

# Manipulator용 ISO Solenoid Valve 특성해석 Characteristic Analysis for ISO Solenoid Valve of the Manipulator

\*전용식<sup>1</sup>, #오영철<sup>2</sup>

\*Y. S. Jeon<sup>1</sup>, #Y. C. Oh(ydjm@famco.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(주)팜코 기술연구소, <sup>2</sup>(주)팜코 기술연구소

Key words : Manipulator, ISO Solenoid Valve, Poppet, Plunger, Stationary Core

## 1. 서론

ISO Solenoid Valve를 이용한 Manipulator는 현재 Cylinder 뿐만 아니라 Valve를 비롯하여 다양한 구성 부품과 기술들이 대다수 외국기술에 의존을 하고 있는 실정이다. 국내의 Valve 및 구성부품의 가공 기술의 부족과 기초 원천 보유 기술의 부족 등에 기인한 것이었으나, 최근의 국내 기술의 발전과 더불어 많은 원천 기술을 보유하게 됨으로 해서, Valve 기술은 세계 수준에 가까워 졌다고 볼 수 있다. 이러한 Valve 기술을 기반으로 기술의 산업화를 앞당겨 직접 생산 시스템에 적용이 가능한 Manipulator용 ISO Solenoid Valve 기술을 개발하고자 한다.

## 2. ISO Solenoid valve 설계

ISO Solenoid valve의 구성도를 Fig. 1에 나타내었다.

ISO Solenoid valve의 주요 구성은, 압축공기의 방향을 제어하는 Poppet, Plunger, Stationary core, Spring, O-ring, Gasket 등으로 이루어져 있다.

ISO Solenoid valve의 작동원리는, Solenoid 통전시 전자석의 힘에 의해 Poppet을 전진시키고 Supply ports를 통해 Pressure port로 압축공기가 흐르며 Solenoid 비통전시에는 Spring force으로 Poppet을 후진시켜 공급포트가 닫히게 되며 Exhaust port로 배기되어 고속으로 왕복 운동한다.

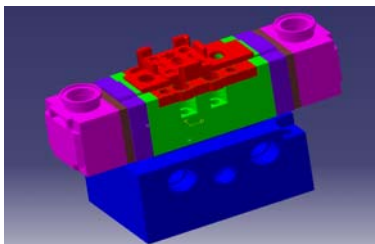


Fig.1 Schematic Diagram of ISO Solenoid valve

Table. 1 Design Specifications

Item	Specifications	Unit
Supply Pressure	3	bar
Supply Voltage	24	V
Electric Power	0.35	W
Coil Resistance	1.5	kΩ
Effective Area	0.19	mm <sup>2</sup>
Flow coefficient	0.01	-
Response Time	10	ms
Temperature Rise Value	50	°C
Magnetic Force	2.4	N
Spring Constant	0.15	N/mm

## 3. ISO Solenoid valve 자장해석

Solenoid에 발생하는 흡인력, F는 식(1)과 같다.

$$F = \frac{B_g^2 S}{2\mu_0} = \frac{10^{-7}}{8\pi} B_g^2 S \text{ [N]} \quad (1)$$

식(1)로부터 가동자 단면적 S는 식(2)와 같다.

$$S = \frac{8\pi \times 10^{-7} \cdot F}{B_g^2} \text{ [m}^2\text{]} \quad (2)$$

가동자의 반경  $r_1 = \sqrt{(2\mu_0 F)/\pi B_g^2}$ 이며, 기자력 U는 식(3)과 같다.

$$U = \ni = \frac{B_g I_g}{\mu_0} + \sum H_1 l_1 \text{ [A]} \quad (3)$$

다음으로 Coil 공간을 결정하는 치수  $\varphi$  와 T 온도상승치  $\theta_f$  를  $\theta_{fi}$  로 식(4)에 의해서 결정된다.

$$\begin{aligned} \theta_f &= (I^2 R)/(2\lambda_{mh}) \text{ [}^\circ\text{C]} \\ \theta_{fi} &= (q \rho / 2\lambda \xi T) \cdot (\ni / h)^2 \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)는 Coil의 높이,  $h$  는 식(5)로 유도되어진다.

$$h = \sqrt[3]{\frac{q\beta\rho_h U^2}{2\lambda S_p \theta_f}} \quad (5)$$

전압식  $V = IR$ 로 식(6)으로 유도된다.

$$V = \frac{4\rho_h l_m NI}{\pi d^2} = \frac{4\rho_h (r_1' + r_2') NI}{d^2} \quad [V] \quad (6)$$

Coil선경 는 식(7)과 같이 구할 수 있다.

$$d = \sqrt{\frac{4\rho_h (r_1' + r_2') U}{V}} \quad [mm] \quad (7)$$

Coil의 평균길이  $l_m$ 과 전장  $l_t$ 은 식(8)과 같다.

$$l_m = \pi (2r_1 + T), \quad l_t = Nl_m \quad (8)$$

ISO Solenoid valve의 Solenoid 부분을 해석하기 위하여 Fig. 2와 같이 모델링 하였으며, Solenoid에 의한 ISO Solenoid valve의 응답특성 해석결과를 Fig. 3 ~ 6에 나타내었다.

Fig. 2 ~ 6에서 ISO Solenoid valve가 움직이는 변위(0.3mm)는 충분한 전자력(4.4N)을 발휘하는 것을 알 수 있으며, 고속의 위치 응답성과 속도 응답특성을 나타내고 있다.

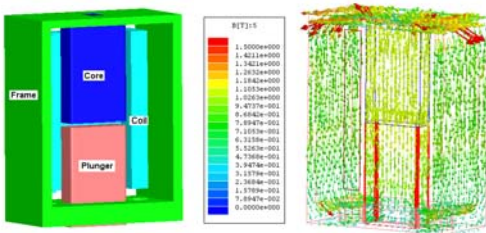


Fig. 2 Modeling of Solenoid

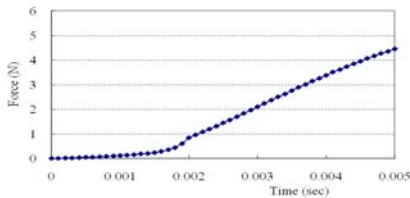


Fig. 3 Force vs. Time

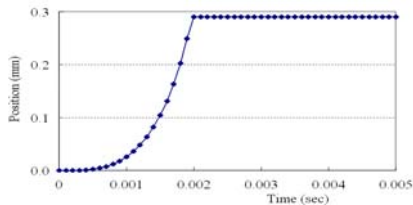


Fig. 4 Position vs. Time

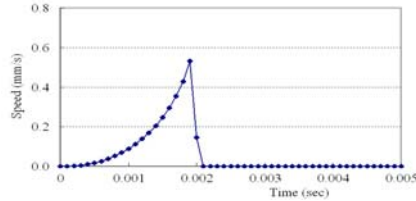


Fig. 5 Speed vs. Time

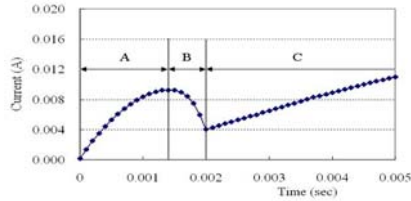


Fig. 6 Branch Current

#### 4. 결론

본 연구에서는 Manipulator용 ISO Solenoid valve의 특성해석을 통하여 Valve의 성능을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

Manipulator용 ISO Solenoid valve의 Poppet이 고 응답의 반응 속도 (10 ms)로 스트로크(0.3 mm)를 발휘되도록 Solenoid에 충분한 전자력의 힘(2.4 N)이 작용하며, Yoke로 인하여 외부로 방출되는 자기력이 없음을 확인 하였다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부와 에너지기술평가원이 지원하는 에너지지원기술개발사업 “에너지 절약형 7축 Manipulator 개발” 과제지원으로 연구되었으며 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. K. Kakano, H. Watanabe and G. Mao-ving, 2000, "Experimental Study for the Compensation of Axial Flow Force in a Spool Valve", Journal of the Japan Fluid Power System Society, Vol. 18, No. 6, pp. 475~482.
2. 中田 高儀, 1991, “有限尿素法による 交直電磁石의設計と應用”, 森北出版株式會社, pp. 63~90.
3. B. W. Andersen, 1967, “The Analysis and Design of Pneumatic Systems”, John Wiley & Son Inc., pp. 48~61.