

직접구동형 서보밸브의 제어기 설계에 관한 연구

Study for the Controller Design of a Direct Drive Servo Valve

이 성래*, 김종열**, 김치봉**

*건양대학교 기계공학과 (Tel: 041-730-5191; Fax: 041-736-4079)

** (주)한화/기계 (Tel: 041-580-3941)

Abstract The direct drive servo valve(DDV) is composed of a DC motor, link, valve spool and displacement sensor(LVDT) where the spool is directly coupled to the DC motor through the link. Since the DDV is a kind of one-stage valve, the robust controller is required to overcome the flow force effect on the spool motion. The mathematical equations are derived and the stability, accuracy and response speed of a DDV are investigated analytically using a linearized system block diagram. Proportional control, PID control, Time-Delay control, Sliding Mode control, and Proportional control using the load pressure are applied to DDV to find which one shows the best control performance. The digital computer simulation results show that the proportional control using the load pressure satisfies the design requirement of response speed and steady state error regardless of the variation of load pressure.

Keywords Direct Drive Servo Valve(DDV), Controller Design

1. 서론

직접구동형 서보밸브는 그림 1에 나타난 것처럼 밸브제어기, DC 모터, 회전운동을 직선운동으로 변환시키는 기구, 스톱밸브 및 위치센서(LVDT)로 구성된다. 밸브제어기는 밸브스풀위치 명령신호와 밸브스풀의 위치측정신호를 비교하여 적절한 제어 알고리즘에 의해 제어신호를 생성하여 DC 모터를 구동시킨다. 여기서 DC 모터의 회전각은 제한되므로 일반적인 DC 모터가 아니라 제한각 DC 모터가 사용된다[1]. DC 모터의 회전운동은 기구에 의해 스톱의 직선운동으로 변환되며 스톱의 위치는 위치센서에 의해 측정된다. 직접구동형 서보밸브의 DC 모터는 모터 자체의 관성부하, 마찰부하를 이기고 다시 밸브스풀에 걸리는 마찰부하 및 유량반력을 극복하고 밸브스풀을 직접 구동시켜야 하므로 DC 모터에는 큰 회전토크가 요구되고 밸브스풀의 위치를 제어하는 제어기에는 강인성이 요구된다.

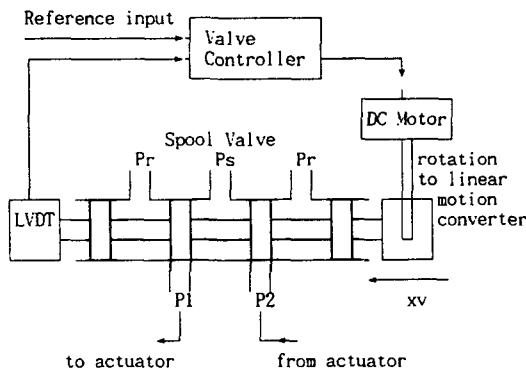


그림 1. 직접구동형서보밸브의 개략도.
Fig.1. The schematics of direct drive servo valve

강인한 제어기를 설계하기 위해서는 먼저 직접구동형 서보밸브의 특성을 정확히 파악해야 한다. 이에따라 직접구동형 서보밸브의 수학적 모델식을 유도하였으며 이론적인 해석을 위해 비선형적인 수학적 모델을 선형화시키고 전체시스템의 블록선도를 작성하여 전달함수를 유도하였다. 선형화된 직접구동형 서보밸브 시스템의 해석 결과 밸브스풀에 걸리는 유체력상수의 크기에 따라 시스템 특성이 크게 변하는 것을 파악하였으며 아울러 직접구동형 서보밸브는 감쇠값이 매우 작다. 직접구동형 서보밸브의 제어에 적합한 제어기를 선정하기 위해 비례제어기, PID 제어기, 가변구조 제어기, 시간지연제어기, 유체력상쇄피드백 비례제어기가 적용되었다.

2. 직접구동형 서보밸브의 수학적 모델

직접구동형 서보밸브는 그림 1에 나타난 것처럼 밸브제어기, DC 모터, 회전운동을 직선운동으로 변환시키는 기구, 스톱밸브 및 위치센서(LVDT)로 구성된다. 각 구성품에 대한 수학적 식은 다음과 같이 유도된다.

(1) 밸브 제어기

밸브제어기는 스톱위치 명령신호와 스톱위치 측정신호를 참고하여 적절한 제어 알고리즘에 의해 제어전류를 생성하여 DC모터에 보낸다. 비례제어인 경우 제어전류는 (3)과 같다.

$$V_e = V_r - V_x \quad (1)$$

$$V_x = H_{po} x \quad (2)$$

$$I_c = K_c V_e \quad (3)$$

(2) DC 모터

제어기에서 DC모터로 보내진 전류는 (4)와 같이 DC모터코일에 흐르는 전류와 비교되어 증폭기를 거쳐 DC모터 인가전압으로 변환된다.