

요지

친환경 기술에 대한 관심이 증가하면서 산업 기기의 동력원을 자기장치(magnetic device)로 대체하기 위한 노력이 진행되고 있다. 이에 따라 다양한 산업에서 사용되는 자기장치의 고성능화와 고효율화를 위한 최적설계가 치수 최적화(size optimization), 위상 최적화(topology optimization) 등 다양한 기법을 통해 발전해 왔다. 특히, 레벨셋기반 위상최적설계(level-set based topology optimization) 기법이 자기장 문제에 도입되면서 기존 설계에 의존하지 않고 명확한 경계로 표현된 최적 형상의 도출이 가능해졌다. 그러나 레벨셋법을 이용한 최적화는 경계의 법선 속도를 이용하여 구조물의 형상을 변화시키기 때문에 경계 이동이 자유롭지 못하여 초기 레벨셋 분포에 의존적인 최적형상이 도출되는 단점이 있다. 또한, 최적형상의 경계가 실제 생산에 적용할 수 없을 정도로 복잡하더라도 설계자가 이를 조절할 방법이 없다는 것도 레벨셋법의 한계로 지적되었다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 페이즈 필드 모델(phase-field model)을 이용한 새로운 최적설계 개념을 자기장에서의 구조 설계에 도입하였다. 설계 변수인 레벨셋 함수로 자성 물질의 형상을 표현하여 정자기 해석(magnetostatic analysis)을 수행하였고 보조 변수법(adjoint variable method)으로 설계 민감도를 계산하여 최적화에 이용하였다. 또한, 성능과 생산성을 동시에 만족하는 자기장치를 설계하기 위해 설계 요구에 부합하는 목적 함수와 최종형상의 단순화를 위한 경계 에너지(interface energy)를 고려하여 설계 문제를 정식화하였고 제안한 설계기법의 실용성을 높이기 위해 2가지 이상의

자성 물질을 고려할 수 있도록 다중 레벨셋 모델(multi-phase level-set model)을 이용한 최적화도 수행하였다.

제안한 기법의 적용 가능성을 검증하기 위해 자기력 최대화를 위한 C-core 액추에이터 설계와 토크 리플 저감을 위한 IPM 모터 고정자의 설계를 수행하여 기존 레벨셋법의 단점인 경계 이동에 대한 한계를 보완할 수 있다는 사실과 생산성을 위한 형상의 단순화가 가능하다는 것을 확인하였다. 또한, 다상 레벨셋 모델을 도입한 영구자석형 액추에이터(permanent magnet actuator)의 최적설계를 통해 동작 특성을 최적화할 수 있는 형상을 도출하였고 모든 형태의 자기장치 설계에 제안한 기법을 적용할 수 있다는 가능성을 확인하였다.