

MR Fluid를 이용한 정밀 모터 동력계 실험 장치 설계

김주경(충북대학교 대학원), 노창열(충북대학교 대학원), 노명환(충북대학교 대학원)
이응석(충북대학교 기계공학부)

Design of Precision Motor Dynamometer System using MR Fluid

J. K. Kim(CBNU), C. Y. Roh(CBNU), M. H. Roh(CBNU), E. S. Lee(CBNU)

ABSTRACT

Precision motor dynamometer is requiring for nano positioning control performance recently. Particularly, linear motor is using rapidly and the dynamometer needs is increasing. In this study, a precision control dynamometer is designed using MR (Magnetic Rheological) damper. The ultra precision motor system including the driver and controller is tested using the MR damper dynamometer. This dynamometer is able to measure torque for rotary motor or traction force with linear positioning accuracy for linear motor system.

Key Words : MR(Magnetic Rheological) Fluid, Magnetic Clutch, Rack and Pinion Gear, Linear Motor, Rotary Motor

1. 서론

현재 많이 이용되고 있는 동력계(Dynamometer)는 동력의 흡수만이 가능한 형태와 흡수와 구동이 동시에 가능한 형태로 나뉘어 진다. 엔진 시험에는 동력의 흡수만이 가능한 Eddy Current(와전류의 형태로 변환 측정)형태와 대형 선박용 엔진의 경우에는 수력 동력계 등이 많이 사용되며, 모터에는 히스테리시스 또는 하이브리드형이 주로 사용된다. 그리고 동력전달장치, 브레이크의 시험에는 동력의 흡수와 발생이 동시에 가능한 복합적 형태인 하이브리드, 파워더형, DC 동력계가 주로 사용된다. 또한 최근에는 회생제동이 가능한 AC 모터형이 많이 사용되는 추세이다.

본 연구는 MR (Magnetic Rheological) Fluid를 이용해 힘을 가변적으로 주면서 나타나는 모터의 성능을 측정하였다. 이 측정 장치 설계를 위해 여러 기구들이 사용되었다. 장치 설계를 위해 들어간 기구들은 로타리모터, 토크센서, MR Fluid, Magnetic Clutch, Rack & Pinion Gear, 로드 셀, 온도 센서, 리니어모터 등이 사용 되었다. 장치 설계에 주요한 부분은 로타리모터와 리니어모터의 연결부위이다. 로타리모터가 구동할 때 리니어모터는 구동하면 안

된다. 두 모터가 같이 구동하게 되면, 두 모터의 Power가 틀리기 때문에 모터에 과부하가 걸려 고장이 날 위험이 많다. 따라서 처음 설계는 드라이브 풀러를 통해 두 모터사이를 연결시켜 주려 했지만 슬립현상이 클 것으로 생각되어 Magnetic Clutch와 Rack & Pinion Gear를 통해 두 모터를 연결하기로 결정하였다. 로타리모터가 구동 할 때는 클러치를 통해 리니어모터부분의 연결을 끊어주고 성능을 평가하고, 리니어모터가 구동 할 때는 로타리모터의 전원을 off시킨 상태에서 클러치를 통해 로타리모터 축 부분과 연결하여 성능을 평가하였다. 장치 사양은 각각의센서 및 기구의 고유한 성질을 이용해 토크, 온도, 부하 양등을 측정하였다. 또한 HP Interferometer를 통하여 이송 거리에 대하여 측정 시험을 수행 하였다.

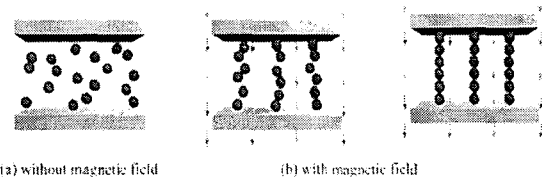


Fig.1 MR fluid mechanism

2. MR Fluid를 이용한 장치 설계

2.1 MR Fluid Damper

MR Fluid는 마찰력 제어 가능한 유체 중 하나이다. MR Fluid의 본질적인 특성은 자기장이 유체에 가해지면 자유롭게 유동하던 선형 점성 유체가 수백분의 일 초 사이에 제어 가능하고 항복 강도를 갖는 반고체 상태로 변환되고 또한 그에 대한 역 변환도 가능하다는 점이다. Fig.1은 자기 점성 유체의 특성을 설명하는 그림이다. 평상시는 보통 유체에서 자기장이 유체에 가해지면 자유롭게 유동하던 선형 점성 유체가 순간적으로 점성제어가 가능하게 되어 고체/반고체 상태로 변환하게 된다 또 역변환도 가능하게 되고, 사용 전압이 낮다는 특징을 가지고 있다.

MR Fluid Damper는 제어 가능한 감쇠력을 제공하기 위해서 MR Fluid를 사용한 반응동 장치이다. 이 장치는 기존 반응동 장치들이 갖는 기술적인 어려움의 많은 부분을 해결할 수 있다. 또한 최근 연구결과에 의하면 MR Fluid Damper는 능동제어 시스템의 성능과 비슷한 정도의 성능까지 얻을 수 있기 때문에 증진과 강진 하에서 효율적으로 구조물의 응답을 감소시킬 수 있음을 알 수 있다. MR Fluid를 이용한 연구는 세계적으로 활발히 진행되고 있으며, 그 중 가장 알려진 미국 LORD사이다. Fig.2는 LORD사의 MR Fluid Damper의 원리에 대해 보여주고 있다.

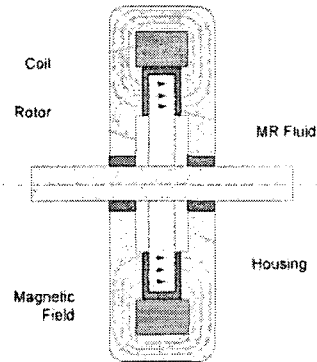


Fig.2 Rotary MR fluid damper

2.2 MR Fluid를 이용한 부하 장치 설계

리니어모터부와 로타리모터부를 연결해 주는 것이 Rack & Pinion Gear를 통해서이다. 이것은 Magnetic Clutch와 서로 연계하여 작동한다. 로타리모터에 대한 실험 시에는 Magnetic Clutch로 리니어모터부분의 연결을 끊어 주고 실험하고, 리니어모터부분의 실험 시에는 Magnetic Clutch를 연결하여 실험한다. 이때 Rack & Pinion Gear를 통해 리니어모터의 직선운동이 회전운동으로 전환하게 된다. 이때

로타리모터는 off된 상태로 해야 한다.

장치 구성도를 좀더 알기 쉽게 보이기 위해 리니어모터부 설계 부분과 로타리모터부 설계 부분 그리고 전체 설계부분을 나타내었다.

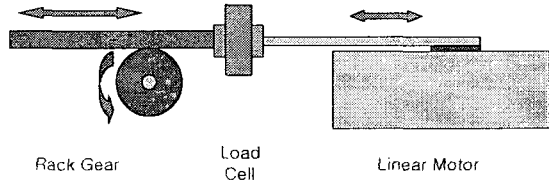


Fig.3 Linear feeding with rotary MR damper using rack & pinion gear

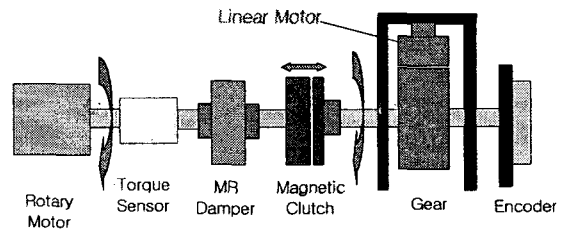
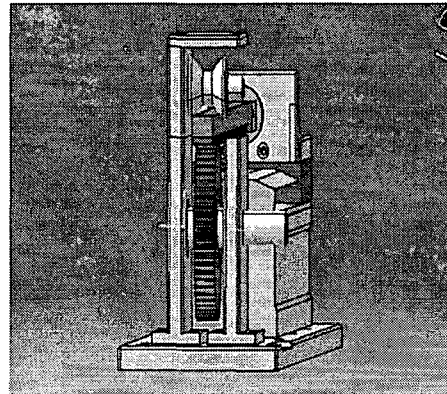
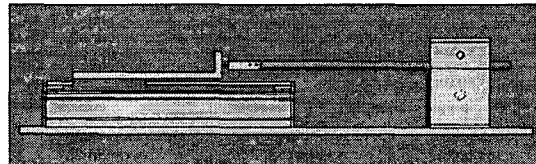


Fig.4 Rotary movement with MR damper



(a)



(b)

Fig.5 Linear motor connection with Rack & Pinion

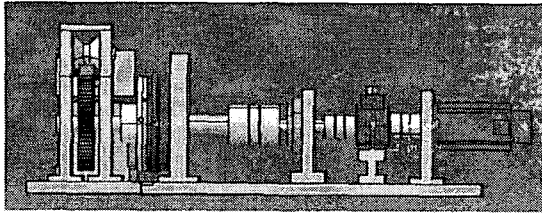


Fig.6 Rotary motor combination with MR damper

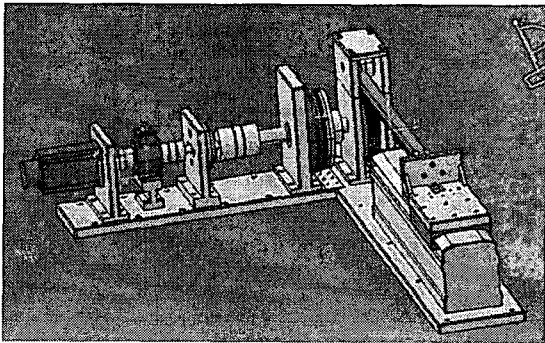


Fig.7 Linear and Rotary motor dynamometer assembly design

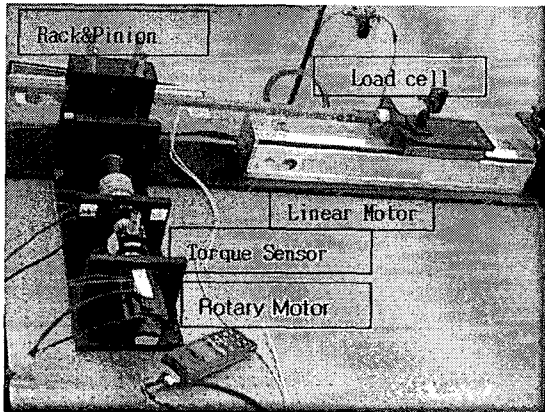


Fig.8 Manufactured Linear and Rotary dynamometer

2.3 장치 요소 부품

지금까지 알아본 구성품 외에 토크 센서, 로트 셀, 리니어모터에 대해 설명한다. 토크 센서는 토크를 재기 위한 것으로, 기본적으로 Instrumentation Amplifier(계측용 Op Amp)인 Texas Instrument 사의 INA118을 사용하였다. PC와의 통신은 마이크로프로세서(PIC16873A)를 사용하였고, 마이크로프로세서의 내장된 A/D Converter(10bit)를 사용하였다.

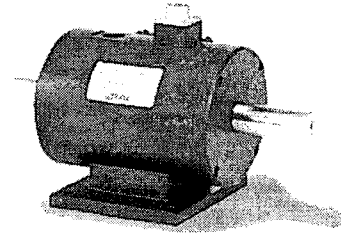


Fig.9 Torque Sensor

로드 셀은 Cass 사의 MNT - 100L을 사용하였다. 100kg의 인장 및 압축 하중을 측정 할 수 있다. 토크 센서와 마찬가지로 Instrumentation Amplifier(계측용 Op Amp)를 사용하였고, 마이크로프로세서로 측정된 데이터를 PC로 전송하였다.

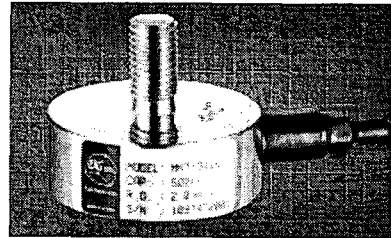


Fig.10 Load cell

로타리모터는 국내 LG-OTIS 사의 KN 07모델을 선정하여 구입 하였다. 이 제품의 사양은 다음과 같다.

Table 1 Rotary Motor specification for the test

Items/model	KN 07
Rated Output	600 W
Rated Torque	2.86 Nm
Max Torque	8.6 Nm
Rated RPM	2000 rpm
Max RPM	3000 rpm
Weight	5.5 Kg
1Rev Party Pulse	8000

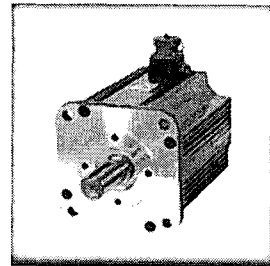


Fig.11 Rotary motor for the test

리니어모터는 국내 JUSTEK 社의 JTM10 - 420 모델을 선정하여 구입 하였다. 이 제품의 사양은 다음과 같다.

Table 2 Linear motor specification for the test

Items / Model	JTM10 420
Driving Force	73.2N
Max Force	219.7N
Movement Distance	420mm
Position Resolution	1 μ m
Position Precision	4 μ m
Max Velocity	3m/s
Max Acceleration	5g
Excitation Method	Permanent Magnet
Weight	35Kg

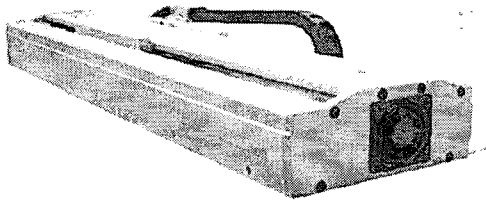


Fig.12 Linear motor for the test

3. 로타리모터 실험

3.1 부하별 위치 추적 성능

Fig.13는 초기 부하가 증가함에 따라 목표 위치까지 도달하는데 시간이 함께 증가함을 알 수 있다.

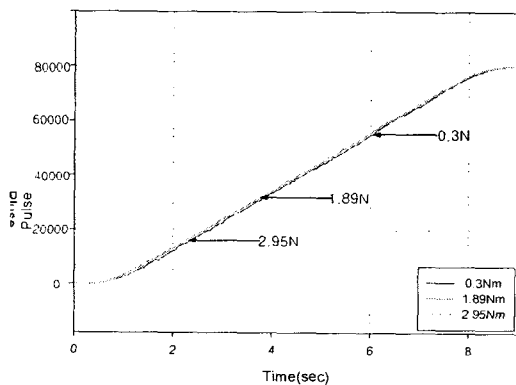


Fig.13 Position tracing performance

3.2 토크 제어 실험

Fig.14은 2.95N의 하중을 주었을때 시간에 따른 토크의 변화에 대해 실험한 것이다. 시작점의 토크와 끝나는 점의 토크가 거의 비슷하게 나오는 것으로 보아 Cogging Torque가 거의 영향을 안 미치는 것을 알 수 있다.

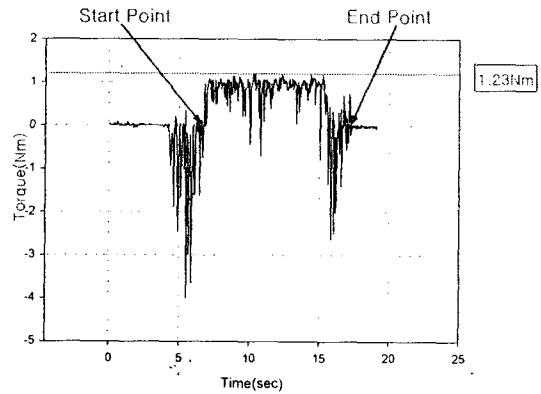


Fig.14 Torque control performance
(Constant Load 2.95N)

3.3 속도 제어실험

Fig.15는 속도 응답 곡선이다. 초기 부하가 증가함에 따라 속도 응답곡선이 많이 진동하는 것을 볼 수 있다.

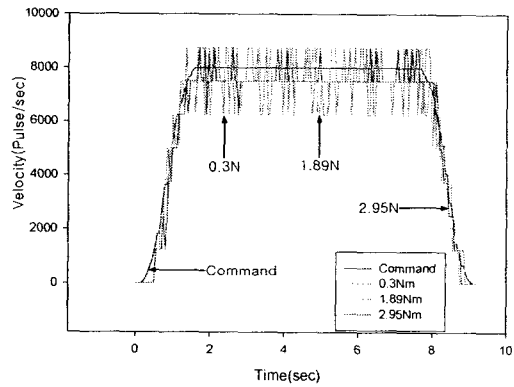


Fig.15 Velocity control profile

4. 결론

본 연구에서 개발된 다용도 모터 Dynamometer 장치의 특징으로는 리니어모터와 로타리모터의 정밀 위치 제어 성능 시험을 동시에 수행 할 수 있다는 것이다. 또한 MR Damper를 통해 모터에 부하를 가했을 때 나타나는 모터의 성능을 측정하는 실험 장치이다. 개발된 Dynamometer를 사용한 로타리모터의 실

험에서, 위치 및 속도 추적성능과 부하(토크) 제어 성능들을 시험할 수 있음이 확인되었다. 본 장치는 초정밀급 Rotary/Linear 서보 모터 시스템의 부하에 따른 위치 제어 추적 성능 시험에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보인다.

참고문헌

1. Dyke, S.J., Spencer jr., B.F., Sain, M.K., and Carison, J.D., "Modeling and control of magnetorheological dampers for seismic response reduction." *Smart Materials and Structures*, Vol.5, 1996, pp.565-575.
2. Jansen. L.M., and Dyke. S.J., "Semiactive control strategies for MR dampers: comparative study," *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, VOL.126, No.8, 2000, pp.795-803.
3. Spencer, B.F., jr., Dyke. S.J., Sain M.K., and Carison. J.D., "Phenomenoiocal model of a magnetorheological damper." *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE. Vol.123, No.3, 1997, pp.30-238.
4. 신영재, 최대봉, 이득우, "마찰구동기구에 의한 초정밀위치 결정", 한국기계연구원논문 B-8, pp. 159-162. 1995