

MSO Coil을 적용한 전자식 회생 제동 브레이크 모터의 사이즈 저감 설계에 관한 연구

김 홍 민 · 정 시 욱 · 정 재 우*

대구대학교 전자전기공학부

A Study on Size Reduction Design of Electronic Regenerative Brake Motor with MSO Coil Application

Hongmin Kim · Siuk Jung · Jaewoo Jung*

Department of Electronic and Electrical Engineering, Daegu University

Key words : MSO Coil(Maximum Slot Occupation Coil), 전자식 회생 제동 브레이크(Electronic Regenerative Brake, ERB), 전류 밀도(Current Density), 스테이터 사이즈 저감(Stator Diameter Reduction), 코깅 토크(Cogging Torque)

* 정재우, E-mail: jjw@daegu.ac.kr

전기차와 하이브리드 차량의 보급이 확산됨에 따라, 회생 제동 시스템을 통한 에너지 회수의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 이 시스템은 제동 시 발생하는 운동 에너지를 전기에너지로 변환하여 배터리에 저장함으로써, 차량의 연비를 높이고 주행 거리를 늘리는 데 중요한 역할을 한다. 특히, 전자식 회생 제동 브레이크 시스템은 효율적인 에너지 회수와 배터리 저장을 통해 연료 소비를 줄이고, 주행 성능을 향상시키는 핵심 기술로 자리 잡고 있다. 전자식 회생 제동 브레이크(Electronic Regenerative Brake)는 기존의 진공 부스터 기반 브레이크를 대체하며, 브레이크 작동 시 모터를 통해 제동력을 제공함과 동시에 회생 에너지를 회수하는 중요한 역할을 담당한다. 본 연구에서는 전기차의 ERB 시스템 모터의 사이즈 저감을 목표로 하였다. 이를 달성하기 위해, ERB 시스템 모터에 일반적으로 사용되었던 환선 도체를 활용한 집중권 방식 대신, 슬롯 내 공간을 효율적으로 활용하여 전류 밀도를 낮추고 모터의 전자기적 성능을 극대화할 수 있는 MSO(Maximum Slot Occupation) 코일을 적용하였다. MSO 코일은 코일의 횡단 면적을 최대로 활용하여 더 많은 전류를 흘릴 수 있으며, 높은 토크와 효율, 그리고 모터 크기 감소에 유리한 특성을 보인다. MSO 코일을 적용함으로써 스테이터 지름을 $\phi 85$ 에서 $\phi 72$ 로 약 15.29% 감소시킬 수 있었다. 또한, 2D 유한요소해석(FEA) 및 특성해석을 통해 MSO 코일 적용 모델과 기존 모델을 비교한 결과, 무부하 역기전력 값은 동일했으나, 코깅토크는 약 30% 감소한 것으로 나타났다. 최대 부하 조건에서는 기존 모터 대비 토크가 약 3% 감소했지만, 이는 설계 요구사항을 충분히 만족한다. 해당 모터는 상시 운용되지 않고 브레이크 작동 시 짧은 시간만 동작하기 때문에 실제 효율에 미치는 영향은 미미하다. 오히려 모터 크기 감소로 차량의 공간 효율성이 개선되었으며, 이는 차량의 무게 감소와 설계 유연성 증가 등 실질적인 이점을 제공한다.



Fig 1. Stator of the Benchmarking Motor

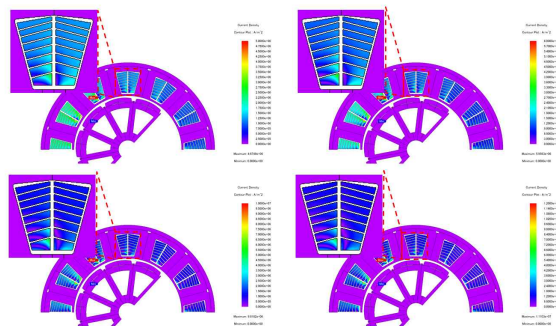


Fig 2. Current Density of Size-reduced MSO Coil ERBB Motor

본 연구는 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학협력기반 지역혁신사업의 연구 결과로 관계자분들에게 감사드립니다. (재단과제관리번호: 2022RIS-006)