

다수의 퍼지규칙을 이용한 가변유압시스템의 강건제어

Robust Control of Variable Hydraulic System using Multiple Fuzzy Rules

°양 경 춘*, 안 경 관**, 이 수 한***

* 울산대학교 기계자동차공학부 대학원(Tel:82-52-259-2149; Fax:82-52-259-1680; E-mail: kchyang@orgio.net)
 ** 울산대학교 기계자동차공학부(Tel:82-52-259-2282; Fax:82-52-259-1680; E-mail: kkahn@uou.ulsan.ac.kr)
 *** 울산대학교 기계자동차공학부(Tel:82-52-259-2137; Fax:82-52-259-1680; E-mail: shlee@uou.ulsan.ac.kr)

Abstract: A switching control using multiple gains in the fuzzy rule is newly proposed for an abruptly changing hydraulic servo system. The proposed scheme employs fuzzy PID control, where modified input parameters are used, and LVQNN(Learning Vector Quantization Neural Network) as a switching controller (supervisor). Simulation and experimental studies have been carried out to validate and illustrate the proposed controller.

Keywords : hydraulic system, switching control, fuzzy control, lvqnn, neural network

1. 서론

유압시스템은 서보밸브의 중립점의 편차, 작동유의 온도변화에 따른 점도의 변화등 유압시스템의 고유의 비선형성 때문에 고정도의 위치제어가 곤란하다. 뿐만 아니라 무거운 하중을 운반한 후 하중 없이 귀환하는 유압시스템의 경우, 하나의 제어기 만으로는 고정도의 위치제어가 곤란하다.

본 논문에서는 급격하게 변하는 유압시스템에 적용가능한 제어법의 제안 및 실험을 통한 검증은 그 목적으로 한다. 이 논문에서 제안하는 제어기는 퍼지제어기를 기본으로 하고 있으며, 특히 급격하게 변하는 유압시스템에 적용될 수 있도록 유압장치의 변화를 인식하는 감독기(Supervisor)와 그 감독기에 의해 결정되어지는 다수의 오차이득(error gain)으로 구성되어진다. 특히 이 논문에서는 퍼지제어에 사용되어지는 각각의 위치오차 및 속도오차를 바로 사용하지 않고 SPR(Strictly Positive Real)전달함수를 갖는 퍼지 PID 제어기를 사용하는 것과 감독기로서 LVQNN (Learning Vector Quantization Neural Network)을 사용하고 있는것이 특징이다.

또한 이 논문에서는 유압모터 위치제어의 시뮬레이션 및 실험을 통하여 제안한 제어법의 유효성을 검증하고 있다.

2. 시스템의 운동방정식

본 논문에 사용되어진 유압식 서보 시스템은 스톱이 이동하여 오리피스를 열면 펌프로부터 공급된 고압의 유체가 유압모터를 구동시켜서 구동축을 회전시키는 구동장치이다. 여기서 서보밸브의 스톱이 좌우 대칭이고 누유가 없다고 가정하면, 부하유량 Q_L 은 다음과 같이 표현된다.

$$Q_L = C_d w X_V \sqrt{\frac{1}{\rho} \left(P_s - \frac{X_V}{|X_V|} P_L \right)} \quad (1)$$

P_L : 부하 압력 (N/m^2)

X_V : 스톱의 변위 (m)

ρ : 작동유의 밀도 ($N/(m/sec^2)/m^3$)

P_s : 공급 압력 (N/m^2)

w : 스톱의 면적 구배 (m)

C_d : 밸브 스톱의 오리피스 유량 계수

이 식을 다시 공급 압력이 일정하다고 가정하고, 특정 동작점에서 테일러 시리즈로 전개시킨 다음 선형화 시키면 유량방정식은 다음과 같이 된다.

$$Q_L = K_o X_V - K_c P_L \quad (2)$$

K_o : 밸브의 유량 계인 (m^2/sec)

K_c : 밸브의 유량-압력 계수 ($m^4 \cdot sec/kg$)

또한 유압모터의 각 챔버에 유체의 연속 방정식을 적용하여 체적 변화율을 구하면 다음과 같이 표현된다.

$$Q_L = D_m \dot{\theta}_m + C_m P_L + \frac{V_t}{4\beta_e} \dot{P}_L \quad (3)$$

θ_m : 모터 축의 각위치(rad)

V_t : 모터챔버의 총 체적(m^3)

D_m : 모터의 배제 용적 (m^3/rad)

C_m : 모터의 총 누설계수 ($m^4 \cdot sec/kg$)

β_e : 시스템의 체적 탄성계수 (N/m^2)

그리고, 유압 모터축에 토크 평형식을 적용하면 다음과 같이 표현할 수 있다.