

# 솔레노이드 형상 변화에 따른 특성 분석

## Analysis of the characteristic in accordance with change of solenoid shape

\*심민석<sup>1</sup>, \*강보식<sup>1</sup>

\*M. S. Shin(petbeat@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, \*B. S. Kang(kbs668@kimm.re.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 시스템신뢰성연구실

Key words : Solenoid valve, Solenoid, Shading coil, Armature, Core

### 1. 서론

공압밸브의 방향을 제어하는데 있어 솔레노이드 밸브는 핵심요소이다. 솔레노이드 밸브의 사용 용도와 상황에 맞게 흡인력을 변경하게 된다.

본 연구에서는 솔레노이드 밸브를 상용 소프트웨어인 MAXWALL V12를 활용하여 모델링하였다. 솔레노이드 밸브의 모델링에서 솔레노이드 형상 중 가동자와(Armature)와 고정자(Core)의 크기를 변화에 따른 특성 분석을 하였다.

### 2. 솔레노이드 밸브 구조

Solenoid의 주요 구성은 Armature, Core, Coil, Yoke, Bobbin으로 이루어져 있다. 동작원리는 Coil에 전류가 인가되면 전자력이 발생하게 되는데, 이 전자력은 가동자(Armature)를 흡인하여 유로를 개방하게 되며, 전류가 차단되면 스프링력에 의해 가동자(Armature)가 다시 원래 위치로 복귀하여 유로가 닫히게 되는 원리이다. Fig 1에 Solenoid valve의 구조를 도시하였다.

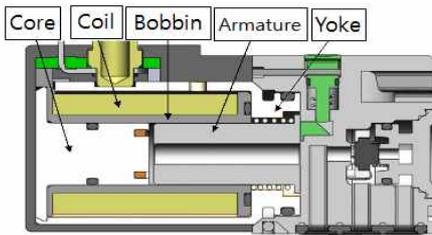


Fig 1. Structure of solenoid valve

### 3. 솔레노이드 밸브 모델링

솔레노이드 밸브의 전자기력에 의해 영향을 받는 요소는 가동자(Armature), 고정자(Core), 요크(Yoke)등의 전도체의 부품이 된다. 전자기적 특성

은 재료의 재질 및 형상, 코일의 감은 수, Shading coil의 유무, 고정자와 가동자의 길이 등과 같은 설계 조건에 의해서 결정된다. 공압 밸브에서의 솔레노이드 밸브는 공기압 밸브의 방향을 제어하는 역할을 한다. 밸브의 솔레노이드 형상 및 관련 요소를 Fig 2와 같은 모델로 구성하였다. Z축 중심으로 대칭(Symmetric)이므로 2D로 가정하여 모델링하였다. Solver는 magnetostatic solver를 이용하여 magnetic problem의 solution을 도출하였다.

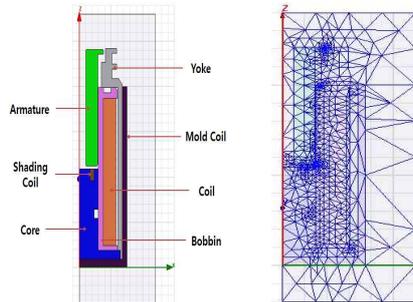


Fig. 2 Solenoid valve modeling

Fig 3와 같이 솔레노이드의 가동자(Armature)와 고정자(Core)의 길이를 각각 12.4mm와 9mm를 기준으로 하며, 전체적인 길이는 변경되지 않고 일정하며, Shading Coil 유무와 가동자와 고정자의 길이를 상대적으로 변경하여 시뮬레이션 하게 된다. 솔레노이드의 입력 전류는 DC전압을 기준으로 전류밀도로 입력되며, 코일의 감은 수와 전류의 상관관계로부터 계산된다. 전류 밀도는 247.5 [A/turns]로 입력되며, 가동자(Armature)의 이동 변위는 0.4mm로 하여 흡인력이 도출하였다. Fig 4는 Shading coil 유무에 따른 가동자(Armature)와 고정자(Core)의 길이변화에 따른 솔레노이드 밸브의 모델링이다.

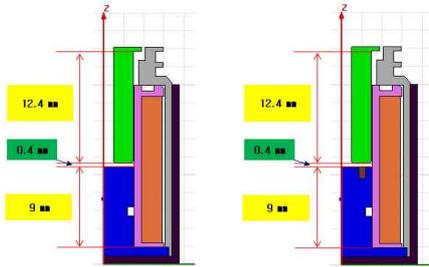


Fig 3. Primary model of armature and core length

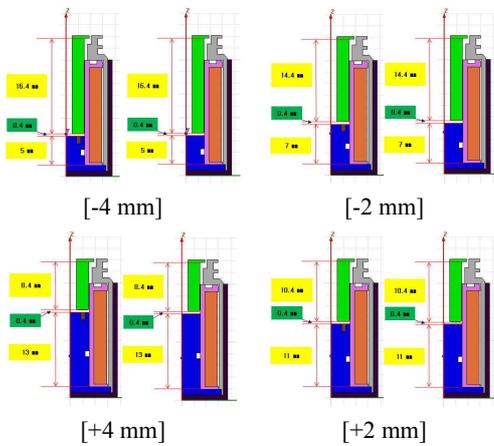


Fig 4. Solenoid modeling of armature and core for length change

#### 4. 결과 및 고찰

Fig 5는 가동자(Armature)와 고정자(Core)의 길이를 Fig 4와 같이  $\pm 4\text{mm}$ 범위 내에서 1mm 간격으로 변경하였을 경우 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. Shading coil의 유무에 따라 가동자와 고정자의 크기를 변경과 관계없이 Shading coil없는 경우가 흡인력이 높게 나타났다. Shading coil의 유무와 관계없이 동일하게 가동자의 크기는 2mm 증가하고 고정자의 크기는 2mm 줄어들었을 경우 흡인력은 기준이 되는 솔레노이드의 흡인력 보다 증가하였지만 가동자의 크기가 3~4mm 증가하였을 경우에는 가동자가 2mm를 증가하였을 경우보다 흡인력보다 점차 감소함을 알 수 있었다. 또한 기준이 되는 솔레노이드의 흡인력보다 가동자의 길이가 감소하고, 고정자의 길이 증가하는 경우에는 흡인력이 점차 감소함을 알 수 있었다. Fig 6은 솔레노이드 초기 모델링의 자화밀도와 자속선 결과를 나타낸 것이다.

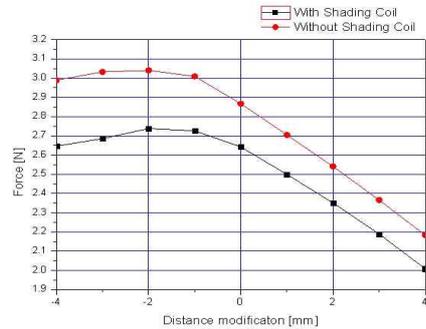


Fig 5. Attraction force in accordance with length change for armature and core

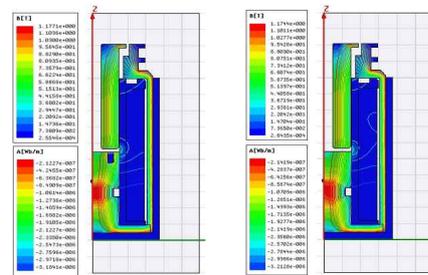


Fig 6. Result of B vector and flux line

#### 5. 결론

솔레노이드 주요 형상 중 가동자(Armature)와 고정자(Core) 형상의 길이 변화와 Shading coil의 유무에 따른 흡인력 특성에 대해 분석하였다.

솔레노이드의 흡인력에 대한 시뮬레이션 결과 Shading coil의 유무에 따라 흡인력은 Shading coil이 없는 경우가 더 좋음을 알 수 있었다. 또한 Shading coil 유무와 관계없이 가동자의 길이가 증가하고 고정자의 길이가 감소함에 따라 흡인력은 계속 증가하지 않고 감소되는 부분이 나타남을 확인 할 수 있었고, 가동자의 길이가 감소하고 고정자의 길이가 증가함에 따라서는 흡인력이 감소함을 확인 할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Maxwell V12, Magnetostatic Guide
2. Yun.S.N., Kim.D.G., Seo.J.K. and Han.Y.B., "A study on Attraction Force Characteristic by Control Cone Angle Variation of Proportional Solenoid, 2010 KSAE, 2010.5.p1109~1113