

SPARC를 이용한 개방 권선형 영구자석 동기 전동기의

영상분 전류 저감 기법

김 기 욱 · 조 영 훈

건국대학교 전기공학과

SPARC-Based Zero-Sequence Current Reduction in Open-End Winding PMSM

Kiwook Kim · Younghoon Cho

Konkuk University

Key words: Open-End Winding Permanent Magnet Synchronous Motor (개방 권선형 영구자석 동기전동기), Zero-Sequence Current(영상분 전류), Dual inverter(이중 인버터), Small Phase Angle Resonant Controller (소위상각 공진 제어기)

교신저자, E-mail: yhcho98@konkuk.ac.kr

최근 친환경 이동 수단에 대한 관심이 높아지면서 전기자동차의 수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 이와 함께 구동 시스템의 고효율·고출력화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, open-end winding (OEW) 영구자석 동기모터는 기존 closed-end winding (CEW) 방식과 비교하여 넓은 속도 제어 범위와 높은 출력 밀도를 제공함으로써 차세대 전기 구동 기술의 유망한 대안으로 주목받고 있다.

OEW 구동은 여러 가지 방식으로 구현 가능하지만, 부피 증가와 추가적인 제어가 필요한 방법들은 실용성이 낮아 단일 직류 전원을 사용하는 이중 인버터 기반 방식이 가장 널리 채택되고 있다. 그러나 이러한 구조에서는 CEW 시스템에서는 존재하지 않던 영상분 경로가 형성되어 영상분 전류가 발생하며, 이는 구동 손실 증가, 토크 리플 유발, 출력 제한 등 성능 저하의 주요 원인이 된다.

이를 해결하기 위해 기존 PI 제어기의 한계를 보완하는 방법으로 공진 제어기(Resonant Controller)를 병렬로 추가하여 영상분 전류를 억제하는 방식이 널리 연구되어 왔다. 그러나 일반적으로 적용되는 비례-공진(Proportional-Resonant, PR) 제어기는 공진 주파수 부근에서 위상 지연이 발생하고, 특정 고조파에 대한 충분한 이득을 제공하지 못해 고조파 억제 성능이 저하되는 문제가 있다.

‘따라서 본 논문에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 소위상각 공진 제어기(SPARC: Small Phase Angle Resonant Controller) 알고리즘을 OEW-PMSM 구동 시스템에 적용하고, 이를 통해 영상분 전류를 저감하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 기법은 공진 주파수 대역에서 높은 이득을 유지하면서도 위상 지연을 최소화하여 기존 PR 제어기의 성능적 한계를 보완하고, 결과적으로 영상분 전류 억제와 토크 리플 저감을 동시에 달성함을 목표로 한다.

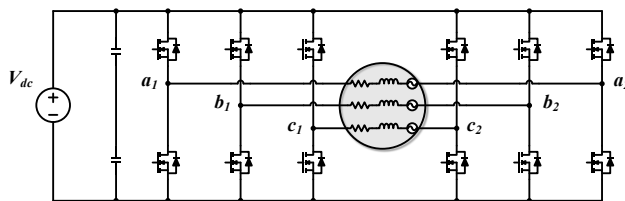


Photo 1 공통 전원 듀얼 인버터 OEW-PMSM 회로도

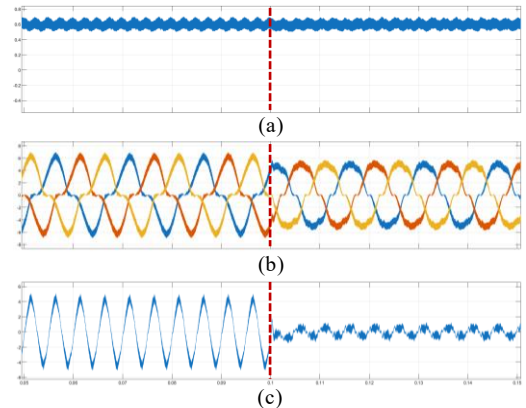


Photo 2 제안하는 알고리즘 적용 시 비교 파형

(a) 출력 토크, (b) 상전류, (c) 영상분 전류

본 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구
입니다 (2021R1A5A1031868)