

## 작동기 구조해석 및 제어알고리즘 개발

박창순, 송삼삼, 이현장, 이종준, 홍성현, 조현무  
한국기술교육대학교 정보기술공학부

### Development of control algorism and magnetic analysis of a MR damper

C-S Park, S-s Song, H-j Lee, J-J Lee, S-H Hong, H-M Jo

School of Information technology Korea University of Technology and education

**Abstract** - In recent Year were many devices and facilities developed and manufactured. For guarantee of the property of the devices and facilities needs Vibration protecting Technique and the Technique will be developed more and more. Magneto-Rheological damper is one of the nice devices for reducing of Vibration. In this paper magnetic properties of a MR-damper which is developed for reducing of vibration in display manufacture devices will be analysed at variation different air-gap length and current.

## 1. 서 론

기술의 발달과 더불어 많은 기기 및 장비가 개발, 제조되고 있으며 기기와 장비의 성능을 보장하기 위하여 진동을 방지하거나 최소화 하는 기술도 필요에 의하여 발달하고 있다. 최근에 진동을 방지하거나 최소화하는데 각광을 받고 있으며 개발을 거듭하고 있는 장비중의 하나가 Magneto-Rheological Damper이다. MR-damper는 magneto fluid를 사용하여 평상시에는 액체로 Damper내에 있으며 진동을 방지하거나 최소화해야 할 때에 exciting winding에 전류가 흘러 자속이 magneto Rheological fluid를 통과하게 되면 경도가 강해져 Damper로 작용하는 기구이다. 본 논문은 display 장비의 진동방지용 MR-Damper를 자기적으로 해석하였다.

## 2. MR-Damper의 자기적해석

### 2.1 MR-Damper의 구조

damper의 구조는 magnetic flux를 발생시키기 위하여 coil이 감겨 있는 core부와 실린더 내벽 사이에 존재하는 간극으로부터 orifice를 형성하고 이 orifice를 통과하는 MR 유체가 magnetic flux에 반응하여 결합력이 증가함에 따라 발생하는 유체의 yield stress의 증가분을 감쇠력으로 이용하고 있다. 실제 MR damper의 core부 설계에 있어 core부와 실린더 내벽에 의해 형성되는 orifice는 하중을 받는 피스톤 축의 이격에 의해 그 간극이 변형될 수 있으므로 그림 1과 같이 flux ring을 이용하는 것이 현재까지 제시된 가장 좋은 구조로 판단되고 있다. Flux ring은 core부와 결합하여 orifice를 형성하고 실린더 내벽과 flux ring이 접촉하여 운동하는 구조를 갖고 있어, 피스톤 축의 이격은 orifice 간극에 영향을 주지 않게 된다. Flux ring과 core부는 상하부에 덮개형 joint를 이용하여 결합된다.

### 2.2 MR\_damper에 사용된 부품의 B-H곡선

MR-Damper의 cylinder body와 shaft는 그림 2와 같이 비교적 포화도가 높은 재질을 사용하였다.

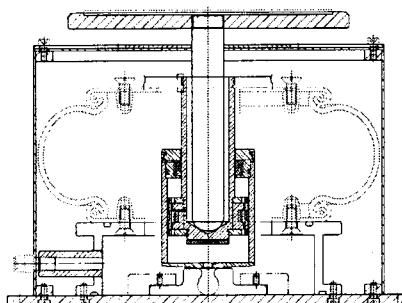


그림 1. display 장비의 진동방지용으로 사용된 MR-Damper

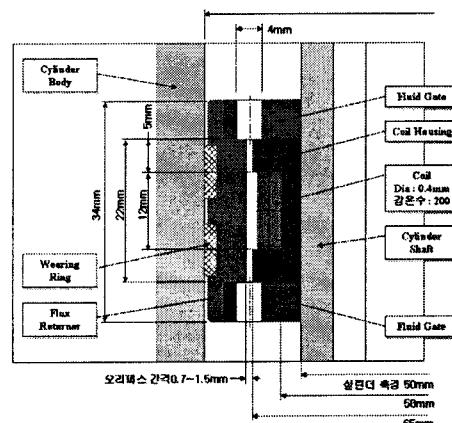


그림 2. core 부의 세부 구조 및 치수

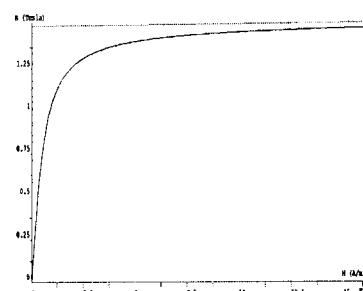


그림 3. cylinder와 body의 B-H곡선

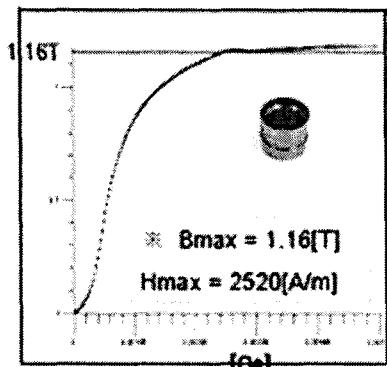


그림 3. Returner B-H곡선

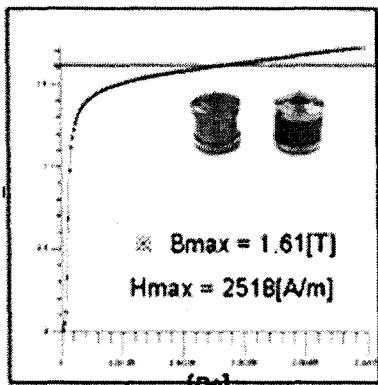


그림 4. Coil Housing B-H 곡선

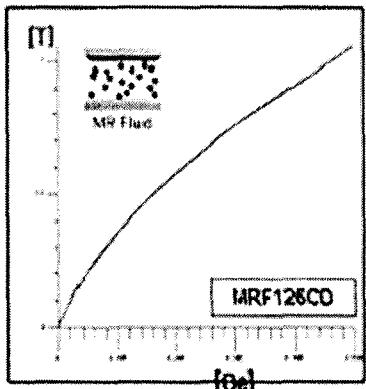


그림 5. MR-Fluid의 B-H곡선

MR-Fluid는  $H$ 값의 증가에 따라 자속밀도가 선형으로 증가하지만 포화값은 1.0T정도이다.

### 2.3 MR-Damper의 자기적 해석

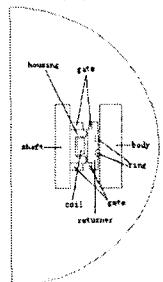


그림 6. MR-Damper의 구조와 해석 모델

자기적 해석은 해석하고자 하는 모델이 축대칭이므로 그림 6과 같이 모델링 하였다.

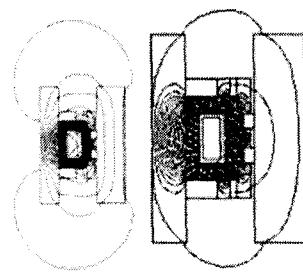


그림 7. flux line

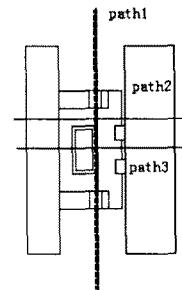


그림 8. 자속밀도의 크기를 보기위한 단면

그림 8에서 path 1에 따라서 자속밀도 분포를 보면 그림 9와 같다. 그림 9는 전류를 1.2A를 흐르게하고 공극의 길이를 0.7mm와 1.5mm로 변경하여 자속밀도를 계산하였다.

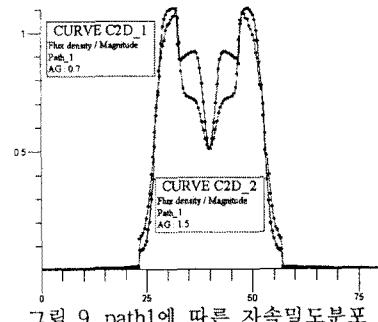


그림 9. path1에 따른 자속밀도분포

자속밀도는 coil housing과 returner에서는 air gap의 크기에 크게 영향을 받지 않고 있으나 코일이 위치하는 부분의 자속밀도는 크게 영향이 있는 것으로 판단이 된다. 이것은 MR-fluid의 흐름에 영향을 줄 수 있다.

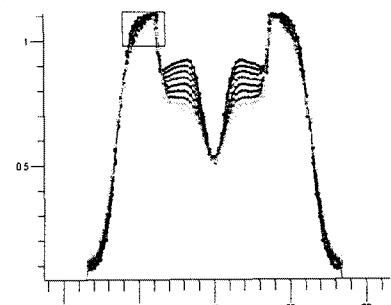


그림 10. air gap변화에 따른 자속밀도의 변화

그림 10는 전류를 1.2A로 하고 air gap의 크기를 0.7mm에서 1.5mm까지 0.1mm의 간격으로 자속밀도를 계산하였다. 코일이 위치하는 그림의 중간부분에는 air gap에 따른 자속밀도의 변화가 있지만 flux가 지나는 통로의 자속밀도는 air gap의 변화에 따른 자속밀도의 변화가 크지 않다.

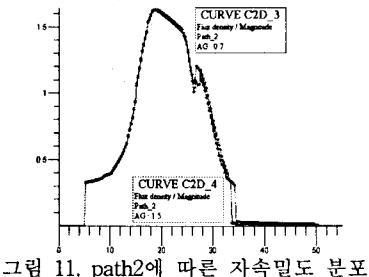


그림 11. path2에 따른 자속밀도 분포

그림 11에서 보면 coil housing에서 자속밀도의 분포는 air gap에 따라서 크게 차이가 나지 않지만 MR-Fluid가 있는 air gap에서 자속밀도 분포는 0.2 T의 차이가 나고 있다. 그리고 air gap이 0.7mm에서는 MR-Fluid가 포함되는 자속밀도를 보이고 있다. 따라서 air gap의 길이가 0.7mm에서는 전류의 크기를 작게 하여야 할 필요가 있다. 그림3에서 coil housing의 자속밀도는 1.6T에서 포함된다. 그림 10에서 coil housing의 자속밀도는 포함되는 값을 약간 넘어서고 있다. 또한 air gap에서의 자속밀도는 공극이 1.5mm일 때는 MR-Fluid의 포함값인 1.0T를 약간 상회하지만 공극이 0.7mm 일 때는 자속밀도가 1.2T로 증가하게 되어 MR-Fluid가 포함상태가 되고 있다.

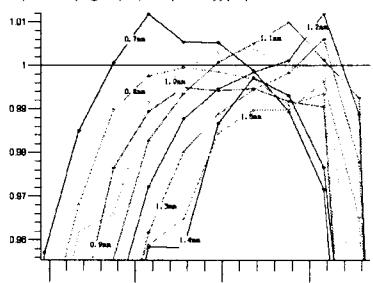


그림 12. air gap의 변화에 따른 자속밀도의 변화

그림 12은 그림 10에서 자속밀도가 가장 높은 flux line이 통과하는 air gap의 MR fluid가 위치하는 부분의 자속밀도를 계산하였다. 계산결과 air gap의 변화에 따른 자속밀도의 변화는 그렇게 크지 않은 것을 알 수가 있었으며 air gap을 너무 작게 하면 fluid의 운동에 문제가 있을 수가 있으므로 air gap의 크기는 현재와 같은 1.5mm가 적당하다고 판단된다.

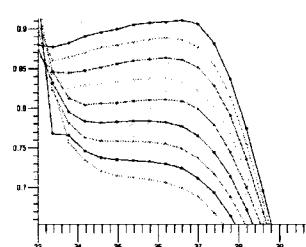


그림 13. 전류 1.1A를 훌렸을 때 공극의 변화에 따른 자속밀도의 변화

그림13에서 맨위에 있는 공극 0.7mm일 때의 자속밀도이고 맨 아래에 위치하는 공극 1.5mm일 때의 자속밀도이다.

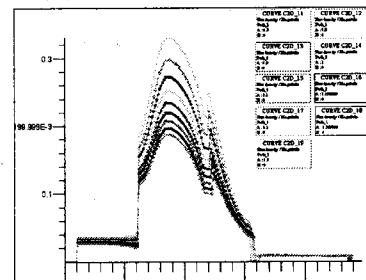


그림 14. 전류변화에 따른 자속밀도의 변화

그림 14에서는 전류를 0.7A에서 1.5A까지 변화시키면서 Path 2에서 자속밀도의 변화를 해석하였다. 전류에 따른 자속밀도의 변화는 0.12T가 되었다.

### 3. 결 론

해석결과 MR Fluid가 공극에 존재하면 공극의 자속밀도는 air gap의 크기를 2배로 하였을 때 0.02T 정도의 차이를 보이고 있다. 이것은 MR Fluid가 자속을 잘 통과하게 하고 있기 때문이며 공극의 크기는 자속에 크게 영향을 주지 않는 것으로 판단되었다. 따라서 공극의 크기는 자속밀도에 의하여 결정하는 것 보다 MR Fluid의 유체적 흐름으로 판단하는 것이 좋을 것이다. 전류를 1.2A로 하였을 때 air gap에서 자속밀도가 MR Fluid의 포함점인 1.0T보다 공극의 크기에 상관없이 있고 전류의 크기에 크게 관계가 있다. 따라서 전류로 포함가 되지 않도록 전류의 크기를 조절해야 한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Karla A.Villarreal, "Effect of MR Damper Placement on structure Vibration parameters", 논문자명, 권호, 페이지, 출판년도
- [2] Reiner Patzwald, "Magnetische Fluessigkeiten mit Schmierstoff in hydrodynamischen Gleitlagern" TU Berlin Thesis 2001
- [3] James Poynor,"Innovative Designs for Magneto-Rheological Dampers", Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [4] Henri GAVIN, Jesse HOAGG and Mark DOBOSSY, "Optimal design of MR dampers." Proc. pp 225-236
- [5] Boelter, R. and Janocha, H. (1997). "Design rules for MR fluid actuators in different working modes." Proc. SPIE, Vol. 3.45,148-159.
- [6] Carlson, J.D. and M.J. Chrzan (1992) "Magneto-rheological Fluid Dampers," US Patent 5,277,281.
- [7] Dyke, S.J., Spencer, B.F., Sain, M.K. et al. (1998). "An experimental study of MR dampers for seismic protection." Smart Materials and Structures, Vol.7, No. 5,693-703.
- [8] Gordaninejad, F.(1998) "MRfluid dampers." International Patent 98/04846.
- [9] Milecki, A. (2001). "Investigation and control of magneto-rheological fluid dampers." International Journal of Machine Tools Manufacture, Vol. 124, No. 1,61-68.