

Preisach 모델을 이용한 자기변형 구동기 제어

박영우*(충남대), 이석호(충남대 대학원), 임민철(한국델파이)

주제어 : 자기변형재료, 구동기, 히스테리시스, 보상

현재 세계 기술은 고집적화, 소형화, 고속화, 정밀화 된 시스템을 추구하고 있으며 기계적인 요소와 전기적인 요소를 통합한 장비의 개발에 초점을 맞추고 있다. 그 예로 일렉트로닉스, 옵토일렉트로닉스, 옵틱스, MEMS 등을 들 수 있다. 이러한 장비들은 초정밀 위치 결정을 위해 미크론 단위 또는 나노 단위의 분해능을 가진 구동기가 필요하다. 이러한 구동기에 많이 사용되는 대표적인 재료에는 자기변형 재료와 압전 재료가 있다. 압전 재료는 현재 구동기에서 가장 많이 사용되는 재료이지만 피로현상, 드리프트 및 출력 힘이 작은 문제점을 가지고 있다. 이에 반해 자기 변형 재료는 압전 재료가 가진 문제점을 해결할 수 있는 재료로 현재 초정밀 위치 결정 기구 및 방진 시스템, 초음파 발생장치에 이용이 들어가는 추세이다. 자기변형재료는 재료 주변에 감긴 코일에 전류가 흐를 때, 발생한 자기장에 의해 길이가 변한다. 본 논문에서는 자기변형재료를 이용한 구동기의 개발 및 제어에 초점을 맞추었다. 개발한 자기변형재료 구동기는 자기변형재료와 함께 코일에 흐르는 자기장의 손실을 줄이고 또한 고정적인 바이어스를 걸어주기 위해 영구자석을 사용하였다. 영구자석을 이용한 구동기 설계 안에서의 최적화된 자석의 선택을 위해 자석의 두께 및 길이에 대한 FEM 해석을 하였다. 제작된 구동기는 입력 전류 피크값 20mA와 -40mA의 사각파에서 20nm 수준의 분해능을 갖으며, 구동기의 시스템 파라미터는 일정한 크기의 sinusoidal input에 대한 sinusoidal response를 계측하여 실험적으로 구하였다. 이때 구해진 구동기의 전달함수는 1차 시스템으로 근사화 하였다. 구동기는 재료가 가진 히스테리시스 특성에 의해 비선형성을 가지며, 원하는 동작을 위해서 제어되어야 한다. 구동기가 가진 히스테리시스 보상을 위해 Preisach 모델링 방법을 이용해 히스테리시스를 수학적으로 모델링 하였으며, 모델링 식을 Feedforward 제어에 이용하였다. 또한 오차에 대한 보상을 위해 PID 제어를 함께 사용하였다. 제어기 성능 평가 실험은 PID 제어기, Feedforward 제어기, PID 및 Feedforward 제어기를 통해 실시 하였으며, 실험 방법은 구동기에 계단 입력을 가함으로써 추종 여부를 계측하였다. 제어기 성능 평가 요소로 응답 속도 및 목표 변위에 대한 오차의 크기로 실험 결과 PID 및 Feedforward 제어기가 가장 우수한 성능을 나타냈다.