

축소형 자기부상열차 운행 시스템 개발

성호경, 정병수, 장석명

한국기계연구원 자기부상열차개발팀, 충남대학교 전기공학과

Development of small-scaled Magnetically Levitated Train operation system

H.K. Sung, B.S. Jung, S.M. Jang
KIMM Maglev Team, Chung-Nam National Univ

Abstract - It is not easy to apply new algorithm to the vehicle under driving test because the principle and moving characteristic of Magnetically Levitated Train(Maglev) developed in KIMM have been not easily analyzed yet. So, in this paper the small-scaled Maglev which can experiment economically and analyze moving-characteristic is proposed. Proposed small-scaled Maglev have the same principle and function as that of Maglev but it is smaller than real system at the ration of 1 to 7.

가 및 여러 요인을 예상하여 10kgf 로 정하였으며 공극에 있어서 초기 7mm에서 정격부상공극은 3.5mm로 결정하였다. 공급전압은 60VDC이며, 전류는 30±2 amp 이다. 전자석의 길이는 추후 차량이 곡선을 통과하여야 한다는 조건을 포함하여 pole길이는 111mm, pole 높이 29mm, pole 폭 10mm, yoke 높이 10mm, yoke 길이 71mm(5R)로 하였으며, 장시간 부상하는 것을 고려하여 코일과 전자석의 온도 특성을 같이 고려하여 코일의 경우 코일 turn 수는 380, 코일 직경은 1.1φ로 하였다. 그림 2.1은 FEM해석을 통한 재질의 BH특성을 나타내고 있으며 그림 2.2는 전자석의 부상력 시험결과를 나타내고 있다.

1. 서 론

자기부상열차는 전자기적인 힘을 이용하여 대상을 부상시켜 원하는 공극을 일정하게 유지시키며 선형유도전동기의 힘으로 추진하는 열차로서 기존의 교통수단을 대체할 수 있는 차세대 교통수단이다.[1] 현재 한국기계연구원에서 기 개발 및 시험중인 자기부상열차는 상전도방식의 부상시스템과 선형유도전동기를 이용한 추진시스템으로 구성되어 있으며 이들의 성능개선 및 신뢰성향상을 위한 연구가 수행되고 있다. 하지만 부상성능개선을 위한 새로운 부상알고리즘의 적용시 실제 운행중인 차량에 적용할 수 밖에 없어 차량의 손상 등 많은 위험요소를 내포하게 되며, 연구원에서 지금까지 개발해온 상전도 흡인식 자기부상열차의 기본원리와 동작 형태는 시험 운행중인 실제 차량과 궤도상에서는 쉽게 파악되지 않기 때문에 지금까지 많은 어려움을 겪어왔다.

한국기계연구원에서 기 개발한 축소형 자기부상열차에는 흡인식 자기부상시스템의 부상력 발생에 필요한 전자석, 레일과 차량의 간격 신호를 포착하기 위한 갭 센서, 부상제어기, 부상 전력 공급장치가 크기와 형태만 다를 뿐 모두 실제 자기부상열차에서의 경우와 똑같이 제작되었으며, 추진에 있어서도 축소형 리니어모터를 차상1차식으로 설치하고 추진 전력 공급장치도 실제 자기부상열차에서의 동작방식이 그대로 설치 및 적용되어있다.

따라서 축소형 자기부상열차의 개발은 실제차량에서의 실험 시 어려움이 많았던 부분에 대한 해결책이 될 수 있으며 경제적인 면에서도 또한 후속실험이 가능하므로 효율적인 연구개발에 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

2. 본 론

2.1. 전자석의 설계

부상용 전자석은 차체를 궤도와 일정간격으로 유지시키는 역할로써 초퍼에 의해 전기량을 조절하여 부상력을 조절하게 된다.

축소모델에서 차량의 하중은 최대 약 40kgf 예상되어 전자석 당 최대 부담 부상력은 8kgf 이나 추후 하중 증

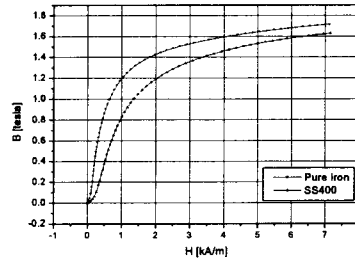


그림 2.1 전자석 Core 및 레일 재질(S400)의 초기 BH 특성곡선

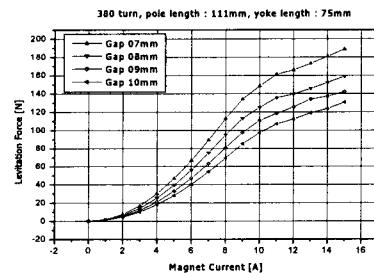


그림 2.2 Gap 변화(7mm~10mm)에 따른 전류 대 부상력 특성곡선

2.2. 궤도 및 대차의 제작

축소형 자기부상열차는 그림 2.3과 같이 기존의 full scale 자기부상열차의 궤도시스템과 같이 guide rail과 back iron, Al reaction plate, cross arm, wedge, girder beam upper base, steel girder beam, coping, column, power rail 등이 모두 포함되는 실제 궤도와 동일한 기능과 성능을 갖춘 궤도시스템으로 개발되었다. 제작된

궤도의 주요설치 품목은 단위길이가 998 mm인 guide rail 6 조와 back iron 3 조, Al reaction plate 3 조, girder beam upper base 3 조, steel girder beam 3 조, 단위길이가 3 m인 power rail 5 조 및 cross arm 12 개, wedge 24 개, coping 4 개, column 4 개, power rail bracket 20 개, 양쪽 끝단 stopper 2 조 등으로 구성되어 있다.

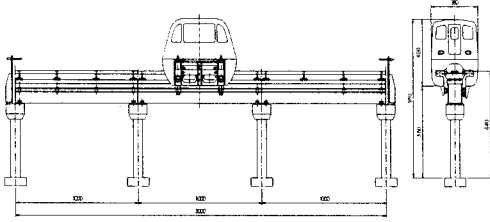


그림 2.3 궤도와 축소형 자기부상열차가 조립된 형태

2.3 부상제어시스템 설계 및 제작

부상시스템은 전자석을 이용하여 차체를 궤도와 일정 간격으로 유지시키는 부상력 제어기 와 초퍼로 구성한다. 부상용 전자석의 전류를 조절하는 장치로 초퍼가 전자석의 전류를 제어하도록 하며 공극센서와 가속도 센서를 사용하여 일정한 부상높이를 유지하도록 부상제어기가 센서로부터 입력된 신호를 연산한다.[2]

실차량에서는 실시간 운영체제 VxWorks가 포팅된 알파칩이라 불리는 CPU로 동작하는 VME bus시스템을 사용하였는데[2], 축소형 모델에서는 여러 가지 축소요건에 맞는 마이크로 컨트롤러로서 40MIPS의 명령어 수행속도와 여러가지 부가기능을 가지고 있는 TI사의 DSP TMSLF2407을 선정하였다.[3]-[4] 그림 2.4,2.5,2.6은 부상제어기의 사진과 부상제어기 구성도 및 부상제어 알고리즘의 흐름도를 나타낸 것이다.

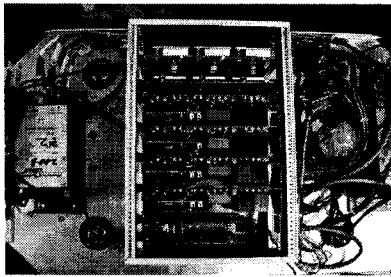


그림 2.4 부상제어기

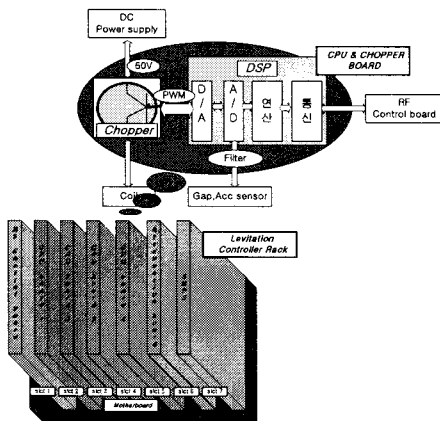


그림 2.5 부상제어기 구성도

4개의 코너를 부상시키기 위해 4조의 DSP를 사용하였으며 그림 5에서와 같이 모든 부상제어명령은 PC와 RF통신을 통해 연결되어 사용자에게 의해 전달될 수 있다.

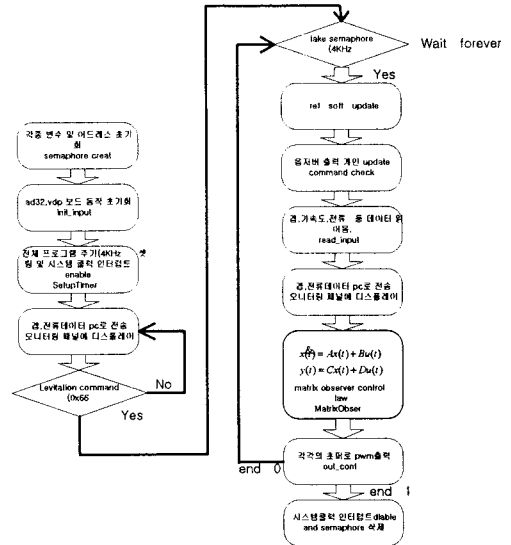


그림 2.6 부상제어 알고리즘 흐름도

2.4 추진시스템 구성

추진시스템은 그림 2.7과 같은 구조를 가지며 기 제작된 3상 선형유도전동기를 사용하였고 Driver로는 상용 Inverter를 이용해 구성하였다. 그리고, 선형유도전동기의 운전제어와 PC와의 통신환경을 구축하기 위해 별도의 컨트롤러를 부착해 모니터링 할 수 있게 하였다.

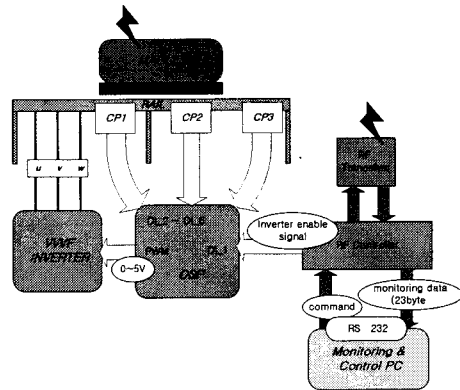


그림 2.7 운전제어 시스템 구성도

2.5 통신 및 모니터링 시스템 구성

축소형 자기부상열차는 독립적으로 운행하기 위해서 별도의 RF컨트롤러를 통해 PC와 연결되어 통신 및 모니터링이 이루어진다. RF컨트롤러와 PC간의 패킷데이터 송수신 주기는 200ms이며 총 23byte이다. 모니터링 시스템은 공극, 전류를 그래프로 그려주며 4코너가 완전히 부상이 완료되었는지의 플래그를 확인한 다음 추진할 수 있게 하는 안전기능 및 장시간 운전을 방지하고 일정시간동안만 운전하도록 하는 자동운전기능이 프로그램 되

어있다. 그림 2.8은 통신과 관련된 모니터링 시스템 구성도이며 그림9는 축소모형과 PC간에 통신시 사용되는 패킷구성 그림10은 실제 운행시 PC에서 디스플레이되어지는 모니터링 패널을 보여주고 있다.

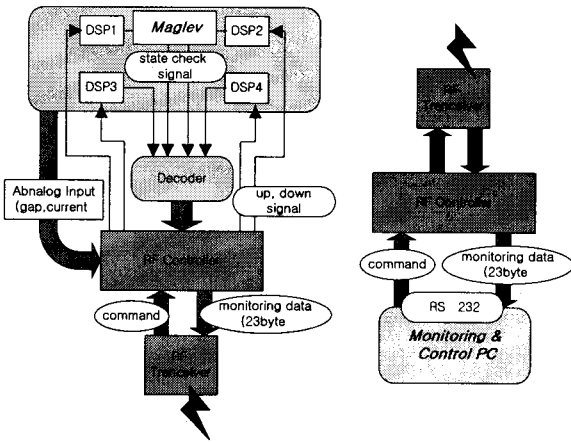


그림 2.8 통신 및 모니터링 시스템 구성도

STX	'R'	code 1	LRC10	LRC0	ETX	PC >PC RF
STX	'W'	code 1	code2	AD0 ~ AD7	전압	16byte
LRC10	LRC0	ETX	PC RF >PC			

STX	'R'	code 3	LRC10	LRC0	ETX	PC RF >Local RF
STX	'W'	code 3	code4	AD0 ~ AD7	전압	16byte
LRC10	LRC0	ETX	Local RF >PC RF			

그림 2.9 패킷 구성도

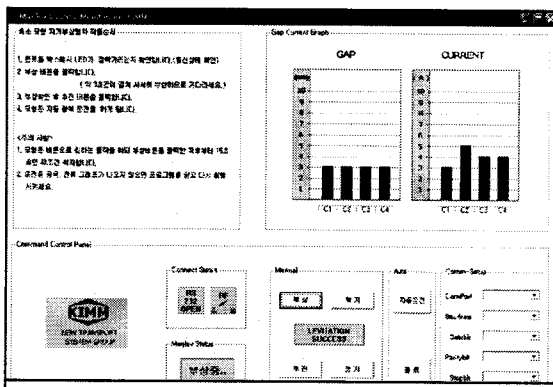


그림 2.10 PC 모니터링 패널

3. 결 론

지금까지 국내에서 제작된 자기부상열차의 축소모형이 단순한 외형만을 갖추고 형상에 의한 기능설명만을 수행한 반면 한국기계연구원에서 개발한 축소형 자기부상열차는 실제모델과 동일한 성능을 갖추고 형태만 축소된

대차와 부상용 전자석, 부상전력공급장치, 부상제어기, 차상 1차측에 설치된 선형유도전동기, VVVF 인버터 등의 요소부품 및 전장품 등을 적용하여 흡인식 자기부상열차의 기본원리인 부상과 추진기능을 구현하였고 기본적인 자동운전기능까지를 접목하여 새로이 제작된 직선 3m의 모형궤도 상에서 지속적인 운행시험을 실시할 수 있는 시스템이다.

따라서, 축소형 자기부상열차는 실제 차량에서 새로운 제어 알고리즘 적용시 문제가 되었던 부분들을 축소형 차량에 1차적으로 실험하여 새로운 이론 적용과 더불어 실험연구용 테스트베드(Test Bed)로서 폭넓게 활용할 수 있을 것이다.

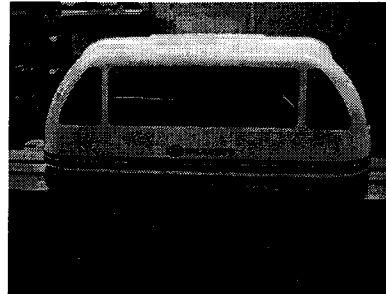


그림 3.1 축소형 자기부상열차

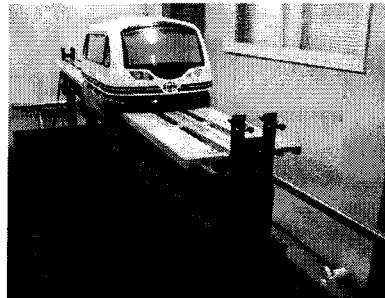


그림 3.2 제작된 궤도와 주행중인 축소형 자기부상열차

[참 고 문 헌]

- [1] In-Kun Kim, Mun-Hwan Yoo, Kyu-Hwan Han, Gye-sdae Pa가, Heung-Sung Bae, "Status of the Maglev Development in KOREA", Maglev98, 1998, pp. 34-38.
- [2] 한국전기연구소, "부상 및 추진제어기술 개발" 1998, pp. 11 6-121
- [3] TI corporation, "TMS320LF/LC240xA DSP Controllers S system and Peripherals Reference Guide(Rev. B)", 2001.
- [4] TI corporation, "TMS320LF/LC240xA DSP Controllers C PU and Instruction set reference guide(Rev. C)", 1999.