

ISO3691을 적용한 솔레노이드 밸브의 전자기력 특성 해석에 관한 연구

A Study for Magnetic Force Characteristics Analysis of Solenoid Valve apply ISO 3691

*김석준¹, #양해정²

*S. J. Kim¹, #H. J. Yang(yhj@kpu.ac.kr)²

¹한국산업기술대학교 기계시스템설계공학과, ²한국산업기술대학교 기계설계공학과

Key words : ISO3691, On/Off Solenoid Valve, Magnetic force

1. 서론

그동안 중장비는 생산성에 치우친 개발을 주로 해왔으나 최근 세계 중장비 시장의 요구사항은 Energy saving, Resource saving, Human saving, Operation saving 등으로 생산성보다는 안전, 에너지 절감, 작업 편리성 등에 초점을 맞추어 개발이 진행되고 있다. 또한 중장비 작업 중 발생하는 안전사고를 예방하기 위한 규정들이 새로이 생겨나고 있는 추세이다. 그중 ISO3691 규정은 지게차의 운전자가 자리를 이석할 경우 타의에 의한 Spool 작동시 오동작에 의한 작업이 방지되도록 위험한 Mast의 작동을 멈추게 하여 안전한 작업이 가능하게 하는 규정으로 이 규정을 내장하기 위한 고압, Low Leakage Cartridge Solenoid Valve Ass'y의 개발이 요구된다.

본 논문에서는 ISO3691 규정을 적용한 Cartridge Valve에 장착될 On/Off solenoid Valve의 전자기력을 상용프로그램을 이용하여 해석하고 해석값과 실제 밸브의 전자기력 시험값을 비교 분석하여 개발에 있어 기준이 되는 전자기력 값을 얻어내고자 한다.

서 이석할 경우 Solenoid "A"가 ON 상태가 되며 유로가 열린 상태로 유지되어 Relief Valve가 Unloading 상태가 되므로 부하가 걸리지 않고 Tilt Spool을 작동해도 Tilt Spool 내의 Tilt Plunger가 열리지 않아 Tilt Cylinder가 작동되지 않는다. LIFT LOCK VALVE는 운전자가 좌석에서 이석할 경우 Solenoid "B"가 OFF 상태로 유로가 닫힌 상태로 유지되고 Lift Lock Valve의 Poppet가 열리지 않아 Lift Cylinder가 현 Position에서 더 이상 움직일 수 없는 상태가 된다. 따라서 운전자가 이석할 경우 Tilt Cylinder와 Lift Cylinder는 Spool을 작동해도 작동되지 않아 ISO3691 규정을 만족시킨다.

3. 각 Solenoid Valve의 구조

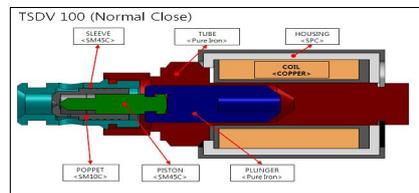


Fig. 2 TSDV100(Normal Close Type)

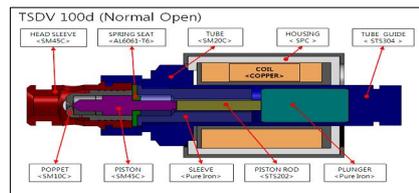


Fig. 3 TSDV100d(Normal Open Type)

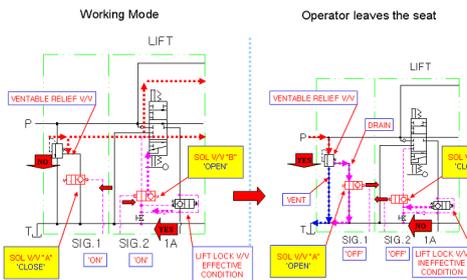


Fig. 1 ISO3691의 작동구조와 작동회로

2. ISO3691 작동 구조와 설명

Fig. 1과 같이 Tilt Unloading일 때 운전자가 좌석에

On/Off Solenoid Valve는 전기가 통하지 않을 때 닫혀 있다가 전기가 통할 때 열리는 Normally Closed Construction과, 전기가 통하지 않을 때 열려 있다가 전기가 통할 때 닫히는 Normally Open

Construction⁽¹⁾의 TSDV100, TSDV100d 두 개의 밸브로 구성되어지며 각각의 밸브는 Fig. 2와 Fig 3.에서 확인 할 수 있듯이 Coil, Sleeve, Poppet, Guide Tube등으로 이루어져 있다.

4. 각 Solenoid Valve의 전자기력 해석

각 Solenoid Valve는 대칭성을 고려하여 절단면의 1/2 영역을 해석 영역으로 선정하였고 전자기력에 영향을 받지 않는 부품은 생략하여 모델링을 단순화하였다.

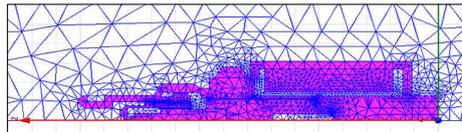


Fig. 4 TSDV100(Normal Close Type)

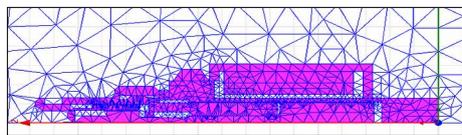


Fig. 5 TSDV100d(Normal Open Type)

Fig. 4, Fig. 5와 같이 tetra element를 사용하여 Mesh를 분할하였다. 이때 요소의 수는 TSDV100은 약 3070개 TSDV100d는 4747개를 가진다. 전자기력 해석 시 다음과 같은 가정을 한다.

1. 물질의 히스테리시스 영향은 무시한다.
2. 전류자속밀도는 요소에 일정하다고 가정한다.
3. 작동유의 투자율과 코일을 둘러싼 절연 물질은 공기투자율 μ_0 와 같다.⁽²⁾

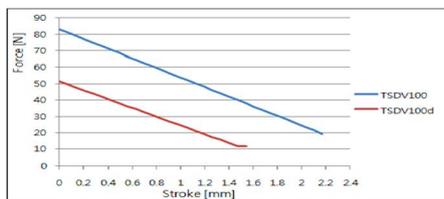


Fig. 6 TSDV100, TSDV100d의 해석 결과 값

5. 각 Solenoid Valve의 전자기력 실험

Fig. 7 과 같이 Solenoid Valve 시험기를 사용하여 전자기력을 실험하였다. 실험을 용이하게 하기 위해 내부 부품 중 실험 결과 값에 영향을 끼치지 않는 Spring, Spring Seat, Poppet, Piston, Piston Rod들을 제거한 후 실험을 실시하였고 얻고자 하는 Data는 TSDV100은 Plunger와 Tube의 전자기력 TSDV100d은 Sleeve와 Plunger사이의 전자기력이다.

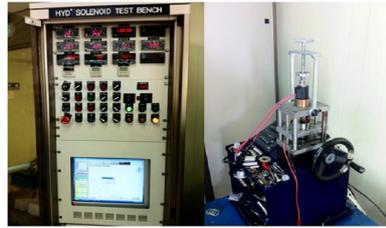


Fig. 7 TSDV100d(Normal Open Type)

TSDV100과 TSDV100d는 12[V]의 Coil A'ssy를 사용하여 실험하였고, 이때 전류 값은 약 1800[mA]이다.

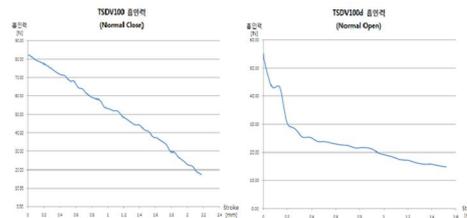


Fig. 8 TSDV100&100d의 실험 결과 값

Table 1 Valve of Analysis and experiment data

Stroke [mm]	해석값[N]	실험값[N]	오차율(%)
0	83.05	82.23	0.98
Max	51.44	55.07	7.05

6. 결론

본 연구에서는 밸브 개발에 앞서 기준이 되는 전자기력을 얻고자 해석과 실험을 수행하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 각 On/Off Solenoid Valve의 전자기력 해석값과 실험값 간의 오차율은 적음을 확인 할 수 있어 얻어낸 전자기력 값은 밸브의 설계 및 제작에 적용하여 사용할 수 있다.
- (2) 추후 밸브의 전자기력에 영향을 끼치는 주요 인자를 선정하여 비교 분석 시에 중요한 기준 해석 Data로 활용 가능하다.

참고문헌

1. 문용호, "솔레노이드 밸브 작동 원리 및 점검 사항," 계장기술, 132-135, 2001.10
2. 조민기, 양해정, δ지계차용 전자비례 감압밸브의 전자기력 특성 해석에 관한 연구, 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 1109-1110, 2010.
3. Maxwell Ver.12 Getting Started guide, Ansoft.