

IT용 30W 종자속 냉매압축기의 특성해석

홍도관*, 우병철*, 김중무*, 정연호*, 강도현**

Characteristic Analysis of 30W Longitudinal Flux Refrigerant Compressor for Information Technology

Do-Kwan Hong*, Byung-Chul Woo*, Jong-Moo Kim*, Yeon-Ho Jeong*, Do-Hyun Kang**
 Korea Electrotechnology Research Institute, Electric motor group*,
 Korea Electrotechnology Research Institute, Transverse flux machine group**

Abstract - 선형전동기는 위치 및 속도 제어기구조 빠른 속도와 강한 추력 정확한 위치 제어가 가능하다. 선형전동기의 성능 향상 및 소형화를 위해서는 추력의 최대화가 요구되는데, 일반적으로 추력을 계산하는 방법으로 유한요소법, 등가자기회로방법 등이 있다. 본 연구에서는 유한요소법을 이용하여 정자장 해석인 정특성과 과도해석인 동특성을 분석하였다. 향후 정특성과 동특성의 결과를 통해서 시제품의 실험결과와 비교 분석하여 동특성해석에 대한 검증할 수 있을 것이다.

1. 서 론

리니어 컴프레서는 LOA(Linear Oscillating Actuator)와 피스톤과 공진스프링이 직접 연결되어 공진운동을 하며 리니어 모터의 성능은 리니어 컴프레서 전체의 성능에 직접적인 영향을 준다. 따라서 높은 효율을 가지는 리니어 모터를 설계하기 위하여 고효율을 가지는 리니어 모터가 필요하다. 리니어 모터는 스크류나 체인, 베어링, 기어같은 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환하는 장치가 필요없다는 장점이 있다.

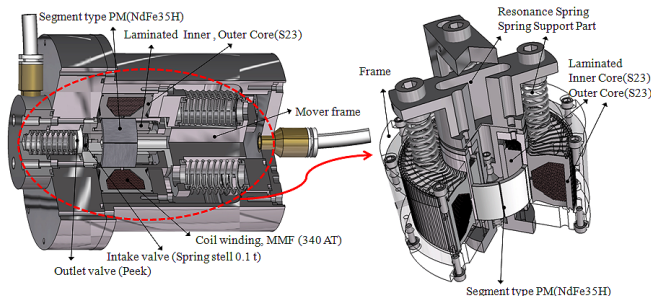
본 논문에서는 냉매압축기에 적용 가능한 종자속 선형전동기의 형상을 설계 및 제작하였다. 공진구동형인 IT용 30W 종자속 선형전동기는 moving magnet 형태이며, 정자장해석을 통해서 구동 스트로크에 따라서 발생하는 추력의 프로파일이 스트로크 구간에서 일정하게 설계하였고, 또한 철심, 코일, 자석으로 구성된 리니어 액추에이터가 경량화 되도록 선형 연구에서 최적설계를 수행하였다.[1] 축대칭모델로 해석을 수행하였으며, ANSYS와 MAXWELL 등의 상용 소프트웨어를 통해서 해석의 신뢰성을 검증하였다. 또한, 과도해석을 통해서 리니어 액추에이터에 공진스프링과 이동자 질량을 고려하여 고유진동수를 결정하고, 입력전압의 주파수를 기계적 시스템의 고유진동수와 일치가 되는 공진주파수일 때 전기적인 특성과 기계적인 특성에 대해서 비교, 분석하였다.[2]-[4]

2. 특성해석

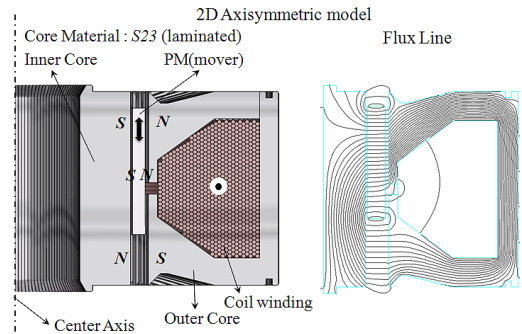
2.1 종자속 선형전동기

그림 1은 IT용 냉매 압축기의 종자속 선형전동기 구조를 나타내고 있다. 내측 및 외측코어는 S23의 적층코어로 하였으며, 이동자는 네오디뮴 계열의 영구자석을 사용하였다. 또한 공진스프링과 스프링 가이드를 이용하여 공진구동 되도록 설계하였다. 또한 흡입 및 토출 밸브와 피스톤, 실린더도 설계하였다. 표 1에 30W 종자속 선형전동기에 사용된 사양을 나타낸다. 시스템의 감쇠계수는 에너지 반감법과 대수감쇠율을 통해서 실험적으로 감쇠값을 구할 수 있다. 본 연구에서는 실험적으로 대수감쇠율을 통해서 시스템의 감쇠계수 값을 구하였다.

$$\delta = \ln \left(\frac{x_2}{x_1} \right), \zeta = \frac{\delta}{\sqrt{\delta^2 + (2\pi)^2}}, c = \zeta \times 2\sqrt{mk}$$



〈그림 1〉 IT용 냉매 압축기의 종자속 선형전동기 구조



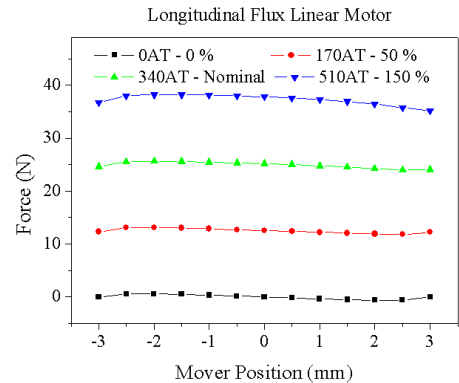
〈그림 2〉 종자속 선형전동기의 구성모델과 자속라인

그림 2는 종자속 선형전동기의 구성모델의 축대칭 단면과 자속라인을 나타내었다. 코일의 전류를 교류로 인가하게 되면, 이동자인 영구자석이 아래, 위로 액추에이터로 구동하는 구조이다.

〈표 1〉 30W 종자속 선형전동기의 사양

항목	사양
정격전압	20[V]
저항	2.363[Ω]
이동자질량	0.0767[kg]
시스템의 스프링강성	12800[N/m]
시스템의 감쇠계수	7.24[N·S/m]
전압의 구동주파수	65[Hz]
구동스트로크	± 3.5[mm]
전류밀도	5[A/mm ²]
정격기자력	340[mN]
코일직경, 턴수	0.632[mm], 280[turn]
영구자석의 잔류자속밀도	1.23[T]
영구자석의 계열	NdFe35H

2.2 정특성

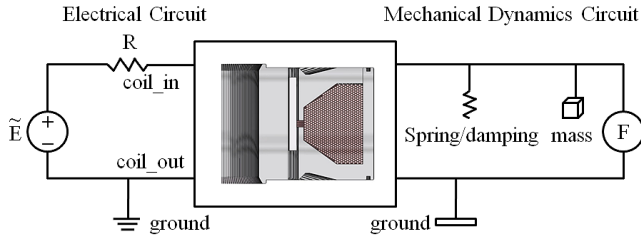


〈그림 3〉 종자속 선형전동기의 기자력에 따른 추력특성

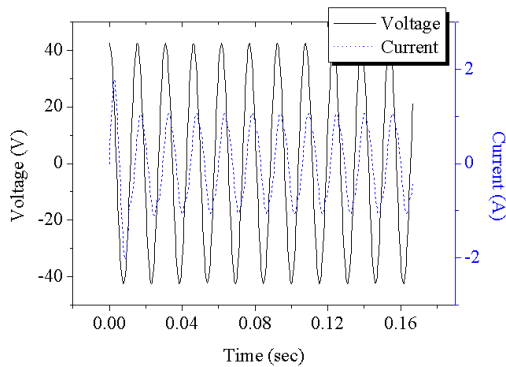
그림 3은 종자속 선형전동기의 기자력에 따른 추력특성을 나타내었다. 정격기자력을 340[AT]으로 하였으며, 150 %까지 정특성을 나타내었다. 구동스트로크를 ± 3 [mm]로 설정하여 디텐트력과 추력특성을 파악하였으며, 구동스트로크 내에서 힘의 형태가 일정하게 나타남을 알 수 있다.

2.3 동특성

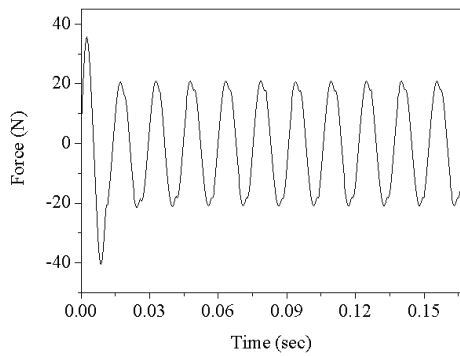
그림 4는 종자속 선형전동기 모델의 동특성 해석을 위한 회로 구성도를 나타내고 있다. 입력전압 30[V]에 고유진동수인 65[Hz]인 구동전압을 인가하였으며, 코일의 저항은 측정값을 입력하였다. 또한 기계적인 동적 회로에는 공진스프링과 이동자 질량을 결정하여 입력하였으며, 동적구동 일 때 공진스프링의 무게의 1/3을 이동자 질량에 고려하였다.



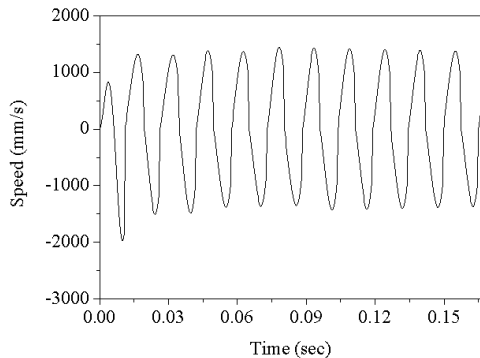
〈그림 4〉 동특성 해석을 위한 회로 구성도



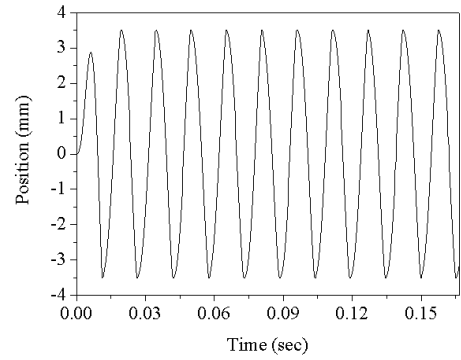
(a) 입력전압 및 전류



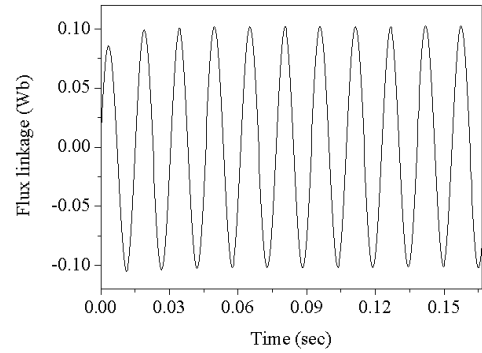
(b) 추력



(c) 속도



(d) 위치



(e) 쇠교자속

〈그림 5〉 동특성 해석결과

코일 쪽에 정격 기자력 입력은 340[AT]으로 하였으며, 해석에 필요한 입력값을 표 1에 모두 나타내었다. 과도해석에서 시간간격은 0.000333초로 해석을 수행하였으며, 그림 5에 입력전압, 입력전류, 추력, 속도, 위치, 쇠교자속 등의 변화를 시간영역에서 표현하였다. 입력전압과, 입력전류는 공진주파수 조건에서 입력을 하였으며, 입력전압에 대해 전류의 위상이 90° 위상지연이 발생함을 할 수 있다. 공진 구동 시 발생하는 변위 진폭의 크기는 약 ± 3.5 [mm] 발생하였다. 추후 동특성 시뮬레이션 결과를 시제품의 동적실험을 통해서 비교, 검증하고자 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 냉매압축기에 적용 가능한 종자속 선형전동기의 형상을 설계 및 제작하였다. 축대칭모델로 해석을 수행하였으며, ANSYS와 MAXWELL 등의 상용 소프트웨어를 통해서 해석의 신뢰성을 검증하였다. 또한, 과도해석을 통해서 리니어 액추에이터에 공진스프링과 이동자 질량을 고려하여 고유진동수를 결정하고, 입력전압의 주파수를 기계적 시스템의 고유진동수와 일치가 되는 공진주파수일 때 전기적인 특성과 기계적인 특성을 파악하였다. 향후 정특성과 동특성의 결과를 통해서 시제품의 실험결과와 비교 분석하여 동특성해석에 대한 검증을 수행할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] D. K. Hong, B. C. Woo, S. Y. Moon, D. H. Kang, "Application of response surface methodology for improving performance of 30W PM-type longitudinal flux linear motor for refrigerant compressor", 13th IEEE CEFC (Conference on Electromagnetic Field Computation) 2008, May, 2008
- [2] 하경호, 염상부, 홍정표, 허진, 강도현, "구동 전압을 고려한 3차원 등가자회로방법에 의한 선형 직류전동기의 동특성 해석", 대한전기학회논문지, 제 51권 2호, pp. 61-68, 2002
- [3] 강규홍, 홍정표, "단상 직류기동 영구자석 동기전동기의 기동특성 해석", 대한전기학회논문지, 제 50권 12호, pp. 592-600, 2001
- [4] 우병철, 강도현, 홍도관, "공진형 선형 액추에이터의 스프링 강성 변화에 따른 과도응답특성", 대한전기학회논문지, 제 54권 3호, pp. 134-138, 2005