

신경 회로망과 관측기에 기반한 2-mass 시스템에서의 속도 제어기 설계

Design of a Speed Controller for 2-Mass System Based on Neural Network and Observer

° 현 대 성*, 박 정 일**

* 영남대학교 전자공학과 (Tel : 053-810-1523 ; E-mail: moderns@aclab.ee.yeungnam.ac.kr)

** 영남대학교 전자정보공학부 (Tel : 053-810-2498 ; E-mail: jipark@ynu.ac.kr)

Abstract : In the 2-mass system with flexible shaft, a torsional vibration is often generated because of the elastic elements in torque transmission as the newly required speed response which is very close to the primary resonant frequency. This vibration makes it difficult to achieve quick responses of speed and disturbance rejection. In this paper, 2-mass system is designed by using pole placement based on optimal control theory for fast speed response and torsional vibration elimination and using neural network for disturbance rejection in particular. The simulation results show that the proposed controller based on neural network and full state feedback controller has better performance than full state feedback controller, especially for disturbance rejection.

Keywords: two-mass system, resonance ratio, disturbance rejection, Neural Network, torsional vibration

1. 서론

산업용 로봇, 철강 플랜트의 압연기등과 같이 축이 길고 부하 축 질량이 큰 경우, 전동기의 가변속 제어에 있어서 전동기와 부하와 결합부의 강성이 낮으면 이 시스템은 수십[Hz]의 낮은 공진 주파수를 가지게 되고, 축 비틀림 진동이 발생하게 된다. 이러한 2-관성 시스템에서 공진 주파수에 가까운 고속의 응답을 요구하는 경우 축진동으로 인해 속도 제어는 더욱 어려워진다. 이와 같이 공진 주파수가 매우 낮기 때문에 기존의 PI 제어방식으로는 충분히 효과적이지 못하다. 속도 제어 응답성을 높이기 위해 이득을 증가하면 공진으로 인한 축비틀림 진동이 발생하게 되고 심한 경우 축이 손상된다. PI 속도 제어기의 차단 주파수를 기계계의 공진 주파수보다 낮게 설정하거나 기준입력에 대해서 천천히 따라가도록 하면 축진동으로 인한 시스템의 공진은 막을 수 있지만, 제어기의 응답 성능이 떨어지게 된다. 이러한 2-관성 시스템에 대해 고속의 응답성, 축 진동 억제, 부하토크 외란 감쇄를 고려한 많은 방법이 연구 되어 왔다. 공진 비율 제어[1], 여러 가지 제어 사양을 고려할 수 있는 최적 제어[2], 상태관측기 기반의 슬라이딩 모드 제어기를 사용한 축 비틀림 제어[3], 외란 감쇄를 위한 모델 추종 적응 제어[4], 부하토크를 보상하기 위한 관측기의 하드웨어적 구현[5], 비틀림 추정기를 이용한 진동억제 제어[6], 여러 가지 형태의 변형된 PID 제어기[7][8]등이 있다.

본 논문에서는 축 진동 특성과 시스템 안정성이 보장되는 상태 관측기를 통한 full state feedback 을 이용한다. 특히, 과도상태 특성을 만족시키기 위한 그 이득 설정은 [2]의 논문에서 사용한 최적 제어 방법으로 축 비틀림과 제어 응답 속도를 고려해서 설계하고, 이 외에 부하 외란 토크에 대한 이득 값을 신경망 제어기를 통해 조정함으로써 보다 나은 성능을 얻을 수 있음을 시뮬레이션을 통해 보인다. 그리고 미분 이득으로 관성비를 조정 가능하다. [7] 논문의 I-PD 제어기와 성능을 비교해 본다.

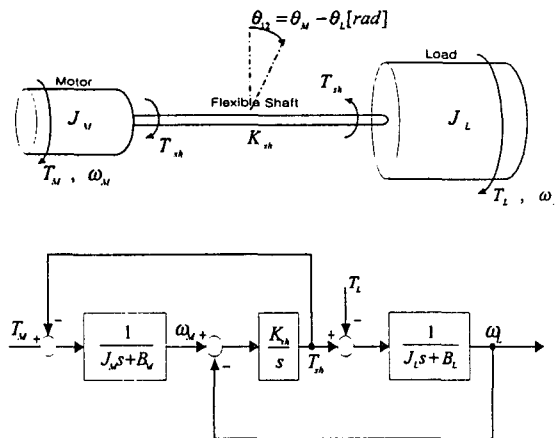


그림 1. 2-관성 시스템 모델과 블록선도
Fig.1. 2-mass system model and block diagram

2. 2-관성 시스템의 모델

모터와 부하가 제한된 강도의 축으로 연결된 2-관성 시스템은 그림 1과 같이 모델링 된다. $\omega_M, \omega_L, \theta_s$ 을 x_1, x_2, x_3 로 두고, T_M 을 제어 입력, 모터 속도 ω_M 을 출력으로 하면 2-mass system 의 상태 방정식은 다음과 같다.

$$\dot{X} = AX + Bu(t) + ET_L(t) \quad (1)$$

$$Y = CX$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{B_M}{J_M} & 0 & -\frac{K_{sb}}{J_M} \\ 0 & -\frac{B_L}{J_L} & \frac{K_{rb}}{J_L} \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{J_M} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{J_L} \\ 0 \end{bmatrix} T_L$$

$$Y = [1 \ 0 \ 0]X$$