

## ER 클러치와 적층형 압전작동기를 이용한 이중서보 스테이지의 정밀위치제어

한상수\* (한국원자력연구소), 최승복 (인하대학교)

주제어 : Dual-Servo Mechanism, ER Clutch, Multi-stack Piezoelectric Actuator, Sliding Mode Control, Hysteresis Compensation

본 연구에서는 전기유동유체(이하 ER유체) 응용장치의 하나인 ER 클러치와 적층형 압전작동기를 이용한 이중서보(Dual-Servo) 메커니즘을 제안하고, 이 시스템의 정밀위치제어를 수행하였다. 상대적으로 긴 거리의 빠른 이송을 목적으로 하는 조동 운동 스테이지(Coarse Motion Stage)의 제어를 위해 인가하는 전기장의 크기에 따라 연속적이고 부드러운 토크 제어가 가능한 양방향 ER 클러치를 개발하였으며, 수  $nm$ 의 위치결정능력을 갖는 적층형 압전작동기와 변위확대기구를 이용하여 조동 운동의 위치결정 오차를 효과적으로 보상하기 위한 미동 운동 스테이지(Fine Motion Stage)를 제작하였다. ER유체가 갖는 빙햄(Bingham) 특성과 동적응답특성에 근거하여 제안된 ER클러치의 모델링을 수행하였으며, 탄성 힌지(Flexure hinge)를 갖는 변위확대기구의 최적 설계를 위한 일반화 모델링 기법을 도입하였다. 또한, 실제 제작에 앞서 설계된 변위확대기구의 기계적 안정성을 확보하고 성능을 검증하기 위한 유한요소해석을 수행하여 그 결과를 도시하였다. 조동 운동 스테이지의 위치 제어를 위해서는 불확실성 및 외란에 강인한 성능을 갖는 슬라이딩 모드 제어기(Sliding Mode Controller)를 설계하였다. 한편, 적층형 압전작동기가 갖는 비선형 히스테리시스(Hysteresis)를 효과적으로 보상하여 보다 정밀한 위치 결정능력을 확보하기 위해 프라이작(Preisach) 모델 기법을 이용한 앞먹임(Feed-Forward) 보상기와 이에 연동하는 PID 제어 시스템을 구축하였다. 제안된 이중서보 스테이지의 정밀위치제어 성능을 검증하기 위하여 스텝 입력에 대한 위치추적제어를 수행하였으며 그 결과를 고찰하였다.

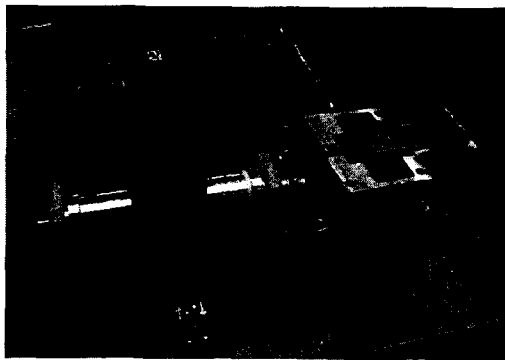


Fig. 1 The Proposed dual-servo mechanism

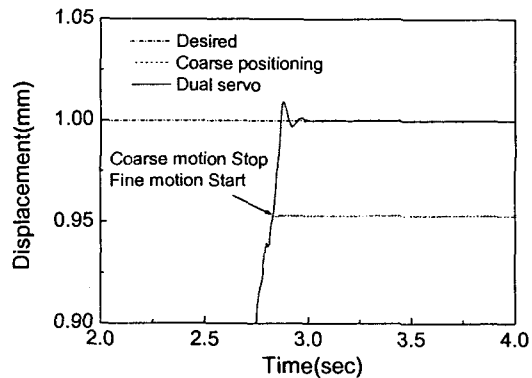


Fig. 2 Step position control result of the proposed dual-servo mechanism