한국소음진동공학회 2010년 추계학술대회논문집, pp.477~478

# Linear Electro-Magnetic Actuator 를 이용한 6 축 시뮬레이터 개발

## Development of 6-DOF Simulator using Linear Electro-Magnetic Actuators

김정훈† · 김재산* · 심재호** · 박태익**

Jeong-Hoon Kim, Jae-San Kim, Jaeho Shim and Tae-Ig Park

## 1. 서 론

최근 차량의 경량화 기술과 함께 파워트레인의 고효율화 기술 개발이 활발히 추진되고 있다. 그런데, 고효율 파워트레인을 경량화 차체에 적용하면 필연적으로 NVH 문제가 발생하며, 이의 개선을 위해 능동형 엔진 마운팅 시스템 개발 또한 활발히 진행되고 있다.

기존 수동형 엔진 마운팅 시스템과 달리, 능동형 엔진 마운팅 시스템은 센서, 구동기 및 제어기로 구성되는 제어 시스템을 포함하며, 이러한 제어 시스템이 효과적으로 작동하여 차량의 NVH 성능을 향상시킬 수 있게 하는 제어 로직의 개발이 반드시 필요하다. 그런데, 제어 시스템을 실차에 적용하여 제어로직을 개발하려면 많은 시간과 노력을 요할 뿐 아니라 안전 문제의 발생 소지가 있다. 특히 개발중인 제어 시스템 및 로직의 성능을 평가하려면 동일한 운전조건하에서의 비교가 필요한데, 실차 시험에서 이를 구현하는 것은 매우 어렵다. 따라서, 효율적인 개발을 위해서는 실차 시험을 대체할 수 있는 시뮬레이션 환경의 구축 필요성이 대두되었다.

이에 본 연구에서는 능동형 엔진 마운팅 시스템의 성능 및 신뢰성을 평가할 수 있는 6 축 시뮬레이터를 개발하였으며, 실차 제어 성능과 비교하여 제어 로직 개발등에 활용 가능함을 확인하였다.

## 2. 시뮬레이터 개발

### 2.1 시뮬레이터 목표 사양

본 연구에서는 V6 가솔린 엔진을 탑재한 후륜 구동 차량의 마운트 통과 전후 가속도 RLD 를 재현할 수 있는 6 축 시뮬레이터를 개발하려 한다.

기존 6 축 시뮬레이터는 유압 가진기를 이용하는 마스트 (MAST) 타입으로, 가진 가능 주파수가 수십 Hz 정도로 낮고, 설치 및 운용시에 비교적 넓은 작업 공간을 요구한다. 이는 NVH 평가를 주요 목적으로 하는, 능동형 엔진 마운팅 시스템 성능 및 신뢰성 평가용으로는 사용에 제약이 있다.

이에 본 연구에서는 전자식 선형 구동기 (Linear Electro-Magnetic Actuator, 이하 LEMA)를 이용하여 스튜어트 플랫폼 (Stewart-Platform) 타입의 6 축 시뮬레이터를 개발하였다. 대상 파워트레인의 제원 및 대상 차량의 실차 RLD 를 바탕으로 개발할 시뮬레이터의 목표 사양을 아래와 같이 결정하였다.

Table 1. 6 축 시뮬레이터 목표 사양

| 항 목 | 사 양 |
|---|---|
| 허용 하중 | 450 kg |
| 최대 추력 | 2,000 N |
| 제어정밀도 | 스트로크 : 0.001mm, 추력 : 0.2N |
| 구동 범위 | ±10mm / ±3° |
| 구동 주파수 | 0~300Hz |

### 2.2 LEMA 개발

300Hz 까지 가진 가능한, NVH 평가용 시뮬레이터 개발을 위해 전자(電磁)력을 이용하는 선형 구동기인 LEMA 를 개발하였다.

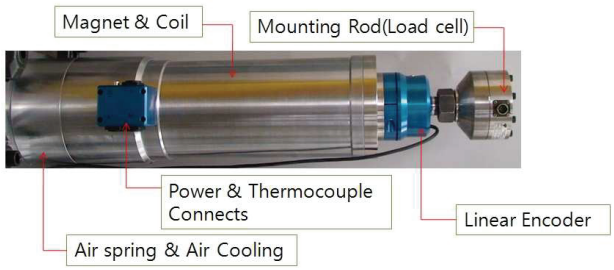


Fig. 1 LEMA 기본 구조도

기본 구성은 네오디늄계 영구자석을 사용한 운동자와 다층 코일 및 코일 절연 분리재로 구성된 고정자로 나뉜다. 고정자를 구성하는 코일 결선

† 교신저자; 현대기아자동차 연구개발총괄본부 차량시스템개발팀
E-mail : jhk@hyundai.com
Tel : (031) 368-5847, Fax : (031) 368-8676
* 현대기아자동차 연구개발총괄본부 차량시스템개발팀
** ㈜액트

방법에 따라 3 상 혹은 단상의 전류를 인가할 수 있으며, 이는 구동기의 작동 성능에 영향을 미친다. 3 상 방식은 상대적으로 긴 스트로크와 높은 구동력을 낼 수 있으며, 단상 방식은 상대적으로 짧은 스트로크와 높은 가진 주파수에 유리하다. LEMA 의 기본 구조 및 시제품 사양은 Fig. 1 및 Table 2 에 나타내었다.

Table 2. 단상 LEMA 성능

| 항목 | 성능 |
|---|---|
| 최대 추력 | 1,500N |
| 최대 스트로크 | 30mm |
| 최대 주파수 | 500Hz |
| 최대 가속도 | 3g |

### 2.3 스튜어트 플랫폼 개발

시뮬레이터의 기본 구조는 스튜어트 플랫폼 (Hexapod Stewart-Platform) 타입이며, 파워트레인이 장착되는 상부면 (Payload Plate)과 하부면 (Base Plate) 및 6 개의 LEMA 로 구성되어 있다. NVH 평가 목적에 부합하도록 고주파 가진에 적합한 단상 LEMA 를 사용하였으며, 고주파 소변위 진동 재현에 적합하도록 유격을 최소화한 판스프링 직교 구조의 조인트를 채용하였다. 개발된 스튜어트 플랫폼이 Fig. 2 에 나타나 있다.

Fig. 2 개발된 스튜어트 플랫폼

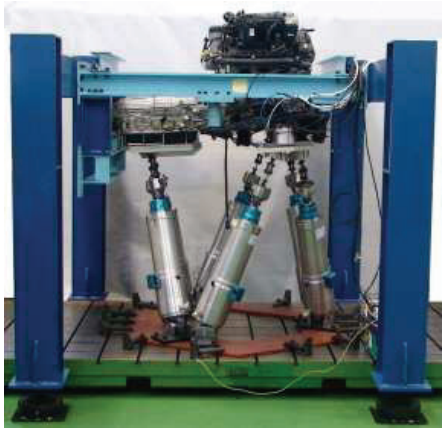

Fig. 3 개발된 6 축 시뮬레이터

Fig. 3 에서 보듯이, 개발된 스튜어트 플랫폼 상부면에 대상 파워트레인을 장착하여 파워트레인 6 자유도 진동 및 기진력을 재현할 수 있는 6 축 시뮬레이터를 구축하였다.

## 3. RLD 재현

개발된 시뮬레이터의 재현 성능 확인을 위해, V6 가솔린 엔진 탑재 후륜 구동 차량의 마운트 통과 전후 실차 RLD 를 측정하였다. LMS 社의 TWR (Time Wavelet Replication) Software 를 사용하여 측정된 RLD 의 구동파일을 생성하였고, 생성된 구동파일을 사용해 시뮬레이터에서 재현한 가속도 신호와 측정된 실차 RLD 를 비교하였다.

Fig. 4 는 3 단 1500 rpm 정속주행시의 마운트 통과전, 즉 마운트 상단 브라켓에서 측정한 수직방향 실차 RLD 와 이를 개발된 6 축 시뮬레이터에서 재현한 가속도 신호와 비교한 것으로, 수직방향 실차 RLD 를 매우 유사하게 재현 가능함을 확인하였다.

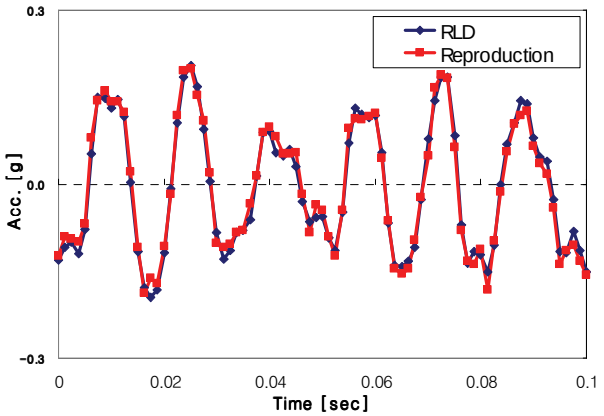


Fig. 4 엔진마운트 상단 가속도 비교

## 4. 결 론

전자(電磁)력을 이용하는 선형 구동기인 LEMA 를 개발하여 스튜어트 플랫폼 타입의 6 축 시뮬레이터를 구축하였다. 실차 RLD 를 TWR 을 이용하여 시뮬레이터에서 재현 가능함을 확인하였으며, 향후에 능동형 엔진 마운팅 시스템 성능/신뢰성 평가 및 제어 로직 개발에 활용하고자 한다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부 부품소재기술개발사업 “능동형 엔진 마운팅 시스템 개발” 과제의 일환으로 수행되었습니다.