

자기부상열차용 선형 유도전동기

Linear Induction Motor for Magnetic Levitation Vehicle

김정철* 박영호** 김대광*** 최종목****
Kim. Jeong-Cheol Park. Yeong-Ho Kim. Dae-Kwang Choi. Jong-Mook

ABSTRACT

EMU(Electric Multiple Unit) operated in local area is mostly consist of moving system on the rail and the traction motor drives the gear and wheel with the mechanical propulsion force. Most of countries are interested in Magnetic Levitation Vehicle for the transportation system on next generation and they have been studying about it continuously.

Thus this paper is studied the Linear Induction Motor as the propulsion equipment of Magnetic Levitation Vehicle

1. 서론

현재 국내에서 운행중인 전동차는 대부분 회전 전동기를 이용하여 기계적 회전을 기어와 바퀴로 전달하여 레일 위를 달리는 시스템으로 되어 있다. 이러한 시스템에서 발생하는 소음 진동 등의 문제를 개선하기 위한 노력으로 국내뿐만 아니라, 해외 많은 나라에서 자기부상 열차에 관심을 두고 지속적인 연구 및 상용화를 진행 중에 있다. 이에 본 논문은 국내에서 차세대 교통수단으로 개발 중인 자기부상열차의 추진 장치인 선형 유도전동기(Linear Induction Motor)의 기존 모델과 상용화를 위해 특성을 향상시킨 개발모델을 비교 고찰을 하고자 한다.

* : (주)로템, 기술연구소 연구원 ** : (주)로템, 기술연구소 주임연구원
*** : (주)로템, 기술연구소 선임연구원 **** : (주)로템, 기술연구소 수석연구원

2. 본문

2.1 선형유도전동기 사양 비교

아래 도표 1.에 일본 나고야선과 기존모델 및 기 개발된 자기부상열차의 가속도 향상을 위해 개선된 모델에 대한 사양비교를 나타내었다.

도표 1. 선형 유도전동기 비교 도표

	나고야선	기존모델	향상모델	기존대비
추진력[kN/대]	3.75	3.2	4.8	
선간전류[A]		205	260	
공극길이[mm]	13.5	13	12	
극수	8	8	8	
극당피치[mm]	202.5	261	252	
도체[mm ²]	3*4*5.9	3*3.35*5.05	3*3.15*6.05	↑12.6%
Turn수	3	5	5	
슬롯폭[mm]	14.8	20	19	↓5%
슬롯깊이[mm]	40.9	40	46	↑15%
치폭[mm]	7.8	9	9	
요크길이[mm]		20	25	↑25%

자기부상열차의 가속도를 높이기 위해 기존 선형 유도전동기 모델의 기동토크를 3.2kN에서 4.8kN으로 50% 증가가 요구되었다. 이를 위해 기존모델에서 공극을 1mm 줄이고, 전압상승에 따른 기동전류를 상승시켜 기동토크를 향상시키는 방법으로는 한계가 있다. 이에 선형 유도전동기의 설계 보완이 요구됨에 따라 전류밀도 상승에 대비하여 코일 사이즈와 슬롯 깊이를, 자속 밀도를 줄이기 위해 Yoke의 길이를 각각 증가시켰다.

2.2 선형유도전동기 제작

기존 모델에 대비하여 향상모델에서 변경되는 부분은 코일의 결선방법이 개선되었고, 선형유도기의 1/3 지점에 전원케이블을 연결할 수 있도록 하였으며, 대차 취부 후 선형 유도전동기의 자체 무게로 인해 휘어지는 현상을 보강하는 구조로 설계되었다.

1) 제작

제작 모델은 그림 1.에 나타내었으며 사양은 도표 2.와 같다. 기존 모델의 경우 Core간 벌어짐을 방지하기 위해 Endplate 브라켓을 부착하여 양쪽 끝을 잡아주는 구조로 되어있었다. 이 방법은 Core간 체결력이 부족하여 Core사이에 Coreplate를 보완하는 구조로 하였다. 또한 편성의 양쪽 끝단에 부착되는 선형유도전동기의 경우 U-V-W 3상 케이블을 Common 시키기 위해

Common Plate를 적용하였다. 그림 2는 Stator Coil을 Core에 삽입 후 형상과 슬롯단면을 나타낸다.

자기부상열차의 특성상 선형유도전동기의 코일은 Frame으로 보호를 받을 수 없는 구조로 되어 있으므로 차량에서 구조적으로 보호 받는 것 이외에 함침 레진을 전기적 특성이 우수한 실리콘 레진 보다는 전기적 특성은 다소 떨어지더라도 기계적 특성이 강한 에폭시 레진을 적용하여 진공가압함침(Vacuum Pressure Impregnation) 하였다.

도표 2. 선형 유도전동기의 사양

항목		항목	
가선전압	DC 1500 V	기동추력	4,800 N
최대 설계속도	110 Km/h	정격전압	1,100 V
최대 운전속도	80 Km/h	슬립 주파수	12 Hz

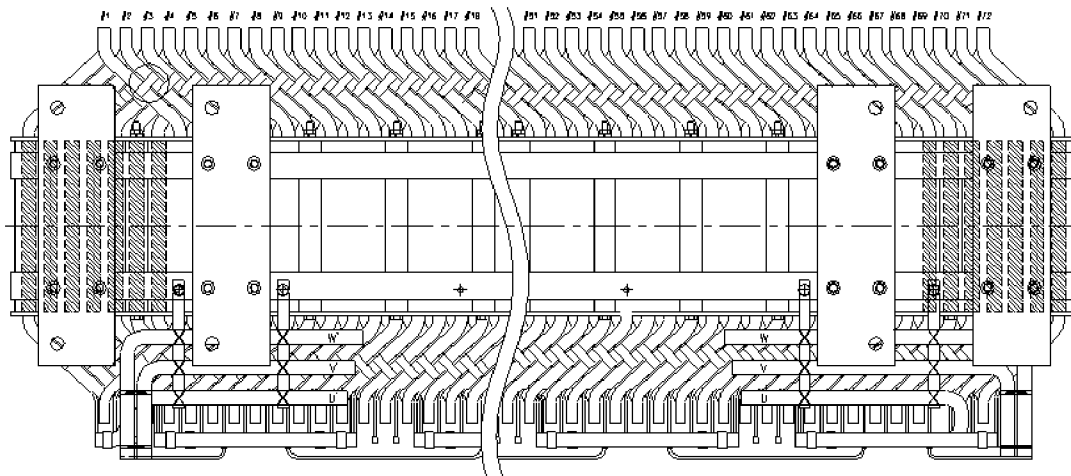


그림 1. 선형 유도전동기 형상

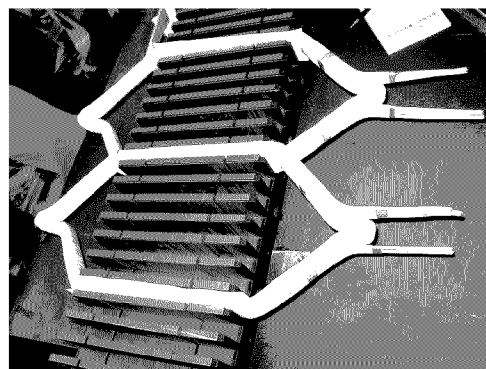
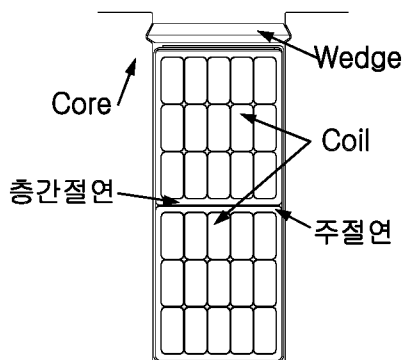


그림 2. 슬롯단면과 Coil 삽입 후 형상

그림 3.은 결선 작업의 어려움을 개선하기 위해 기존 모델의 옆쪽 한 방향만으로 된 결선에서 위와 아래로 결선을 분할하여 작업을 개선한 그림이고, 그림 4.는 Core간 풀어짐을 방지하기 위한 Plate 체결 방법 개선내용이며, 그림 5.는 편성의 양쪽 끝단에 부착된 선형 유도전동기의 U-V-W 케이블을 Common 시키기는 방법을 개선하기 위해 Common Plate를 적용한 내용이다.

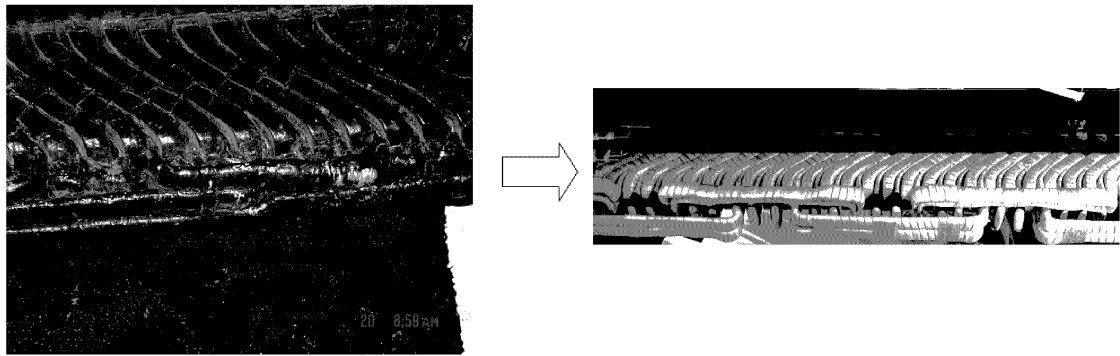


그림 3. 결선방법 개선

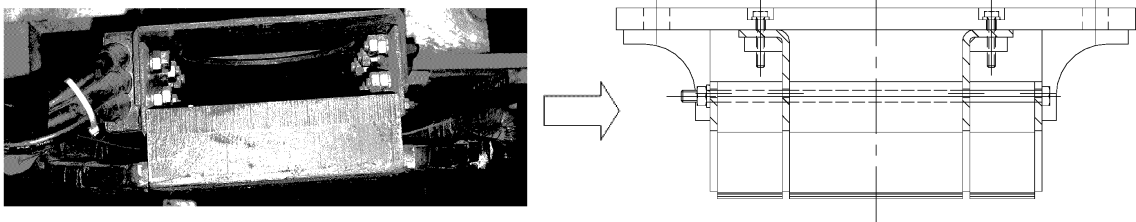


그림 4. Core 체결방법 개선

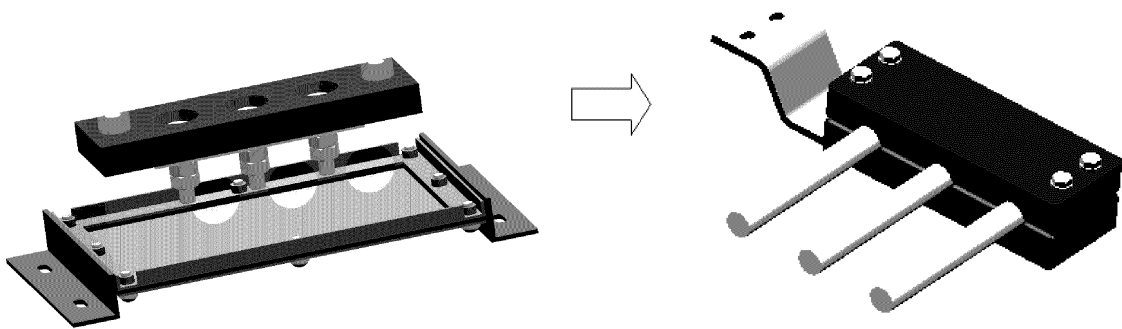


그림 5. Common 방법 개선

2) 검사

그림 6.은 코일 삽입 전 Core Assy를 3차원 측정기로 평탄도를 측정하는 것이다 대차취부 후 공극 12mm를 만족하기 위해 기준치 0.5mm로 하였다. 또한 각 상의 저항은 처음 제작된 모터 2대를 평균한 값 $0.074\Omega \pm 5\%$ 를 기준으로 하였으며 코일에 대한 시험기준은 도표 3.과 같다.

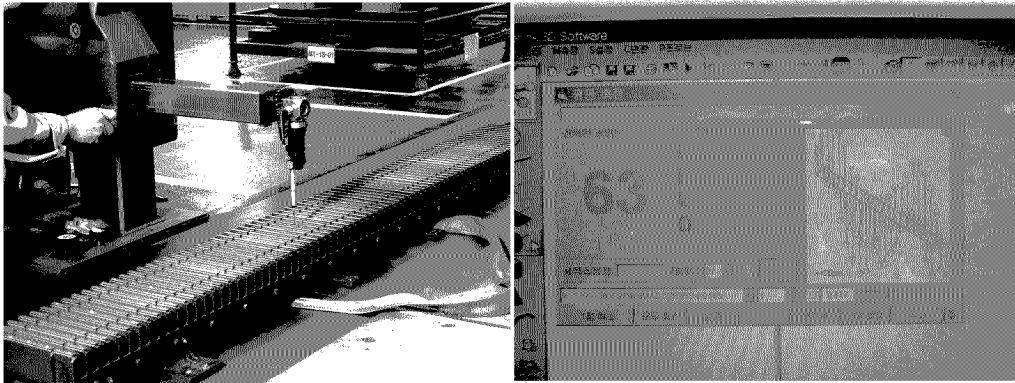


그림 6. 평탄도 3차원 측정

도표 3. 절연시험 기준

시험 단계 및 시험 종류		전압치(V)	시간(초)
웨이삽입전	대 지 절 연 권선간 절연	4000	5
코일 시험(결선전)	대 지 절 연 권선간 절연	3600	5
	서 지(전수)	1800	-
코일 시험(중성선 결선전)	상 간 절 연	3000	15
시험과 검사(함침전)	권선저항측정	-	-
	서 지	3000	-
	대 지 절 연	3600	15
	절연저항시험	200MΩ 이상	60
검사 및 시험(함침후)	대 지 절 연	4600	60

3. 결론

이상과 같이 자기부상열차 추진 장치인 선형 유도전동기에 대해 고찰해 보았다. 자기부상용 선형 유도전동기의 경우 일반 산업용 전동기와 지하철용 견인전동기와 같은 회전기와는 다른 특성을 가지고 있다. 또한 보다 높은 신뢰성이 요구되므로 설계 단계에서 고려되어야 할 사항이 많다. 특히 차량의 운행특성, 인버터 시스템, 전자기 특성, 부피 및 중량, 온도특성 등을 고려하여 설계가 이루어져야 한다.

현재 국내에서 일반 전동차 견인전동기의 경우 독자 개발할 수 있는 능력을 보유하고 있으나, 자기부상용 선형 유도전동기의 경우 많은 연구와 개발이 이어지고 있지만 상업화를 위해서는 해결해야 하는 문제가 많다. 하지만 그 동안의 경험을 바탕으로 기술과 신뢰성을 쌓아간다면 자기부상열차의 상업화는 그리 멀지 않은 미래에 이루어질 것이다.

참고문헌

1. 도시형 자기부상열차 개발 사업, 최종보고서(1998)