

고속 소형 솔레노이드 밸브의 최적 설계에 관한 연구

진정환*, 권종혁, 백동기[†], 성세진
충남대학교 전기과, 주성전문대학 전기과*

A Study of Optimum Design for High-Speed Small Solenoid Valve

Jeong-Hwan Jin*, Jong-hyuk Kwon, Dong-Gi Baek*, Sei-Jin Seong
Chungnam Nat'l Univ.* Jusung Jr. col.[†]

Abstract

In this paper we describe the method of optimum design for high-speed solenoid valve with fast switching time. The method of mathematical analysis adopted in this paper is that of using the permeance variation in the solenoid. And the effects of design particulars are investigated by simulation experiments. On the basis of experimental results we obtain the effective value of design parameter for high-speed solenoid valve.

1. 서 론

최근에 개발되고 있는 솔레노이드 밸브는 빠른 개폐속도가 요구된다. 일반적으로 ON-OFF 주파수는 66 ~ 100 Hz(주기 10 ~ 15 msec)정도가 되며, 중요한 요구 조건은 빠른 반응 속도와 내구성이이다.

외국의 경우, 공압 구동장치용의 고속·소형 솔레노이드 밸브는 요구조건이 만족되면 기성품을 구입하여 사용하고 있으나, 대부분의 경우는 주문 제작에 의해 전문업체나 구동장치 제작업체에서 요구목적에 맞게 직접 설계하여 제작하고 있다. 그러나, 국내에서는 고속·소형 솔레노이드 밸브의 제조기술은 특수한 업체에서 어느 정도 확보되어 있으나, 기본 단계인 설계기술은 미흡한 편으로 이에 대한 기술 확보가 시급한 설정이다.

따라서, 본 논문에서는 고속·소형 솔레노이드 밸브의 제반요소를 고려한 설계 기술을 확립하고자, 각 파라미터들이 미치는 영향을 조사했으며 수치해석을 통해 각 파라미터의 최적치를 제안하였다.

2. 수치해석을 위한 기본 이론

일반적인 플린저형 솔레노이드 밸브의 개략도를 그림 2.1에 나타내었다. 정상상태시의 흡인력은, $i=I$ 가 일정한 때의 자기특성 $\phi(x, i)$ 에서 식(2-1)과 (2-2)을 사용하여, $F(x, I)$ 를 구하면 된다.

$$W_m' = \int_0^l \phi(x, i) d\theta \quad (2-1)$$

$$F = \frac{\partial W_m'}{\partial x} \quad (2-2)$$

풀린지와 코어의 견을 지나는 퍼미언스를 P_s , 기타 누설자로 퍼미언스를 P_t , A 를 플린저의 자기단면적, 코일의 권수를 N 이라고 하고, δ 를 코어의 자기저항률 겐 길이로 등가 환산한 값이라 하면, 쇄교자속수는

$$\phi(x, i) = N^2(P_s + P_t)i \quad (2-3)$$

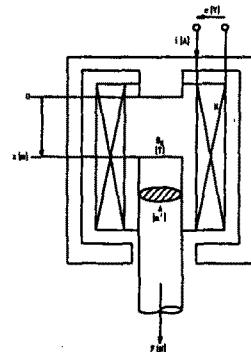


그림 2.1 일반적인 플린저형 솔레노이드의 단면도

$$P_s = \frac{\mu_0 A}{x + \delta} \quad (2-4)$$

가 된다. 누설 퍼미언스 P_t 은, x 의 복잡한 함수가 되고, 각 부 첫수에서 이것을 일반적으로 나타내기는 곤란하다. 이것을 고려하여 자로해석하는 방법을 퍼미언스 법이라 한다.

$$\phi_s(x, i) = \frac{N^2 i \mu_0 A}{x + \delta} \quad (2-5)$$

$$F_s = -\frac{1}{2} \frac{\mu_0 A N^2 I^2}{(x + \delta)} \quad (2-6)$$

$$F_s = -\frac{1}{2} H_s B_s A \quad (2-7)$$

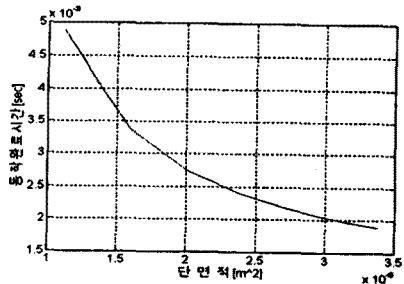
풀린지의 포화자속밀도 B_s 라 하면, $x=0$ 인때의 B_s 는

$$B_{s0} = \mu_0 \cdot \frac{NI}{\delta} < B_s \quad (2-8)$$

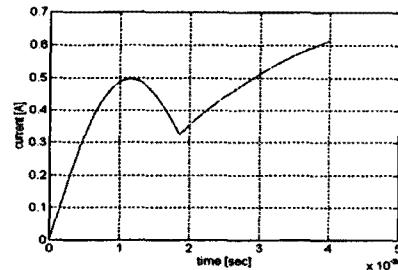
의 조건을 만족시키는 I 를 설정할 필요가 있다. 따라서, 최대 흡인력 F_{smax} 는, $x=0$ 일때

$$F_{smax} = -\frac{1}{2 \mu_0} B_s^2 A \quad (2-9)$$

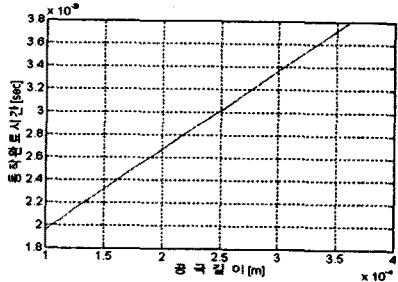
로 구해진다. 솔레노이드의 성능은, 흡인력과 플린저의 스트로크가 기본으로, 일반적인 플린저형 솔레노이드의 흡인력-스트로크 특성을 보면 흡인력은 플린저 위치 x 에 반비례하는 형태가 된다.



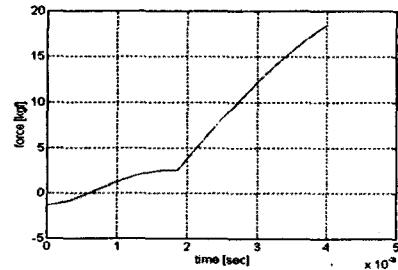
(d) 단면적에 따른 응답속도



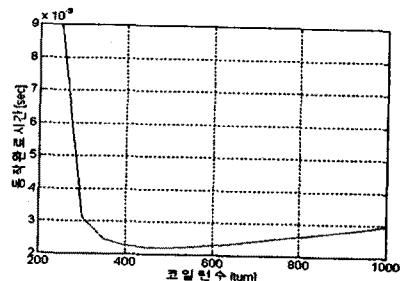
(b) 시간에 따른 전류 곡선



(e) gap 길이에 따른 응답속도

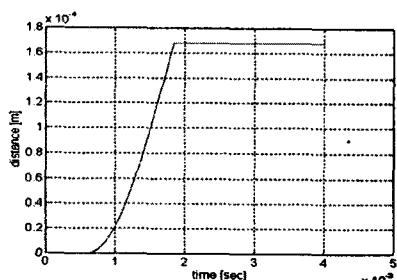


(c) 시간에 따른 흡입력 곡선
그림 4.2 최적치를 이용한 각 결과 파형



(f) 코일 권선수에 따른 응답속도

그림 4.1 각 파라미터 변화에 따른 작동완료시간의 변화 그래프



(a) 시간에 따른 공극거리의 곡선

5. 결론

본 연구에서는 솔레노이드 펠브 동작에 영향을 미치는 각종 파라미터의 값을 변화시켜가며 모의 실험을 해 보았다. 그 결과, 가동부 중량, 공극의 길이 및 단성계수는 작을수록 작동완료시간이 빨라졌고, 전압과 단면적은 클수록 작동시간이 빨라짐을 볼 수 있었다. 그러나, 코일의 권선수는 무턱대고 크게 한다고 좋은게 아니라 최적치를 찾아 코일을 감아야 함을 유념해야겠다.

참고문헌

- [1] T.Nakata and N.Takahashi,"Direct finite element analysis of flux and current distributions under specified conditions",IEEE Trans. Magn., vol.18, no. 2, March 1982
- [2] Yoshihiro Kawase and Yasuharu Ohdachi,"Dynamic Analysis for Automobile's Solenoid Valve using Finite Element Method", 日本電氣學會研究資料, SA-90-39(RM-90-51), 1990
- [3] 임 달호, "전기계의 유한요소법", 동명사, 1992
- [4] 小出高義 外 2人, "有限要素法によるボイルモータの過渡磁界解析", 電気學會論文集 B, 105卷 5號, 昭 60-5
- [5] Hiroshi Ishino et al., "A study of the optimal design for a plunger type solenoid by finite element method", 日本電氣學會研究資料, SA-89-59(RM-89-48), 1989
- [6] Namir Clement Shamma, "What Every Borland C++ 4 Programmer should Know", Prentice Hall Inc., 1994
- [7] S.A.Nasar and L.E.Unnewehr, "Electromechanics and Electric Machines", 2nd edition, 1983
- [8] 이 윤종 외 1인, "최신전기자기학", 문운당, 1989
- [9] 문 의준 외 5인, "고성능 솔레노이드 펠브 국산화(I)", 연구보고서 MSDC-413-92197