

Multi-Winding PMSM 상호영향 분석

박민우¹, 양세동¹, 강현식¹, 임규완², 이정호^T
 군산대학교¹, LIG넥스원²

Multi-Winding PMSM Interaction Analysis

Min-woo Park¹, Se-dong Yang¹, Hyeon-sik Kang¹, Kyu-Wan Im², Jung-hyo Lee^T
 Kunsan National University¹, LIG Nex1²

ABSTRACT

Abstract - This paper shows the analysis of the mutual influence between each winding of multiwinding PMSM, and in the case of it used in this paper, the stator is in the same phase and two windings are wound on one core.

This paper analyzes the mutual influence between windings as the mutual inductance increases as two windings are wound in one core.

1. 서 론

최근 특성이 좋은 다양한 전동기들이 개발되어 사용되고 있지만 스위칭 동작 시 발생하는 전류 리플과 오버슈트를 방지하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 기존의 연구 방법 중 스위칭 전류 리플에 의한 고조파를 제거하기 위해 다중 권선을 이용하는 방법들이 주로 연구되고 있다. 그러나 PMSM의 단일 코어에 두 개의 권선을 연결하는 경우 전기자 반작용에 의한 영향으로 Carrier 쉬프트에 대한 전류 리플 개선 효과를 기대할 수 없다. 따라서 이러한 스위칭 시 발생하는 전류 리플을 저감하기 위해 본 논문이 제안하는 방법은 각 고정자의 권선의 위상을 동일 위상으로 놓은 뒤 Carrier의 위상을 쉬프트하고, 반대 방향으로 감긴 MCIs(Magnetically Coupled Inductors)를 통해 전기자 반작용에 의한 영향을 상쇄시켜 Carrier 쉬프트에 따른 전류 리플을 개선한다. 본 논문은 스위칭 동작 시 발생하는 전류 리플 저감 방법에 대해 실험을 통해 검증했다.

2. 본 론

2.1. Multi-winding PMSM

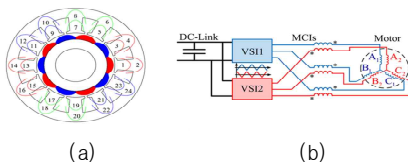


그림 1. Multi-winding PMSM 구성

Fig.1. Composition of Multi-winding PMSM

(a) 다중 권선 전동기 (b) 다중 권선 전동기 구동 드라이브

그림 1(a)는 Multi-winding PMSM을 나타낸 그림이다. 각 고정자를 동상으로 구성하였고, 단일 코어에 다중 권선이 감겨 있어 상호 인덕턴스가 단일 권선보다 증가한 형태이다.

그림 1(b)는 2대의 SIC 인버터로 구성된 Multi-winding PMSM의 구동 드라이브를 나타낸 토폴로지이다. 그림1(b)에는 스위칭 시 발생하는 전류 리플을 개선하기 위해 MCIs 필터가 추가적으로 설치된 상태이며, 실제 실험의 경우 본 논문의 검증을 위해 MCIs 필터를 제거한 상태로 실험을 진행했다.

2.2. 실험조건

본 논문에서 사용된 Multi-winding PMSM의 구동은 2대의 SIC 인버터 병렬운전을 통해 실험을 진행했고, 각 인버터의 A상 권선을 CP030A를 통해 측정했다. 실험 조건은 DC 전압 250[V], 속도 2000[RPM], 주파수 20[kHz]로 설정하고, 전류 제어를 통해 제어했다.

2.3. 측정결과

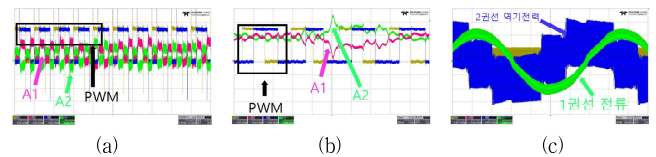


그림 2. Multi-winding PMSM 실험 측정 파형

Fig.2. Wave from of Multi-winding PMSM

(a)영 전류 제어 (b)d축 1[A]전류제어 (c)단일 권선 구동 시 역기전력

2.3.절의 그림2(a)와 그림2(b)는 각 인버터 A1, A2의 전류 파형을 측정한 파형을 나타내며, 그림2(a)에서 CH1, CH2, CH3, CH4는 각 인버터의 PWM과 각 인버터의 출력 A상 전류를 측정했다. 또한, 그림2(a) 파형을 보면 인버터 1번과 2번의 스위칭 리플이 각 권선에 영향을 주는 것을 볼 수 있다. 그림 2(c)의 그림은 단일 권선 SIC 인버터 운전 후 각 권선의 역기전력을 측정한 파형이며, 파형을 보면 단일 권선에 인가된 펄스 전압이 역기전력과 함께 다른 권선에 나타나는 것을 볼 수 있다.

3. 결 론

Multi-winding PMSM의 구동 시 단일 코어에 다중 권선을 연결하여 스위칭 전류 리플에 의한 고조파를 제거하는 방법이 기존의 방법으로 사용되고 있다. 하지만 기존의 방법은 상호 인덕턴스 성분이 증가함에 따라 전기자 반작용에 의한 영향이 전류 제어 시 제어가 원활하게 이루어지지 않는 어려움이 존재한다. 따라서 이 문제점을 해결하기 위해 MCIs 필터를 추가함으로써 전기자 반작용에 의한 영향을 상쇄시켜 원활한 제어가 가능하다. 본 논문에서는 실험을 통해 각 권선 간 상호 인덕턴스에 의한 영향을 통해 MCIs의 추가 유무를 판단했다.

감사의 글

이 논문은 군산시의 지역맞춤형 전기차 클러스터 전문인력 양성사업으로 지원된 연구임.

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government (MOTIE) (20224000000220, Jeonbuk Regional Energy Cluster Training of human resources)

참 고 문 헌

- [1] Y. Huang, Y. Xu, W. Zhang and J. Zou, "PWM Frequency Noise Cancellation in Two-Segment Three-Phase Motor Using Parallel Interleaved Inverters," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 34, no. 3, pp. 2515-2525, March 2019.
- [2] W. Zhang, Y. Xu, H. Huang and J. Zou, "Vibration Reduction for Dual-Branch Three-Phase Permanent Magnet Synchronous Motor With Carrier Phase-Shift Technique," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 35, no. 1, pp. 607-618, Jan. 2020.
- [3] J. Karttunen, S. Kallio, P. Peltoniemi, P. Silventoinen and O. Pyrhönen. "Decoupled Vector Control Scheme for Dual Three-Phase Permanent Magnet Synchronous Machine", in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 61, no. 5, pp. 2185-2196, June, 2013.
- [4] Samuli Kallio, Mauro Andriollo, Andrea Tortella and Jussi Karttunen. "Decoupled d-q Model of Double-Star Interior-Permanent-Magnet Synchronous Machines" in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 60, no. 6, pp. 2486-2494, August, 2012.
- [5] D. Jiang, K. Liu, Z. Liu, Q. Wang, Z. He and R. Qu. "Four-Module Three-Phase PMSM Drive for Suppressing Vibration and Common-Mode Current" in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 57, no. 5, pp. 4874-4883, June 2021.
- [6] X. Wang, G. Sala, H. Zhang, A. Formentini, G. Buticchi, C. Gu, C. Gerada and P. Wheeler. "Torque Ripple Reduction in Sectorfed Multi Three-Phase Machines Based on PWM Carrier Phase Shift" in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 670, no. 6, pp. 4315-4325, July 2019.