

슬립-스틱 구동기 설계를 위한 4자유도 시스템 강제진동 해석

Forced Vibration Analysis of 4 DOF system for Design of Slip-Stick Actuator

송명규† · 허영준* · 박노철* · 박영필* · 박경수* · 임수철** · 박재혁**

Myeong-Gyu Song†, Young-Jun Hur*, No-Cheol Park*, Young-Pil Park*, Kyoung-Su Park*, Soo-Cheol Lim** and Jae-Hyuk Park**

Key Words : Forced Vibration Analysis, Slip-Stick Actuator, Voice-Coil Actuator

ABSTRACT

The friction is inevitable and unpredictable phenomena, so most mechanical systems are designed to low friction effect by using bearings and lubricants. However, the slip-stick actuator applies the friction force to its movement. The slip-stick mechanism is applied the piezoelectric actuator to overcome short displacement. Fast response of piezoelectric actuator is also good characteristic for the slip-stick mechanism. However, the piezoelectric actuator with slip-stick mechanism isn't common, because its cost and driving voltage are too high. In this paper, a voice-coil actuator with slip-stick mechanism is introduced. The cost and the driving voltage of a voice-coil actuator are much less than the piezoelectric actuator. And a dynamic vibration amplifier is proposed to adjust the dynamic performance of the actuator. By the results of numerical analysis, the feasibility of a dynamic vibration amplifier is verified.

1. 서론

기계시스템에서 발생하는 마찰은 저역에서의 위상지연, 정밀도 저하 등과 같은 부적절한 영향을 준다. 또한 마찰은 수많은 요소들이 복합적으로 작용하는 현상으로 이를 정량적으로 예측하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 일반적인 기계 설계는 마찰의 영향을 최대한 줄이는 방향으로 진행된다. 반면 슬립-스틱 구동기는 마찰력을 적극적으로 활용하는 방식으로 지지부에 대해 가동부가 미끄러지는 슬립 상태와 가동부와 지지부가 밀착된 스틱 상태를 반복하며 움직인다. 주로 압전구동기에 적용되어온 방식으로 구조가 간단하여 부피가 제한된 초소형 구동기로서 활용도가 높다. 하지만 대다수의 슬립-스틱 압전구동기들은 높은 전압, 비싼 가격 등이 걸림돌이 되어 제품에 적용되는 사례는 그리 많지 않다. 본 논문에서는 슬립-스틱 구동기의 설계를 위한 강제진동해석이 제안되었다. 제안된 구동기는 압전구동기의 약점을 피하기 위해 음성코일 구동기로 설계되었으며, 동적 성능을 향상시키기 위하여 유연구조물을 삽입한 동증

폭기 개념이 제안되었다.

2. 슬립-스틱 구동기

2.1 슬립-스틱 구동기의 개념

그림 1은 슬립-스틱 압전구동기를 나타낸다. 압전재료가 느리게 팽창하는 스틱 상태와 빠르게 수축하는 슬립 상태를 반복하면서 가동부를 왼쪽으로 이동시킨다. 그림 2는 본 논문에서 다루는 슬립-스틱 방식의 음성코일 구동기의 개념을 나타낸다. 음성코일 구동기는 압전구동기보다 부피가 크고 소모전력이 높지만 구동전압이 낮고 가격이 저렴하다.

3. 슬립-스틱 구동을 위한 동증폭기

3.1 동증폭기의 개념

동증폭기는 동흡진기의 반대 개념으로 진동 대상에 직렬로 스프링-질량 시스템을 추가하여 특정주파수에서 구동기의 동적 성능을 조절하는 것이다. 그림 3은 동증폭기 개념이 적용된 구동기와 그렇지 않은 것을 보여준다. A는 구동 대상이며, B는 구동력을 발생시키는 전자기회로다. A와 B 사이를 유연구조로 연결하여 동증폭기를 구성한다. 그림 3의 구동기는 가동자석형으로 자석과 요크 사이에 인력이 발생하며 이 인력은 기계적 스프링으로 대체할 수 있다.

† 송명규; 연세대 정보저장공학협동과정
E-mail : netmang@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460

* 연세대학교 기계공학과

** 삼성전기

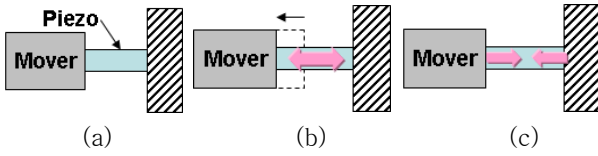


그림 1. (a)슬립-스틱 구동기, (b) 느린 팽창, (c) 빠른 수축.

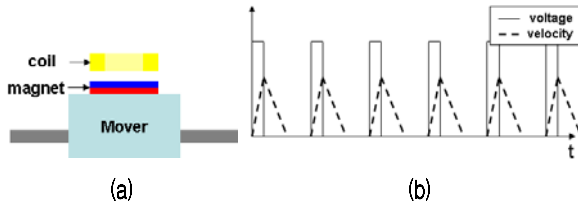


그림 2. (a) 음성코일 구동기, (b) 입력전압과 구동기의 반응.

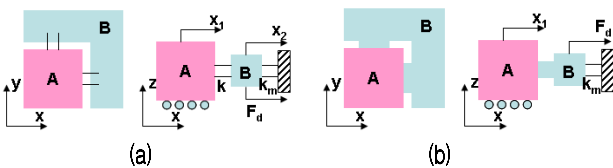


그림 3. (a) 동증폭기 적용 모델, (b) 미적용 모델.

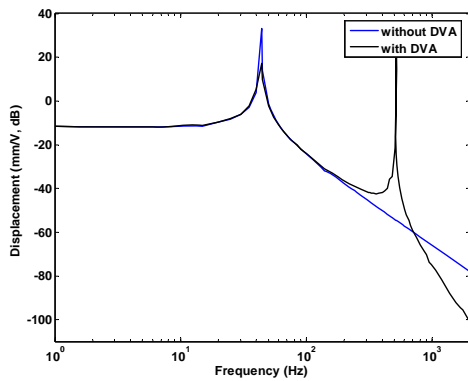


그림 4. 구동기의 주파수응답

	μ_1	μ_2	v_1	v_2	m_1	m_2	k_m	k
value	-0.5	0.7	10	5	0.4	0.1	38	800
unit	-	-	mm/s	mm/s	g	g	N/m	N/m

표 1. 강제진동 해석 조건

3.2 진동해석을 통한 동증폭기의 효과 분석

동증폭기의 가능성을 알아보기 위해 그림 3 시스템의 강제진동해석을 수행하였다. 질량, 강성 등과 같은 해석 조건은 표 1에 요약되어 있으며, 마찰계수는 식(1)과 같다. 식(2)는 동증폭기 적용 시스템의 운동방정식이다.

$$\mu = \text{sgn}(\dot{x})[\mu_1(1 - e^{-|\dot{x}|/v_1}) + \mu_2(1 - e^{-|\dot{x}|/v_2})] \quad (1)$$

$$M\ddot{X} + K\dot{X} + F_f = F_d \quad (2)$$

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_2 \end{bmatrix}, \vec{X} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ y_1 \\ y_2 \end{pmatrix}, \vec{F}_f = \begin{pmatrix} \mu m_1 g \\ 0 \\ \mu m_1 g \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} k_x & -k_x & 0 & 0 \\ -k_x & k_x + k_{mx} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_y & -k_y \\ 0 & 0 & -k_y & k_y + k_{my} \end{bmatrix}, \vec{F} = \begin{pmatrix} 0 \\ F_{d,x} \\ 0 \\ F_{d,y} \end{pmatrix}$$

그림 4는 식 (2)의 수치해석 결과로 얻은 주파수응답을 보여준다. 동증폭기가 적용된 시스템은 2개의 공진봉이 존재한다. A와 B를 연결하는 유연구조물의 강성을 조절하여 둘째 공진주파수를 변화시킬 수 있기 때문에 원하는 주파수의 동적 반응을 크게 키우거나 낮추는 것이 용이하다. 따라서 기존 구동기에 유연구조물을 추가하여 동증폭기를 설계할 경우 구동기의 성능을 보다 원활하게 조절할 수 있다는 결론을 내릴 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 슬립-스틱 방식을 이용한 음성코일 구동기의 개념을 제안하였으며, 기존의 동흡진기 개념을 이용하여 구동기의 동적성능을 보다 원활하게 조절할 수 있게 해주는 동증폭기의 기초개념을 제안하였다. 또한 동증폭기가 적용된 구동기와 적용되지 않은 구동기의 강제진동모델을 완성하고 이를 해석하여 동증폭기의 가능성을 검증하였다. 해석 결과 동증폭기가 적용된 구동기는 구동기의 동적성능을 조절할 수 있음을 확인하였다.

후 기

본 연구는 (주)삼성전기의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Kim, N. W., Sin, H. C., Kim, K. W., 2006, "Vibration Reduction of an Optical Disk Drive with a Dynamic Vibration Absorber", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 16, No. 5, pp. 529~536.
- (2) Park, N. C., Lim, S., Kim, K., Cho, U., Park, Y. P., Park, K. S., Soh, W. Y., 2008, "Vibration Reduction in Optical Disk Drive using Cantilever Type Dynamic Vibration Absorber", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 414~416.
- (3) Rao, S. S., 2004, Mechanical Vibrations, Pearson Education, Inc., New Jersey, pp. 704~714.