

공진형 선형 액추에이터의 감쇄지수 변화에 따른 과도 응답특성

우병철, 강도현
한국전기연구원 메카트로닉스그룹

Transient Response of a linear actuator with a damping ratio

Byung Chul Woo and Do Hyun Kang
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - A typical conventional systems of a linear motion use rack and pinions or ball screws to convert rotary motions from DC servo motors. A linear motor has been used a several field for a MEMS technology and a aircraft carrier. We was studied a transient response of a linear actuator with a damping ratio, spring constant and a pressed power.

1. 서 론

리니어 모터는 일반 회전형 모터에 비해 직선 구동력을 직접 발생시키는 특유의 장점이 있으므로 직선 구동력이 필요한 시스템에서 회전형에 비해 절대적으로 우수하다. 즉 직선형의 구동시스템에서 회전형 모터에 의해 직선 구동력을 발생시키고자 하는 경우에는 스크류, 체인, 기어시스템 등의 기계적인 변환장치가 반드시 필요하게 되는데 이때 마찰에 의한 에너지의 손실과 소음 발생이 필연적으로 발생하므로 매우 불리하게 된다.

리어 모터를 응용하는 경우는 직선형의 구동력을 직접 발생시키므로 기계적인 변환장치가 전혀 필요치 않기 때문에 구조가 복잡하지 않으며 에너지 손실이나 소음을 발생하지 않는 것은 물론이고 운전속도에도 제한을 받지 않는 등의 특유의 이점이 있게 된다.

본 논문에서는 선형전동기를 이용한 직선운동과 기구적인 공진특성을 이용한 액추에이터의 특성을 알아보았으며 free piston type의 선형운동을 구축하기 위해서 구동 질량과 스프링, 댐퍼로서 구성하고 외부에서 작용하는 압력에 따라 발생하는 여러 요소를 이용하고 또한 이를 이용한 액추에이터의 구동특성을 알아보았다. 이러한 실험 결과 댐핑으로 인해서 얻어지는 특성이 시스템을 이루고 있는 전체의 고유진동수에 어떠한 특성을 미치고 또한 변위특성과 전체 구동 특성에 얼마나 영향을 미치는지 알아보았다.

2. 본 론

2.1 선형 액추에이터의 구성

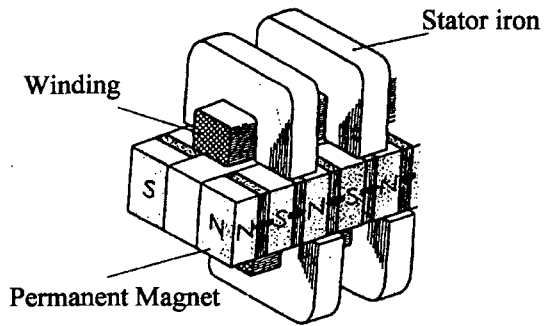
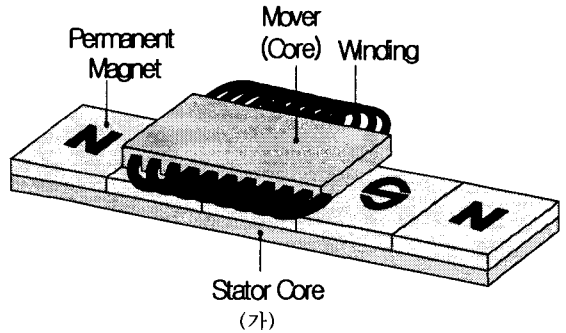
선형 액추에이터의 주요 구성부품은 리니어 모터부, 구동제어부, 오일 공급부, 스프링 및 댐퍼부 등으로 크게 나눌 수 있으며 이러한 구성부품들이 결합되어 선형 액추에이터가 작동하게 된다. 이와 같이 구성부품들은 선형 액추에이터에서 매우 중요한 부품이기 때문에 기본이 되는 리니어 모터가 전체 기술에서 핵심 메카니즘에 해당되며 구동을 위한 기구부와 제어하는 구동부로 크게 기술을 나눌 수 있다.

2.1.1 선형전동기의 구성

선형전동기는 선형 액추에이터에서 가장 핵심적인 부품으로서 리니어 액추에이터의 free piston을 구동시키는 동력 발생부품이다. 이러한 선형전동기는 크게 moving magnet type, moving coil type, moving iron

type으로 3가지로 구분되지만 최근 moving magnet type에 대한 연구가 집중적으로 이루어지고 있는 실정이다. 이와 같이 moving magnet type의 전동기가 많은 연구가 이루어지고 있는 이유는 moving magnet type이 moving coil type에 비해서 복잡하지 않는 구조로 제품화가 가능하기 때문이며 다소 효율이 높은 moving coil type에 비해서 생산성과 작업의 효율성이 좋기 때문이다.

또한 선형전동기는 전류방향과 구동방향이 일치하는 종자속형과 전류방향과 구동방향이 횡방향인 횡자속형으로 크게 나눌 수 있으며 기존에 개발된 많은 제품들이 종자속형에 해당되고 횡자속형은 최근들어 많은 연구가 집중되고 있는 실정이며 그림1과 같다.



(가) 종자속 (나) 횡자속
그림 1 종자속과 횡자속 전동기의 형상

2.1.2 횡자속형 선형전동기의 구성

그림 2는 횡자속 선형전동기의 전류방향과 이동자의 방향을 설명하고 있으며 자속방향이 전동기의 이동방향과 횡방향인 것을 확인할 수 있다.

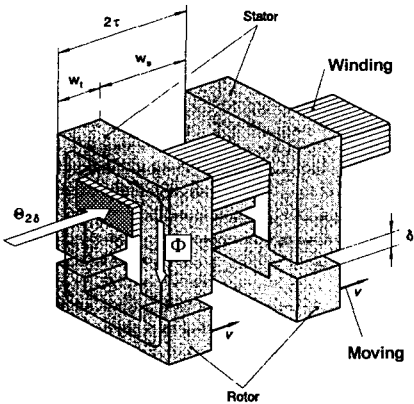


그림 2 횡자속형 선형 전동기 구동

선형전동기의 고효율화와 고출력화 및 저 가격 실현으로 인해서 여러 분야에서 응용이 가능하게 되었으며 특히 횡자속 선형전동기는 단위무게당 추력과 낮은 생산단가로 인해서 더욱 새로운 분야에 접근할 수 있게 되었으며 그림 3과 같이 그 응용분야가 다양하게 늘어나고 있음을 알 수 있다.

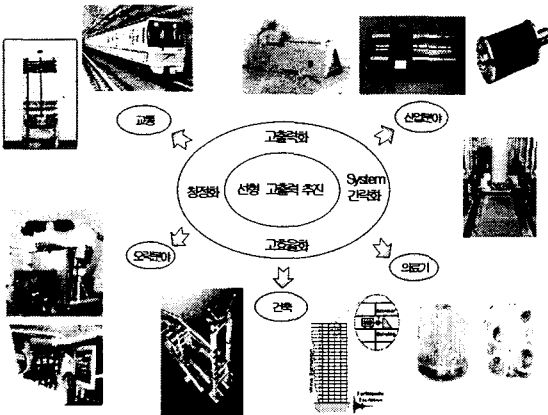


그림 3 새로운 선형전동기의 응용 분야

2.2 선형 액추에이터의 구동 특성

선형 액추에이터는 그림 4와 같이 구성하였으며 시스템의 무게와 스프링의 강성, 압축과정에서 발생하는 압력변화와 damping 등의 구속력을 고려하였으며 외부에서 가해지는 선형전동기의 구동력으로 인해서 초기 동적 특성을 알아보기 위해서 초기 동적 구동특성을 알아보았다.

그림 4의 특성을 알아보기 위해서 사용 프로그램인 ANSYS s/w를 이용하여 계의 고유진동수와 damping 지수를 변화하면서 발생하는 액추에이터의 초기 동적 특성을 알아보았다. 이러한 초기 동적특성은 액추에이터의 구동에서 발생할 수 있는 overshooting 문제와 적절한 구동 주파수의 조절 등에 큰 영향을 미칠 수 있으며 외

부의 온도변화와 가해지는 압력의 변화에 따라 구성된 시스템의 초기구동특성이 크게 변화할 수 있게 되며 그림 4와 같다..

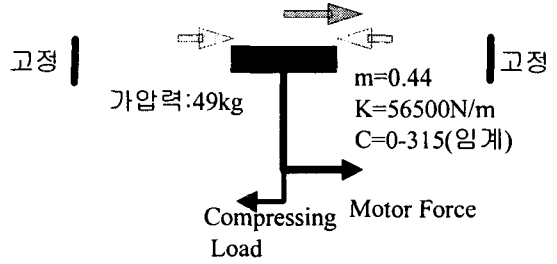


그림 4 실험에서 사용된 선형 액추에이터의 구성

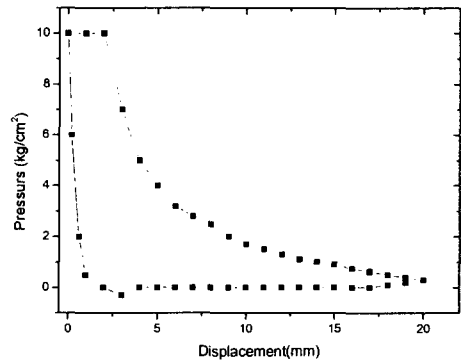
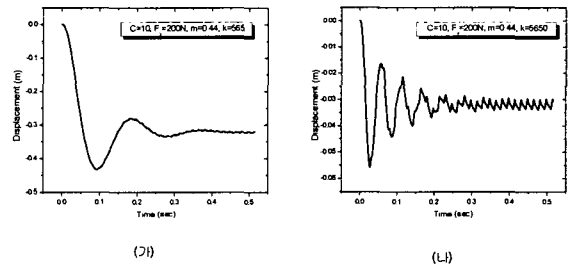


그림 5 액추에이터에 가해지는 압력 변화

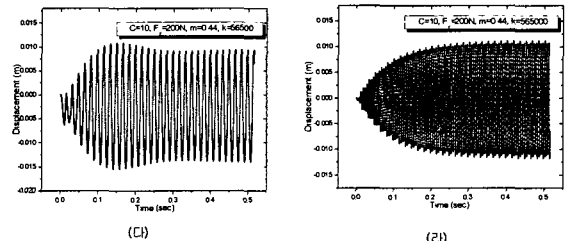
2.2.1 스프링 강성에 따른 특성변화

그림 4와 같이 구성된 시스템의 고유 특성에서 스프링의 강성에 따른 액추에이터의 초기 구동특성을 알아보았으며 스프링의 강성에 따라 그림 6과 같은 특성을 나타내었다.



(가)

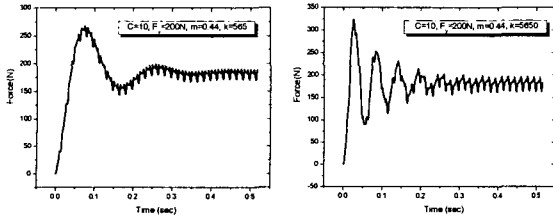
(나)



(다)

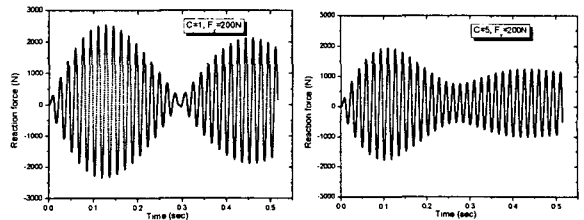
(라)

그림 6 스프링의 강성변화에 따른 초기 구동특성
(가) k=565 (나) k=5650
(다) k=56500 (라) k=565000



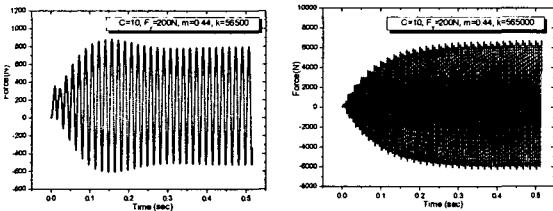
(가)

(나)



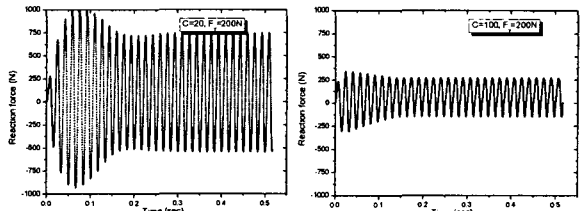
(가)

(나)



(다)

(라)



(다)

(라)

그림 7 스프링의 강성변화에 따른 지지부의 반력특성
 (가) $k=565$ (나) $k=5650$
 (다) $k=56500$ (라) $k=565000$

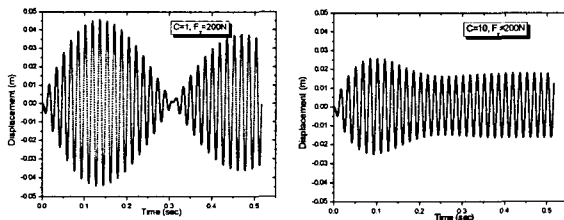
그림 9 액추에이터의 댐핑계수에 따른 반력 특성
 (가) $C=1$ (나) $C=5$
 (다) $C=10$ (라) $C=100$

그림 7은 그림 4에서 양쪽에 고정된 부위에 가해지는 힘으로서 초기 과도상태의 특성이 스프링 강성에 따라 확연히 변화하고 있음을 알 수 있으며 이러한 특성은 스프링과 구성된 이동자의 무게에 의한 고유진동수의 영향으로 발생하고 있다.

그림 9는 그림 4의 고정단에서 발생하는 반력특성으로서 그림 8에서 얻어지는 변위특성과 거의 유사한 반력이 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

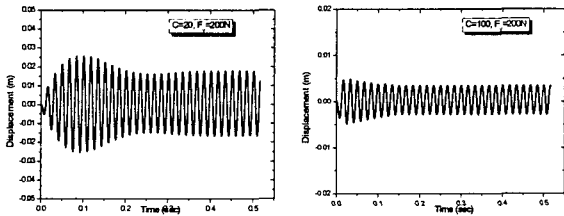
2.2.2 damping 계수에 따른 특성변화

그림 8은 선형 액추에이터의 무게와 스프링의 강성을 고정시킨 다음 damping 계수를 변화한 경우 발생하는 초기 거동특성을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 댐핑계수가 1인 경우 맥놀이 현상과 같이 급격한 변위 증감에 따라서 정확한 위치를 설정할 수 없으며 댐핑계수가 100인 경우 원하는 변위가 너무 작은 결과를 초래한다.



(가)

(나)



(다)

(라)

그림 8 액추에이터의 댐핑계수에 따른 초기 구동특성
 (가) $C=1$ (나) $C=5$
 (다) $C=10$ (라) $C=100$

3. 결 론

스프링과 댐퍼 및 압축력이 작용하는 선형 액추에이터에서 스프링과 댐퍼의 영향을 알아보기 위한 해석결과 시스템의 고유진동수에서 얻을 수 있는 공진특성을 고려할 경우 고유진동수 전후에 해당되는 지점이 가장 우수한 변위특성을 얻을 수 있었으며 스프링의 강성을 증가함에 따라 얻어지는 지지부에 가해지는 반력은 증가하는 결과를 얻을 수 있었다. 또한 댐핑이 없으면 맥놀이 현상과 같은 증감이 있는 변위특성이 발생하였으며 5-30 범위의 댐핑지수가 적절한 변위 조절에 적절한 것으로 판단할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Waus M, Arshad, Peter Thelin, Thomas Backstrom, Candur Sadarangani, "Use of Transverse-Flux Machines in a Free-Piston Generator", Electric Machines and Drives Conference, IEMDC'03. IEEE International, Vol. 3, pp.1428-1434, 2003
- [2] Arshad, W.M., Backstrom, T., Sadarangani, C., "Analytical design and analysis procedure for a transverse flux machine", Electric Machines and Drives Conference, IEMDC 2001. IEEE International, pp. 115-121, 2001
- [3] Kang, D.H., Chun, Y.H., Weh, H., Analysis and optimal design of transverse flux linear motor with PM excitation for railway traction, Electric Power Applications, IEE Proceedings, Vol. 150, No. 4, pp. 493-499, 2003
- [4] 박종찬, 왕세명, 정충민, Linear compressor에서 발생하는 마찰에 의한 진동연구, 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp.695-700, 2003