

자기부상 클린 리프트 설계

김종문
한국전기연구원 계측제어연구그룹

Design of Maglev Clean Lift

Jong-Moon Kim
Control and Instrumentation Research Group, Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - In this paper, as a clean lift, a maglev(magnetic levitation) clean lift is designed and described. The maglev clean lift, which is superior to conventional lifts in vibration, noise, clean class and speed characteristics, consists of magnets, guide rails, guide rollers, magnet module frame, cage, guidance controller, sensors, etc. As design specifications, the maximum value of vibration is 0.2G, the maximum value of noise is 60dB, and the clean class is #10.

The design results for the maglev clean lift are shown and discussed.

1. 서 론

LCD 및 반도체 공정용 리프트는 다층간에 화물을 운반하는 역할을 한다. 기존의 리프트는 기계식 방식 즉, 가이드롤러와 가이드레일에 의해 리프트를 지지하여 지지력이 높은 장점이 있으나, 접촉에 의한 소음, 진동 및 분진의 환경문제와 100m/min 정도의 낮은 이송속도로 인한 저효율 문제가 있다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 클린 리프트 개발이 시급한 실정이다.

클린 리프트의 하나인 자기부상 리프트[1]는 자기력에 의한 비접촉 지지로, 마찰, 마모가 없어 소음, 진동 및 분진 등이 적고, 200m/min 이상의 이송속도가 가능해 친환경 및 고효율 시스템이라 할 수 있다.

이 논문에서는 자기부상 클린 리프트의 설계 결과를 보인다. 자기부상 리프트는 마그네트, 안내제어기, 센서, 전력변환장치, 가이드레일, 모듈 프레임, 가이드롤러, 케이지, 카운터 웨이트, 구동모터, 로프 등으로 이루어져 있다. 이 중에서 가이드롤러, 케이지, 카운터 웨이트, 구동모터 및 로프 등은 기존의 방식과 동일하며, 마그네트, 안내제어기, 센서, 전력변환장치, 가이드레일 및 모듈 프레임은 기존의 방식에 추가되거나 수정된 형태로 구현된다.

설계 사양은 진동의 최대 크기가 0.2G 이하, 소음의 최대 크기가 60dB 이하, 클린 클래스가 #10이다. 진동은 리프트가 정지 및 이동 중 가이드레일이나 부하로부터 주로 발생되며, 소음은 구동모터와 로프 사이의 접촉에 의해 대부분 일어난다. 그리고 클린 클래스는 구동모터를 완전하게 밀폐시키면 충분히 달성할 수 있게 된다.

2장에서 자기부상 리프트의 각 요소의 설계 개념에 대해 설명하고, 그 결과를 보였고, 3장에서 그 결론을 맺었다.

2. 본 론

2.1 자기부상 리프트 구성

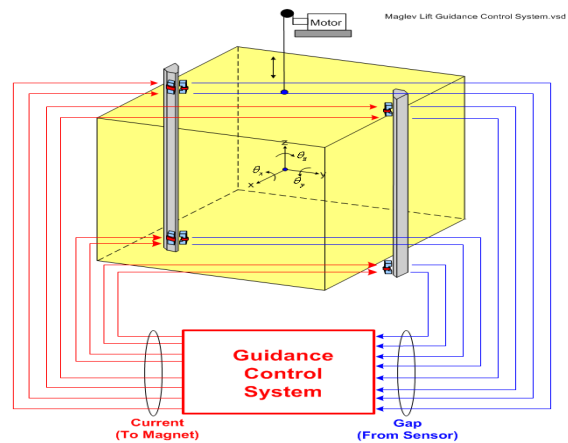
자기부상 클린 리프트는 서론에서 언급한 것처럼, 기존의 접촉식 리프트의 단점을 보완하기 위해 자기부상 장치를 추가한 것이다. 따라서 추가된 자기부상 장치를 통하여 LCD 또는 반도체 공정에서의 소음, 진동, 분진 및 이송효율 등의 문제를 얼마나 개선시킬 수 있는지가 핵심이고, 또한 추가된 시스템 단가도 실제 적용 가능여부에 중요하게 영향을 미친다고 볼 수 있다.

그림 1은 자기부상 클린 리프트의 구성도를 보여 준다. 자기부상 리프트는 마그네트, 안내제어기, 센서, 전력변환장치, 가이드레일, 모듈 프레임, 가이드롤러, 케이지, 카운터 웨이트, 구동모터, 로프 등으로 이루어져 있다. 이 중에서 마그네트, 안내제어기, 센서, 전력변환장치, 가이드레일 및 모듈 프레임은 기존의 방식에서 추가되거나 수정된 형태로 구현된다. 가이드롤러는 비상용으로 쓰이게 되며, 정상적일 때는 마그네트와 가이드레일 사이의 안내력에 의해 리프트를 지지하게 된다.

마그네트와 가이드레일 사이의 갭은 안내제어기에 의해 제어되

며, 센서는 갭 센서와 전류 센서가 쓰인다. 측정된 센서 신호는 안내제어기에 피드백되며, 안내제어기는 진동을 고려하면서 갭을 제어해야만 한다. 전력변환장치는 마그네트에 영구자석이 없는 경우 1-4상한 초퍼로 구현된다.

카운터 웨이트는 케이지, 마그네트, 모듈 프레임 및 부하의 무게를 고려해서 결정되며, 따라서 실제 리프트의 순수 무게는 수백 kg 이하로 된다. 구동모터 및 로프에 의해 리프트는 수직방향으로 이동하며, 기존의 방식을 그대로 쓸 예정이다.



<그림 1> 자기부상 클린 리프트의 전체 구성도

2.2 자기부상 리프트 설계개념

2.2.1 마그네트와 가이드레일

마그네트를 설계할 때 고려해야 할 것은 부하의 불균형 무게이며, 카운터 웨이트를 고려한 후, 실제의 무게를 계산하면 마그네트의 안내력을 결정할 수 있다. 케이지의 무게가 500kg이고, 부하의 최대무게는 800kg 일 때, 카운터 웨이트의 무게는 900kg이 된다. 따라서 카운터 웨이트를 고려한 실제 리프트의 최대무게는 400kg이 된다. 마그네트의 안내력은 이 400kg의 부하가 리프트 내에서 최대로 불균형이 발생되었다고 가정하여 결정한다. 또한, 마그네트와 가이드레일은 자속이 포화가 안 되어야 하며, 센서와 가이드롤러의 특성을 고려하여 설계한다.

2.2.2 안내제어기

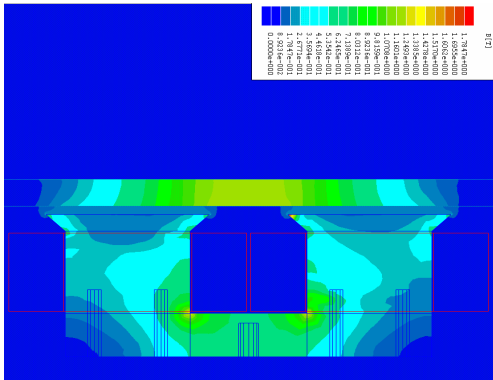
리프트에서 수직방향(z) 운동은 기존의 구동장치에 의해서 제어되고, 나머지 5자유도(x, y, $\theta_x, \theta_y, \theta_z$) 운동은 마그네트에 의해서 제어된다. 안내제어기는 갭과 전류 센서를 이용하여 마그네트의 전류를 제어하며, 안내제어 알고리즘은 상태제환 방식 또는 PID(proportional-integral-derivative) 방식 등을 사용할 수 있다. 하드웨어로서, DSP(digital signal processor) 제어를 사용한다. 샘플링 주파수는 5kHz이고, 갭과 전류가 각각 8개의 신호가 피드백된다. 출력은 PWM 형태로 8개의 광케이블에 의해 전송된다.

2.2.3 전력변환장치

전력변환장치는 마그네트에 영구자석에 영구자석이 없는 경우, 1-4상한 초퍼로 구현되며, 스위칭 소자로서, IGBT를 사용하였다. 스위칭 주파수는 10kHz이고, 안내제어기로부터 광케이블에 의해 PWM 신호가 전송된다. 정류기 파트는 3상 AC 220V 전압을 정류하여 DC 전압으로 변환한다.

2.3 자기부상 리프트 설계결과

자기부상 리프트의 설계결과로서, 마그네트, 안내제어기, 전력변환장치를 보여주며, 동적 시뮬레이션에 대해서도 언급한다.

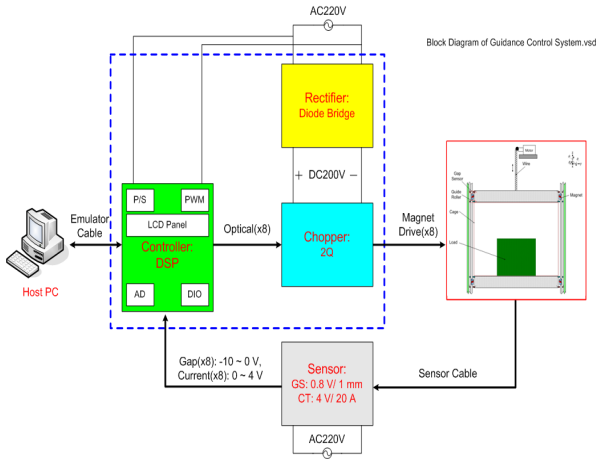


<그림 2> 마그네트의 자속밀도 다이어그램



<그림 3> 제작된 마그네트

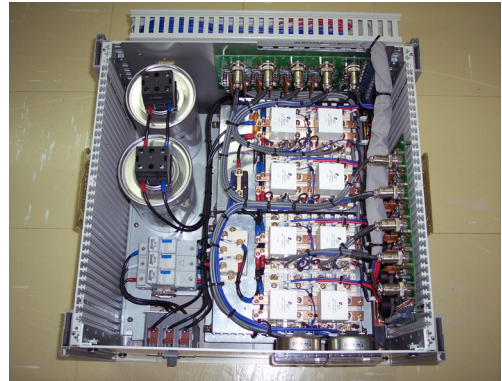
그림 2는 전자장 해석 결과 중 하나인 마그네트의 자속밀도 다이어그램이다. 마그네트와 가이드레일에서 자기포화가 일어나지 않는 것을 알 수 있다. 정상상태에서 마그네트 갭은 5mm이고, 전류는 2A이다. 이 때, 자속밀도는 0.25Tesla이다. 그리고, 그림 3은 제작된 마그네트의 모습이다. 두 개의 코일은 각각 4.0A이어서 총 8.0A이고, 권선수는 총 800턴이다. 그리고 코일 직경은 1mm이다.



<그림 4> 안내제어기의 전체 구성도

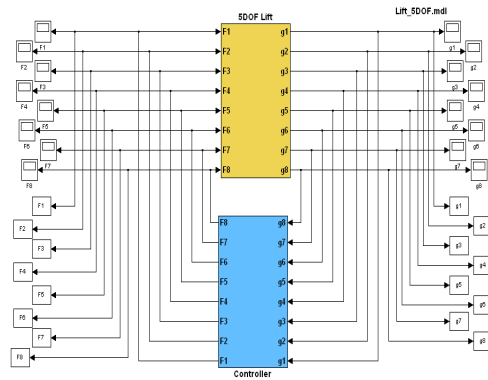
그림 4는 안내제어기의 전체 구성도를 보여 준다. DSP 안내제어기는 호스트 컴퓨터에 에뮬레이터를 통하여 연결되며, 개발된 제어 프로그램은 DSP에 다운로드된다. DSP 안내제어기에는 ADC, DAC, DIO 등이 있으며, PWM 형태로 전력변환장치에 제어 신호를 전송한다. 안내제어기 앞면에는 키패드가 있으며, 게인 튜닝 및 데이터 확인이 가능하며, RS232/RS485 통신도 할 수 있다. 개발이 끝나면 안내제어기를 비롯하여 전력변환장치는 리프트에 탑재되며, 이를 위한 공간을 리프트에 확보

해야 한다. 그림 5는 제작된 전력변환장치이며, 정류기와 초퍼를 포함하고 있다.



<그림 5> 제작된 전력변환장치

그림 6은 5자유도 동적 시뮬레이션 다이어그램이다. 이 시뮬레이션 프로그램에서는 $x, y, \theta_x, \theta_y, \theta_z$ 방향의 동적 운동을 확인할 수 있으며, 실제 실험을 하기 전에 그 운동 특성의 예측이 가능하다.



<그림 6> 5자유도 동적 시뮬레이션 다이어그램

3. 결 론

이 논문에서는 클린 리프트의 하나로써, 자기부상 클린 리프트의 설계 결과를 보였다. 자기부상 리프트의 핵심은 마그네트와 가이드레일 사이의 갭을 일정하게 제어하는 것이며, 이를 위해서는 부하의 크기 및 자속포화를 고려한 마그네트와 가이드레일 설계가 매우 중요하다. 리프트에서 마그네트는 자중을 직접적으로 지지를 하지 않으므로 큰 전류를 필요하지 않고, 다만 무게의 불균형량만 고려하면 된다.

앞으로 할 일은 설계 및 제작된 자기부상 리프트에 대한 양호한 실험 결과를 얻는 것이며, 그 과정에서 각 요소에 대한 최적값을 얻은 후, 최종 시스템을 개발하는 것이다.

[참고 문헌]

[1] Mimpei Morishita, et al, "A study of Elevator Car Non-Contact Guide System with An Electromagnetic Suspension under Zero Power Control", JIEE LD-01-53, pp.17-22, 2001.