

지게차용 전자비례 감압밸브의 전자기력 특성해석에 관한 연구

A Study for Characteristics Analysis of the Magnetic Force of EPPR Valve for the Forklift Truck.

*조민기¹, #양해정²

*M. G. Cho¹, #H. J. Yang(yhj@kpu.ac.kr)²

¹ 한국산업기술대학교, ² 한국산업기술대학교

Key words : EPPR Valve, Solenoid valve, Control Cone angle, Magnetic force

1. 서론

전자비례 감압밸브(Electric Proportional Pressure Reducing Valve ; EPPR valve)란 유압 시스템에서 사용되는 밸브 등을 전자적으로 제어하는 핵심부품으로 지게차 특장차, 건설기계용 중장비 등의 운반하역기계 및 크레인 등의 유압회로를 구성하는 중요 유압부품이다.

전자비례 감압밸브는 일반 on/off 솔레노이드 밸브와 동일하게 코일, 슬리브, 플런저 등으로 구성 되어 있으나, on/off 솔레노이드 밸브에는 없는 제어 각(Cone angle)을 가지고 있다. 이러한 구조적 특징으로 인해 입력전류에 비례하는 힘을 얻을 수 있는 특성을 가지며,⁽¹⁾ on-off 솔레노이드 밸브 보다 높은 레벨의 제어가 가능하고⁽²⁾, 주변 환경오염에도 강한 장점이 있어 널리 응용되고 있다.⁽³⁾

본 논문에서는 유한요소 해석을 이용하여 전자비례 감압밸브의 각 설계인자에 따라 변화하는 전자기력 특성을 비교 분석하고, 각 인자가 성능에 미치는 영향을 규명하여 향후 전자비례 감압밸브 설계 시 필요한 데이터를 제공하고자 한다.

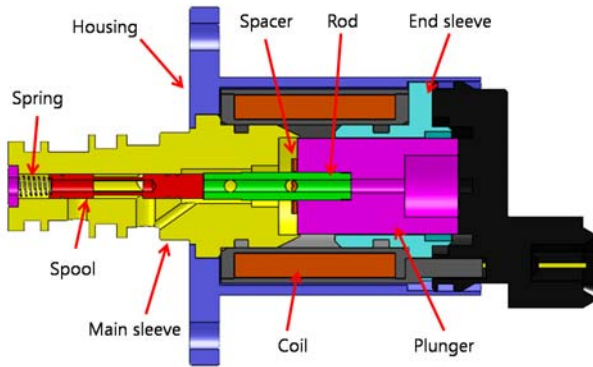


Fig 1. EPPR Valve

2. 전자비례 감압밸브의 구조

전자비례 감압밸브는 Fig 1의 구조로써 Housing 내부에는 전류를 인가받아 전자기력을 형성시키는 Coil, 전자기력에 의해 구동되는 Plunger, 유로를 형성하는 Sleeve와 Spool, 플런저의 구동력을 스프링에 전달해주는 Rod, 플런저의 이동거리를 제한해주는 Spacer 등으로 구성되어 있다.

코일에 전류를 인가하면 입력 전류에 따라 발생하는 전자기력에 의해 플런저가 이동하고, 이와 동시에 스프링 끝단에 위치한 스프링의 반발력이 증가하며 플런저는 자기력과 스프링의 반발력이 평형을 유지하는 위치에서 정지하게 된다. 이와 같은 힘의 균형에 의하여 유량이나 압력 및 방향을 비례적으로 제어하게 된다.⁽⁴⁾

3. 전자비례 감압밸브의 모델링

전자비례 감압밸브는 회전체 형상이므로 절단면은 Fig. 1과 같이 축대칭구조이다. 따라서 Fig 2와 같이 절단면의 1/2 영역만을

해석 영역으로 모델링 하였으며, 전자기력에 영향을 받지 않는 부품은 생략하여 단순화 하였다.

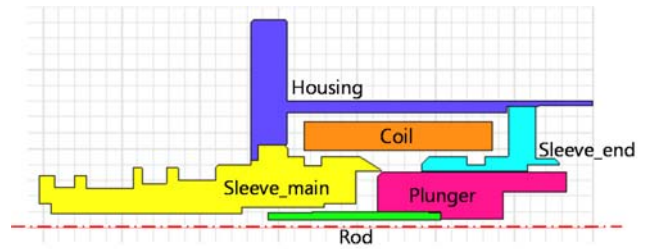


Fig 2. EPPR Valve modeling

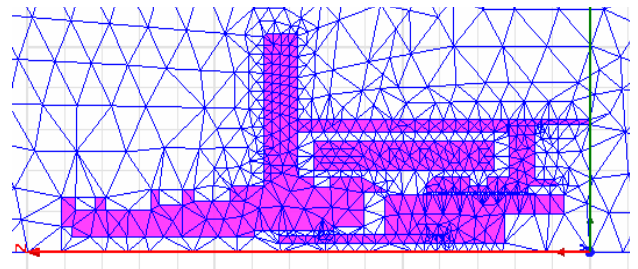


Fig 3. Mesh modeling

삼각형 요소(tetra element)를 사용하여 해석영역을 분할한 mesh 형상은 Fig 3과 같으며, 이때 요소의 수는 약 3090개 이고 전자기력 해석 시 다음과 같은 가정을 한다.

1. 물질의 히스테리시스 영향은 무시한다.
2. 전류밀도는 요소에 일정하다고 가정한다.
3. 작동유의 투자율과 코일을 둘러싼 모든 절연물질은 공기투자율 μ_0 와 같다.

3. 전자비례 감압밸브의 전자기력 해석

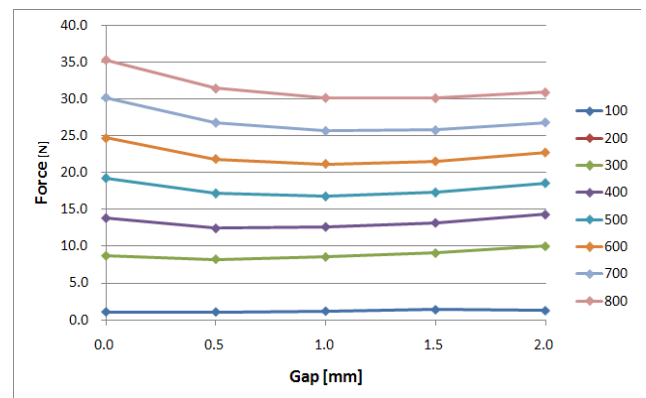


Fig 4. Magnetic force variation of EPPR solenoid valve

Fig. 4는 본 연구에서 대상으로 한 전자비례 감압밸브 모델에 0~800mA의 전류를 인가하였을 때, 나타나는 변위-전자기력 특성

곡선이다. 전류 값에 따라 전자기력이 비례하여 상승함을 확인할 수 있다. 또한 특성 곡선 기울기에도 영향을 미치는 것으로 확인할 수 있다.

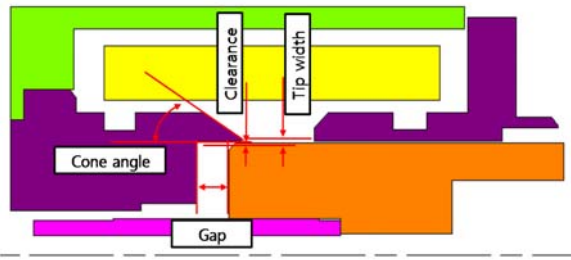


Fig 5. Definition of design parameter

Fig 5는 전자비례 감압밸브의 전자기력의 특성 변화에 기여도가 높은 설계인자를 나타낸 그림이다.

Cone angle 및 Tip width, Clearance가 밸브의 전자기력 특성에 미치는 영향을 예측하기 위하여 각 설계인자의 값을 변화시키면서 전자기력 해석을 수행 하였고, 입력전류는 800mA로 일정하게 인가하였다.

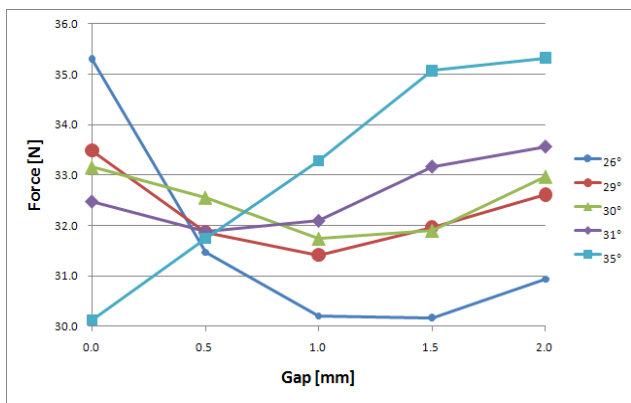


Fig 6. Magnetic force variation by cone angle

Cone angle 값의 변화에 따른 전자기력의 특성을 살펴보면 Fig 6과 같다. 약 30°~31° 사이를 기점으로 자력특성은 정반대로 변하는 것을 확인 할 수 있다.

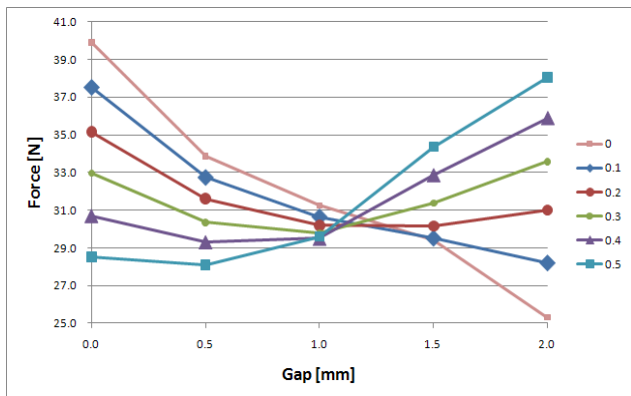


그림 7. Magnetic Force Variation by Tip width

Tip width 값을 변화시켰을 때, 자력 특성은 Fig 7과 같다. Tip width가 0mm일 때에는 Gap의 값이 증가할수록 전자기력은 감소하는 특성을 보였지만, Tip width를 5mm까지 늘였을 때에는 Gap의 값이 증가함에 따라 전자기력도 증가하는 경향을 보였다.

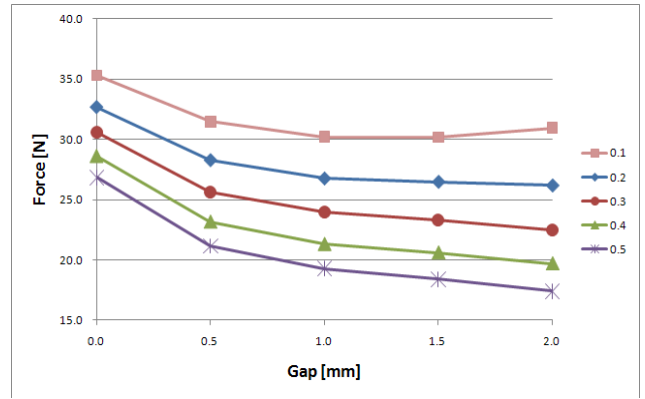


그림 8 Magnetic Force Variation by Clearance

Fig 8은 Clearance값에 따른 전자기력의 특성변화를 나타낸 그래프이다. Gap이 2mm일 때를 기준으로 Clearance값이 0.1mm 씩 커짐에 따라 전자기력은 약 8.7% 정도씩 감소함을 확인할 수 있다.

4. 결론

전자비례 감압밸브의 전자기력 특성에 영향을 미치는 인자는 입력 값인 전류량과 설계인자인 Cone angle, Tip width, Clearance로 나눌 수 있다. 각 인자가 전자기력에 미치는 영향을 확인해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 전자비례 감압밸브는 코일에 인가되는 전류 값에 비례하여 전자기력이 커진다.
- (2) Cone angle은 전자기력 특성곡선의 형상과 기울기를 결정짓는 중요한 요인이다.
- (3) Tip width에 따라 전자기력 특성곡선의 기울기가 결정된다.
- (4) Clearance 값이 커질수록 전자기력 특성곡선은 작아지는 경향을 갖는다.

본 연구에서 수행된 전자기력 해석을 통해 인자에 따른 전자기력의 특성을 확인할 수 있었으며, 추후 전자비례 제어밸브의 설계 및 제작 시 해석 데이터를 이용하여 원하는 전자기력 특성을 구현함에 있어 유용한 가치가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. So-Nam Yun, Young-Bog Ham and Pyoung-Won Park, "Pressure Control Valve using Proportional Electro-magnetic Solenoid Actuator" Journal of the Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 30, pp.1202~1208, 2006
2. Chang-Seop Song, Jang-Sang Yoon, Jong-Beom Suh, " A Study of Electromagnetic Proportional Flow Control Valve", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 10, pp. 100~107, 1993
3. 류재섭, 윤소남, 함영복, 김고도, 이현철, "Evolution Strategy를 이용한 비례솔레노이드의 형상 최적화", 한국동력기계공학회지, pp. 163~166, 2004
4. 윤소남, 류재섭, 안병규, 박중호, 고창섭, "비례전자솔레노이드의 기본특성에 관한 연구", 한국동력기계공학회 추계학술대회 논문집, pp. 193~198, 2003
5. Maxwell Ver.12 Getting Started guide, Ansoft.