

PID 제어기와 앞먹임 제어기를 이용한 트랙터용 유압-기계식 변속기 제어기 설계 A Study on Design of Gear-ratio Controller for HMT of Tractor by using PID Controller augmented by Feedforward Controller

*#신동호¹, 이지우¹, 김창일¹

*#D. H. Shin(donghoup@kut.ac.kr)¹, J. W. Lee¹, C. I. Kim¹,

¹한국기술교육대학교 기계공학과

Key words : HMT (Hydro-Mechanical Transmission), PID Controller, Gear Ratio Tracking

1. 서론

본 연구에서 다루고자 하는 hydro-mechanical Transmission(HMT)은 기계식 트랜스미션의 고효율 특성과 HST의 장점을 결합한 형태의 변속기이다. HMT의 작동원리는 Fig. 1과 같이 엔진동력은 기어계통과 HST계통으로 분할되어 유성기어 장치로 전달되는데, 기어계통은 CAREER로 입력되어 엔진 회전수에 직접적으로 비례하여 일정속도로 회전하고, HST계통은 사판각에 의한 변동 회전속도가 CHANGE기어를 거쳐 선기어로 각각 전달된다. 그리고 캐리어와 선기어에 각각 입력된 회전링기어에서 합성된 동력을 출력한다.

본 연구에서는 다루고자 하는 플랜트에서 실험적으로 취득한 입출력 데이터를 이용하여 1차 또는 2차 시간지연선형모델로 모델링을 먼저 수행하여 모델기반제어기 설계기법을 따랐다. 다양한 동작영역에 대해 모델링을 따로 수행하여 각 동작영역에 해당하는 PID제어기 게인값을 최적화 알고리즘을 사용한 시뮬레이션을 통해 결정하였다. 실험을

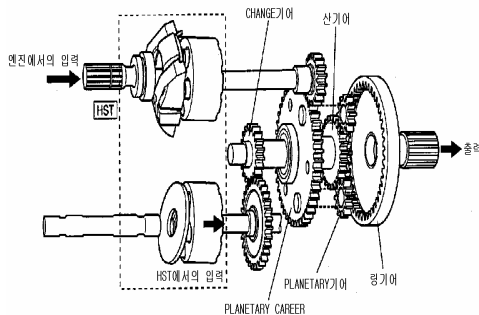


Fig. 1 HMT Configuration

통해 취득한 각 서브시스템의 입출력 데이터를 바탕으로 각 서브시스템을 1차 또는 2차 시간지연 선형시스템으로 모델링을 수행하였으며 이를 바탕으로 PID 제어기를 오프라인상에서 설계하였다. 설계방법은 Matlab/Simulink toolbox를 이용하여 최적화를 통해 제어기 게인값을 추출하였다. 설계된 제어기의 성능을 검증하기 위해 HMT를 탑재한 test-bench에서 실험을 하여 그 성능을 검증하였다.

2. 시스템 설계 및 실험평가

고려하고 있는 제어시스템 블록도는 Fig. 2와 같다. 두개의 루프로 구성되어 있으며 내부제어 루프는 서보 루프로써 최종적인 변속비를 만들어 주는 비례전자-유압 밸브의 출력전류에 대한 루프로써 명령전류 레귤레이션을 위한 제어기이다. 외부루프는 최종 변속비를 제어하기 위한 상위제어기에 해당하는 변속비 제어기(출력속도 제어기)이다. 변속비 제어기를 통해 나오는 출력은 명령 전류이다. 내부루프 전류제어기는 PID 제어기를 이용하여 각 서브시스템을 실험데이터를 이용하여 모델링 한 후 설계를 하여 탑재 하였으며 외부루프 변속비 제어기는 PID제어기와 비선형적 특성을 고려한 앞먹임제어기와 결합된 PID제어기를 각각

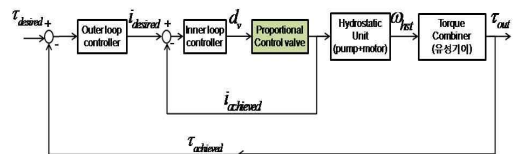


Fig. 2 Control System for Current Regulation

설계하였다. Fig. 4와 Fig. 5는 PID제어기와

PID+Feedforward 제어가 실험을 비교한 그림이다. PID제어의 실험결과(Fig. 4)는 전류 약 350mA 아래의 천이구간에서 전류입력에 대한 Dead-Zone에 의해 명령변속비를 잘 추종하지 못하지만 대체로 명령변속비가 0에서 0.8까지 연속적으로 변할 때 전체 제어시스템이 적절히 작동하여 원하는 변속비를 잘 추종하지 못 함을 알 수 있다. 하지만 PID+Feedforward 제어가 실험결과(Fig. 5)는 제시된 것과 같이 Test-Bench의 Dead-Zone (0~350mA 영역)을 제외하면 PID 제어기만을 사용한 것보다 변속비를 잘 추종하였다.

3. 결론

본 연구에서 수행된 HMT 제어 알고리즘 개발에 관한 내용은 최종 TCU H/W에 탑재될 제어 알고리즘 제안 및 기본적인 성능 검증이다. TCU에 탑재하기 위한 이산화 작업을 수행하였고 각 서브 제어가에 대한 성능을 실제 시험을 통해 확인 하였다.

제안한 전류제어기 그리고 변속비 제어기 모두 원하는 성능을 확보할 수 있었다.

참고문헌

1. Sergio M.Savaresi, Francesco L. Taroni, Fabio Previdi, and Sergio Bittanti, "Control system design on a power-split CVT for high-power agricultural tractors", IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol.9, No.3, September 2004.
2. Z. Mingzhu, Z. Zhili, X. jinfa, and Z. Zhiqiang, "Modeling and Control Simulation for Farm Tractors with Hydro-mechanical CVT", Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, pp. 908-913, Qingdao, China September 2008.

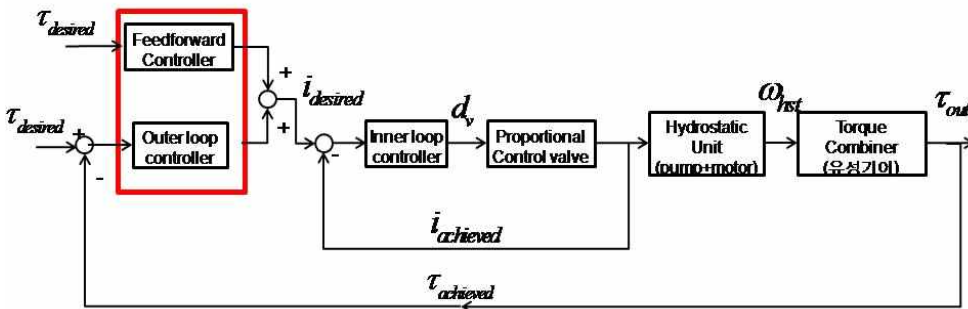


Fig. 3 Controller Architecture Added Feedforward Controller

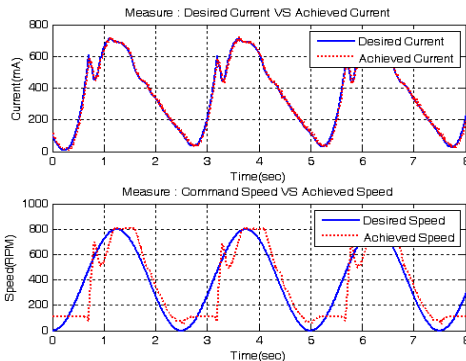


Fig. 4 PID controller time history of command Gear-ratio and measured output speed for sinusoid command 0.4Hz

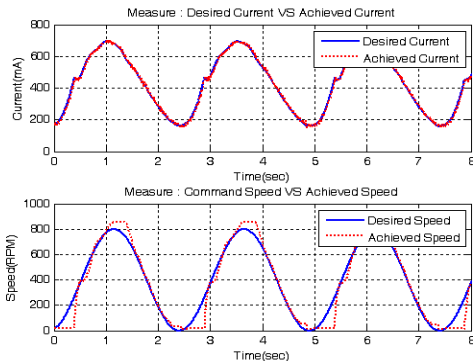


Fig. 5 PID+Feedforward controller time history of command Gear-ratio and measured output speed for sinusoid command 0.4Hz