

유도형 리니어 모터의 특성 모니터링 시스템 구현

장석명, 이성래, 이성호, 박영태*, 박찬일**
 충남대학교 전기공학과, 한국표준과학연구원*, 한국기계연구원**

System Construction for Monitoring characteristic of LIM

Seok-Myeong Jang, Sung-Lae Lee, Sung-Ho Lee, Young-Tae Park, Chan-Il Park.
 Chungnam Nat'l Univ, KRISS*, KIMM**

Abstract - This paper presents the results of monitoring for measuring characteristics of Linear induction motor. The results is divided into three parts, that is part for electrical quantity caculation, thrust caculation and speed decting part. Also, for the purpose of measuring the characteristics of LIM, LabVIEW software is used.

1. 서 론

선형유도전동기(Linear Induction Motor : 이하 LIM)는 일반 회전형 유도전동기와 그 구동원리가 근본적으로 같다. 그러나, 선형유도전동기는 회전형 유도전동기와 달리 다음과 같은 특징들을 갖는다. 즉, 1차측과 2차측 사이의 기계적인 공극을 유지하기 위하여 필연적으로 공극이 크다. 또한, 기계적인 구조로 인하여 1차측 철심의 양 끝단에는 고정자 코일이 완전히 채워지지 않는 슬롯이 존재하게 되며, 이것은 이동자계의 단부효과(end effect)를 초래하는 원인이 된다. 그런데 이 단부효과는 LIM의 속도가 증가할수록 그 영향이 더욱 커지게 된다. 이러한 현상은 LIM의 공극자속밀도를 불균일하게 분포시키거나 감소시키는 원인으로 작용하게 된다. 또한, 공극자속밀도는 2차측 리액션 플레이트에 변압기 기전력과 운동기전력에 의하여 와전류를 유기시키는데 공극자속밀도의 왜형으로 인하여 와전류의 분포 또한 불균일한 분포를 이루게 된다. 결국, 공극자속밀도와 2차측 와전류에 의해 직접적으로 추력을 발생시키게 되므로 이 힘을 감소시키는 손실성분으로 작용하게 된다. 따라서 이러한 현상들을 동시간에 계측하는 것이야말로 LIM의 특성을 정확히 파악하는데 매우 중요한 일이라 할 수 있다.

한편, 공극자속을 측정하는 방법에는 search coil, hall sensor를 이용하는 방법이 있으며, 자속검출용 코일으로써 모터 자체의 코일을 이용하는 방법을 들 수 있다. search coil은 고정자 코어의 치에 코일을 설치하고 채교하는 자속의 크기를 측정하는 방법으로 비교적 간단히 공극에서의 자속을 측정할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이는 제작시에 주 권선 이외에 별도로 수행되어야 하는 과정이므로 제작 단가가 높아지는 점과 코일의 고정시 모터 자체를 전부 분해해야 한다는 점등은 단점으로 치부된다. 또 다른 방법으로 hall sensor를 이용한 방법이 있는데 이 방법 역시 온도에 민감하여 소자가 파괴될 위험이 있다는 면에서 그리 많은 주목은 받지 못한다.

본 논문에서는 search coil을 이용하여 측정된 자속과 flux meter로 직접 측정된 자속, 유한요소분석법에 의하여 계산한 자속을 상호 비교 분석하여 LIM의 공극자속밀도를 산정하고, 입력전류와의 관계에 의해 LIM의 추력을 계산하였다. 또한 encoder를 이용하여 LIM의 속도도 계산하였다. 그리하여, 이러한 모든 양들을 LabVIEW소프트웨어를 이용하여 하나의 시스템에서 모

두 처리하고 그 양을 모니터링 할 수 있는 시스템을 구성하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 시험기 구성

LIM의 특성실험을 수행하기 위해서는 충분한 2차측 전로를 필요로 한다. 그러나 이러한 점은 전로의 길이나 경제성을 고려해 볼 때 설치의 문제에 있어서 매우 난해한 일이다. 이러한 점을 해결하기 위해 Arch type LIM이 제작 되었다. 그림1은 시험에 사용된 Arch type LIM의 형상을 나타며 표1은 그 사양을 나타낸다.

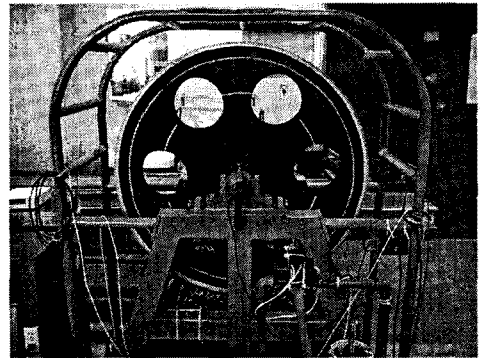


그림 1 시험에 사용된 Arch-type LIM

표 1 LIM의 사양

항 목	제 원
상 수	3
극 수	6
공 극	5[mm]
단 절 율	2/3
극 간격	66[mm]
코일 간격	44[mm]
슬롯 폭	12[mm]
치 폭	11[mm]
병렬 회로수	2
1차측 arch 반지름	545[mm]

LIM의 특성을 모니터링하기 위하여 각각 3부분으로 나누어 그 특성을 측정하였다. 첫째, 입력되는 전기량을 계측하기 위한 부분, 둘째, 공극자속밀도로부터 토크를 계산하여 추력을 측정하는 부분, 셋째, 엔코더를 이용하여 속도를 계측하는 부분으로 세분화 하였다.

2.1.1 전기량 측정

LIM에 입력되는 전기량을 측정하기 위하여 전압과 전류에 대한 데이터를 동시에 획득하고 이를 다음과 같은 과정을 통하여 전력과 역률등을 계산하게 된다.

A/D변환을 거쳐 디지털화 된 전압과 전류의 순시치들은 실효치 전압과 전류로 연산되어 단상의 피상전력, 유효전력, 무효전력, 역률 등으로 연산 및 분석되어진다.

전압과 전류의 순시적인 아날로그 신호에 대한 실효치는 식 (1)에 의해 계산되어진다.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V^2(i)} \quad (1)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I^2(i)}$$

여기서 n 은 1주기동안 샘플한 데이터의 수이다. 피상전력은 식 (1)의 실효치 전압과 전류의 곱으로 구할 수 있다.

$$VA = V_{rms} \times I_{rms} \quad (2)$$

유효전력은 순시치 전압과 전류의 곱 식(3)으로 연산된다.

$$Watts = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V(i) \cdot I(i) \quad (3)$$

무효전력은 식 (4)에 의해 연산되어진다.

$$VA_r = \sqrt{VA^2 - Watts^2} \quad (4)$$

식 (2)와 식 (3)에서 산출된 피상전력과 유효전력으로 부터 역률을 산출할 수 있다.

$$PF = \frac{Watts}{VA} \quad (5)$$

2.1.2 토크 및 추력

유도전동기의 토크식은 d-q축 전류와 자속의 연산에 의하여 구할 수 있다.

(1) 전류

3상입력전류를 각각 i_{as}, i_{bs}, i_{cs} 라 하면, d-q축으로 변환된 전류는 식 과 식 과 같다.

$$i_{qs}^s = i_{as}^s = I_M \sin(\omega e \cdot t) \quad (6)$$

$$i_{ds}^s = \frac{1}{\sqrt{3}}(i_{cs}^s - i_{bs}^s) = I_M \cos(\omega e \cdot t) \quad (7)$$

(2) 자속

고정자에 설치한 search coil에서 측정한 자속을 각각 $\lambda_{as}, \lambda_{bs}, \lambda_{cs}$ 라 하면, d-q축으로 변환된 자속은 식 과 식 으로 나타낸다.

$$\lambda_{qs}^s = \lambda_{as}^s \quad (8)$$

$$\lambda_{ds}^s = \frac{1}{\sqrt{3}}(\lambda_{cs}^s - \lambda_{bs}^s) \quad (9)$$

이 변환된 전류와 자속으로부터 토크를 계산하면

$$T = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (\lambda_{ds}^s I_{qs}^s - \lambda_{qs}^s I_{ds}^s) \quad (10)$$

로 나타어 진다.따라서, LIM에서 발생하는 추력은

$$F = \frac{T}{r} [N] \quad (11)$$

가 됨을 알 수 있다.

2.1.3 속도

LIM의 속도는 축에 설치된 엔코더를 통하여 측정 할 수있다. 엔코더는 회전당 1024펄스를 발생시키고 이 발생 펄스를 A/D 보드의 timer/counter를 통하여 주파수와의 연산을 통해 다음과 같은 속도를 계산한다.

$$Speed[m/s] = Frequency[Hz] \times \frac{2\pi r}{1024} \quad (12)$$

여기서 반지름 r 은 리액션플레이트의 반지름이다.

2.2 모니터링을 위한 모델

(1) 전기량 측정

그림2는 전기량을 측정하기 위해 꾸민 시스템 구성사진이다. 이부분은 CT와 PT 그리고 필터부로 이루어 진다.

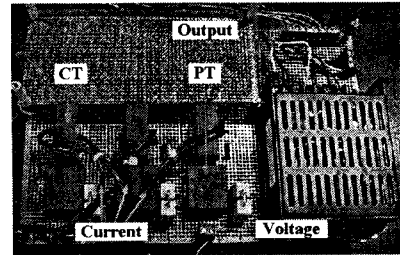


그림 2 전기량 측정 부분

(2) 공극자속밀도 및 추력

그림3은 공극에서의 자속을 측정하기 위하여 고정자 치에 설치한 서치코일을 나타낸다.

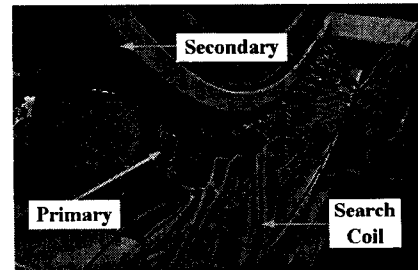


그림 3 자속 검출 부분

(3) 속도

그림4는 LIM의 속도를 측정하기 위하여 2차축 축에 설치한 엔코더를 나타낸다.

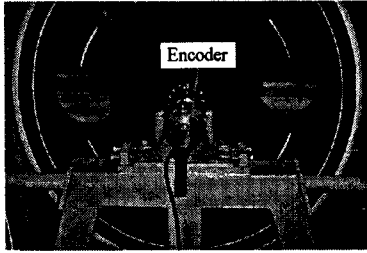


그림 4 속도 검출 부분

2.2 LabVIEW를 이용한 모니터링 시스템의 블럭도

그림5는 LabVIEW를 이용하여 모니터링 시스템을 구성할 경우의 블럭다이어그램을 보여준다. 이 그림은 입력되는 전기량을 센싱하는 부분, 추력을 계산하기 위한 부분, 속도를 검출하기 위한 부분, 그리고 전기량을 측정하고 계산하기 위한 4부분으로 구성된다.

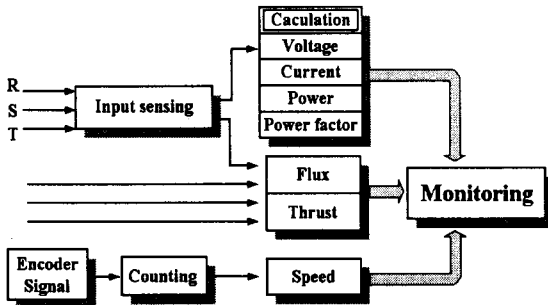


그림 5 모니터링 시스템의 블럭다이어그램

2.3 결과

2.3.1 전기량 측정 모니터링

그림6은 3상에서 측정된 전압과 전류, 피상전력, 유효전력, 무효전력, 역률등을 모두 나타낼 수 있도록 구성한 모니터링 시스템을 나타낸다.

실시간 전력 측정을 위하여 Data Acquisition 프로그램인 LabVIEW를 이용하여 데이터를 획득하였다. 그림의 좌측에 표시된 값은 각각의 값에 대한 실효치를 나타내며, 우측은 전압과 전류의 순시파형을 나타낸다.

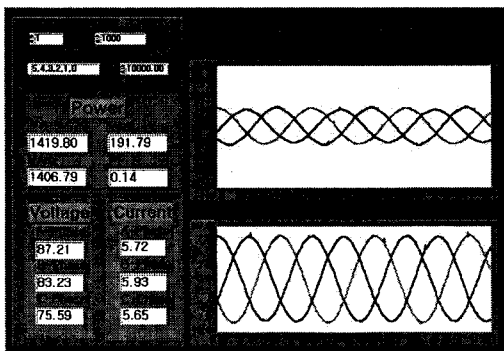


그림 6 전기량의 모니터링

2.3.2 자속밀도, 추력, 속도 측정 모니터링

그림7은 토크식과 전류변환식으로부터 LabVIEW를 이용하여 값을 측정 한 모니터링 결과이다. 전류와 자속으로부터 계산된 토크의 순시파형과 서치코일에서 유기되는 전압으로부터 구한 자속을 볼 수 있으며, 부하상태에 따른 속도변화도 볼 수 있다.

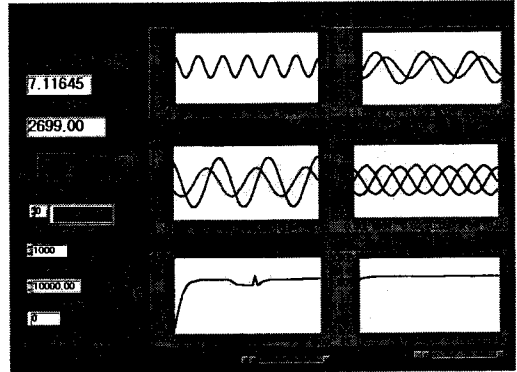


그림 7 자속, 추력, 속도의 모니터링

3. 결 론

본 논문에서는 LIM에 입력되는 전원의 전기적인 양 (전압, 전류, 전력, 역률)과 공극에서의 자속밀도, 그리고 그로부터 LIM의 추력과 속도특성을 LabVIEW 소프트웨어를 이용하여 실시간으로 모니터링하였다.

입력전원의 전기량을 측정하기 위하여 CT와 PT를 제작 하였으며 PM3300 Power Analyzer와의 비교를 통하여 이 양을 검증하였다. 또한, 공극에서의 자속밀도를 측정하기 위하여 모터의 각 치에 권선을 행하였으며, 이로부터 유기되는 전압측정을 통해 자속을 계산하였다. search coil은 각각의 치에 집중권 형태로 권선하는 방법과 고정자 권선과 같은 형식인 분포권 형태로 시행한 두가지 경우로 나누어 그 값을 비교하였다. 이로부터 입력전류와 검출 자속을 축변환하여 토크와 추력을 계산하였다. 한편, LIM의 속도를 검출하기 위하여 엔코더를 Arch LIM의 회전자 측에 설치하고 이로부터 속도를 검출하였다.

본 논문에서는 이러한 방법을 통하여 LIM의 특성을 나타내는 모든량을 동시간에 계측 함으로써 각 양의 동시간 비교를 가능하게 하였으며, 이를 바탕으로 다른 모터나 더 넓은 범위의 계측에 응용할 수 있는 전기를 마련할 수 있으리라 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] ALLAN B.PLUNKETT. "Direct Flux and Torque Regulation in a PWM Inverter-Induction Motor Drive" IEEE Transactions on industry applications, Vol. IA-13, NO.2, March/April 1977.
- [2] T.A. Lipo. "Flux sensing and control of static AC drives by the use of flux coils" IEEE Transactions on Magnetic Vol. MAG-13, No. 5, September 1977.
- [3] T.A. Lipo. "A d-q model for six phase induction machines" International conference on electrical machines, sept. 15-17, Athens, Greece, 1978, pp.860-867.