

횡자속 선형전동기의 적용분야에 따른 모델분석

류호길, 이정종, 김영규, 홍정표, 강도현*
 창원대학교 전기공학과, 한국전기연구원*

Model Anlysis 횡자속 선형전동기의 적용분야에 따른 모델분석

Ho-Gil Ryu, Jeong-Jong Lee, Young-Kyoun Kim, Jung-Pyo Hong, Do-Hyun Kang*
 Changwon National Univ, Korea Electrotechnology Research Institute*

Abstract - At recently, it is regarded efficiency of the electric motor, and the development of the electric motor of new concept and research according to the development of new material and a elevation of magnetic property of magnetism material have been processed actively. One of the that, the transverse flux linear electric motor is studing actively about application method in many ways, because it has high power density and efficiency more than a induction motor. In this study we introduce apply field of the electromotor which follows picture and find out the characteristic using the 3D Finite Element Method(FEM).

대로 설치하였다. 그림 1(a)는 고정자에 Scew를 주어 설계된 횡자속 선형전동기이다. 토크리플을 저감하고 양측 극면에서 일정한 방향으로 추진력을 얻기 위해 권선이 감겨 있는 철심을 극간격만큼 Scew를 주었다. 그림 1(b)와 (c)는 이동자에 Scew를 주어 고정자에 Scew를 주었을 때보다 자속의 흐름을 더 원활히 하여 그림 1(a)의 모델보다 더 작은 토크리플이 나타날 것으로 예상된다. 그림 1(b)는 이동자에 권선을 감은 형태이고, 그림 1(c)는 고정자에 권선을 감고 이동자에 Scew를 준 모델이다. 해석모델의 이동자는 출력밀도를 증가시키기 위해 영구자석과 철심으로 구성되었으며, 고정자는 철심으로 구성되었다. 이동자에 설치된 영구자석의 자극을 교대로 설치하고 양측 극면에서 일정한 방향으로 추진력을 얻기 위해 극간격만큼 고정자 또는 이동자에 Scew를 주었다. 실제 설계된 모델은 그림의 모델들이 계속 반복된 형상을 지니고 있다.

1. 서 론

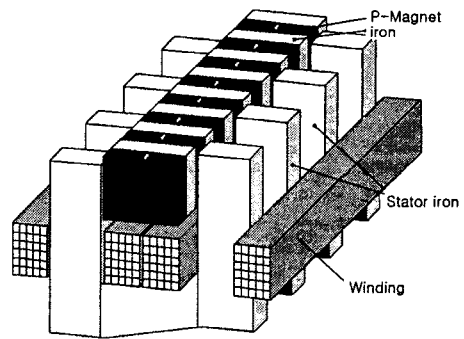
최근들어 전동기에 대한 효율을 중요시 여기고 있으며 전기기에 사용되는 자성재료의 자기적 성질향상 및 신재료의 개발등으로 새로운 개념의 전동기 개발과 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 이에 부합되는 전동기중의 하나인 횡자속 전동기는 극간격의 크기를 적게 설계하고, 이동자의 이동 방향을 기준으로 하면 전류의 방향과는 같고 자속의 방향과는 횡방향이 됨으로써 전기회로와 자기회로가 분리되므로 높은 출력밀도를 얻을 수 있다. 또한 오버행이 없는 링형태의 권선으로 동의를 절약함으로써 효율이 높다[2],[3]. 이는 또한 소형 및 경량화가 가능하다는 것을 의미한다. 이동자에 포함된 영구자석에서 발생된 자계는 공극에서의 자계를 집중시킴으로 높은 공극 자속밀도를 얻을 수 있어 출력 밀도를 더욱 증가시킨다.

이런 이유로 일반 선형유도 전동기에 비해 높은 출력 밀도와 효율을 가진다는 점에서 여러 방면에서의 적용방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 실제 영구자석 여자 횡축형 전동기를 지하철 차량 혹은 경전철 차량의 선형 추진 시스템에 적용시킬 경우 일반 선형 유도 전동기에 비해 3배 이상 높은 출력밀도를 얻을 수 있는 가능성은 증명되어 있는 상태이다[4]. 이에 본 논문에서는 횡자속 선형전동기의 다양한 적용분야를 소개하고 3차원 유한요소해석기법을 이용하여 전동기의 추력과 수직력특성을 해석하고 각각의 용도에 적합한 횡자속형 전동기의 형상 및 자기회로 구조를 검토하였다.

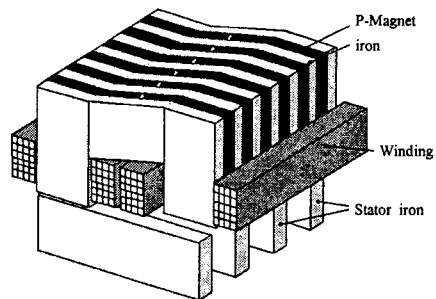
2. 본 론

2.1 횡자속 선형전동기 구조

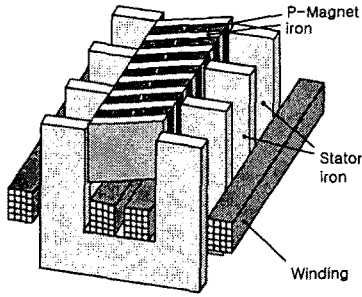
본 논문에서의 분석모델은 횡자속 선형전동기의 대표적인 형상인 그림 1의 (a), (b), (c)와 같이 나타내었다. 기본적으로 이동자는 철심과 영구자석의 자극을 교



(a) 모델 1



(b) 모델 2



(c) 모델 3
그림 1. 분석 모델

2.2 횡자속 선형전동기의 추력 발생원리

그림 2에서는 분석하고자 하는 모델의 추력 발생원리를 나타내기 위한 그림이다. 그 예로써 그림 1(c) 모델을 설명한다. 그림 2는 한상 분의 부분모델이며, 고정자의 권선여자시 그림 2와 같이 극이 나타난다. 이때 이동자에는 영구자석에 의한 극이 나타난다. 따라서, 이동자와 고정자의 극에 의해 N극과 N극은 척력이 작용하고, N극과 S극사이에는 인력이 작용한다. 이로 인해서 추력이 생겨서 그림과 같이 이동방향으로 이동한다. 2상 구동시 권선의 여자의 순서(1/2극간격)에 따라 일정방향으로 이동이 가능하다. 그림 1(a)와 1(c)는 Magnetic torque를 이용한 것이며, 그림 1(b)는 Reluctance torque를 이용한 것이다.

2.3 해석 방법

해석은 3차원 유한요소해석기법을 이용하여 해석하였으며, 해석된 모델은 이동자 2극분형상(40[mm])을 해석하였다. 표 1~3은 각각 가진기의 해석조건, 추진기의 해석조건, 송강기의 해석조건을 나타낸 것이다.

표 1에서의 35PN380은 포항중합철(주)에서 생산되는 재질중 하나이다. 영구자석은 희토류 영구자석으로 선정하였다. 각 모델의 극간격은 20[mm]이며, 해석상의 이동자의 이동거리는 극간격분(정렬~비정렬~정렬)을 하였다. 기자력의 값은 권선의 기자력을 의미한다.

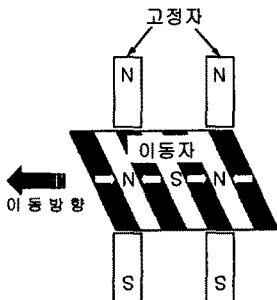


그림 2. 모델 3의 뒷면도

표 1 모델 1의 해석조건 (Br : 잔류자속밀도, μ : 투자율)

철심 재질	35PN380
영구 자석	Br=1.2 [T], $\mu = 1.05$
기 자 력	390, 1170, 1950, 2730, 3510, 3900 [AT]

표 2 모델 2의 해석조건 (Br : 잔류자속밀도, μ : 투자율)

철심재질	이동자 : Ns-20c, 고정자 : s23
영구자석	Br=1.2 [T], $\mu = 1.05$
기 자 력	0, 1250, 2500, 3750, 5000, 6250, 7500 [AT]

표 3 모델 3의 해석조건 (Br : 잔류자속밀도, μ : 투자율)

철심 재질	S20c
영구 자석	Br=1.2 [T], $\mu = 1.05$
기 자 력	3200 [AT]

2.4 해석 결과

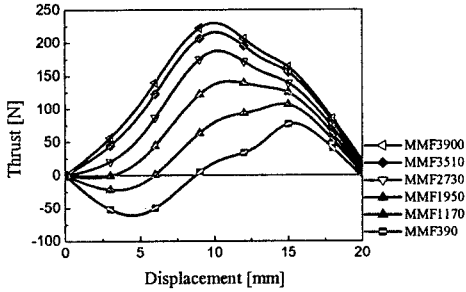
그림 3의 (a), (b), (c)는 각각 그림 1의 모델 1, 모델 2, 모델 3의 기자력변화와 이동자의 이동에 따른 추력결과를 그래프로 나타낸 것이다. 권선에 의한 기자력이 작을 경우, Detent force에 의해 부추력이 나타남을 볼 수가 있다. 해석결과로부터 Detent force의 극복을 위해서는 최소 1000[AT]의 권선기자력을 인가해주어야 한다는 것을 알 수가 있다. 그림 3의 (a)의 해석결과를 보면 토크리플이 심하게 나타남을 알 수가 있다. 그리고, 기자력 3510[AT]에서 포화현상이 나타나 기자력을 더 주더라도 많은 증가를 하지 않음을 알 수가 있다. 그림 3의 (b)의 해석결과와 정현파에 가까운 추력이 나타남을 볼 수가 있고, 기자력 5000[AT]이상에서 포화현상을 나타내기 시작함을 볼 수가 있다.

그림 3의 (c)의 해석결과와 정격기자력에 대한 추력이며, 정현파에 가까운 양상을 나타내고 있다. 그리고, 비정렬상태에서 최고치의 추력을 나타냄을 볼 수가 있다. 이것은 2상구동시 추력이 일정하게 됨을 의미한다. 따라서 안정적인 운전을 할 것이다. 따라서, 송강기로써의 역할을 하게 되는 것이다. 추력의 해석결과를 살펴볼 때, 그림 1의 (a)는 정격기자력을 3000[AT]부근에서 결정하는 것이 알맞으며, 그림 1의 (b)의 모델인 경우 정격기자력을 5000[AT]부근에서 결정하는 것이 알맞다. 그림 4에서는 그림 1의 해석모델에 따른 수직력을 나타낸 것이다. 그림 4의 (a)가 다른 모델의 수직력 (b), (c)와 다르게 나타난 이유는 정렬상태일 때 철심이 나타나는 극성이 다르기 때문에 그 양상이 거꾸로 나타난다. 그림 4의 (b)는 그림 1에서 보듯이 추진기의 경우 이동자의 무게가 무거우므로, 그림 4의 (b)와 같이 큰 수직력이 작용함을 알 수가 있다. 수직력에 있어서도 추력과 비슷한 기자력인가부근에서 포화현상이 나타남을 알 수가 있다.

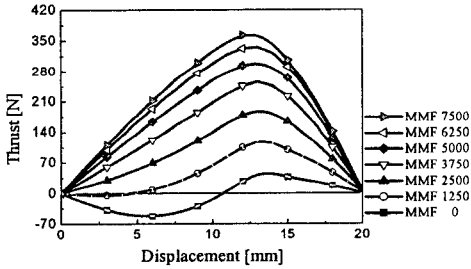
2.5 횡자속전동기 구조에 따른 적용분야 검토

이상의 해석결과들을 통해 설계된 모델의 형상에 따른 적용분야를 검토한다. 그림 1(a)의 모델인 경우, 토크리플을 줄이고자 Scew를 주었으나, 공극에서의 자기회로를 검토해 보았을 때, 2상구동시 여전히 리플이 나타남을 볼 수가 있다. 하지만, 이동자의 Scew를 준 모델보다 큰 추력을 나타남을 볼 수가 있다. 따라서 가진기와 같은 용도에 적합하다고 보여진다. 가진기는 물체에 기계적인 동력인 가진력을 제공하는 장치로써 건축물 및 기계 구조물의 동특성 해석을 위한 진동 시험과 압축기 등의 분야에 이용되고 있으므로, 토크리플의 영향을 받지 않는다. 그림 1(b)와 그림 1(c)는 비슷한 자기회로를 가진다. 두 모델 모두 이동자에 Scew를 주어 자속의 흐름을 조금더 원활하게 하였다. 따라서, 해석결과에서

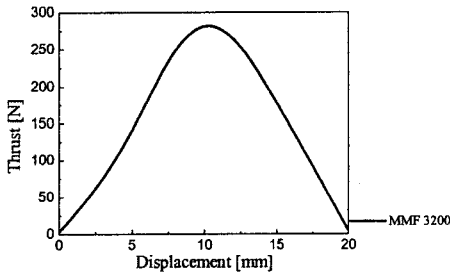
보듯이 고정자에 Scew를 준 모델보다 토크리플이 없음을 확인 할 수 있다. 하지만 그림 1(b)와 같은 구조는 권선에 이동자를 감음으로써 이동거리가 긴 경우 유리하다. 하지만 이동자의 무게가 무거우므로 수직이동에는 적합하지 않다. 따라서, 수평형이동시에 사용되는 모델이라 하겠다. 그림 1(c)와 같은 구조는 안내 결합형으로써 수평방향의 안내력은 U-형태의 철심이 공극을 사이에 두고 일치하려는 힘에 의해서 안정된 안내력을 발생시킨다. 그 해석결과 또한 그림 3(c)와 같이 정현파에 가까운 추력을 나타낸다. 따라서, 안정적인 추력을 요구하는 분야에 사용된다. 그 예로 승강기가 있다. 비교적 가벼운 이동자와 안정적인 추력이 강점이나, 고정자에 권선을 감음으로써 동력의 양이 많이 든다.



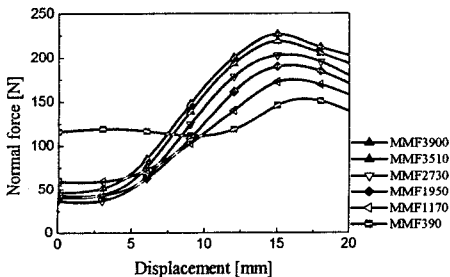
(a) 모델 1의 기자력과 이동자의 이동에 따른 추력



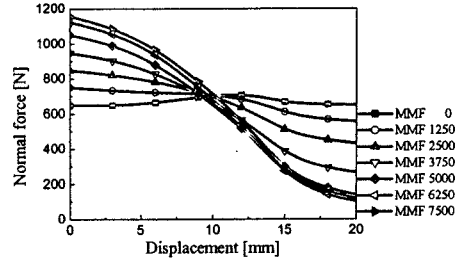
(b) 모델 2의 기자력과 이동자의 이동에 따른 추력



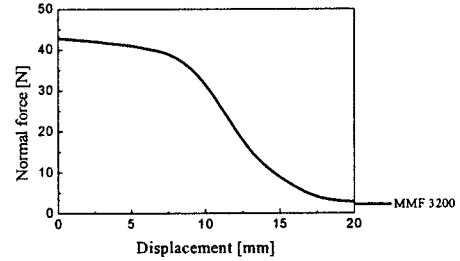
(c) 모델 3의 일정기자력에 대한 이동자의 이동에 따른 추력
그림 3 모델의 형상에 따른 추력



(a) 모델 1의 기자력과 이동자의 이동에 따른 수직력



(b) 모델 2의 기자력과 이동자의 이동에 따른 수직력



(c) 모델 3의 일정기자력에 대한 이동자의 이동에 따른 수직력
그림 3 모델의 형상에 따른 수직력

3. 결 론

본 논문에서는 횡자속전동기의 형태에 따른 장단점을 살펴보고, 3차원스칼라포텐셜을 이용한 해석을 통해 이동자의 이동에 따른 추력양상을 알아봄으로써 그 용도를 결정하여 보았다. 이상을 간략하게 요약하면 다음과 같다.

가. 그림 1의 (a)의 모델인 경우 고정자에 Scew를 줌으로써 큰 추력을 얻을 수 있으나 토크리플이 나타나고 있다. 따라서, 토크리플에 큰 영향을 받지 않는 가진기로서의 사용이 적합하다.

나. 그림 1의 (b)의 모델인 경우 이동자에 권선을 감음으로써 이동거리가 긴 곳에 사용되며, 동력의 양을 절약함으로써 효율을 높일 수 있다. 그러나, 이에 따라 이동자의 무게가 무거워지면서 추력의 최대점이 비정렬상태에서 약간 벗어남을 보인다. 그리고, 이동자의 무게가 무거워지므로 큰 수직력이 필요하다. 따라서, 수직이동에는 사용되기가 힘들므로, 추진기로서 사용되어진다.

다. 그림 1의 (c)의 모델인 경우 이동자에 Scew를 주어 토크리플을 줄임으로써, 안정적인 운전을 한다. 그리고, 승강기로 사용할 경우, 기계적 장치를 사용하지 않고 직접 직선운동을 하므로 승강기의 구조를 간략화 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

앞으로의 계획은 설계에 있어서는 슬롯높이를 변화시킴으로써 추력 및 수직력을 검토하고, 실제 제작된 모델의 실험을 통하여 운전시의 출력, 효율등을 검증하고 다양한 분야에 적용시킬 수 있는 모델을 설계할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 강도현, 방덕제, 김종무, 정연호, 김문관 "Ropeless 승강기용 영구자석여자 횡자속 선형전동기 설계에 관한 연구", 전기학회논문지, Vol.49B-3-3, 2000
- [2] Weh, H. : Permanentmagneterregte "Synchronmaschinen hoher Kraeftdichte nach dem Transversalfeldkonzept", etzArchiv Bd.10 (1988),H5, s 143-149
- [3] 강도현, Herber Weh "철도 차량용 고효율 횡축형 전동기 설계에 관한 연구", 전기학회논문지, 48B권 6호, 301-307, 1999
- [4] Shoyama, Y. Ando, M. and Namikawa, H. "LIM driven subway railcar with small sectional area", International Conference on Maglev Transport, 85, Yokohama, 1985