

가동코일형 LOA의 모니터링 시스템

장석명, 정상섭, 이성호, 권철, 장건우.
충남대 전기공학과

Monitoring System of Moving Coil Type LOA

S.M. Jang, S.S. Jeong, S.H. Lee, C. Kweon*, K.W. Chang
Chung-Nam National Univ.

Abstract - This paper presents the results of monitoring for measuring characteristics of Linear Oscillatory Actuator. we used LabVIEW software. The results is divided into two parts, that is part for electrical quantity calculation, mechanical quantity calculation detecting part.

CT를 설치하였고 동적인 상태에서 Loa의 발생 추력을 직접 측정하기 어려우므로 변위센서인 LVDT를 이용하여 추정하였다. 전압, 전류, 변위의 값은 필터와 A/D Board를 통해 컴퓨터에 입력되어지며 원활한 제어를 하기 위해서는 소프트웨어적인 필터를 사용하여야만 한다. 다음 그림은 전체 시스템 및 제작사양을 나타내었다..

1. 서 론

리니어 왕복 운동을 하는 LOA(Linear Oscillatory Actuator)는 영구자석 계자와 보빈에 코일을 감은 가동자로 구성된 전자기력 액츄에이터이며, 전류의 크기나 방향에 따라 가동코일이 2m/s 이상의 속도로 정확하게 명령신호에 응답을 하므로 미세 제어성, 선형성이 특히 우수한 장점을 갖는 액츄에이터로써 스피커 및 마이크로폰 등은 물론이고 컴퓨터 드라이브, 위치제어시스템 등의 초정밀 서보시스템 분야에서 구동원으로 널리 이용되고 있다.

가동코일형 Loa는 빈번한 가속, 감속, 정지동작을 고속으로 반복하는 서보 액츄에이터로써 시스템의 정밀구동장치로 응용하기 위해서는, 운전특성의 정밀한 파악이 매우 중요하다. 이러한 제어시스템들은 구동력, 속도, 전력, 전류-전압-주파수 동특성의 실시간 측정이 매우 어렵다. 따라서 저자들은 설계, 제작을 한 후, 제작된 Loa시스템을 대상으로 CT, PT, LVDT 등의 센서를 사용하여 실시간 모니터링시스템을 구성하여 전압, 전류, 주파수에 따른 응답특성을 획득하여, 제어시스템의 제어정수를 얻어낼 수 있었다.

본 논문에서는 Loa에서 발생하는 전기량 및 기계량, 그리고 효율 및 스트로크 등 여러 가지 파라미터들을 산출하여 파형 분석 및 제어정수를 얻어낼 수 있었으며 주파수에 따른 스트로크 범위를 측정함으로써 Loa 시스템이 정밀 위치제어를 구현할 수 있는 데이터를 얻을 수 있었다. 또한 Loa에서 발생하는 Push/pull 현상을 모니터링 시스템을 통하여 직접 확인할 수가 있었다. 따라서 이러한 제어정수들은 제어를 구성하였을 경우 제어시스템의 응용을 위한 기초자료를 얻을 수 있었다.

2. 본 론

2.1 시험기 구성

Loa의 특성실험을 하기 위해서 구동전원측에 PT와

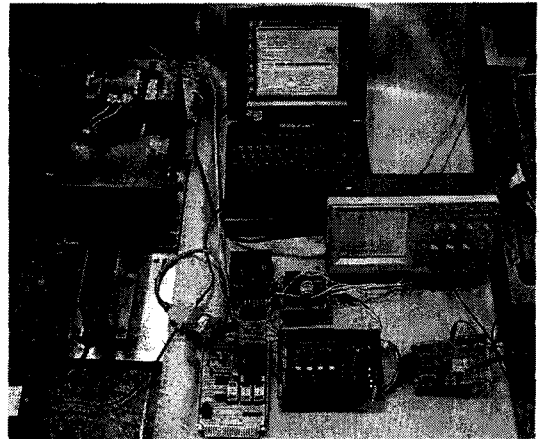


그림 1. LOA 전체 시스템

표 1 제작된 모터의 사양

Table 1 Specifications of the fabricated motor

항 목	사 양	
정 격 전압	25(V)	
정 격 전류	4(A)	
부하질량(가동자 포함)	23 (kg)	
코일당 턴수	55×9	
코 일 직 경	1.0 (mm)	
유 효 길 이	150 (mm)	
영구 자석	계 열	NdFeB(MQ30)
	잔류자속밀도	1.1 (T)
	자 석 치 수	5×5×2.5 (cm)
전 류 밀 도	5 (A/mm ²)	
공 극	15 (mm)	
스 트 로 크	+12.5, -7.5 (mm)	

2.2 전기량 및 기계량 측정식

Loa의 특성을 모니터링 하기 위해서는 각각 2부분으로 나누어 그 특성을 측정하였다.

첫째로 입력되는 전기량을 측정하는 부분이고 둘째는 Loa의 기계량을 측정하는 부분이다. 또한 변위 값을 이용하여 속도를 계측하였다.

2.2.1 전기량 측정식

Loa에서 발생되어지는 전압과 전류를 이용하여 데이터를 얻고 이를 통해 전력 및 역률 등을 구하였다. 전압 및 전류의 순시적인 아날로그 신호에 대한 실효치는 식(1), (2)에 의해 얻어진다.

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

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

여기서 n은 샘플링 데이터의 수이다.

다음으로 피상전력은 실효치의 전압, 전류의 곱으로 식(3)과 같이 구할 수 있다.

$$VA = V_{rms} \times I_{rms} \quad (3)$$

유효전력은 순시전압 및 전류의 곱으로 연산되어 식(4)와 같이 표현되어진다.

$$Watts = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{rms} \cdot I_{rms} \quad (4)$$

무효전력은 식(5)로 표현하여 검출할 수 있다.

$$VA_r = \sqrt{VA^2 - Watts^2} \quad (5)$$

피상전력과 유효전력으로부터 식(6)을 통하여 역률을 얻을 수 있다.

$$PF = \frac{Watts}{VA} \quad (6)$$

전압과 전류의 파형률은 다음 식으로 구할 수 있다. 여기서 전압의 피크 치나 전류의 피크치 중에서 선택하여 구할 수 있다.

$$CF = \frac{V_{peak}}{V_{rms}} \quad \text{or} \quad \frac{I_{peak}}{I_{rms}} \quad (7)$$

2.2.2 기계량 측정식 및 속도 프로파일

가동자의 왕복운동은 진자운동과 유사하다. 시간에 따른 정현파 모양의 변위 값을 얻어 속도, 가속도, 추력 등 모터의 특성 값을 모니터링을 통해 얻게 되며, 제작되어진 설계 파라미터와 비교 할 수 있다.

X_m 이 왕복운동에서의 스트로크라 하면, 시간에 대하여 정현적인 변화를 하므로 변위 $x(t)$ 는 식(8)과 같다.

$$x(t) = X_m \sin \omega t \quad (8)$$

여기서 X_m 은 최대변위 또는 스트로크, ω 는 왕복운동에 따른 각주파수이다. 따라서 시간에 따른 속도 $v(t)$, 추력 $F(t)$, 출력 $P(t)$ 는 각각 식(9) 및 식(10), 식(11)과 같다.

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = X_m \omega \cos \omega t \quad (9)$$

$$F(t) = -M X_m \omega^2 \sin \omega t \quad (10)$$

$$P(t) = F(t) \cdot v(t) = -\frac{1}{2} M X_m^2 \omega^3 \sin 2\omega t \quad (11)$$

여기서 M 은 부하 중량이다.

효율은 기계적 출력과 전기적 입력의 비로 식(12)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta = \frac{EI \cos \theta}{EI \cos \theta + W_i + W_c} \quad (12)$$

손실은 동손과 철손으로 나타내었으며 식(13)과 (14)로 표현되어진다.

$$W_c = i^2 \cdot r \quad (13)$$

$$W_i = P - W_c \quad (14)$$

2.3. 시스템 및 모니터링 구성

그림 2는 제어 시스템을 구성하여 모니터링 되어지는 파라미터를 표현한 그림이다.

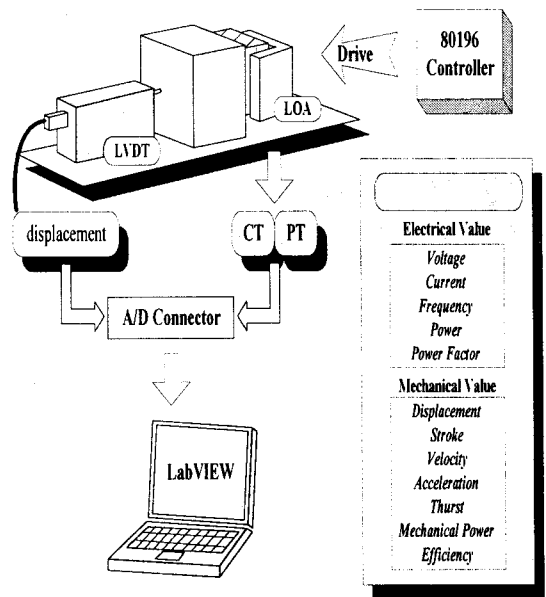


그림 2. 전체 시스템 및 모니터링 구성

모니터링 프로그램은 National Instruments에서 고안된 LabVIEW 프로그램으로 그래픽으로 프로그램을 하는 일종의 프로그램 언어이다. 그림 3은 실시간 모니터링 시스템의 화면으로써 10Hz로 구동시 전기량과 기계량이 표시되어지며 전압, 전류, 변위신호 및 속도, 가속도, 추력 값이 그래프를 통하여 디스플레이 되어진다. 또한 실시간 데이터를 저장할 수 있는 형태로 되어있어 전체 구동결과를 데이터화일 및 그래프로 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 LabVIEW 소프트웨어를 이용하여 모니터링 시스템을 구성하였으며 전압, 전류, 변위신호를 입력받기 위해 CT, PT, LVDT 센서를 사용하여 측정 시스템을 제작하였으며 전력분석계를 통해 비교 검증하였다. 전압, 전류신호를 입력받아 전압, 전류, 주파수, 전력, 역률, 무효전력, 유효전력, 임피던스 및 파형률을 얻을 수 있었으며 LVDT에서 발생하는 변위신호를 입력받아 정밀 위치제어에 필요한 스트로크와 속도, 가속도, 추력, 기계적 출력 및 효율, 동손, 철손등을 구하였다.

이러한 방법을 통해 Loa의 특성을 모니터링을 통해 실시간으로 계측할 수가 있었으며 이를 바탕으로 제어기를 구성할 경우 중요한 파라미터값을 산정할 수 있었다.

따라서 모니터링 시스템을 통하여 Loa의 전기량과 기계량을 실시간 계측함으로써 동적인 상태의 응답결과를

얻을 수 있었으며 다른 모든 리니어 모터에도 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

(참고 문헌)

- [1] 장석명 외, "전자장 이론 적용 FEM해석에 의한 보이스코일 평판형 LOA의 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, Part A, pp. 216-218, 7, 22-23, 1996
- [2] 장석명 외, "능동 진동제어 시스템에의 보이스코일형 LOA 응용", 전기학회 논문지, 제 46권 제6호, pp. 862-868, 1997.6
- [3] 장석명 외, "영구자석 계자와 전기자 자속의 상호작용효과를 고려한 가동코일형 리니어모터의 정특성", 전기학회 논문지 48B권1호, pp19~26, 1999. 1
- [4] 장석명 외, "리니어 왕복운동 제어시스템 구동용 가동코일형 리니어 액츄에이터의 설계제작 및 제어정수 도출", 전기학회 논문지, 제 48B권 제 5호, pp241-248, 1999.
- [5] 장석명 외, "가동코일형 리니어 액츄에이터의 동특성", 대한전기학회 전기기기연구회 추계학술대회 논문집, 1999.7.19-21
- [6] 장석명 외, "유도형 리니어 모터의 특성 모니터링 시스템 구현", 대한전기학회 추계학술대회 논문집.

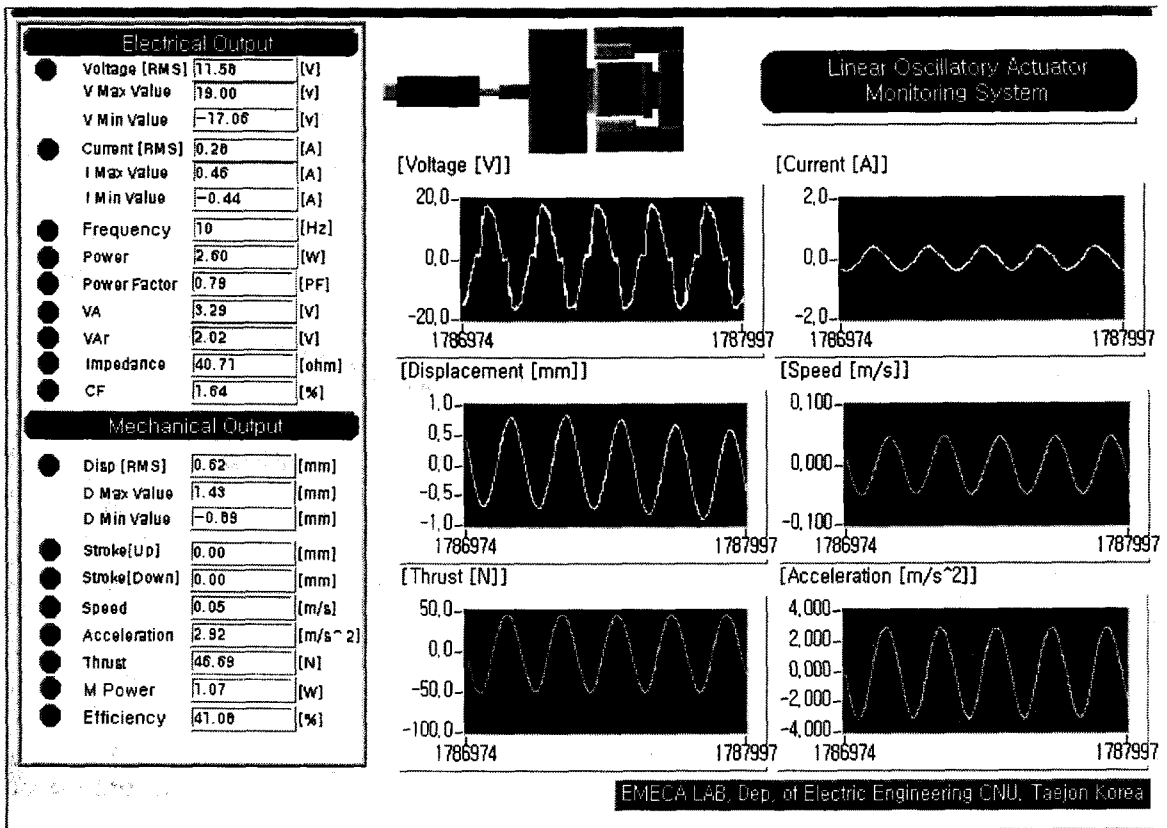


그림 3 모니터링 결과