

자동변속기 솔레노이드 밸브의 Side force 에 의한 유압 성능 변화 연구

A Study on Hydraulic Performance Change by Side-Force of Automatic Transmission Solenoid Valve

최 호 중*

Choi, Ho Jong

권 혁 빈**

Kwon, Hyuk Bin

현대파워텍 제어기개발팀*, 현대파워텍 제어기개발팀*

Key Words : Automatic Transmission(A/T), Solenoid Valve, Side force, Hysteresis

Extended Summary

최근 자동변속기 성능은 소비자가 자동차 구매시 가장 중요하게 고려하는 항목 중 하나로서 몇몇 자동차 회사는 전문변속기 회사의 브랜드, 변속 성능 및 연비 성능 등을 마케팅의 수단으로 활용하고 있다. 그 중에서도 자동차 회사의 플래그쉽 모델등 고급 차량의 변속성능은 차량의 감성품질과 이미지를 결정짓는 매우 중요한 요소이다. 자동변속기의 솔레노이드 밸브는 TCU로부터 전기적 신호를 받아 오일펌프로부터 공급된 유압을 받아 필요한 만큼의 유압으로 정밀하게 클러치에 공급하는 기능을 수행하며 이는 자동차의 변속성능과 매우 밀접한 관계가 있다.

솔레노이드 밸브내 흡인력부는 코어, 요크, 로드, 아마추어, 코일, 보빈등 여러가지 부품의 조합으로 구성되며, 부품간의 간극 및 조립 조건등에 따라 흡인력부 부품의 위치가 결정된다. 흡인력부 부품 중 흡인력을 받아 스톱에 그 힘을 전달하는 아마추어가 스톱 이동 축 기준 편심되었을 때 발생하는 흡인력을 분석하고 스톱 이동과 유압 성능에 어떠한 영향을 미치는지 연구하여 솔레노이드 밸브 설계 최적화에 반영하고자 한다.

1. 솔레노이드 밸브 아마추어 편심에 따른 Side force 발생 메커니즘

쿨롱의 법칙을 자계에 적용한 식 1 에 따라, 아마추어가 한쪽으로 편심되면 그만큼 Air gap 이 작아져 편심된 방향으로 흡인력이 증가하고, 편심된 방향으로 아마추어는 이동하게 되고, 이동한 만큼 편심 방향으로 작용하는 흡인력은 증가될 수 있음을 알 수 있다. 이때, 구조적으로 베어링과 로드는 아마추어 편심 방향으로 접촉하면서 편심 방향으로 작용하는 흡인력(즉, Side force)을 베어링이 지지하며 힘의 평형관계를 이루게 될 것이다.

$$\text{쿨롱의 법칙, } F = k \frac{m_A m_B}{r^2}, \quad (\text{식 1})$$

(F = 힘, $m_A \cdot m_B$ = 자극의 세기, r = 두 전하사이의 거리, $k(\text{상수}) = \frac{10^7}{(4\pi)^2} \text{Nm}^2/\text{Wb}^2$)

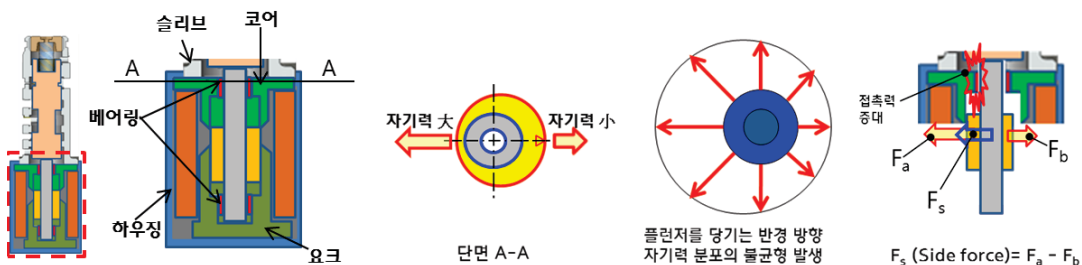


Fig. 1 Side force 발생 메커니즘

2. Side force 에 의한 마찰력 발생 메커니즘과 아마추어 편심에 의한 흡인력 Hys. 중대 검증

축방향 흡인력에 의해 로드-아마추어-스톱이 작동하게 되면, Side force 는 축방향 마찰력으로 작용하게

되고, 축방향 스프링 작동을 방해할 수 있음을 Fig 2.의 흡인력 측정 메커니즘 고찰을 통하여 식 2 와 같이 나타낼 수 있으며, 300mA 및 400mA 전류 고정 조건에서 스트로크별 흡인력과 흡인력 Hys.를 확인하였다.

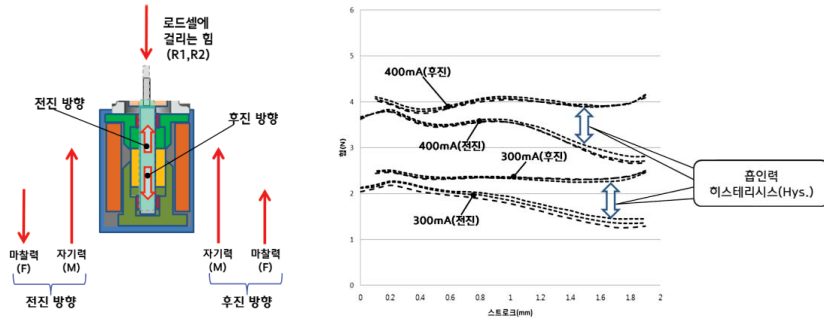


Fig. 2 흡인력 측정 메커니즘과 흡인력 히스테리시스.

$$\text{흡인력 히스테리시스} = \text{후진력} - \text{전진력} = (M+F) - (M-F) = 2F \quad (\text{식 } 2)$$

중심축에서 아마추어의 편심량이 한쪽으로 편심된(약 100 마이크론) 상태로 구성하고, 스크래치를 원주의 1/4 에 가한 로드를 조합한 상태에서, 편심 방향 기준 장작 조건별 흡인력을 측정하는 원리시험(Fig. 3)을 통하여 편심 방향에 Side force가 집중되며 이로 인해 흡인력 Hys가 증대됨을 검증하였다.

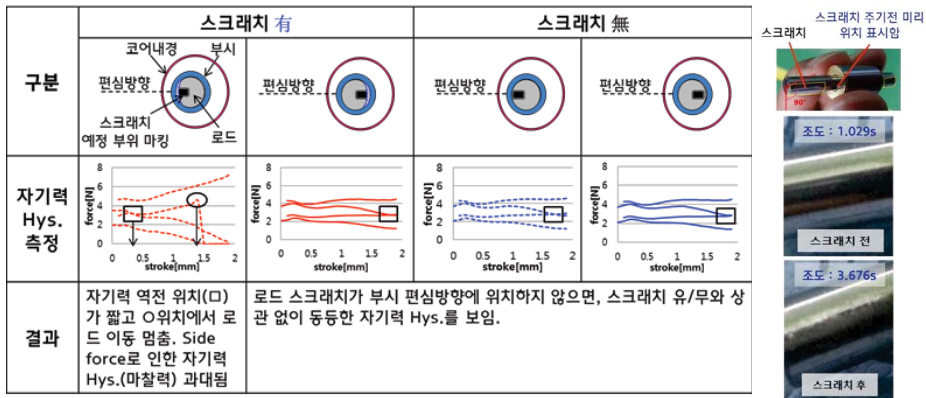


Fig. 3 편심에 의한 Side force 발생 원리시험 결과

3. 아마추어 편심이 솔레노이드 밸브 성능 및 자동변속기 변속 성능에 미치는 영향

아마추어가 편심된 여러 개의 샘플의 흡인력 시험을 실시한 결과, 모두 흡인력 Hys.가 증가하고 스프링 이동시 흡인력 역전 현상(저전류 흡인력이 고전류 흡인력 보다 큰 현상)이 발생함을 확인 할 수 있었으며, 편심량이 약 95 마이크론 이상에서 그 현상이 현저히 발생하였다. (Fig. 4)

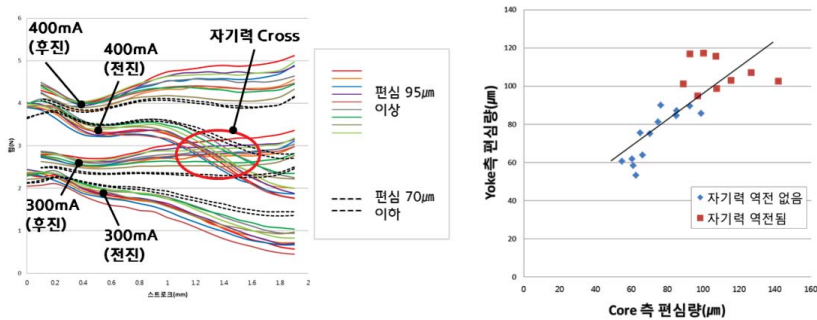


Fig. 3 아마추어 편심량과 흡인력 역전 현상의 상관성

이런 현상은 솔레노이드의 스톱 이동을 방해하며, 자동변속기가 요구하는 유압제어가 불가할 수 있다. 아마추어 120 미크론 편심과 70 미크론 이내 편심품을 각각 자동변속기 밸브바디에 장착하고 일반적으로 사용되는 변속 패턴에 대한 스톱 밸브 변위 및 제어압을 측정된 결과 변속 제어 유압 특성이 달라짐을 검증하였다. (Fig. 5)

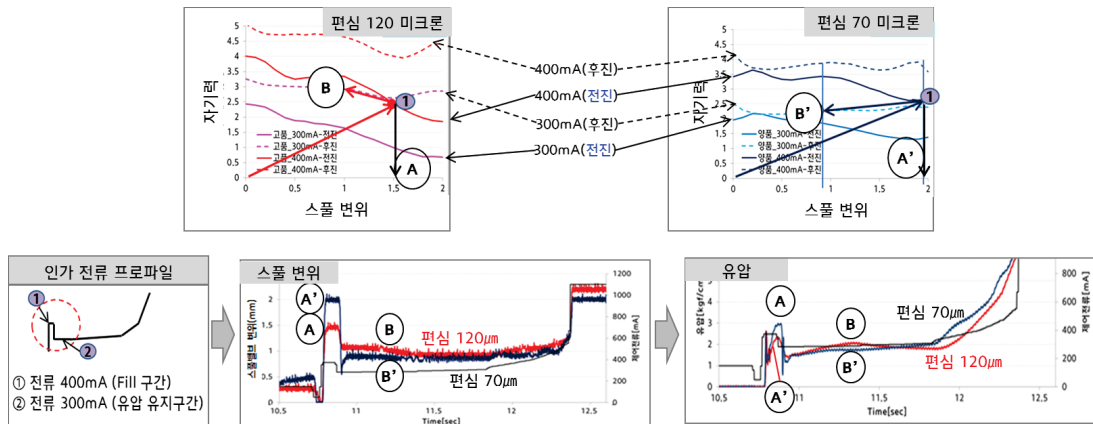


Fig. 5 아마추어 편심량에 따른 스톱 변위 측정 및 제어압 측정 결과

4. 결론

- 1) 솔레노이드 밸브의 아마추어의 위치가 한쪽으로 편심되었을때, 편심된 방향으로 Side force 가 발생하고, 스톱 작동시 마찰력이 되어 스톱 운동을 방해한다.
- 2) 솔레노이드 밸브의 아마추어의 편심량이 큰 경우, 저전류 흡인력이 고전류 흡인력보다 큰 흡인력 역전 현상이 발생하며 자동변속기가 요구하는 유압제어 특성이 달라질 수 있다.
- 3) 솔레노이드 밸브 작동축 기준 아마추어의 편심량 95 미크론 이하에서 흡인력 역전 현상 발생하지 않음을 실험적으로 확인하였다.