

## 신교통 차량 추진용 리니어모터의 운전성능측정 및 모니터링시스템 구축

장석명, 박영태\*, 서진호, 정상섭, 이성호, 함상용\*\*, 박찬일\*\*, 정력교\*, 이주<sup>#</sup>  
충남대학교 전기공학과. \* 한국표준과학연구원. \*\* 한국기계연구원. # 한국철도기술연구원

### The Monitoring system for the measurement of the operating performance of a LIM which can be drive a new vehicle

S.M.Jang, Y.T.Park\*, J.H.Seo, S.S.Jeong, S.H.Lee, S.Y.Ham\*\*, C.I.Park\*\*, R.G.Jeong\*, J.Lee\*\*  
Chung Nam University, KRISS\*, KIMM\*\*, KRRI<sup>#</sup>

**Abstract** - This paper describes the implementation for electrical quantities and mechanical quantities monitoring system of the LIM driven by a inverter. The monitoring system can be display the characteristics of it's quantities, such as voltage, current, power, power factor, frequency, apparent power, thrust, speed, position, normal force, on the real time.

#### 1. 서 론

최근 교통문제가 심각해지면서 국내외적으로 자기부상열차 및 리니어모터 카 등의 신궤도 경량 철도시스템이 장거리용 또는 도시 교통용으로 개발되고 있으며, 세계적으로 점차 상용화된 곳이 늘어나고 있다. 그런데 이를 신교통시스템은 무인으로 운전이 될 만큼 자동운전이 요구되고 있으며 최근 개발되고 있는 첨단 교통시스템은 속도 및 위치의 감지를 통하여 프로그램된 운전형식에 따라 자동으로 운전할 수 있는 기능은 물론이고 정상운전시 리니어모터의 전압, 전류, 전력, 주파수, 역률 등의 전기량과 회생제동시 회생에너지의 상태까지도 모니터링할 수 있는 종합감시시스템을 갖추어야 한다.

본 연구에서는 이러한 시스템을 국내에서도 개발해야 만 하는 실정을 깊이 인식하고 먼저 운전 중인 리니어모터의 전압, 전류, 전력, 역률, 주파수 등의 전기적 성능을 측정할 수 있는 전기특성측정시스템을 제작하여 그특성을 평가하였고, 이 측정시스템을 실시간으로 그래프화하여 제반 정보를 알려주는 모니터링시스템을 개발하였다.

전기특성측정시스템은 이미 연구하여 발표한 결과들을 토대로 제작하였다[1-5]. 그리고 속도, 위치, 추력, 수직력과 같은 기계적특성측정도 이미 발표한 LVDT를 시스템에 맞게 설계제작하여 센서로 활용할 계획이다[6-7].

#### 2. 전기량의 측정원리

고조파가 함유된 전력공급장치인 인버터에 의하여 구동되는 LIM의 전기적 성능 측정시스템은 고전압을 저전압으로 변환시켜 주는 입력전압부, 대전류를 저전압으로 변환시켜 주는 입력전류부, 입력전압과 전류를 전력으로 변환시켜 주는 전력변환부, 그리고 이들의 값을 표시하는 표시부와 정보을 실시간으로 그래프화하여 그때 그때의 상황을 파악할 수 있는 모니터링 시스템으로 구성된다.

고조파가 포함된 실효전압, 전류, 전력을 측정하기 위하여 시분할승산(Time Division Multiplication)방식을 이용하였다. 시분할승산은 펄스-폭변조와 진폭변조를 사용하여 두 신호를 곱하는 형태로 출력하는 승산기(multiplier)의 일종이다.

그림 1은 시분할승산방식을 사용하여 LIM의 전기적 특성 및 기계적 특성 측정을 위한 블록다이어그램을 나타내었다. TSY 시분할승산기[8]에 의하면 펄스-폭 변조에 의한 변조지수 m은 입력전압 v에 비례하여 다음과 같이 나타낸다.

$$m = \frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2} = -\frac{v_a}{Ref} \quad (1-1)$$

여기에서  $v_a$ 는 입력전압이 증폭기를 거쳐 저전압으로 변환된 신호전압을 나타내고 Ref는 기준직류전압을 나타낸다. 또  $T_1$ 과  $T_2$ 는 적분기에 의하여 발생되는 입력신호의 펄스-폭의 주기를 나타낸다. 그림에서 표시한 w는 전력을 나타낸 것으로 입력전류를 진폭변조와 함께  $sw_4$ 를 통하여 조정되는 펄스-폭변조에 의하여 직류전압이 얻어진다.

따라서 출력으로 나타나는 직류전압 w는

$$w = -\frac{1}{Ref} v_a i_a \quad (1-2)$$

와 같이 표현되어 실제 측정하고자 하는 전력에 비례하는 값으로 출력된다. 이러한 원리를 이용하여 입력전압과 전류의 실효값은 그림에 나타낸 바와 같이 입력값 자신을 다시 시분할승산회로를 통하여  $V^2$ 과  $I^2$ 를 각각 얻을 수 있다. 즉  $V^2$ 은 식(2-1)과 함께  $SW_3$ 를 통과한 값으로부터 얻을 수 있다.

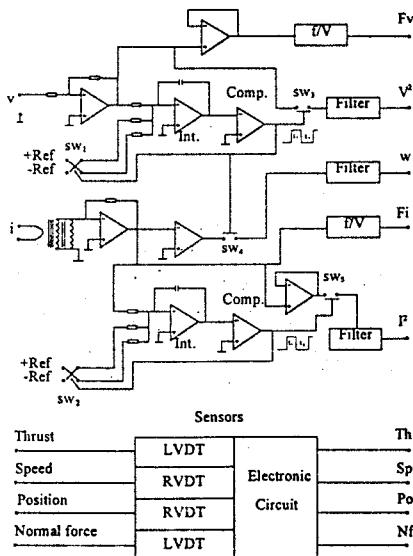


그림 1. LIM의 전기적특성 및 기계적특성 측정을 위한 블록다이어그램

$$V^2 = -\frac{1}{R_{Ref}} v_a v_a \quad (1-3)$$

그리고  $I^2$ 은 식(2-1)과 함께  $SW_5$ 를 통과한 값으로부터 얻을 수 있다.

$$I^2 = -\frac{1}{R_{Ref}} i_a i_a \quad (1-4)$$

그리고 이값들을 마이크로프로세서에 의하여 수치적으로 근( $\sqrt{\cdot}$ )값을 사용하면 실제의 입력전압과 입력전류에 대한 실효값을 얻게된다.

따라서 모니터링시스템에 나타나는 실효전압  $V_r$ , 실효전류  $I_r$ , 전력  $P$ 는

$$V_r = \sqrt{V^2} \quad (1-5)$$

$$I_r = \sqrt{I^2}$$

$$P = w$$

가 된다. 여기서 고전압을 저전압으로 변환하는 방법은 전압입력단에 정밀고저항을 사용하였다. 그

리고 대전류를 저전압으로 변환하기 위하여 2단 코어를 사용하고 전자보상회로를 추가하여 선형도를 개선하였다. 전압측정은 60 - 480 V, 전류측정은 0.5 - 20 A의 범위를 가지고 있다.

그림에서  $F_v$ 와  $F_i$ 는 전압과 전류의 주파수를 측정하기 위한 것으로 입력량을 각각 주파수/전압변환기를 사용하여 주파수의 크기를 전압으로 나타내었다. 측정 주파수는 10 - 1000 Hz의 범위를 가지고 있다.

그림 1의 아래 부분은 LIM의 기계적특성을 측정하기 위한 것으로 추력과 수직력은 LVDT를 센서로 사용하고 속도와 위치검출은 RVDT를 사용하였다.

### 3. 성능측정과 모니터링시스템 ...

LIM의 성능측정과 모니터링시스템은 그림 2와 같이 구성하였다. 가상차량에 설치된 리니어모터와 인버터 사이에, 전압은 병렬로, 전류는 직렬로 각각 모니터링시스템의 전기입력부에 연결하였다.

기계적 특성측정을 위하여 그림과 같이 센서를 LIM에 부착하고 센서의 출력신호를 모니터링시스템에 연결하였다.

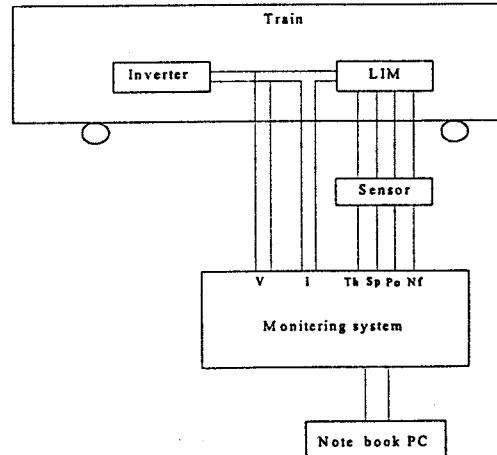


그림 2. 모니터링시스템의 구성

모니터링시스템과 노트북 PC 사이에는 A/D 컨버터로 인터페이스시키고 먼저  $V^2$ ,  $I^2$ ,  $w$ ,  $F_v$ ,  $F_i$ 의 전기적 신호와  $Th$ ,  $Sp$ ,  $Nf$ 의 기계적 신호를 8채널로 받아들이고 있다. 시험에 사용되는 A/D 컨버터 입력 채널 수의 한계로 기계적 신호 출력에 대한 실험은 3개로 한정하였다. 노트북 PC에서 동작되는 소프트웨어는 LabView를 사용하였다.

그림 3(a)은 LabView를 사용하여 모니터링시스템에서 받아들인 신호를 실제의 LIM에서 발생되는 전기량의 크기로 그래프화하여 나타내기 전에 순수한 정현파를 공급하여 실험하였다.

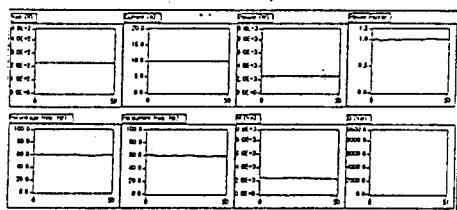
그래프에는 입력전압 220 V, 입력전류 10 A, 유효전력 2200 W, 역률 1, 입력전압주파수 60 Hz, 입력전류주파수 60 Hz, 피상전력 2200 VA, 무효전력 0 Var를 나타내고 있다.

그림 3(b)는 그림(a)의 파형을 얻기 위하여 LabView에서 프로그램한 내용을 나타내었다.

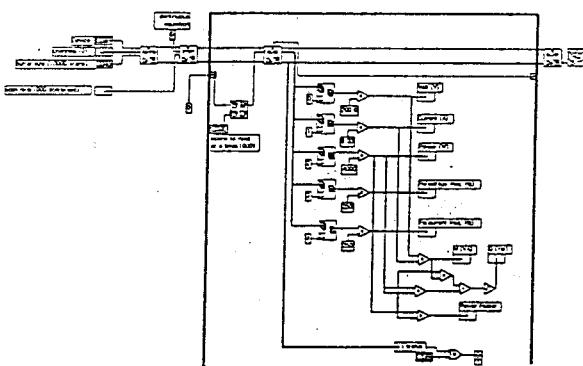
#### 4. 결 론

차량 추진용 LIM의 운전성능 및 모니터링시스템 구축을 위한 연구를 통하여 전압, 전류, 전력, 역률, 주파수 등의 전기적 성능을 측정할 수 있는 시스템을 제작하였다. 그리고 이 측정 시스템에서 얻어진 신호를 실시간으로 그래프화하여 LIM의 운전시 발생하는 정보를 알려주는 모니터링시스템을 개발하였다.

#### [참 고 문 헌]



(a)



(b)

그림 3.(a) 모니터링시스템의 파형 (b) LabView 상에서 사용된 프로그램 블록-다이어그램