

# MR 댐퍼 시험기 개발 및 동특성 시험 Development of MR Damper Test Bench and Performance Test

\*조정목<sup>1</sup>, 허남<sup>2</sup>, 유봉수<sup>1</sup>, #조종선<sup>1</sup>

\*J.M. Cho<sup>1</sup>, N. Hur<sup>2</sup>, B. S. Yoo<sup>1</sup>, #J.S. Joh(jsjoh@sarim.changwon.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 창원대학교 제어계측공학과, <sup>2</sup>주위아

Key words : magnetorheological fluid, shear-mode MR damper, Test Bench, Performance Test

## 1. 서론

최근 자기변성유체(magnetorheological fluid)를 이용한 장치들의 개발로 인해 수동형 진동제어(passive vibration control) 시스템의 성능을 개선하고 능동형 진동제어(active vibration control) 시스템의 안정성을 개선한 반능동 진동제어(semi-active vibration control) 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-3]. 자기변성 유체는 RABINOW [4]에 의해 처음 개발되었으며, 외부에서 인가되는 자기장의 세기에 따라 유체의 동특성이 변하는 가 제어성 유체(controllable fluid)이다.

MR 유체를 이용한 장치들을 개발할 경우, 설계된 MR 장치들을 자기장해석과 유동해석을 통해 댐핑력을 계산하고 시험기를 이용하여 장치의 실제 댐핑력을 측정하여 그 결과를 비교함으로써 개발된 MR 장치의 성능을 평가할 수 있다. 또한 시험기를 통해 MR 장치의 전류 또는 전압입력과 속도, 그리고 출력 댐핑력의 관계를 얻어냄으로써 MR 장치에 대한 모델링이 가능하게 된다. 이렇게 얻어진 MR 장치의 모델은 진동제어 알고리즘의 검증에 위한 시뮬레이션에 사용된다. 또한 실제 MR 장치가 진동제어시스템에 적용되었을 때, 제어알고리즘에서 요구하는 출력을 생성하기 위한 MR 댐퍼의 입력을 구해야 하는데, 일반적으로 실시간으로 댐핑력을 제어하기가 어렵기 때문에 MR 장치의 역모델(inverse model)을 사용하며 MR 장치의 역모델은 시험기의 시험결과를 통해 얻어진다[5-6].

본 연구에서는 회전형 MR 댐퍼, 브레이크, 클러치의 성능시험을 위한 시험기 제작과 동특성 시험을 수행하였다.

## 2. MR Damper 시험기의 하드웨어 구성

전단모드 MR 댐퍼의 동특성 시험을 위해 그림 1 과 같이 시험기를 구성하였다. 전단모드 MR 댐퍼 시험기에는 MR 댐퍼의 회전자를 원하는 속도로 회전시키기 위해 MITSUBISHI 사의 AC 서보모터인 HC-RFS153 을 사용하였으며, MR 댐퍼의 제동토크를 측정하기 위해 DACELL 사의 토크센서와 토크 인디케이터가 사용되었다.

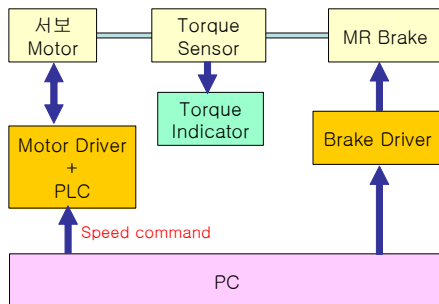


Fig. 1 Configuration of MR Damper Test Bench

서보 모터를 구동하기 위한 드라이버로는 MITSUBISHI 사의 MR-J2S-200A 를 사용하였으며, 서보 제어를 위한 제

어기로는 MITSUBISHI 사의 FX3u PLC 가 사용되었다. 또한 MR 댐퍼를 구동하기 위해 드라이버로는 3A 24V 의 용량을 가진 제어기를 TI 사의 TMS320LF2406A DSP 보드를 이용하여 제작하였다. 그림 2 는 MR 댐퍼 제어기이며, 그림 3 은 제작된 전단모드 MR 댐퍼 시험기를 보여준다.

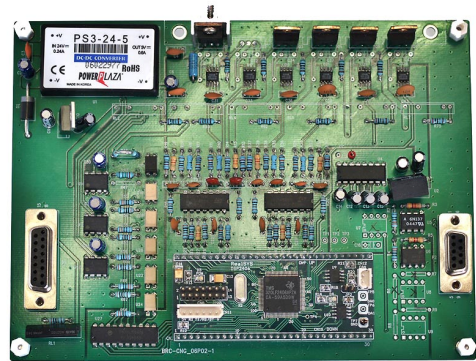


Fig. 2 MR Damper Controller

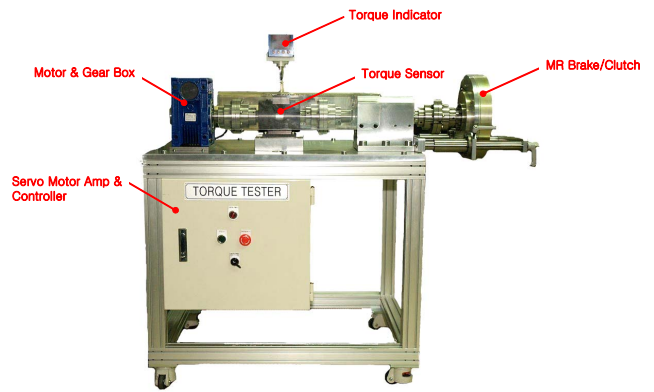


Fig. 3 MR Damper Test Bench

## 3. MR Damper 시험기의 소프트웨어 구성

제작된 시험기에서 MR 댐퍼에 인가되는 전류 값과 서보 모터의 회전속도는 PC 로부터 각각의 제어기와 통신을 통해 전달된다. 전류 값을 입력하기 위해 NI 사의 LABVIEW 소프트웨어를 이용하여 그림 4 와 같이 MR 댐퍼 제어 프로그램을 구성하였다. 사용자는 다이얼 조작 및 직접 전류 값을 직접 입력함으로써 원하는 전류 값을 설정할 수 있으며, 입력된 전류 값은 직렬통신을 이용하여 MR 댐퍼 제어기에 전달된다.

서보 모터의 회전속도를 입력하기 위해 그림 5 와 같이 모터제어 프로그램을 구성하였다. 사용자가 매번 수동으로 속도 값을 입력할 때 마다 그 속도 값으로 동작하는 'Manual Run' 모드와 원하는 속도 프로파일을 미리 입력하여 자동으로 입력된 속도 프로파일대로 동작하는 "Auto Step Run"모드로 구성되어 있다. 서보 모터의 속도 값은

RS422 통신을 통해 PLC 로 입력되며 PLC 에서는 입력된 속도 값으로 회전하게끔 서보 제어가 이뤄진다.

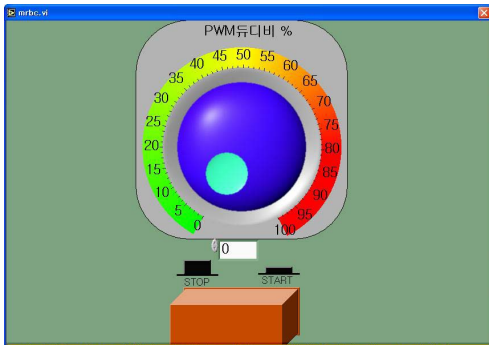


Fig. 4 MR Damper Control Program

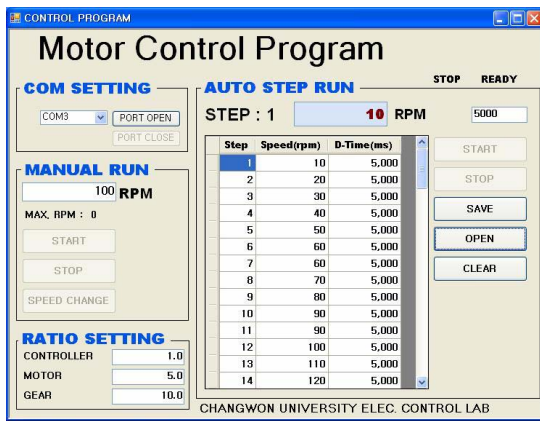


Fig. 5 Motor Control Program

#### 4. 동특성 시험

전단모드 MR 댐퍼의 동특성 시험은 댐퍼의 입력전류, 댐퍼의 회전속도, 그리고 출력토크의 관계 그래프를 얻는 과정이다. 본 연구에서는 전단모드 MR 댐퍼의 구동을 위해 제작한 MR 댐퍼 제어기의 성능시험을 수행하였으며, 입력전류, 회전속도, 그리고 출력토크의 관계 그래프를 시험을 통해 획득하였다.

그림 6 은 MR 댐퍼 제어기의 성능시험 결과를 보여준다. 사용자가 입력한 듀티비(duty ratio)의 값이 5%까지는 출력전류가 0A 이지만, 그 이후의 값에 대해서는 선형적인 전류출력 특성을 보여준다.

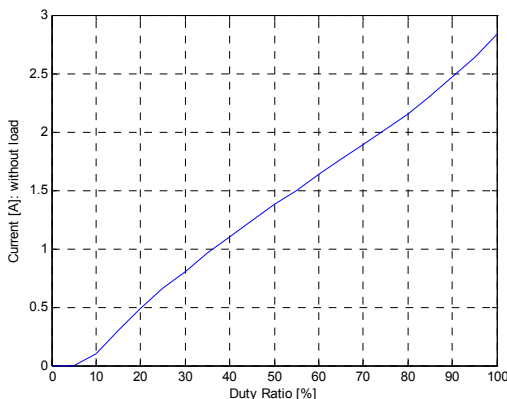


Fig. 6 Duty ratio vs. Current Output

그림 7 은 동특성 시험결과를 보여준다. 0A, 0.5A, 그리고 1A 의 전류입력에 대해 댐퍼의 속도 값에 대한 출력토크

크의 관계그래프를 시험을 통해 얻었다. 서보 모터의 속도는 -150 rpm 과 150 rpm 의 구간을 10rpm 의 간격으로 나눠 시험을 수행하였다. 시험결과로부터 출력토크는 입력 전류에 비례하는 것을 확인 할 수 있다.

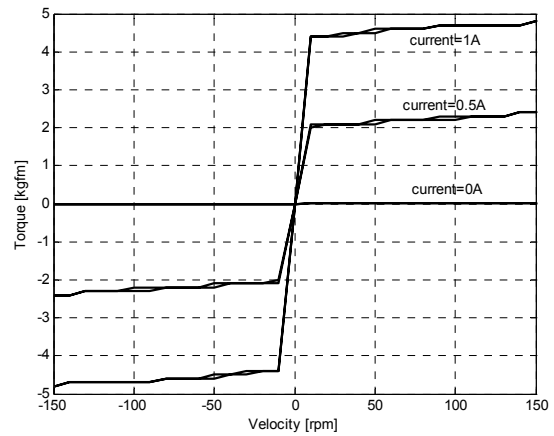


Fig. 7 Experimental Results for MR damper

#### 5. 결론

본 연구에서는 전단모드 MR 댐퍼의 동특성 시험이 가능한 시험기를 제작하였으며, 시험을 통해 MR 댐퍼의 입력전류, 회전속도, 그리고 출력토크의 관계 그래프를 얻었다. 시험결과 데이터는 전단모드 MR 댐퍼의 모델과 역모델(inverse model)을 구하기 위해 사용될 것이다.

현재 MR 댐퍼의 회전속도가 구간별로 회전하도록 되어 있지만, 향후 MR 댐퍼의 동작속도 구간을 연속적으로 변할 때 전류 및 출력토크를 측정할 있도록 개선할 것이다.

#### 후기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. P. S. Els and T. J. Holman, "Semi-active rotary damper for a heavy off-road wheeled vehicle", Journal of Terramechanics, Vol. 36, pp. 51-60, 1999.
2. L. M. Jansen and S. J. Dyke, "Semiactive control strategies for MR dampers: Comparative study", Journal of Eng. Mech., Vol. 126, No. 8, pp. 795-803, 2000.
3. G. Z. Yao, F. F. Yap, G. Chen, W. H. Li, and S. H. Yeo, "MR damper and its application for semi-active control of vehicle suspension system", Mechatronics, Vol. 12, pp. 963-973, 2002.
4. J. Rabinow, "Magnetic Fluid Torque and Force Transmitting Device", US Patent No. 2,575,360, 1951.
5. S. B. Choi, S. K. Lee, and Y. P. Park, "A hysteresis model for the field-dependent damping force of a magnetorheological damper", Journal of Sound and Vibration, Vol. 245, No. 2, pp. 375-383, 2001.
6. P. Q. Xia, "An inverse model of MR damper using optimal neural network and system identification", Journal of Sound and Vibration, Vol. 266, pp. 1009-1023, 2003.