

T형 자석을 갖는 할바흐 자석배열 선형모터의 개발과 성능 검증 Design and Verification of Linear Motor using Halbach Magnet Array with T Shape Magnet

*김무종¹, *이원기¹, #이문구²

*M. J. Kim¹, *Won Gi Lee¹, #Moon. G. Lee(moongulee@ajou.ac.kr)²

¹아주 대학교 기계공학과

Key words :halbach magnet array, linear motor, T shape magnet

1. 서론

최근 초정밀 제어 계측 분야에서 선형 모터는 폭 넓게 사용되어지고 있다. 특히, 반도체 분야, LCD 패널 제작 그 외 정밀 이송 운동이 필요한 다양한 분야에 적용되어지고 있다. 이러한 정밀한 이송을 하기 위해선 모터의 큰 추력과 높은 힘리플이 요구되어진다.

힘 리플은 코깅 리플과 정류 리플로 구분되어진다.코깅 리플은 자석과 코어의 인력으로 인해 발생하며, 정류 리플은 코일의 전류와 자석의 자기장의 비정형성에 의해 발생한다.

코어리스 선형 모터는 코어를 사용하지 않으므로 코깅리플을 원천적으로 제거를 하여 정밀도를 향상 시키지만 추력이 부족하여 고속제어에 부적합하고 가감속 영역에서 한계가 존재한다.

자석을 틀어 배열(skewing magnet array)을 적용한 선형모터는 코깅 리플은 감소시키고 추력은 감소되지 않는다.

할바흐 자석 배열을 적용한 선형모터는 공극 자속밀도를 증가시켜 추력을 증가 시키나 자기장의 정형성이 깨져 힘리플을 증가시키는 문제가있다.[1]

본 논문에서는 기존에 적용된 할바흐 자석 배열 보다 조립이 쉽고 단위 면적당 추력이 크며 힘리플이 감소한 T형 자석을 갖는 할바흐 자석 배열 선형모터의 개발과 성능 검증을 제안한다.

2. 선형모터의 개발

제안된 선형 모터의 특징은 T형 자석을 갖는 할바흐 자석으로 자석 배열을 사용하였다. T형 자석배열의 이점은 기존 할바흐 자석 배열보다 표면

적이 넓어 조립과 제작이 쉽다. 또한 T형 자석을 갖는 할바흐 배열은 기존 사각형 보다 공극 자속 밀도가 높아 단위 면적 당 더큰 추력을 갖으며 적은 힘리플을 갖는다.[2]

제안된 선형모터는 가이드는 마찰력을 최소화 하기 위하여 공기 베어링 가이드를 사용하였다. 코일은 공극 부분에서 공차 확보가 용이하지 않으나 열적으로 안정적이며, 더 많은 코일 감은 횟수를 확보할 수 있는 3상 sparse winding 형태를 사용하였다.

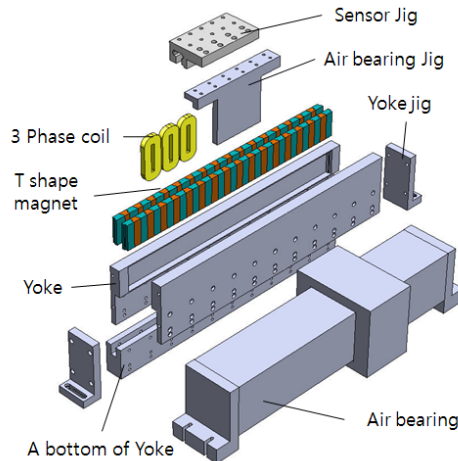


Fig. 1 Component of the linear motor with T shape

의 제질은 AL 7075를 사용하였으며, 센서는 레이저 센서(model RLU10, Renishaw Inc.)를 사용하였다. 자석배열은 표면반응 분석법을 이용하여 최적화를 하였으며, 기존 선형모터에 비해 평균 추력은 42.28 N/A 로 약 8.2 % 증가하였으며 단위 질량 당 추력은 37.84 N/A 로 약 24.8 % 증가하였다.

Fig.1은 제안된 선형 모터의 분해도이다.

3. 성능 검증

측정에 사용된 센서의 측정 resolution 은 39.5 nm 이다.

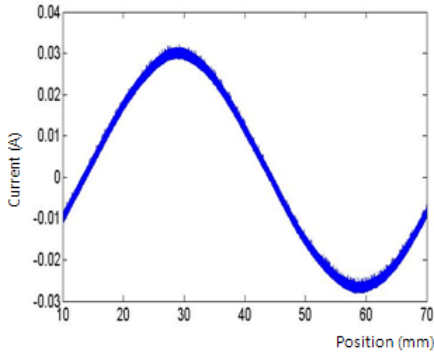


Fig.2 force ripple at W=0 kg

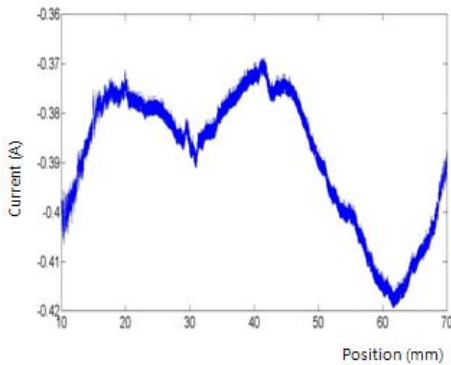


Fig.3 Force ripple at W=3 kg

Fig.2 과 Fig.3는 전류의 크기에 비례하는 정류 리플의 특성을 보여 준다. 본 실험에서는 TDC 제어기를 사용하여 위치제어를 하였으며 이때 선형모터에 하중을 부가하여 더 큰 전류를 인가하도록 만들었다. Fig.2은 선형모터의 코일 및 지그의 자중만 고려한 상태에서 위치제어를 하였을 때 전류의 특징을 나타내었고, Fig.3 는 선형모터에 3 kg의 하중을 부과한 후 위치제어를 하였을 때 전류의 특징을 나타낸다.

제안된 선형모터의 자석 주기는 60 mm 이다.

3.결론

본 논문에서는 T형 자석을 갖는 할바흐 자석

배열의 선형 모터를 제안하였다.

제안된 선형모터는 다음과 같은 특징을 갖는다.

첫째, 일반 선형 모터와 사각형 할바흐 자석 배열을 적용한 선형모터에 높은 추력을 갖으며 작은 힘 리플을 갖는다. 이는 구현 가능한 할바흐 자석 배열 중 가장 높은 추력을 갖는 것이다.

둘째, 기존 할바흐 자석 배열에 비해 조립과 제작이 쉽다. 그 이유는 다른 자석의 형태에 비해 표면적이 넓어 접착력이 증가하기 때문이다.

향후에는 힘 리플을 제거하기 위한 다양한 제어기를 적용하고 보다 다양한 성능 평가를 수행할 예정이다.

후기

본 과제는 지식경제부 주관에 있는 산업원천기술개발사업(# 과제번호 10035509-2010-01)의 사업비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 이문구, “다분할 사다리꼴 자석배열을 이용한 초정밀 선형위치결정 기구의 설계와 구동”, KAIST 박사학위 논문, 2003
2. 김진용, 김현욱, 이수훈, 이문구, “T형 자석을 이용한 HMA선형모터의 SQP method를 이용한 최적 설계”, 대한기계공학회 추계학술대회, 3099-3103, 2009