

능동 횡진동 현가 장치를 가지는 철도 차량에 대한 HILS 시스템 개발

Development of HILS for Railway Vehicle Equipped with Active Lateral Suspension System

이재하* · 곽문규† · 양동호* · 유원희**

Jae-Ha Lee, Moon K. Kwak, Dong-Ho Yang and Won-Hee You

1. 서 론

본 연구에서는 철도차량용 능동현가 시스템에 대한 실차 실험을 대체할 수 있는 대형 HILS (Hardware-In-the-Loop Simulation) 시스템을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 대형 HILS 를 사용할 경우 실차 실험에 따른 시간적, 공간적, 비용적 문제를 동시에 해결할 수 있다. 특히, 철도 차량에 대한 동적 모델과 실제 능동 현가장치를 HILS 시스템과 결합함으로써 실 주행 시 발생할 수 있는 문제점 및 능동 현가장치의 성능을 사전에 파악할 수 있다. HILS 시스템은 실제 시스템과 이론 모델을 결합하는 방법이기 때문에 이론 모델만을 이용하는 수치 시뮬레이션보다 실제 시스템에 가까운 성능평가를 할 수 있다. 본 연구에서는 대형 HILS 시스템의 구현 방법, 제작된 HILS 시스템을 이용한 실험 결과를 제시한다.

2. 대형 HILS 제작 및 구성

본 연구에서 제작한 대형 HILS 시스템은 Fig. 1과 같다. 수치 모델의 계산 결과인 변위 구현을 위해 AC 서보 모터와 볼스크류로 이루어진 변위 구동부를 구성하였고, 수동 댐퍼 또는 능동 댐퍼를 연결할 수 있는 체결부를 설계 제작하였으며, Load Cell을 구동부와 체결부 사이에 부착해 감쇠력을 계측하였다. 본 연구에서 고려한 AC 서보 모터는 Mitsubishi사의 2000rpm 1.5kW 급 모터이다. 이

AC 모터는 실제 철도 차량 횡진동 제어를 위해 사용될 전자기식 액추에이터의 추력에 상응하는 토크를 구현할 수 있다. 그리고 직선 변위를 구현하기 위해 사용된 볼스크류는 10mm 피치를 가진다. 이와 같이 제작된 구성부는 약 2~80Hz 주파수 대역의 변위 구현이 가능하다. 본 연구에서 사용한 Load Cell은 Interface 사의 Load Cell로서 인장과 압축 두 경우에 대해 모두 10kN까지 측정이 가능하고, 별도의 indicator 장비가 불필요한 장비이다.

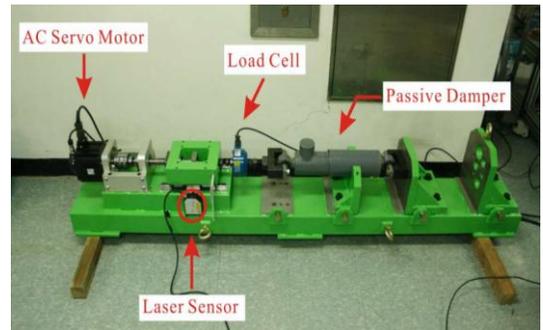


Fig. 1 Experimental setup for large-scale HILS system with passive damper

변위를 구현하고 감쇠력을 계측하는 Fig. 1의 대형 HILS는 Fig. 2에 보이는 바와 같이 수치 모델과 제어 알고리즘을 탑재하고 있는 컴퓨터와 연결된다. 본 연구에서는 dSpace 사의 DS1104 장비를 사용하였다. Fig. 2에 보이는 바와 같이 실제 하드웨어의 센서 값과 하드웨어에 내려질 명령 신호가 A/D 또는 D/A 단자를 통해 연결된다. 특히, HILS 시스템에 장착되는 수동 댐퍼 또는 능동 댐퍼의 감쇠력이 컴퓨터에 내장된 이론 수치 모델에 제어력으로 변환되어 입력된다. 하드웨어와의 인터페이스를 위해서는 다양한 변환 계수가 먼저 계산되어야 한다.

† 교신저자; 정희원, 동국대학교 기계로봇에너지공학과

E-mail : kwakm@dgu.edu

Tel : (02) 2260-3705

* 동국대학교 기계공학과 대학원

** 한국철도기술연구원

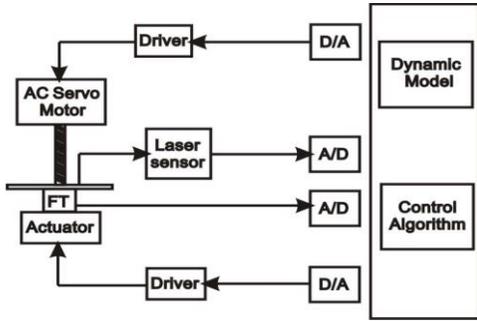


Fig.1 Schematic diagram of large-scale HILS system

3. HILS 성능 기초 실험

HILS 구동을 위한 소프트웨어는 Simulink 블록선도로 Fig. 3와 같이 구성되었다. Fig. 3에서 보이는 Simulink 블록 선도는 크게 세 부분으로 이루어져 있다. 1) 외력에 의한 일자유도 진동계의 변위 출력을 계산하는 이론모델, 그리고 2) 이론 모델에 의해 출력된 변위 값과 서보 모터 시스템에 제공하고 엔코더에 의해 측정된 변위 값과의 비교를 통해 그 차이를 PID 제어기를 이용해 줄이는 변위 추종 제어부 3) Load Cell에 의해 측정된 일반 댐퍼의 감쇠력을 계산하여 이론 모델에 제공하는 외부 입력부로 이루어져 있다.

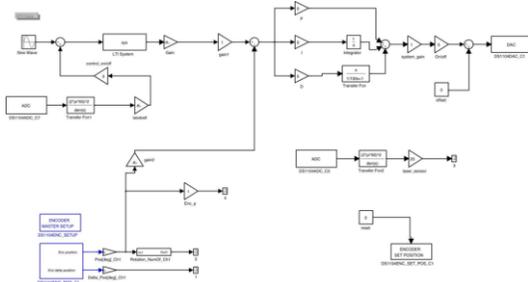


Fig. 3 HILS simulink block diagram

AC 서보모터에 생성되는 변위 구현의 정확성을 확인하기 위해 레이저 변위센서를 이용해 변위를 측정하였다. Fig. 4는 소프트웨어 내부에서 계산된 변위값과 엔코더 신호를 이용해 계산된 변위값, 그리고 레이저 변위 센서의 신호를 변환한 변위값을 비교한 그림이다. 그림에서 보이는 바와 같이 서보 모터 제어 시스템이 정확하게 변위를 추종하고 있음을 확인할 수 있다.

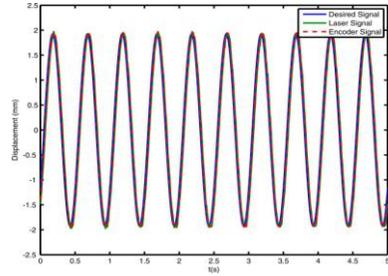


Fig.4 Comparing desired signal with laser signal and encoder signal

본 연구에서는 먼저 철도차량 횡진동 모델을 가장 간단한 일자유도 모델로 가정하고 이를 Fig. 3의 수치 모델로 사용하였다. 감쇠력은 Fig. 1에 보이는 수동댐퍼에 의한 힘을 대입해 계산된 값을 다시 AC 서보 모터에서 구현하였다. 감쇠력이 있는 경우 당연히 변위의 진폭이 줄어들어야 한다. Fig. 5는 감쇠력을 입력했을 경우 실제 HILS의 변위가 줄어드는 것을 보여준다.

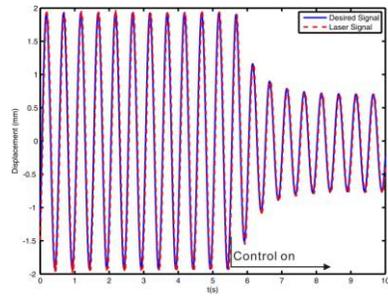


Fig.5 Time-history of 1 DOF displacement

3. 결론

본 연구에서는 대형 HILS 시스템의 구성을 설명하고, 철도차량 횡진동 모델을 일자유도 모델로 단순화한 수치 모델과 일반 수동 댐퍼를 결합해 대형 HILS 시스템의 타당성을 입증하였다. 차후 9자유도 모델과 능동 댐퍼를 이용한 철도 차량 횡진동 제어 실험을 수행할 예정이다.

후 기

본 연구는 지식 경제부 “철도차량 능동현가장치 성능평가용 HILS 시스템 개발 및 구축”의 일환으로 수행되었습니다.