한국소음진동공학회 2009년 춘계학술대회논문집, pp.579~580

반도체 장비용 전자기식 능동 제진 장치의 성능 예측 평가

Performance Estimation of Active Electro-Magnetic Isolator for Semiconductor Manufacturing Machine

김형태† · 김철호, 이강원* · 이규섭, 손성완** · 전종균***
H.T. Kim, C.H. Kim, K.W. Lee, G.S. Lee, S.W. Son, C.K. Chun

1. 서 론

반도체, LCD, 태양광, LED 분야에서 국내의 기술력이 향상됨에 따라 관련 생산 장비의 개발도 중요성도 점차 높아지고 있다. 현재 관련 부품 생산에 있어서 생산 환경을 제어하는 요소로 온도, 습도 그리고 청정도가 있다. 이러한 환경 요소는 크린 룸이라는 독립된 공간에 공조 기술 및 집진 기술을 적용하여 자동화 장치로 통제되고 있다.

IT 부품의 생산 수율에 영향을 미치는 요인 중의 하나로 진동이 있다. 장비 내부 진동은 고속으로 운동하는 모션 유니트에서 발생하는 것으로 급가속과 급감속 및 가공 충격에 의해 발생된다. 장비 외부 진동은 주변 장비, 물류 이동 및 지진으로 발생되는 경우가 있다. 최근 IT 부품에서는 선폭이 점차 작아지고 있어서 진동의 전달 및 발생은 제품의 품질에 결정적인 영향을 미치게 된다. 따라서, 리소그래피 등 일부 공정에서는 방진 시설과 함께 진동을 감지하여 특정 class 가 초과되는 시점에서 장비를 정지하도록 되어있다. 실제로 과거 중국에서 발생된 지진으로 국내 fab 설비 일부가 정지된 사례도 있다.

IT 부품 생산 설비에 있어서 방진 대책은 공압이나 방진 패드를 이용한 passive 형태가 대다수이다. 즉, 생산 장비 하부를 공압을 이용하여 floating 하여 진동을 흡수, 절연하는 방법이다[1]. 이러한 방법은 고주파 절연 효율은 매우 좋으나 10Hz 이하의 저주파 진동에는 공진이 발생하여 제진 성능이 급격하게 악화되는 문제점이 있다. 저주파에 대한 문제점을 보완하고자 능동 제어(active) 방식이 꾸준하게 개발되고 있다. 기존 active 방식은 공압을 제어하는 것으로 진동 신호 레벨에 따라 밸브의 개폐를 조절하는 원리이다[2]. 이 방식은 응답성이 많이 늦으므로 지능제어[3] 및 강인제어[4]를 적용한 사례가 있으나 근본적인 해결책이 되지 못한다.

본 연구에서는 저주파 특성 개선 및 응답성 향상을 위한 제진 장치의 개발을 위해 공압과 함께 전자기력으로 구동되는 isolator 를 개발하였고, 그 성능을 평가하였다.

2. 제진 시스템

본 연구에서 개발한 능동 제진 actuator 의 구조는 Fig. 1 과 같다. Passive isolator 내부에 전자기 coil 을 설치하고 전압으로 전자기력을 제어함으로써 상부의 장비의 진동을 제어한다. 이러한 제진 시스템은 기존 MDS 모델로 수식화가 가능하다.

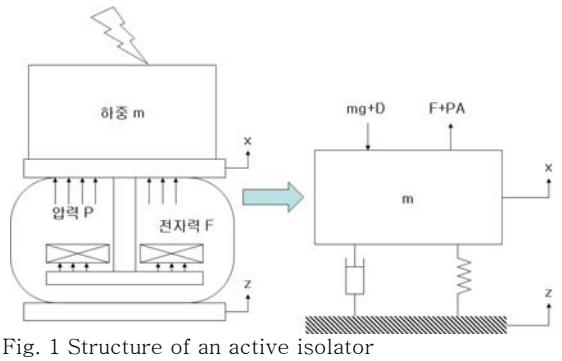

Fig. 1 Structure of an active isolator

제진 장치의 제어는 Fig. 2 와 같이 센서, DSP, power AMP, 능동 제진 장치(active air spring), 정반으로 구성된다. 생산 장비는 정반 위에 설치되며, 총 하중은 능동 제진 장치로 지지한다. 진동 센서는 정반 하부에 설치되며, 센서 신호는 증폭하여 DSP 로 전달된다. DSP 는 진동 신호에 따라 출력을 결정하여 고출력 power AMP 에 신호를 보내며, 증폭된 신호에 의하여 코일에 전자기력이 발생하여 진동이 흡수 및 제거 된다. 제어 로직은 PC 상에서 작성하여 embed 형태의 DSP 에 이식되어 독립적으로 동작한다.

정반 하부에는 총 4 개의 isolator 가 설치되며, 각각 센서와 제어 채널에 연결된다. 성능 측정을 위한 센서는 정반 상부 중앙, 전면, 측면에 각각 설치되어 있으며, 진동 분석 장비(B&K 3032A)를 통해 z 방향 및 roll 과 pitch 성분의 영향에 의한 진동 성능을 측정하게 된다. 실험에서는 PD 제어 방법을 적용하여 정반의 중앙에 impulse 충격을 가한 상황에 대한 응답을 살펴보았고, gain 에 대한 반응성의 변화도 관

찰하였다. P gain 은 0.25~1.5, D gain 은 0.5~3.0 까지 변화시켜 진동에 대한 반응을 살펴 보았다. 표. 1 은 제어 시스템의 사양을 정리한 것이다. Fig. 3 은 단축 능동 제진 장치 시제품이다.

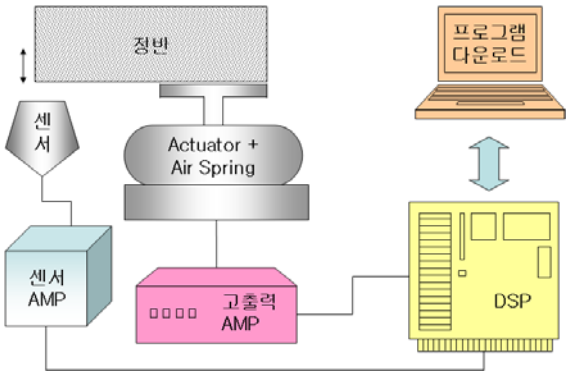

Fig. 2 Layout of a control system

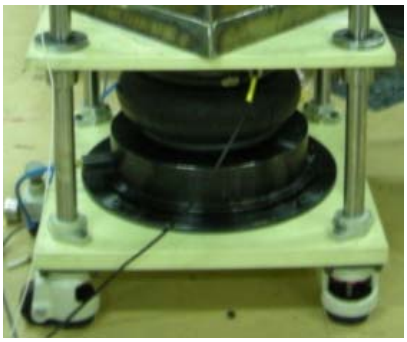
Fig. 3 An example of an active isolator

표 1 제어 시스템의 사양

항목	사양	항목	사양
Sensor Gain	1.0V/mm	Sensor Output	0-10V
Sensor CH.	4ch	Linear AMP Gain	0-10V/V
Linear AMP Freq	10Khz	Linear AMP CH.	4ch
Linear AMP I_{max}	5.0A max.	Linear AMP V_{max}	±50V max.
Linear AMP P_{max}	250W*4ch	No. of CPU	2
DSP Input	0-10V	DSP Input CH.	4
DSP Output	±5V	DSP Output CH.	2
Communication	RS-232C	Baud Rate	38400

3. 실험 결과

Fig. 5 와 6 은 D=1.0 으로 고정한 상태에서 P gain 을 변화하였을 때 제진 성능을 보여준다. Fig. 5 는 time-domain 에서 시간과 속도의 변화에 대한 그래프이다. 결과에서 gain 이 증가할수록 비제어의 경우보다 배이상 빠르게 감쇠한다. 이 결과를 Fig. 6 과 같이 주파수 영역에서 살펴보면 저주파 공진점 부근에서의 peak 를 이루었던 성분이 상당수 감쇠하여 비교적 안정적인 성능으로 전환된 것을 보여준다. P, D gain 이 너무 높으면 unstable 하거나 노이즈에 취약한 반응을 보였다.

4. 결 론

반도체, LCD 등 IT 부품을 생산하는 장비에 대한 진동의 영향을 최소화하기 위한 전자기식 능동 제진 장치를 제작하고 그 성능을 평가하였다. 그 결과 감쇠 시간과 공진 peak 는 감쇠하는 것을 알 수 있었다. 따라서 이러한 전자기 제진 장치는 IT 부품 장비에 유용하게 사용될 수 있다.

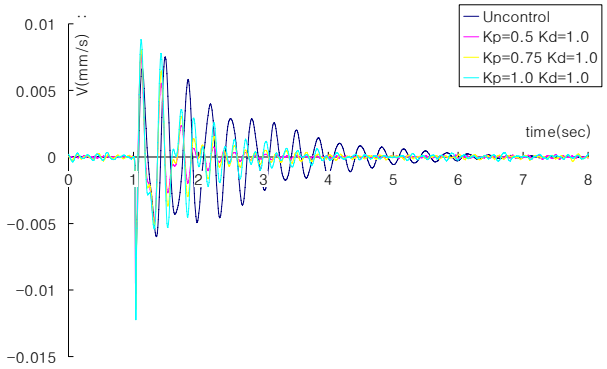

Fig. 4 Response in time domain using variant gains

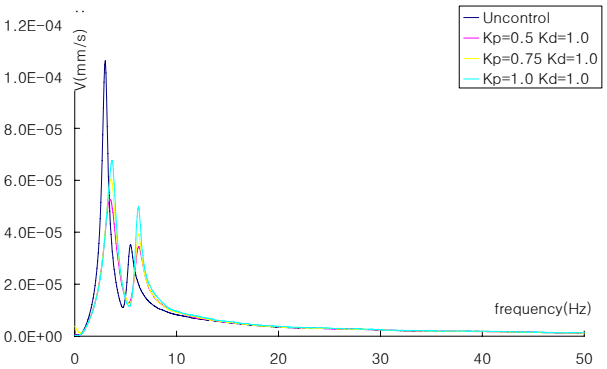

Fig. 5 Response in frequency domain using variant gains

참고문헌

[1] 장지욱, 안형준, 이길용, 한동철, “수동 제진기에 사용하는 음강성 기구의 최적 설계,” 대한기계학회 춘계학술대회 강연및논문초록집, pp. 360~365, 2006.
[2] 송진호, 김규용, 박영필, “공기스프링 방진대의 능동제어,” 대한기계학회논문집, vol. 18, no. 6, pp. 1605~1617, 1994.
[3] 김현수, “유전자알고리즘을 이용한 스마트 면진시스템의 퍼지제어,” 한국지진공학회논문집, vol. 9, no. 2, pp. 37~46, 2005.
[4] 박영필, “방진설계에 있어서 능동제어기법의 활용,” 대한기계학회지, vol. 34, no. 10, pp. 756~763, 1994.