

1.5KW, 4극 LSPM 동기전동기의 기동 특성 연구

김병국, 문지우, 김미정, 이병준, 조윤현
 동아대학교 전기공학과

Study for Starting Performance of Line-Start Permanent magnet Synchronous Motors

Byong-Kuk Kim, Ji-Woo Moon, Mi-Jung Kim, Byung-June Lee, Yun-Hyun Cho
 Dept. of Electrical Engineering of Dong-a University

Abstract - The line-start permanent magnet synchronous motor has a high efficiency and an advantage in constant speed operation regardless of the effect of load variation. However it is difficult to predict the performance of characteristics accurately, because of the unbalanced starting torque with the initial starting position of the rotor and the generation of a break torque.

In this paper the dynamic characteristics of the line-start permanent magnet synchronous motor are described and compared with those of the squirrel-cage induction motor through the simulation to find the characteristics of the permanent magnets and the rotor bars in the line-start permanent magnet synchronous motor. Finally this paper gives the comparison between the simulation results and the experiment results.

1. 서 론

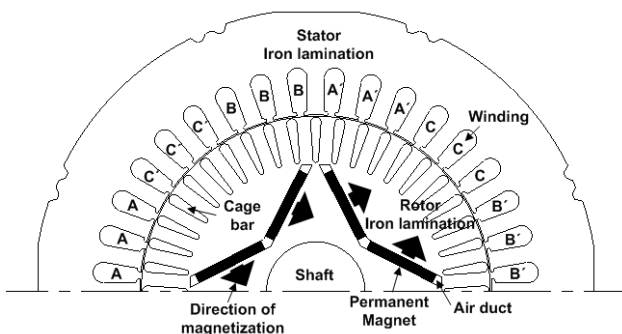
직립 기동 영구자석 동기전동기(Line-Start Permanent Magnet Synchronous Motor : LSPM)는 일반 농형 유도전동기와 같은 농형 바를 가지는 회전자 내부에 영구자석을 매입한 구조이다. 가장 큰 특징은 영구자석형 전동기이면서 회전자 내부에 농형 바를 갖기 때문에 별도의 제어기 없이 일반 유도전동기와 같이 상용 전원의 공급으로 기동됨은 물론 동기속도에서의 정속 운전이 가능한 고효율, 고역율의 전동기라는 것이다. 하지만 LSPM 동기전동기는 기동시 회전자 내부의 농형 바에 의해 발생하는 유도토크와 영구자석에 의해 발생하는 브레이킹 토크의 중첩된 토크 특성이 발생하므로 그 설계와 해석의 어려움으로 인해 다른 전동기에 비해 주목받지 못하고 있다.[1-2]

본 논문에서는 3상 1.5KW 4극 LSPM 동기전동기의 기동 토크를 고려한 설계 모델을 제시하고 유한요소해석을 통한 부하별 기동 능력 및 동기화 능력을 해석한다. 마지막으로 시제품 제작을 통한 성능 시험을 통하여 해석의 정확성을 검증한다.

2. 본 론

2.1 해석 모델의 특성

그림 1은 특성 해석을 위한 V-형상의 LSPM 동기전동기의 1/2 모델 횡단면이다. 고정자 및 회전자의 농형 바는 상용의 1.5 KW 4극 3상 유도전동기의 구조를 그대로 사용하였다. 농형 바는 알루미늄 다이캐스팅으로 제작되었으며 실제 상용화 모델에서의 회전자 스큐각은 5°이나 해석의 편의를 위하여 본 논문에서는 스큐각을 고려하지 않는다. 영구자석은 NdFeB계로 잔류자속 밀도 1.12[T], 보자력 796[kA/m], 최대 에너지적 231[kJ/m³]을 갖는 N30SH 재질을 사용하였으며 착자 방향은 그림 1에서 도시하였다. 표 1은 본 논문에서 구현하고자 하는 설계 모델의 기본 사양을 나타낸다.



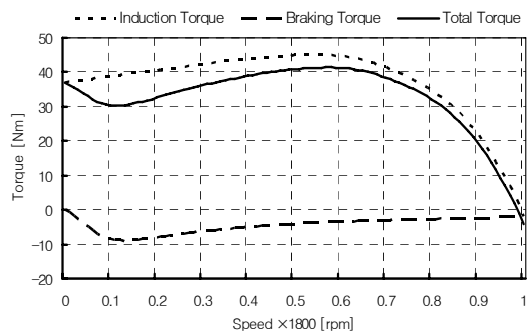
〈그림 1〉 LSPM 동기전동기의 1/2 횡단면

〈표 2〉 설계 모델의 사양

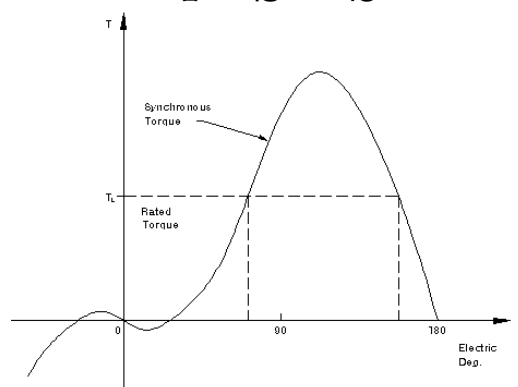
Output[W]	1,500
Voltage[V]	220
Rated Speed[rpm]	1,800
Rated Torque[Nm]	7.96
Stator Diameter[mm]	160
Rotor Diameter[mm]	100
Poles	4
Airgap[mm]	0.5
Material of Magnets	N30SH

2.2 LSPM 동기전동기의 토크 특성

그림 2는 LSPM 동기전동기의 기동시의 토크 특성을 나타낸다. 기동시 유도 토크와 브레이킹 토크의 중첩된 영향으로 기동 토크가 감소함을 알 수 있다. 그림 3은 동기속도에 도달하였을 때의 부하각에 따른 토크 특성을 나타낸다. 동기 속도에 도달함에 따라 유도 토크 성분은 0이 되고 영구자석에 의한 토크 성분이 작용하게 된다.



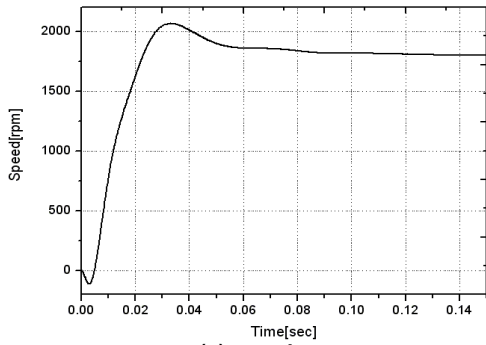
〈그림 2〉 기동 토크 특성



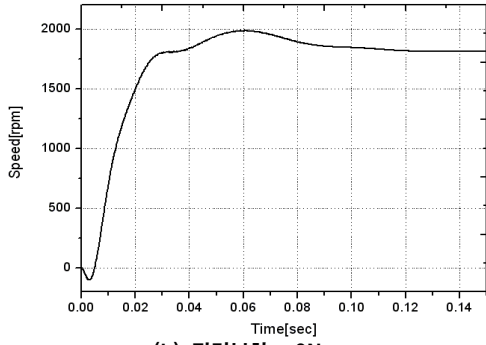
〈그림 3〉 부하각에 따른 정상 상태 토크 특성

2.3 특성 해석

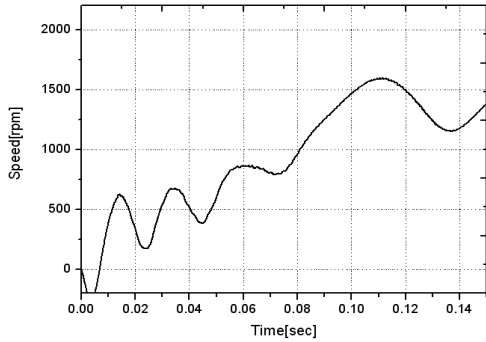
설계 모델의 기동 특성 및 동기화 능력을 검증하기 위해 전자계 상용 소프트웨어를 이용하여 유한요소해석을 수행하였다. 그림 4는 부하에 따른 기동 특성을 해석한 것이다. 무부하 및 정격부하에서의 기동 특성은 양호하였으나 과부하시 LSPM 전동기의 토크 리플이 크게 상승함을 알 수 있다.



(a) 무부하



(b) 정격부하 : 8Nm



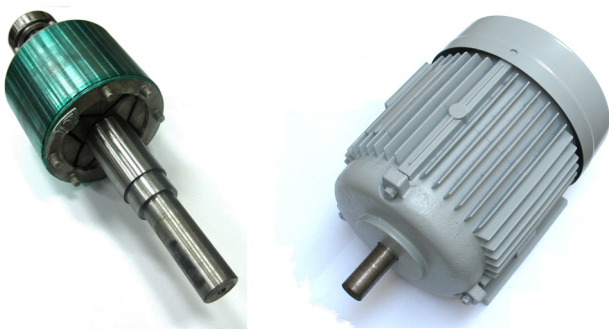
(c) 과부하 : 30Nm

<그림 4> 기동 특성 해석 결과

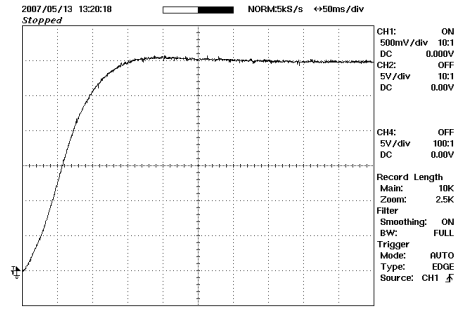
2.4 제작 및 성능 시험

그림 5는 본 논문에서 설계를 통해 제작된 LSPM 동기전동기 회전자 및 외형을 나타낸다. 회전자는 다이캐스팅 시의 고온에 따른 영구자석의 감자를 고려하여 알루미늄 다이캐스팅 후 영구자석을 삽입하였다.

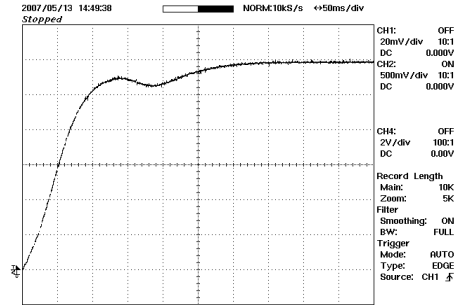
그림 6은 각 부하에 따른 LSPM 동기전동기의 기동 특성을 시험을 통하여 측정된 것이다. 무부하(a) 및 정격 부하(b)에서는 기동 및 동기화 시험에서 이상 없이 구동되었으며 정상 상태에 도달 할 때의 오버슈트가 설계 결과와 비교해서 다소 낮게 측정 되었다. 또한 과부하 상태(c)에서는 설계 시에는 과도한 토크 리플과 함께 서서히 가속하였으나 시제품의 성능 시험에서는 기동 불능 상태가 되었다.



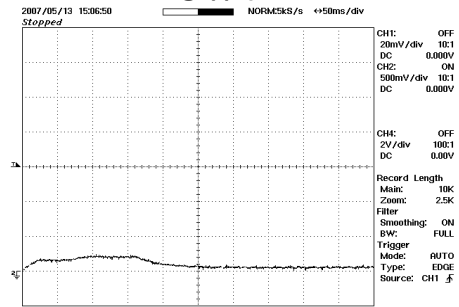
<그림 5> 시제품 모델의 회전자 및 외형도



(a) 무부하



(b) 정격부하 : 8Nm



(c) 과부하 : 30Nm

<그림 6> 기동 특성 시험 결과

3. 결 론

본 논문에서는 1.5KW 4극 3상 LSPM 동기전동기의 기동 특성 연구를 위하여 유한요소해석을 통한 기동 특성 해석을 수행하였다. LSPM 동기전동기의 경우 회전자 구조에 따라 영구자석에 의한 브레이킹 토크의 영향이 크게 작용한다. 때문에 영구자석의 형상에 따른 기동 토크 및 동기화 특성을 고려한 설계를 바탕으로 한 시제품 제작 및 실험을 수행하였다.

LSPM 동기전동기 제작 모델의 정상상태 및 과도 상태에서의 특성 시험 결과 정상 상태에서의 특성은 해석 결과와 잘 일치하였다. 그러나 과도상태에 따른 과부하시 해석 결과에서는 큰 토크 리플과 함께 기동하였으나 시제품에서는 기동 불능 상태가 되었다. 따라서 차후 과부하시 LSPM 동기전동기의 기동 특성에 대한 세밀한 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] Li Gies, Guo Zhongbao, Wang Chunyuan, Giu Hong, Guo Daling, "High Starting Torque and High Efficiency REPM Synchronous Motor", Proceeding of the Seventh International Workshop on Rare Earth-Cobalt Permanent Magnets and Their Applications, Beijing, China, Sept. 1983, Chana Academic Publishers, pp.13-20
- [2] M.A Rahman and T.M. Osheiba, "Performance of a large line-start permanent magnet synchronous motor", *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol. 5, pp.211-217, Mar.1990.
- [3] T.J.E. Miller, "Synchronization of line-start permanent magnet AC motor", *IEEE Trans.*, vol.PAS-103, Juillet 1984, pp 1822-1828.