

## Dynamic Characteristics of Moving Coil Type Linear Oscillatory Actuator

張錫明\* · 鄭相燮\*\* · 權哲\*\*\* · 朴喜昌§ · 文碩俊§§ · 朴贊一§§§ · 丁泰榮#  
 (S.M.Jang, S.S.Jeong, C.Kweon, H.C.Park, S.J.Moon, C.I.Park, T.Y.Chung)

**Abstract** - A moving-coil-type linear oscillatory actuator(LOA) consists of the NdFeB permanent magnets with high specific energy as the stator, a coil-wrapped nonmagnetic hollow rectangular structure. The LOA system was represented by the voltage equation of coil and the mechanical equation of motion. This set of equations was manipulated in state-space form. The EMF constant  $k_E$  of equation parameters in state-space form can be obtained by using the induced voltage in armature coils at open circuit test.  $k_E$  and other parameters provide the system matrices and transfer function for frequency response and dynamic simulation. Voltage source inverter-fed LOA is examined aiming to compare with results of simulation.

**Key Words** : moving-coil-type LOA, thrust & EMF constant, open circuit test, dynamic simulation

### 1. 서 론

電磁氣力 가동코일형 리니어 왕복 액추에이터(linear oscillatory actuator ; 이하 LOA)는 NdFeB 영구자석 제자를 갖는 자기회로와 보빈 및 가동코일로 구성되며, 리니어 왕복운동을 위한 추진력 발생장치이다[1,2]. 기존의 유압식 구동시스템이나 회전형 모터를 이용한 방식에 비하여 명령 신호에 의하여 입력되는 주파수, 전압, 전류 등에 대한 동작의 선형성 및 제어성에서 매우 뛰어난 특성을 가질 뿐만 아니라, 구조가 간단하고 부품수가 작아 시스템의 소형경량화가 가능하고, 생산이나 유지보수 등의 경제적 측면에서 매우 유리한 액추에이터이다[1,2].

그런데 LOA는 정확한 제어특성을 갖는 서보 액추에이터로서 가·감속 및 정지 운동을 빠른 속도로 반복하므로, 추력 특성 뿐만 아니라 과도상태특성 및 각종 정수의 정밀한 파악이 가장 중요하다. 따라서 저자들은 가동코일형 LOA의 정특성을 해석하고 시험하여 응용하기 위한 기본자료를 얻어 이미 제시한 바가 있으며[3,4], 또한 구조물의 진동을 능동적으로 제어하는 시스템의 구동력발생장치로 응용한 예도

있다[5]. 그리고 설계법을 확립하여 제작을 한 후, 실제 실험을 통하여 제어시스템에의 응용을 위한 인덕턴스, 저항, 시정수를 포함한 전달함수 등을 도출하여 제시한 바 있다[6].

본 논문에서는 가동코일형 LOA의 유기전압상수를 정밀하게 산정하기 위해 가동자를 외부에서 구동시켜 가동코일에서 유기되는 전압을 직접 측정하는 개방회로 시험을 통해 유기전압상수를 얻었다. 이를 통해 좀 더 정밀한 시스템 행렬과 전달함수를 도출하여 제어시스템 구성을 위한 주파수 응답 특성과 안정도를 확인하였고, 전압형 인버터로 운전되는 LOA의 시뮬레이션 알고리즘을 구성하였다.

한편, LOA 구동 시스템과 센서와 A/D 보드를 이용한 실시간 계측시스템을 구축하여 각 주파수에 따른 동특성 실험을 수행하였는데, 시뮬레이션 결과와 비교한 결과 매우 유사한 특성을 얻을 수 있었다. 또한 (+) 또는 (-) 정현파 전원이 입력할 경우와 입력 전압을 증가시킬 경우에 시뮬레이션 결과와 실험 결과를 비교함으로써 전기자 코일 자속과의 상호작용에 의한 추력의 비대칭 현상인 push/pull 효과를 정량적으로 확인할 수 있었다.

### 2. 가동코일형 LOA와 상태방정식

#### 2.1 가동코일형 LOA 모델

가동코일형 LOA는 그림 1과 같이 영구자석에 의한 고정자와 플라스틱 보빈에 코일을 감은 가동자로 구성된다. 그리고 코일에 정현파 또는 구형파의 교번전류를 인가하면 가동자는 일정 스트로크로 고속 왕복운동을 하게 된다. 만일 가동자가  $x$  방향으로만 운동한다면 가동자에 작용하는 추력은 식(1)과 같다.

\* 正會員 : 忠南大 電氣工學科 教授 · 工博  
 \*\* 正會員 : 忠南大 電氣工學科 博士課程  
 \*\*\* 正會員 : 忠南大 電氣工學科 碩士課程  
 § 非會員 : 韓國機械研究院 責任研究員  
 §§ 非會員 : 韓國機械研究院 先任研究員  
 §§§ 非會員 : 韓國機械研究院 裝備開發室長  
 # 非會員 : 韓國機械研究院 構造시스템 研究部長  
 接受日字 : 1999年 11月 23日  
 最終完了 : 2000年 1月 24日

$$F_x = 2INB_g i = k_E i \quad [N] \quad (1)$$

여기서  $I$ ,  $N$ 은 각각 공극자계속에 있는 가동코일의 축방향 유효길이와 유효 권선수를 나타낸다. 또한  $B_g$ 는 영구자석에 의한 공극자속밀도,  $i$ 는 가동자 코일에 흐르는 전류,  $k_E$ 는 추력 및 유기전압 상수이다. 그러나 실제 전기자전류에 의한 자속의 영향, 즉 push/pull 효과는 추력 및 유기전압 상수에 영향을 준다. 따라서 식 (1)은 식(2)와 같이 수정된다[4].

$$F_x = k_E i \pm l k_{pp} i^2 \left[ \begin{array}{l} - : \text{push effect} \\ + : \text{pull effect} \end{array} \right] \quad (2)$$

여기서  $k_{pp}$ 는 push/pull 효과에 의한 보정계수이다. 유한요소해석 및 실험, 시뮬레이션의 경우에 기준좌표 및 가동자 위치, 전류방향은 그림 2와 같이 정의하였다. 가동자가 영구자석의 중심에 있을 때  $x=0$  [mm]로 정의하고, 가동자가 이동할 수 있는 범위는  $x=-12.5 \sim +7.5$  [mm]이다. 전류는 LOA의 위쪽 코일의 전류가 지면으로부터 나오는 방향, 즉 영구자석의 자속을 더해주는 방향을 양(+)으로 정의하였다.

### 2.2 상태방정식

가동코일형 LOA의 기계적인 운동방정식은 식(3)과 같다.

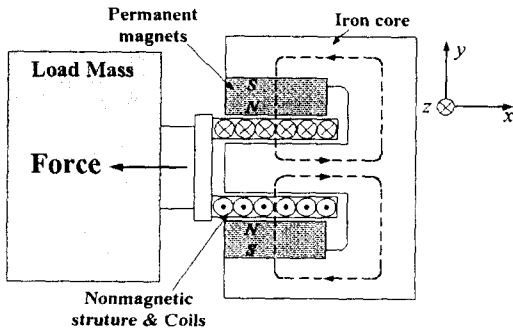


그림 1 가동코일형 LOA  
Fig. 1 Moving coil type LOA

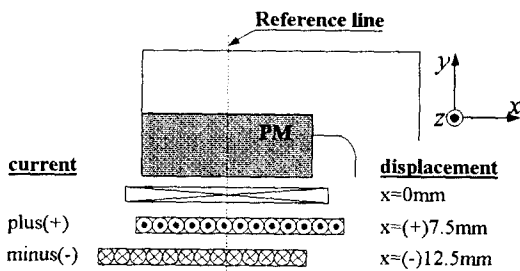


그림 2 가동자의 위치와 전류방향 정의  
Fig. 2 Definition of mover position and current direction

$$M \frac{d^2x}{dt^2} = k_T i - C_d \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

여기서  $M$ : 가동부 질량,  $k_T$ : 추력 상수,  $C_d$ :마찰계수,  $d^2x/dt^2$ :가동자 가속도이다. 또한 전류코일에서의 전압 방정식은 식(4)와 같다.

$$e = Ri + L \frac{di}{dt} + k_E \frac{dx}{dt} \quad (4)$$

여기서  $R$ ,  $L$ ,  $dx/dt$ 는 각각 코일저항, 코일 인덕턴스, 가동자의 속도이다. 식(4)에서 오른쪽의 두 번째 항은 전류 변화에 따른 변압기 기전력항이며, 오른쪽 세번째 항은 자계속에서 코일이 운동함에 의해 발생하는 속도 기전력항이다. 실제 가동코일형 LOA에서는 유효공극이 매우 크므로 코일 인덕턴스는 작다. 따라서 전류변화에 의한 기전력은 속도 기전력보다 작아 무시할 수도 있다.

식(3)와 식(4)의  $\dot{x} = Ax + Bu$ 를 이용하여 상태방정식으로 표현하면 식(5)와 같다.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{C_d}{M} & \frac{k_T}{M} \\ -\frac{k_E}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} e \quad (5)$$

여기서 상태변수는 속도와 전류, 즉  $x_1 = dx/dt$ ,  $x_2 = i$ 이다. 시스템 출력은 가동자의 속도  $y = Cx + Du$ 를 이용하면 식(6)과 같이 표현된다.

$$y = [1 \ 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

### 3. 유기전압상수의 정밀 산정과 상태변수 행렬

본 절에서는 유기전압 및 토크 상수를 정밀하게 산정하기 위해 가동자를 외부에서 구동시켜 직접 유기전압 상수를 얻을 수 있었다. 그리고 이를 통해 좀 더 정확한 시스템 행렬과 전달함수를 도출하여 제어시스템 구성을 위한 주파수 응답 특성과 안정도를 확인하였다.

#### 3.1 개방회로 시험에 의한 유기전압 상수 측정

그림 3은 개방회로 시험을 통해 얻은 가동자의 이동변위와 코일에 유기되는 전압의 순시치를 보여준다. 유기전압이 가동자 변위보다 전기각 90°의 앞선 위상차를 가짐을 알 수 있다. 그림 4는 측정된 가동자의 변위와 속도, 유기전압의 순시치를 보여주고 이를 통해 계산된 유기전압 상수를 나타낸 것인데, 유기전압 상수의 평균치는 약 63[V·sec/m] 정도가 되었다.

또한 그림 5는 가동코일의 이동변위에 따른 유기전압 및 추력 상수를 보여주는데 가동자가 밖(-x방향)으로 이동할수록 그 값이 감소함을 알 수 있다. 그리고 개방 회로시 유기전압 상수는 참고 문헌[4]로부터 구해진 Pull과 Push 효과를 고려한 추력상수의 중간에 분포함을 알 수 있다[4,7].

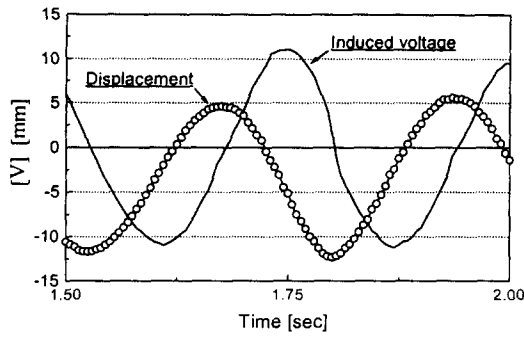


그림 3 가동자의 이동변위와 유기전압 파형  
Fig. 3 Mover displacement and induced voltage waveform

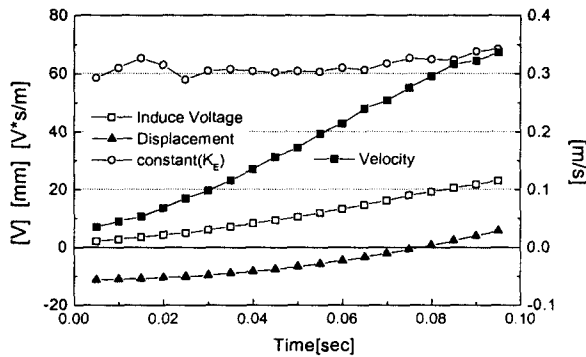


그림 4 개방회로 실험에 의한 유기전압 상수 산정  
Fig. 4 Determination of EMF constant using open circuit test

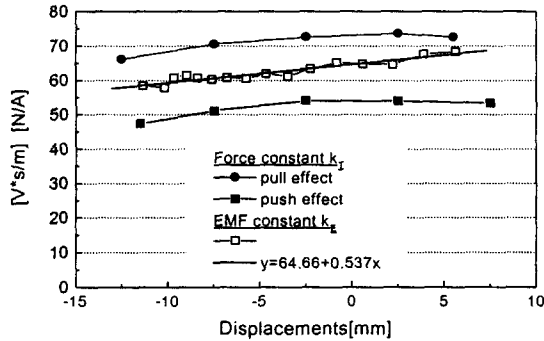


그림 5 가동자 위치에 따른 유기전압 및 추력 상수  
Fig. 5 EMF and force constants vs. mover position

3.2 제어정수와 상태변수 행렬

표 1은 참고 문헌[4,6]과 3.2의 개방 실험에 의해 측정된 제어정수를 보여주고 있다. 따라서 식(5)와 식(6)에 의한 상태변수 행렬은 식 (7)과 같다.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 2.7391 \\ -350 & -33.544 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 5.5556 \end{bmatrix}$$

$$C = [1 \ 0], \quad D = [0] \quad (7)$$

또한, 제작된 모터의 입력전압  $e$ 에 따른 속도  $v$ 와의 전달함수를 식 (7)로부터 완성하면 식 (8)과 같다.

$$G_{v-e}(s) = \frac{0.01612}{0.00095s^2 + 0.0623s + 1} \quad (8)$$

따라서 식 (8)의 전달함수에 의한 가동코일형 LOA의 주파수 응답 특성을 그림 6에서 보인다. 시스템 특성을 보면 위상 여유는 124°이며 이득 교차주파수는 2.74Hz로 매우 낮은 주파수 응답성을 가지는 저주파수 필터특성을 갖는다.

표 1 실험에 의한 제어 정수

Table 1 Control parameters using test

항 목	값	
유기전력 상수	58~68[V · sec/m]	
추력 상수	Pull effect	66~74[N/A]
	Push effect	47~54 [N/A]
코일 DC 저항	6.038 [Ω]	
코일 인덕턴스	180~240[mH]	
가동체 질량	23 [kg]	

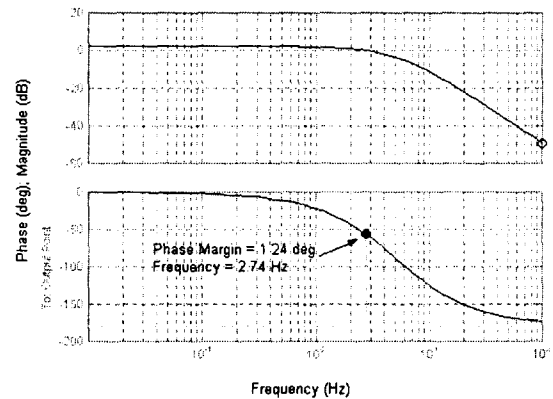


그림 6 보드선도  
Fig. 6 Bode diagram

4. 동특성 시험과 시뮬레이션

4.1 동특성 시험을 위한 구동 및 계측 시스템 구성

그림 7과 그림 8은 동특성 시험시 입력전류와 전압, 변위를 실시간으로 계측하기 위한 시험 구성도와 사진을 보여준다. LOA는 단상 전압원 인버터로 구동되며 입력 전압과 전류는 각각 LEM사의 LV25-P와 LA55-P 센서를 사용하여 계측된다. 그리고 가동자의 이동변위는 부하와 연결된 LVDT 센서를 이용하여 계측된다. 센서들로부터 출력되는 신호는 필터와 앰프를 통하여 A/D 보드로 입력되며, 입력된 신호는 컴퓨터를 이용하여 실시간으로 자동 계측하였다.

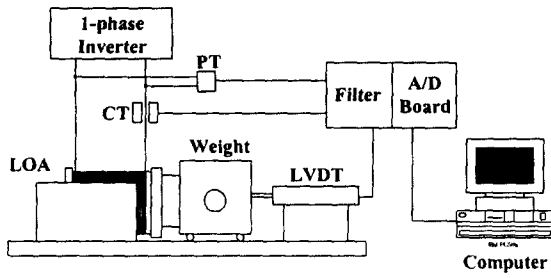
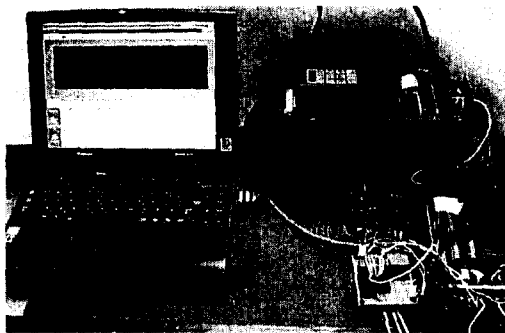
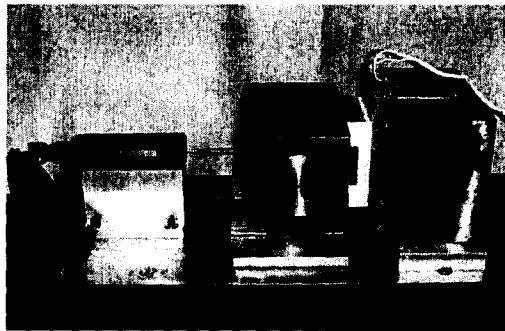


그림 7 구동 및 계측 시스템 구성도  
Fig. 7 Drive and measuring system



(a) 구동 및 계측시스템



(b) 가동코일형 LOA와 LVDT 센서

그림 8 구동 및 계측 시스템 사진  
Fig. 8 Photograph of drive and measuring system

4.2 동특성 시뮬레이션 모델링

정현적인 가변주파수 전압원에 의해 구동되는 LOA는 식(5)를 바탕으로 그림 9와 같은 시뮬레이션 블록도를 구성하였다. 이 때 다음과 같은 가정과 조건을 두었다.

- ① 실제 LOA의 추력발생은 식(2)와 같이 전기자 전류에 의한 자속의 영향으로 입력 전류의 크기와 가동자 변위에 따라 추력 및 유기전압 상수가 다르다. 그러나 본 모델링에서는 가동자의 이동 가능 범위에서의 평균치를 유기전압 및 추력 상수로 하였다.
- ② 본 LOA는 구조물 진동의 능동제어용 댐퍼로써 사용되므로 가동체 질량 23[kg]은 리니어 베어링에 의해 지지되어 왕복운동을 한다[5]. 따라서 기동시 정지마찰력과 운동마찰력은 존재하지만 모델링에서는 이를 고려하지 않았다( $C_d = 0$ ). 따라서 부하로써 작용하는 것은 가동체 질량뿐이다.

- ③ 가동자는 전기자 코일이 영구자석에 의한 자계속에서 왕복운동 하도록 스톱퍼로 제한을 두었다. 따라서 최대 이동 범위는 (-)12.5[mm]부터 (+)7.5[mm]까지이며 이를 출력 변위의 포화(Saturation)로 고려하였다.

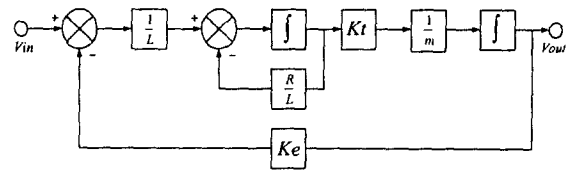


그림 9 시뮬레이션을 위한 블록다이아그램  
Fig. 9 Block diagram for simulation

4.3 입력 주파수에 따른 동특성

그림 10은 입력 주파수에 따른 전압과 전류 및 가동자 변위의 동특성을 보여준다. 실험과 시뮬레이션은 (+) 정현파 전원을 입력하였으며 가동자는 영구자석의 중앙인  $x=0$ 에서 출발한다. 4Hz에서는 가동자가 편위(偏位)없이 왕복운동을 하지만, 6Hz부터는 (+) 변위쪽으로 편위하여 진동한다. 전압과 전류의 위상차는 전류와 가동자 변위와의 위상차보다 무시할 정도로 작다. 이는 입력 전압에 대한 변위 응답 지연은 주로 기계적 시정수에 의해 결정됨을 알 수 있다. 또한 전압과 변위의 위상차가 4Hz에서는  $180^\circ$ 를 넘지 않으나 6Hz부터는  $180^\circ$  이상이 되어 가동자의 편위가 발생하며, 이는 시스템은 불안정해지고 입력주파수에 정확히 응답하지 못하기 때문이다. 한편, 10Hz에서 변위가 정상상태까지 도달하는 시간이 시뮬레이션 결과보다 짧은 것은 시뮬레이션시에 마찰저항을 고려하지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

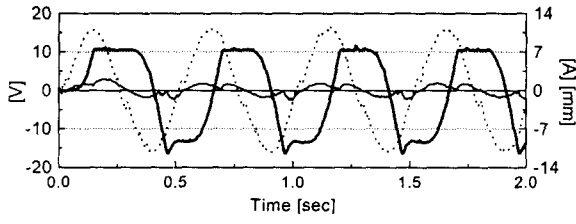
4.4 (+) 및 (-) 정현파 입력에 따른 동특성

영구자석 계자와 전기자 자속 사이의 이러한 상호작용은 공극자속 또는 발생 추력을 감소 또는 증가시키고 가동코일의 왕복운동에 대한 추력을 비대칭적으로 만든다[4]. 이러한 현상은 정특성 뿐만 아니라 동특성에서도 가동자의 편위현상을 통해 확인할 수 있다.

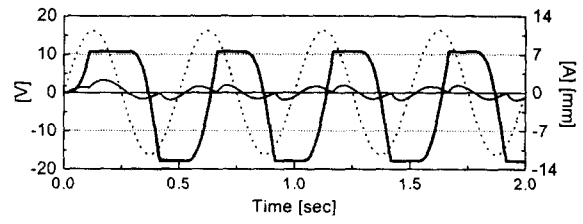
그림 11은 20Hz의 (+) 정현파 입력시 가동자의 동적 특성을 보여준다. push/pull 효과를 고려하지 않은 시뮬레이션 결과는 변위 3[mm] 근처에서 진동을 하지만, 실제 실험 결과는 편위가 계속적으로 증가함을 알 수 있다.

또한 그림 12에서는 10Hz의 (-) 정현파 입력의 경우 가동자의 동적 거동을 보여준다. 그림 10(j)와 그림 12(a)의 시뮬레이션 결과에서와 같이 push/pull 효과를 고려하지 않을 경우 (+) 정현파 전원 입력시에는 (+)방향으로, (-) 정현파 전원이 입력되면 (-)방향으로 편위현상을 가진다. 그러나 실제 실험에서는 그림 12(b)와 같이 (-) 정현파 전압을 입력하더라도 결국 (+) 변위쪽으로 편위하여 진동하였다.

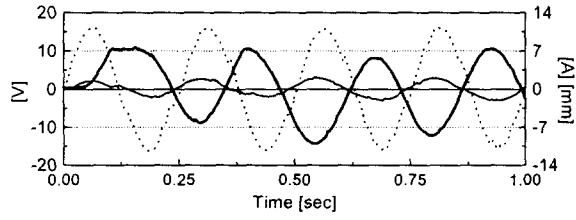
그림 11과 그림 12의 편위현상은 다른 주파수 입력시도 동일하게 발생하는데, 이는 그림 13에서 설명하듯이 가동코일 전류에 의한 push/pull 효과에 의해 그림 13(b)의 (-) 변위쪽으로 발생하는 힘보다는 그림 13(a)의 (+)쪽으로 발생하는 힘이 크기 때문이다.



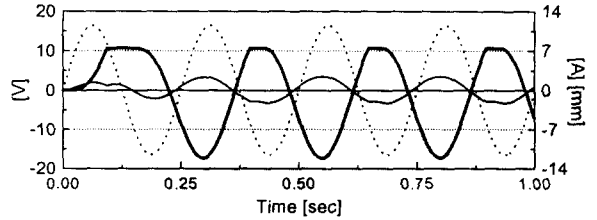
(a) 2 Hz : Experiment



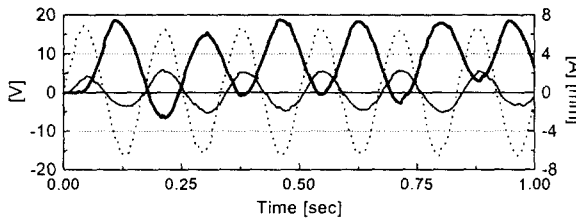
(f) 2 Hz : Simulation



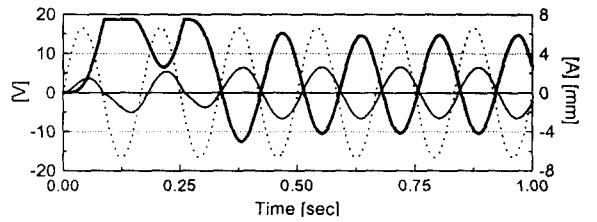
(b) 4 Hz : Experiment



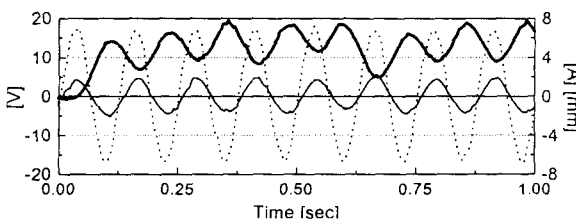
(g) 4 Hz : Simulation



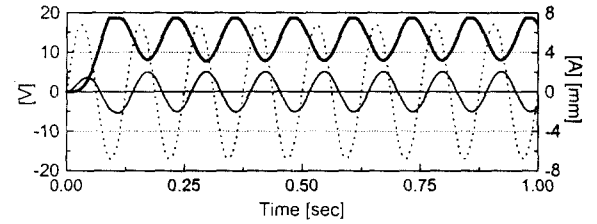
(c) 6 Hz : Experiment



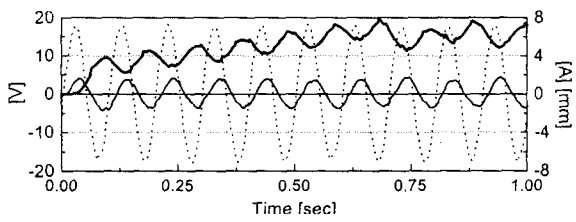
(h) 6 Hz : Simulation



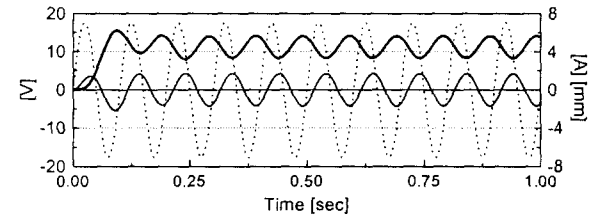
(d) 8 Hz : Experiment



(i) 8 Hz : Simulation



(e) 10 Hz : Experiment



(j) 10 Hz : Simulation

----- Voltage  
 ——— Current  
 ——— Displacement

그림 10 입력 주파수에 따른 전압, 전류, 변위

Fig. 10 Voltage, current and displacement

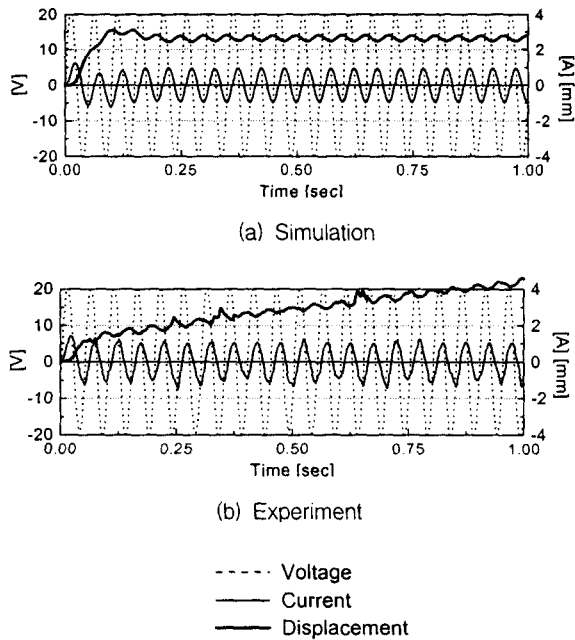


그림 11 (+) 정현파 입력시 가동자의 동적 특성(20Hz)  
 Fig. 11 Dynamic characteristics at (+) sine wave excitation(20Hz)

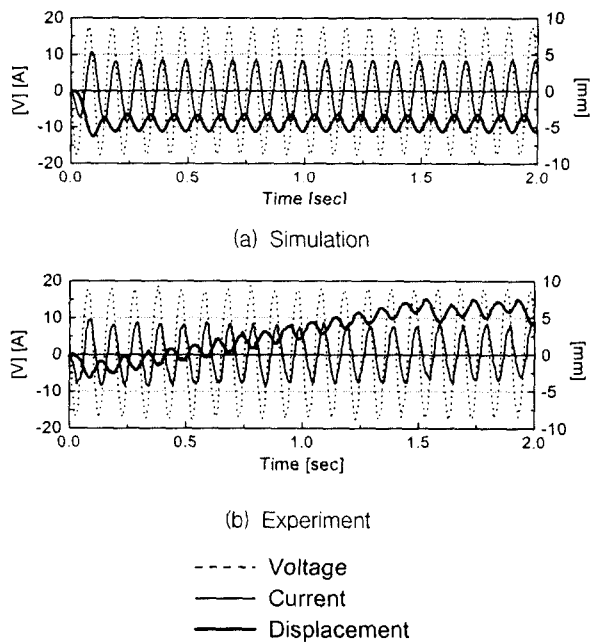


그림 12 (-) 정현파 입력시 가동자의 동적 특성(10Hz)  
 Fig. 12 Dynamic characteristics at (-) sine wave excitation(10Hz)

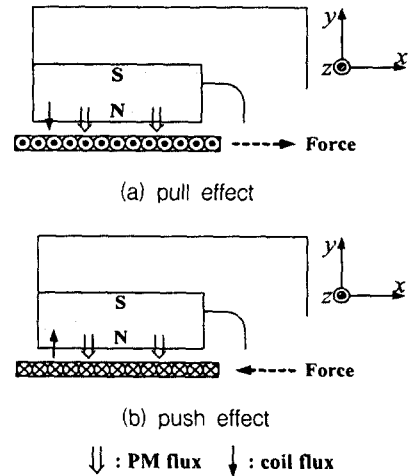


그림 13 push/pull 효과에 따른 추력 발생 메카니즘  
 Fig. 13 Mechanism of force development due to push/pull effect

4.5 입력 전압의 크기에 따른 동특성

push/pull 효과에 의한 추력의 비대칭 현상이 없다고 가정하더라도 4.3절, 4.4절의 시뮬레이션 결과에서 보듯이 주파수가 증가하게 되면 가동자의 편위가 발생한다. 이는 가동자가 진동하기에 충분한 전력이 공급되지 않았기 때문이다. 따라서 입력 전압을 증가시킬 경우 시뮬레이션 결과는 그림 14(a)(b)처럼 가동자는 편위없이 왕복운동을 한다. 그러나 실제 특성 실험결과는 그림 14(c)(d)에서 보듯이 편위정도는 감소하지만 push/pull 효과에 의해 (+) 변위쪽으로 편위하여 진동한다.

4.6 특성 실험 및 시뮬레이션 결과 검토

전압형 인버터로 운전되는 LOA의 동특성 시뮬레이션과 실험 결과를 통하여 이를 비교·검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 시뮬레이션과 실험 결과는 비교적 유사한 동특성을 가졌다. 즉, 4Hz 입력시 가동자는 편위없이 왕복운동을 하지만, 6Hz부터는 (+) 변위쪽으로 편위하여 진동하였다. 이러한 현상은 전압과 변위의 위상차와도 관계되는데, 180° 이상이 되는 경우 가동자의 편위가 발생한다.
- push/pull 효과가 없다면 (+) 정현파 전원 입력시는 (+) 방향으로, (-) 정현파 전원 입력시는 (-) 방향으로 가동자가 편위한다. 그러나 특성 실험에서는 (-) 정현파 전압을 입력하더라도 결국 (+) 변위쪽으로 편위하여 진동하게 된다. 이는 push/pull 효과에 의해 (-) 변위쪽으로 발생하는 힘보다는 (+) 쪽으로 발생하려는 힘이 크기 때문이다.
- 입력 전압을 증가시킬 경우 시뮬레이션 결과는 가동자는 편위없이 왕복운동 한다. 그러나 특성 실험결과는 편위정도는 다소 줄어들지만 push/pull 효과에 의해 (+) 변위쪽에 편위하여 진동한다.

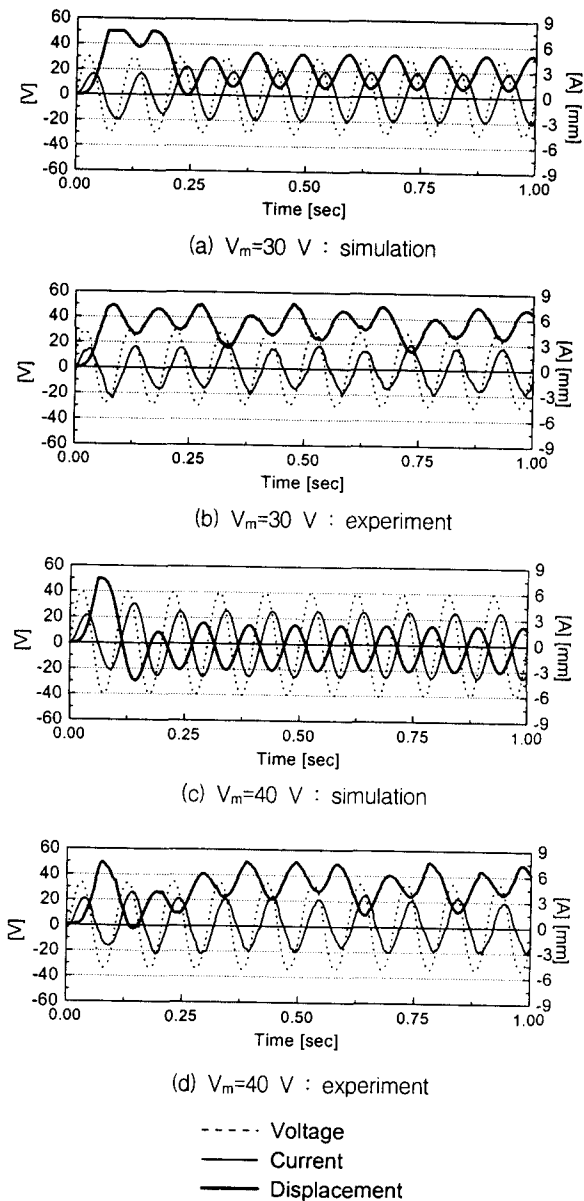


그림 14 입력전압의 크기에 따른 동특성(10Hz)  
 Fig. 14 Dynamic characteristics at considering the magnitude of input voltage(10Hz)

5. 결 론

유기전압 및 토크 상수는 설계 파라미터의 타당성 검증뿐만 아니라 과도 및 정상상태 특성에 매우 중요한 상수가 된다. 따라서 이를 정밀하게 산정하기 위해 본 연구에서는 개방 회로 시험을 통해 유기전압 상수를 산정하였으며, 이를 통해 좀 더 정밀한 시스템 행렬을 도출하였다. 그리고 인버터로 운전되는 LOA의 동특성 시뮬레이션 알고리즘과 구동 및 계측 시스템을 구축하여 동특성 결과를 비교·검토하였다. 즉,

- 정밀한 유기전압상수를 얻기 위해 개방실험을 통해 가동코일에 유기되는 전압을 직접 측정하였다. 유기전압 상수는 가동자가 +x 방향으로 이동할수록 그 값이 감소하였고, 가동자 이동 범위내에서 평균적으로 약 63[V·sec/m] 정도가 되었다.
- 정밀 산정된 제어정수를 통하여 시스템 행렬과 전달함수를 도출하였으며, 이를 통해 가동코일형 LOA는 위상 여유는 125° 이며 이득 교차주파수는 2.74Hz로 매우 낮은 주파수 응답성을 가지는 저주파수 필터 특성을 갖는다.
- 산정된 시스템 행렬을 통해 전압형 인버터로 운전되는 LOA의 동특성 시뮬레이션 알고리즘을 구성하였으며, 이를 검증하기 위해 구동 및 실시간 계측시스템을 구축하였다. 각 주파수에 따른 동특성 시뮬레이션과 실험결과는 비교적 유사한 특성을 가졌고 전기자 코일 자속에 의한 추력의 비대칭 현상(push/pull 효과)이 가동자의 편위 현상을 발생시킴을 정성적으로 확인할 수 있었다.

결과적으로 실제와 동일한 동특성을 얻기 위해서는 시뮬레이션시에 전류극성에 따라 추력상수를 다르게 정하므로써 push/pull 효과를 고려해야 하며, 마찰상수, 가동자 변위에 따른 인덕턴스 변화 등도 함께 고려되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] S.A. Nasar, Iboldea, "Linear Electric Motors : Theory, Design, and Practical Application", Prentice-Hall, Inc., 1987
- [2] A. Basak, "Permanent magnetic linear DC motors", Clarendon Press, Oxford, 1996
- [3] 장석명 외, "전자장 이론 적용 FEM해석에 의한 보이스코일 평판형 LOA의 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, Part A, pp. 216-218, 7. 22-23, 1996
- [4] 장석명 외 "영구자석 계자와 전기자 자속의 상호작용효과를 고려한 가동코일형 리니어모터의 정특성", 전기학회 논문지 48B권 1호, pp19~26, 1999. 1
- [5] 장석명 외 "능동 진동제어 시스템에의 보이스코일형 LOA응용", 전기학회 논문지, 제 46권 제6호, pp. 862-868, 1997.6
- [6] 장석명 외, "리니어 왕복운동 제어시스템 구동용 가동코일형 리니어 액추에이터의 설계제작 및 제어정수 도출", 전기학회 논문지, 제 48B권 제 5호, pp241-248, 1999.
- [7] Hi-Dong Chai, "Present status of voice coil motor, various design techniques and key performance parameters", Intelligent Motion proceedings. pp.84-106, sept. 1991

저 자 소 개



장 석 명 (張錫明)

1949년 7월 3일생, 1986년 한양대 대학원 박사과정 졸업(공박), 1989년 미국 Univ. of Kentucky(Post-doc), 1978년~현재 충남대 전기공학과 교수, 현재 당학회 평의원, 편집이사

Tel : 042-821-5658

E-mail : smjang@ee.chungnam.ac.kr



문 석 준 (文碩俊)

1965년 9월 9일생, 1995년 서울대 조선해양공학(공박), 1993년 2월~현재 한국기계연구원 구조시스템연구부 선임연구원

Tel : 042-868-7428

E-mail : sjmoon@mailgw.kimm.re.kr



정 상 섭 (鄭相燮)

1971년 1월 29일생, 1996년 충남대 전기공학과 졸업(학사), 1998년 동 대학원 석사 졸업, 1998년~현재 충남대 대학원 박사과정

Tel : 042-821-7608

E-mail : sangsub@ee.chungnam.ac.kr

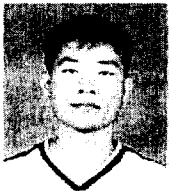


박 찬 일 (朴贊一)

1943년 4월 4일생, 1970년 한양대 졸업, 현재 한국기계연구원 장비개발실 실장

Tel : 042-868-7610

E-mail : cipark@mailgw.kimm.re.kr



권 철 (權哲)

1975년 7월 18일생, 1998년 대전산업대 제어계측공학과 졸업, 1999년~현재 충남대 전기공학과 대학원 재학

Tel : 042-821-7608

E-mail : kweonfe@hanmail.net



정 태 영 (丁泰榮)

1952년 9월 15일생, 1987년 6월 미국 M.I.T 해양공학박사, 1980년 8월~현재 한국기계연구원 구조시스템 연구부장

Tel : 042-868-7420

E-mail : tychung@mailgw.kimm.re.kr



박 희 창 (朴喜昌)

1956년 6월 5일생, 1988년 2월 동국대 박사과정 졸업(공박), 현재 한국기계연구원 장비개발실 책임연구원

Tel : 042-868-7612

E-mail : hcpark@mailgw.kimm.re.kr