다. 모터의 재질은 제작 및 강도의 문제를 고려하여, SS35C를 채택하였다. 이는 일반적으로

많이 사용되는 전기강으로 재료의 특성치 역시 잘 알려져 있다. FEM의 계산에 이 값들을 사용하였다. 공극 값은 최대 0.1mm, 최소 0.01mm로 두고 이 사이의 값을 변화 시키며 해석하였다. 또한 권선에 가하는 기자력은 50-200AT 까지의 값을 사용 하였다.

표 1 설계 파라미터 값 (단위 mm)

치폭	1.2	치 높이	0.84
공극	0.01	극간 거리	102.6
고정자 극높이 (반경방향)	19.16	가동자 극높이 (반경방향)	8
고정자 극폭 (길이방향)	8.4	가동자 극폭 (길이방향)	13.2, 7.94

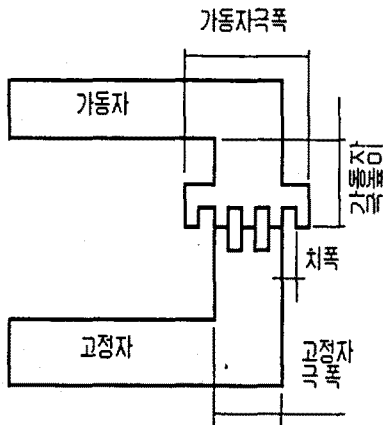


그림 1 원통형 LPM의 2차원 모델

4. 해 석 결 과

1) 다음 그림 2 - 4에 FEM 해석 결과를 나타낸다. 그림 2에서 횡축은 축길이 방향으로 거리를, 종축은 공극에 유기 되는 자속 밀도 분포를 나타낸다. 자속 밀도가 높은 곳이 가동자와 고정자의 치가 일치한 곳을 나타낸다. 그림 3, 4에서는 윗부분의 역T자형이 가동자, 밑이 고정자이다. 가동자의 가운데 있는 네모 2개는 권선부를 나타낸다. 그림 3은 가동자가 이동 전, 가동자-고정자의 치가 일치하고 있을 때의 등자속선을 나타내며 그림 4는 가동자가 왼쪽으로 1/2 피치 이동한 경우의 등자속선의 변화를 보인다. 곡선과 치 부분의 등자속선의 분포를 확인 할 수 있다.

2) 원통형 LPM의 발생 추력은 가동자의 이동전과 이동 후의 co-energy의 변화량에서 산출하였다. 50AT의 기자력이 인가된 경우, 공극이 각각 10-100미크론에서 약 160-11(N/m²)의 힘을 얻을 수 있음을 계산결

과 확인 하였다

3) 다음 그림 5-7에, 설계한 LPM의 기계치수의 상세를 보인다. 그림 5는 사용되는 4개의 가동자중의 하나의 개략도이다. 직경방향으로 이와 같은 가동자가 4개가 사용된다. 그림 6은 가동자, 그림 7은 고정자, 그리고 그림 8에 최종 조립도를 나타낸다.

공극자속밀도분포

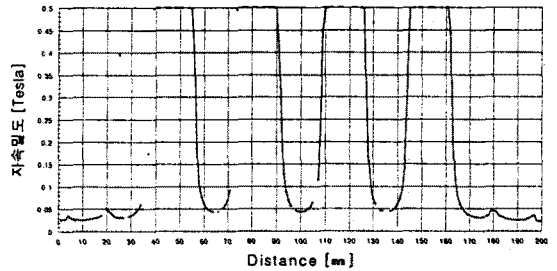


그림 2 고정자와 가동자의 치가 일치한 경우의 공극자속밀도분포곡선

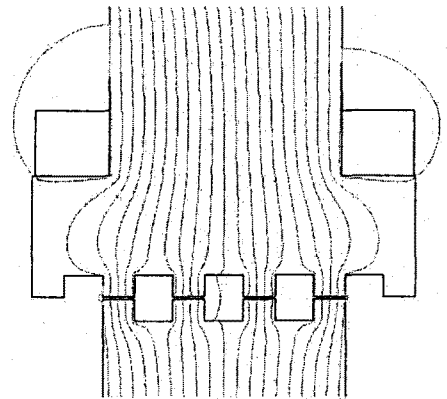


그림 3 고정자와 가동자의 치부분의 등자속선(이동전)

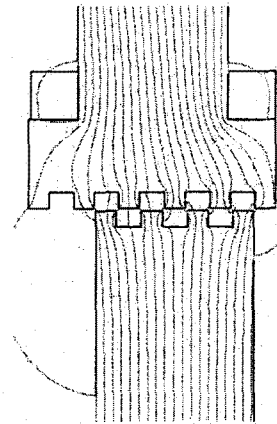


그림 4 고정자와 가동자의 치부분의 등자속선(이동후)

[참 고 문 헌]

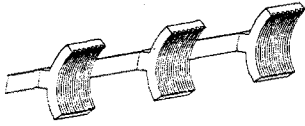


그림 5 가동자의 개략도 (1/4편)

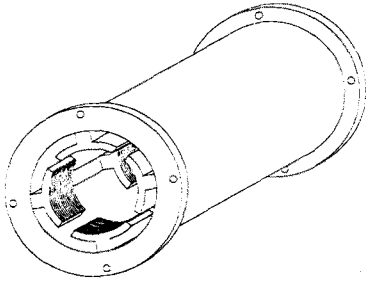


그림 6 가동자 구조도

- [1] 김문환의, "LPM의 동추력특성측정 및 선형화제어기법개발", 대한전기학회, 하계학술논문집(F), pp.2146-2148, 1997.7
- [2] 김문환의, "LPM의 추력리플 저감 기법 개발", 대한전기학회, 하계학술논문집(A), pp.385-360, 1996.7
- [3] 김문환의, "LPM을 이용한 x-y table과 사용자interface의 개발", 대한전기학회, 하계학술논문집(A), pp.291-293, 1995.7
- [4] 김문환의, "FA용 Linear Pulse Motor 설계 및 Microstep 구동", 대한전기학회, 하계학술논문집(A), pp.322-324, 1994.7.
- [5] S. H. Chu and I. J. Ha, "Control of hybrid step motor via a simplified linearization technique", Internation Journal of Control, vol 61, No. 5, pp. 1143-1167, 1995
- [6] D. G. Manzer, et al., "Variable reluctance motor characterization" IEEE Trans. Ind. Elec., Vol.36, No.1, pp56-63, 1989

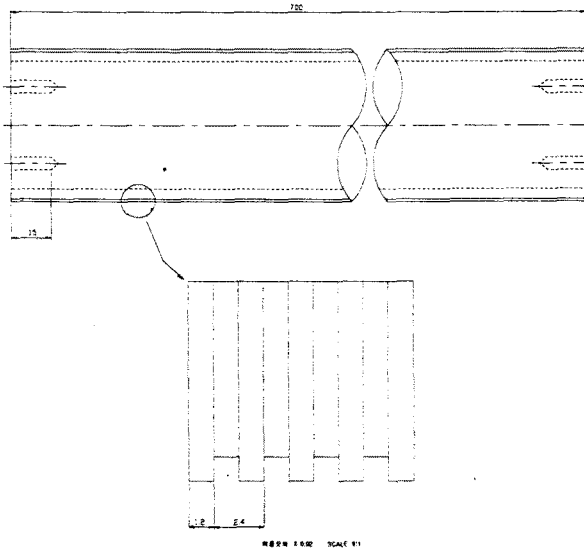
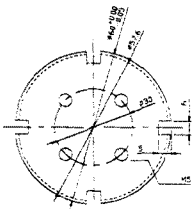


그림 7 고정자 구조도

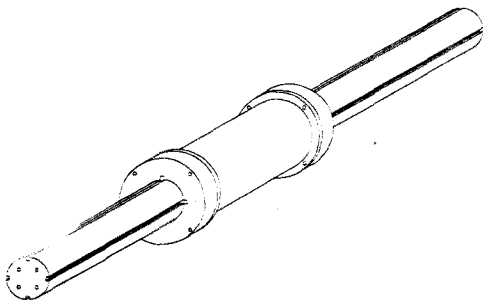


그림 8 조립도