

Simulink를 이용한 비선형 유압실린더의 위치제어 시뮬레이션 Position Control Simulation of Nonlinear Hydraulic Cylinder using Simulink

*김시습¹, 허준호¹, 김철호¹, 기성종¹, 양성모², #기창두³

*S. S. Kim¹, J. H. Heo¹, C. H. Kim¹, S. J. Ki¹, S.M. Yang², #C. D. Kee(cdkee@chonnam.ac.kr)³

¹ 전남대학교 대학원 기계공학과, ² 전북대학교 기계시스템공학부, ³ 전남대학교 기계시스템공학부

Key words : Position Control, Hybrid Fuzzy-PID Control, Hydraulic Cylinder, Control Simulation

1. 서론

유압 장치를 이용한 자동화 연구가 활발하게 진행되면서 유압 시스템의 생산성 향상, 작업의 효율성과 정확성이 향상된 우수한 장비들이 개발되어 왔다. 그러나 유압 자체의 비선형성과 더불어 밸브의 시간지연 등 시스템 구성요소들의 형상과 특성에 의한 비선형적 동특성으로 인해 정밀 제어가 쉽지 않다. 특히, 높은 하중의 시스템에 적용되는 다중 실린더의 경우 동일한 규격으로 제작된 실린더라 할지라도 품질이 균일하지 않고, 배관이나 유압 작동유의 유동 특성으로 인해 출력이 동일하지 않게 된다. 이러한 유압시스템의 비선형성, 작업 조건에 따른 부하변동 및 공급압력의 변화 등 파라미터 변화에도 강건한 제어 성능을 유지시켜야 하는 필요성이 대두되어 왔다.

본 논문에서는 압연 강판 제작과 같이 부하 변동이 있을 수 있는 다중 실린더 유압시스템에서 사행이 일어날 가능성이 있는 경우 이를 방지하기 위한 제어 알고리즘을 제안하였고, 시뮬레이션을 통하여 부하 변동에 대한 제어 시스템의 성능을 검증하였다.

2. 유압시스템 및 제어 알고리즘

가. 시스템 구조

유압시스템은 광범위하게 사용되는 시스템으로서 유체를 동력원으로 에너지를 발생하는 유압 동력 발생부, 사용 조건에 맞도록 유체에너지를 조절하는 동력 조절부, 유체 에너지를 궁극적인 기계에너지로 변환하는 전달부로 구성된다. 유압실린더의 위치 제어에 관한 모델은 고압유를 이용한 동력 공급부와, 센서, 제어기, 서보밸브를 포함한 제어 요소부, 작동기 요소부등 크게 3부분으로 나누고 있다.

Fig.1은 본 연구에서 사용된 다중 실린더 유압시스템의 전체 모델을 나타내고 있으며, Fig.2는 이 시스템 중에서 다중 실린더의 세부 구조에 해당된다.

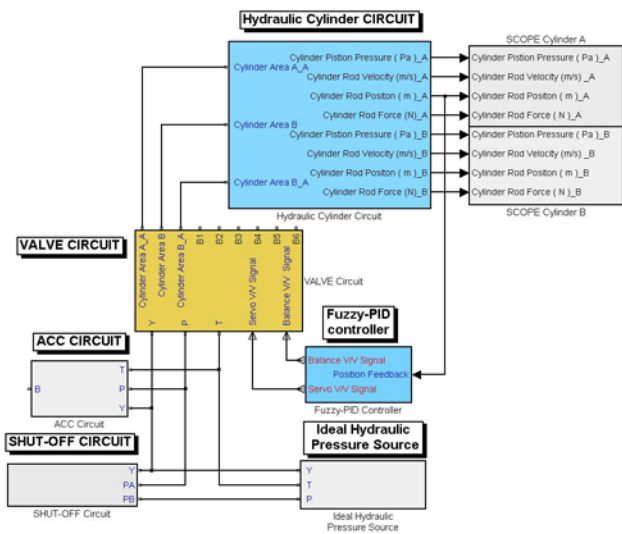


Fig.1 Schematic Diagram of Hydraulic System

본 시스템은 두 개의 실린더로 구성되어 있고 각각의 실린더 로드에는 롤 한 개씩이 연결되어 있는 구조로 되어 있다. 따라서

두 실린더에 작용하는 압력이나 하중 편차를 고려하여 제어해야 사행을 방지하고 좋은 성능을 유지 시킬 수 있다.

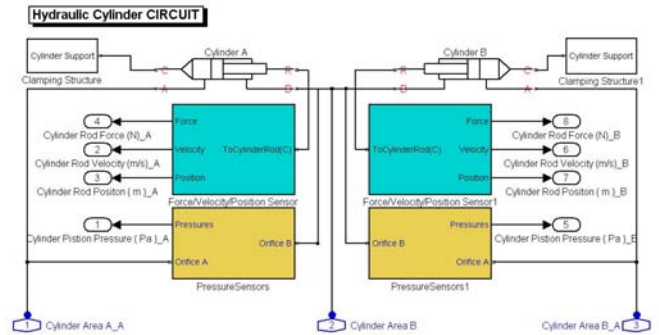


Fig.2 Schematic Diagram of Hydraulic Cylinder Circuit

나. 제어 알고리즘

다중 실린더 유압시스템의 전체적인 제어 알고리즘은 Fig. 3의 흐름도와 같이 나타낼 수 있고, 초기 구동 시에 유압시스템이 대기상태로 열려 있다가 정밀 위치 제어를 위해서 기준 입력 신호를 추종하게 된다. 이때 다중 유압실린더의 각각의 로드 위치를 제어 대상으로 정하고 센서로부터 피드백 되는 거리 정보를 가지고 오차를 구한다. 그리고 이 값은 퍼지 추론의 입력 값으로 사용되며 퍼지 추론을 통해 PID 계수를 조정하게 되고, 최종적으로 유압시스템의 입력 값이 결정 된다. 두 개로 구성된 유압실린더는 하나의 입력 신호로 동기화 되어 있으며 압력이나 부하가 한쪽으로 편중 될 때 사행이 발생할 수 있다. 이때 한쪽의 유압실린더에 과부하가 작용하여 고장이 발생 할 수 있는데 이를 방지하기 위해 일정 부하 이상 인가되면 시스템 구동을 중지하고 재빨리 대기 상태로 열리게 한다. 운전 중에 힘 센서와 압력 센서를 이용하여 부하 편중을 검사하고 유효한 범위를 벗어나면 시스템을 정지시키고 대기 상태로 열리게 한다.

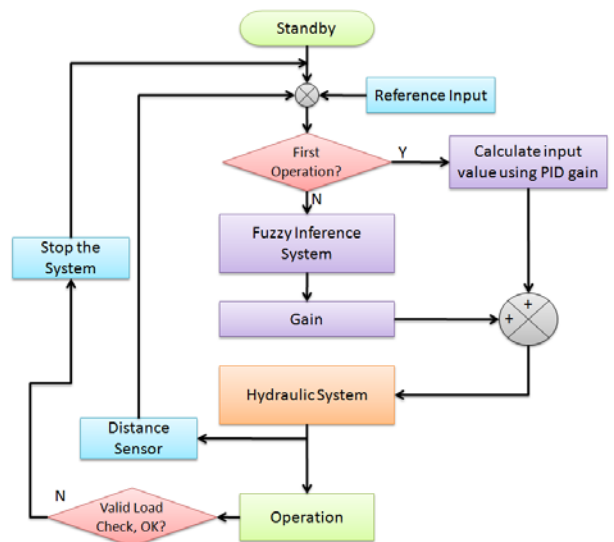


Fig.3 Operational Flow Chart

3. 시뮬레이션 및 결과

본 연구에서는 정밀 위치 제어와 편차해석, 사행 시뮬레이션을 위해서 Fuzzy-PID 제어기를 포함한 제어 알고리즘을 제안 하였다. Fig.4는 다중 실린더 유압 시스템의 위치제어 결과를 나타내고 있다. 두 실린더에 동일 입력신호를 인가하여 동시에 제어 하였을 경우의 위치제어 결과를 나타내고 있으며 안정적으로 동작하는 것을 볼 수 있다. 여기서는 부하 변동이나 공급 압력의 변동은 고려하지 않았다. PID제어기 보다 Fuzzy-PID제어기의 성능이 더 좋게 나타남을 확인 할 수 있고 정상상태 오차는 0.01mm 이내로 허용오차 범위 이내임을 알 수 있다. (b)그림에서 나타난 바와 같이 자중 실린더를 제어하는데 있어서 Fuzzy-PID 제어기의 성능이 더 우수하다는 것을 확인 할 수 있다.

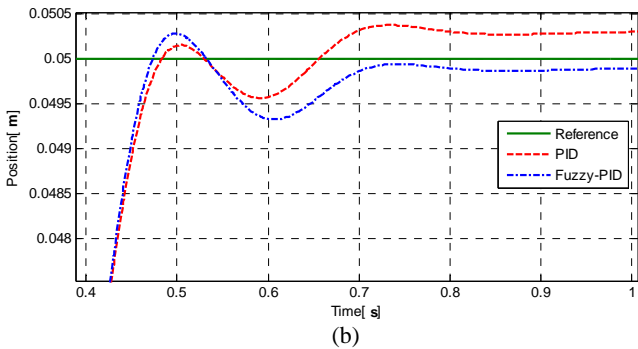
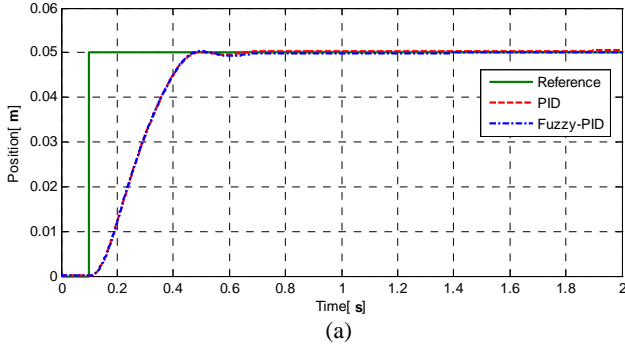


Fig.4 Step Response of System using Fuzzy-PID

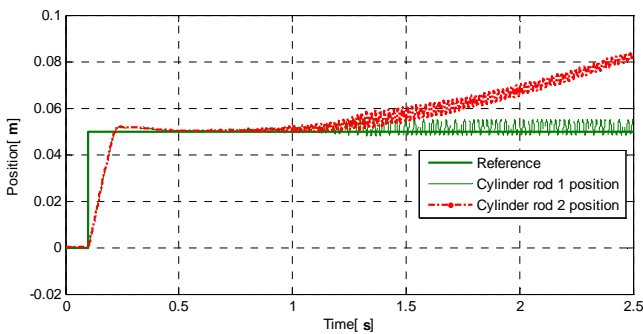


Fig.5 System Response using PID

Fig. 5는 양쪽 실린더의 부하에 불균형이 발생할 때 PID 제어기를 사용한 시스템의 응답을 나타낸 것이다. 개별 실린더에 800kg, 1120kg의 부하가 인가되었을 때 부하가 변함에 따라서 시스템이 불안정해지는 것을 확인 할 수 있다. 부하의 변동 및 불균형은 실린더를 제어하는 서보밸브의 압력 편차를 발생시키고 따라서 제어 성능에 영향을 미치게 된다. 또한 설비의 고장 원인이 되기도 하므로 방지대책이 필요하다. 제안된 알고리즘에서는 압력 센서와 힘 센서를 이용하여 실린더에 편중되어 인가되는 부하를 측정함으로써 유효 범위를 벗어났을 경우 구동을 중지하고 유압 실린더는 대기 위치로 열리 되도록 구성하여 설비의 고장을 방지하도록 하였다.

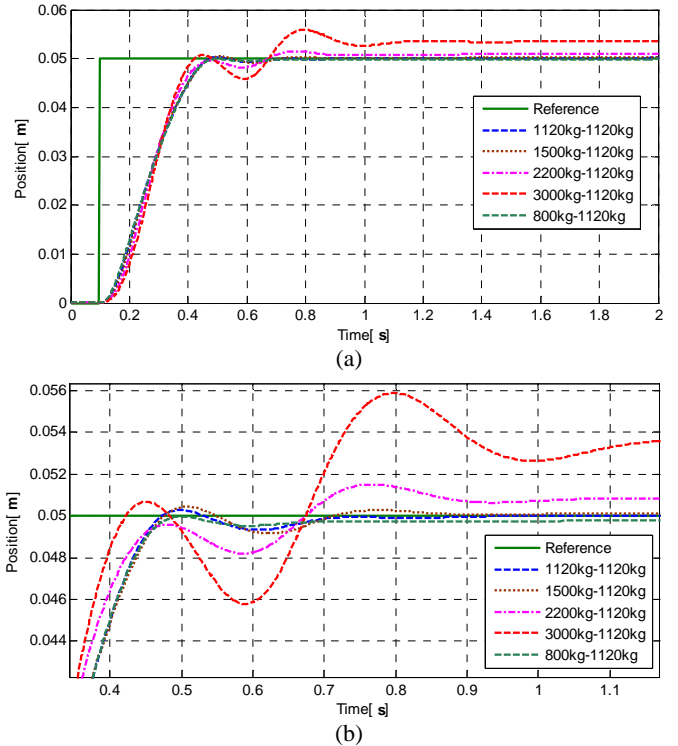


Fig.6 System Response using Fuzzy-PID

Fig.6는 부하편차가 발생했을 때의 위치제어 결과를 나타내고 있다. 두 실린더에 인가되는 부하가 동일할 때의 응답은 실선으로 나타나 있다. 두 실린더에 인가되는 부하 편차가 작거나 비슷하면 정상상태 오차가 크게 나타나지 않으나 편차가 커지면 정상상태 오차도 크게 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 전반적으로 응답을 살펴보면 앞의 경우처럼 시간이 지남에 따라 안정적으로 성능이 개선되는 것을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서 다중 유압시스템에서 발생할 수 있는 압력 편차나 부하 변동에 있어 설비의 고장을 최소화 할 수 있도록 Fuzzy-PID 제어기에 기반한 제어 알고리즘을 제안하였다. 시스템의 부하변동에 따른 시스템 응답 및 제안된 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 Matlab/Simulink 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행 하였으며, 제안된 알고리즘으로 허용오차 범위 이내로 제어가 가능함을 확인하였다. 그러나 압력 편차가 발생할 경우 정상상태 오차가 시간이 지나도 계속 존재 하므로 보다 정밀한 응답을 얻기 위해서는 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. D. H. Jung, S. I. Kim, S. H. Lee, W. J. Shin, "Design and Implementation of Fuzzy-PID Controller", Proceedings of KFIS Fall Conference, 2004
2. W. J. Shin, "Fuzzy Scheduling for the PID Gain Turning", Proceedings of KIIS Conference, pp. 120-125, 2005
3. H. Wuyin, C. H. Chul, B. J. Choi, C. P. Hong, S. H. Yoo, Y. T. Kwon, "Design of Control System for Hydraulic Cylinders of a Sluice Gate Using Fuzzy PI Algorithm", Proceedings of KIIS Conference, pp. 109-115, 2010
4. W. T. Son, S. Y. Seuk, " The Design of the Fuzzy Logic Controller for Controlling the Speed in the Zero-Crossing Speed Region of a Hydraulic System", The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, pp. 85~92, 2005