

자화의존 프라이자흐 모델을 이용한 히스테리시스 전동기의 유한요소 해석

김홍규*, 이창환, 정현교
서울대학교 공과대학 전기공학부

홍선기
호서대학교 전기전자제어공학부

Finite Element Analysis of Hysteresis Motor Using Magnetization-Dependent Preisach Model

Hong-Kyu Kim, Chang-Hwan Lee, Hyun-Kyo Jung
School of Electrical Engineering, Seoul National University

Sun-Ki Hong
School of Electrical Engineering, Hoseo University

1. 서론

히스테리시스 전동기의 특성해석을 위해서는 회전자 일부분인 히스테리시스 링에서의 자기 상태를 정확히 해석하여야 한다. 본 연구에서는 근래에 많이 사용되는 히스테리시스 모델인 자화의존 프라이자흐 모델과 유한요소법이 결합된 알고리즘을 제안하여 히스테리시스 모터를 해석하였다. 제안된 알고리즘에 의한 시뮬레이션 결과는 실험치와 잘 일치하며, 이 방법은 히스테리시스 특성을 가지는 다른 전자기 시스템의 해석에도 적용이 기대된다.

2. 히스테리시스 모터

그림 1은 히스테리시스 모터의 구조를 나타낸다. 실린더형의 회전자는 히스테리시스 링이라고 불리우며 반강자성체(semi-hard magnetic material)로 이루어져 있으며, 고정자는 일반 AC 모터와 비슷한 구조이다. 이 모터는 입력 주파수에 따라서 동기 속도로 회전하는 동기전동기의 일종이다. 모터의 토크는 고정자 권선에 의해 생긴 회전자계에 의해 히스테리시스 링에서 만들어지는 히스테리시스 루프의 면적에 비례한다. 따라서 특성 해석을 위해서는 정확한 히스테리시스 계산이 이루어져야 한다.

3. 자화의존 프라이자흐 모델

자화의존 모델은 고전적 프라이자흐 모델이 가지는 합동성의 모순을 극복한 모델이다. 즉 자계의 입력 극값이 같더라도 실제로 그림 2와 같이 마이너 루프의 모양이 달라지지만 고전적 모델에서는 이들 마이너 루프의 형상이 모두 같다. 자화의존 모델에서 자화는 다음식에 의해 구해진다.

$$M = \iint_{a_i \leq b_i} \rho(a_i, b_i) \gamma_{a_i b_i} H_i da_i db_i \quad (1)$$

여기서 $\rho(a_i, b_i)$ 는 분포함수를 나타내며, $\gamma_{a_i b_i}$ 는 기본히스테리시스 오퍼레이터를 표시한다.

4. 제안된 방법

본 연구에서는 유한요소법과 자화의존 프라이자흐 모델이 결합된 알고리즘을 제안한다. 초기해석시에는 히스테리시스 링의 투 자율을 일정하다고 가정한 후 유한요소해석을 한다. 이 결과와 자화의존 모델을 이용하여 링의 각 부분에서의 자속밀도와 자계

를 계산한 후 그림 3 에서와 같이 링의 동작점 (H_i, B_i) 을 계산한다. 자화의존 모델을 이용하여, 동작점에서 자계를 0 으로 한 후, 잔류자속밀도 B_r 과 리코일 투자율 μ_d 을 계산하여, 이 두 값을 유한요소해석시의 입력으로 한다. 이러한 과정을 수렴이 될 때까지 반복한다.

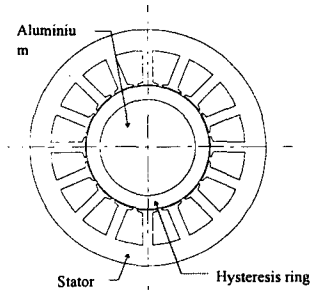


Fig.1. Structure of hysteresis motor

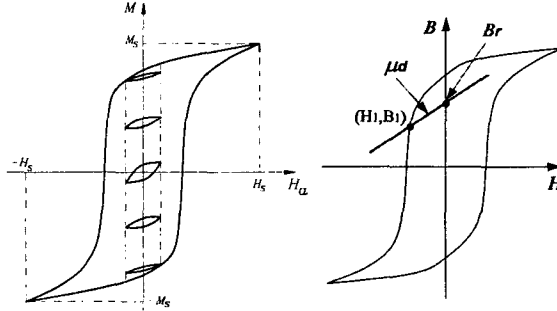


Fig.2. Minor loops by the hysteresis model Fig.3. Operating point

5. 해석 결과

그림 4 는 제안된 방법에 의해 계산된 히스테리시스 링에서의 히스테리시스 루프 형상을 보여준다. 이와 같은 루프가 얻어지면 루프 면적이 계산되어 토크식으로부터 토크가 계산된다. 그림 5 는 시뮬레이션 결과와 실험치를 비교한 것이며, 매우 정확한 해석결과를 얻었다.

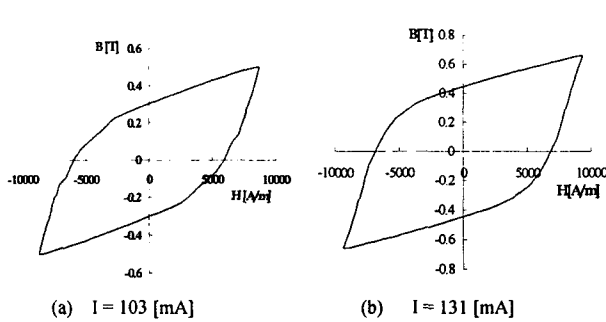


Fig.4. Hysteresis loops on the ring

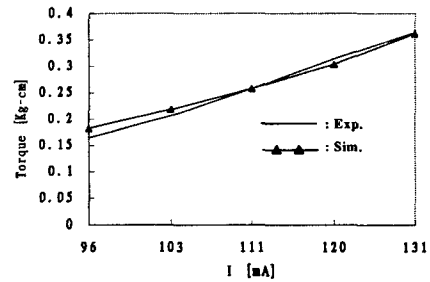


Fig.5. Comparison of torque

6. 결론

본 연구에서는 유한요소법과 자화의존 프라이자흐 모델을 이용하여 히스테리시스 모터를 해석하였다. 제안된 방법으로 히스테리시스 링의 각 부분의 자화 상태를 해석할 수 있었으며, 실험결과와의 비교로부터 제안된 방법의 타당성을 확인하였다. 이 방법은 히스테리시스 특성이 고려되어야 하는 다른 전자기 시스템에도 응용이 기대된다.

본 연구는 자동제어특화센터의 지원에 의한 것임