

단상 유도형 동기 전동기의 성능향상을 위한 고찰

이진현, 김승주, 최승길*, 이주
한양대학교 전기공학과, 안산공과 대학*

The study of single phase line start permanent magnet motor for characteristic improvement

Jin-hun Lee, Seung-joo Kim, Seung-kil Choi*, Ju Lee

Department of Electrical Engineering, Hanyang University, Ansan College Of Technology*

Abstract - In previous structure of single phase LSPM, there is large torque ripple that makes a noise and a vibration by a distortion of flux distribution in air gap. By this reason, the single phase LSPM is not accepted home applications.

So, in this paper, we propose new structure of single phase LSPM(Line Start Permanent magnet Motor). The proposed model is reduced a torque ripple about a half than previous model.

1. 서 론

단상 LSPM은 회전자에 영구자석이 삽입되므로 자기저항 차에 의한 릴리턴스 토크가 발생하고 과도 상태시의 인덕턴스의 변화에 의한 릴리턴스 토크 변화가 기동특성에 큰 영향을 줌으로 파라미터의 변화를 정량적으로 정밀하게 산정하여 기동 특성을 만족하는 구조를 형성해야 한다. 또한, 기동에서 정상상태 도달 할 때까지 과도상태에서는 유도기의 특성으로 기동특성을 만족해야하나 과도상태 시 영구자석에 의한 방해토크와 cogging 토크가 존재하므로 기동 부하가 큰 기동 전동기의 경우 기동이 이루어 지지 않는 경우가 생긴다[1],[2].

기존에 연구되었던 일반적인 구조의 단상 LSPM은 가전용 전동기를 대체하는 목적으로 설계되었다. 그러나 구조적으로 토크리플에 의한 소음 및 진동이 문제가 되어 가전용으로 적용하기 어려운 단점을 갖고 있다.

이에 본 논문에서는 기존의 단상 LSPM의 특성을 해석하여 새로운 구조의 단상 LSPM의 모델을 제안한다. 본 논문에서는 전동기 특성해석을 위해 유한 요소법을 사용하였다.

2. 본 론

본 논문에서는 기존에 설계된 대표적인 구조의 단상 LSPM의 특성을 해석하여, 기존 모델이 가지고 있던 문제점을 파악하여, 성능향상을 모색한다.

그림 1에 나타난 모델은 대표적인 LSPM의 구조이다. 그림 1의 모델은 기동시 농형바에 의해 발생하는 자속과 영구자석에 의한 자속이 상존하여 기동특성을 해석하기 어렵고, 운전시에도 영구자석에 의한 자속이 농형바에 의해 공극에 채워되어 분포되고 이로 인해 토크리플이 커지는 단점이 있으며, 농형바사이의 국부적인 자기포화 때문에 인덕턴스 값이 수시로 변해 동기 상태에서도 특성해석을 하기 어려운 단점을 갖고 있다.

따라서 본 논문에서는 속도 및 토크특성을 이용하여 단상 LSPM을 해석하고 성능을 향상시킬 수 있는 방안을 고려한다. 그림 1에 기존 단상 LSPM의 대표적인 구조

를, 표 1에 본 설계의 기본이 되는 기본사양을 나타냈다. 또한 모든 설계에서 flux barrier를 제외한 영구자석, 브리지 폭과 같은 사이즈는 동일하게 하여 실험을 수행하였다.

표 1. 해석에 사용된 LSPM의 기본사양

구 분	크 기	구 분	크 기
고정자 외경(mm)	82.95	정격 속도(rpm)	1800
회전자 외경(mm)	47.5	극수(P)	4
주 퀸선(T)	340	주파수(Hz)	60
보조 퀸선(T)	381	적층 길이(mm)	45
잔류자속 밀도(D)	1	정격 토크(Nm)	0.35
공극 깊이(mm)	0.15	슬롯 수	24

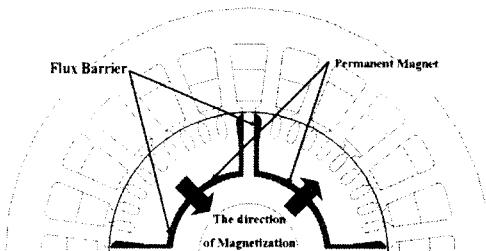


그림 1. 기존 LSPM의 구조

2.1 기존모델의 특성해석

그림 2는 그림 1에 나타난 기존 모델의 기동 과정이다. 단상 LSPM은 제어기 없이 상용전원만을 사용하여 기동한다. 그래서 자기기동이 되지 않으면 전동기로써 역할을 수행하지 못하기 때문에 기동은 중요한 특성이 된다. 그림 2에서 알 수 있듯이 기존 모델의 기동시간은 0.235초 이다.

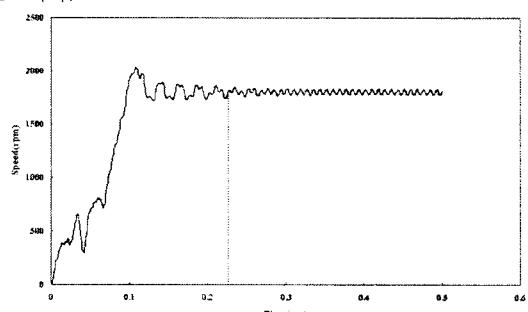


그림 2. 기존 모델의 기동과정

그림 3은 기존 모델의 부하에 따른 속도 특성이다. 그림을 통해 알 수 있듯이 기존모델은 0.6Nm의 최대토크값을 갖는다.

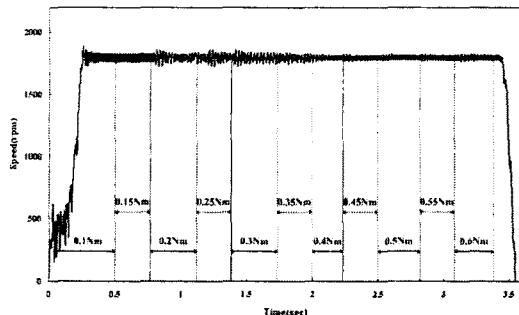


그림 3. 기존 모델의 부하에 따른 속도 특성

다음의 그림 4는 정격시(0.35Nm)의 토크파형이다. 기존 모델은 정격시 약 1.1Nm의 토크리풀을 갖고 있다. 정격 토크의 약 3배에 달하는 이 토크리풀은 소음 및 진동의 원인이 되어 가전용으로의 적용을 힘들게 하는 요인이다.

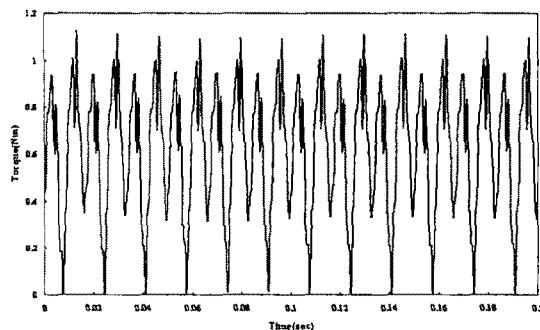


그림 4. 기존 모델의 정격시 토크 파형

기존 모델의 토크리풀의 원인은 주권선과 보조권선의 전류 불 평형에 의한 것과 농형바에 의한 영구자석의 자속이 왜곡되기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 기존모델과 동등한 성능을 내면서 토크리풀을 줄일 수 있는 새로운 구조의 단상 LSPM을 제안한다.

2.2 새로운 구조의 LSPM

앞 절에서 기존의 단상 LSPM의 구조에서는 토크리풀이 정격토크의 약 3배에 해당한다는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 단상 LSPM은 단상 유도기의 고정자는 그대로 사용하고, 회전자의 형상만을 설계하므로 전류 불 평형에 의한 토크리풀을 줄이기는 힘든 측면이 있다. 따라서 본 논문에서는 회전자의 형상만을 고찰한다. 회전자 측에 나타나는 토크리풀의 원인은 영구자석에 의한 자속이 농형바 바로 인해 공극에 균일하게 분포하지 못하고 왜곡되는 형태로 나타나기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 영구자석의 자속 path와 농형바 측을 분리한 구조를 제안한다. 이러한 구조를 통해 농형바에 의한 영구자석의 왜곡현상을 막을 수 있어 토크리풀을 줄일 수 있다. 제안모델을 그림 5에 나타냈으며, 이 제안모델은 기존모델과 같은 영구자석 면적을 갖고 있다.

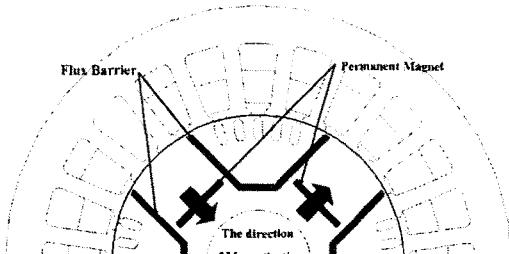


그림 5. 제안 모델

2.3 제안모델의 특성 해석

그림 6은 제안 모델의 기동파형이다. 동기 진입시간은 0.4초로써 기존모델과 0.165초의 차이가 난다.

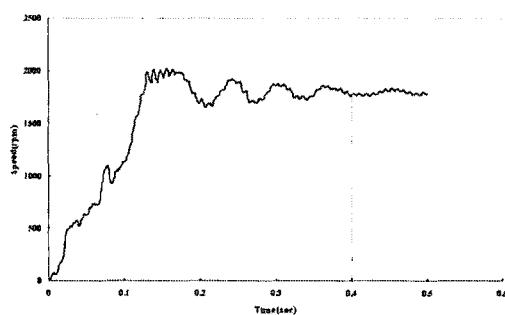


그림 6. 제안 모델의 기동파형

그림 7은 제안 모델의 부하에 따른 속도 특성이다. 최대 토크는 기존모델보다 0.5Nm 작은 0.55Nm이다.

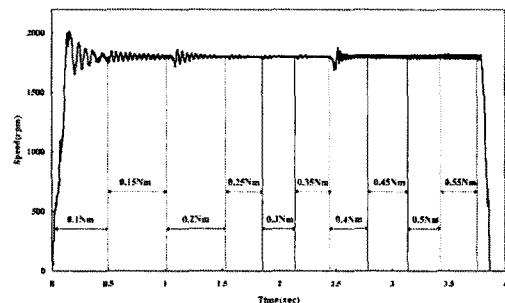


그림 7. 제안 모델의 부하에 따른 속도 특성

그림 8은 제안 모델의 정격시(0.35Nm) 토크파형이다. 그림을 통해 알 수 있듯이 토크리풀은 약 0.5Nm로 기존모델의 1.1Nm에 비해 반 이상 줄어들었다.

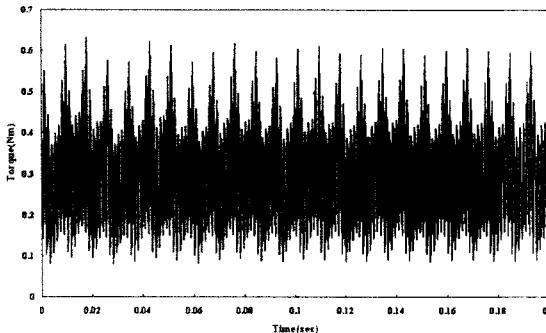


그림 8. 제안 모델의 정격시 토크파형

2.4. 두 모델의 비교 검토

다음의 표 2는 앞서 검토한 두 모델의 결과를 나타내고 있다.

표 2. 각 모델의 해석결과

구 분	기동시간(sec)	Full-out Torque	Torque ripple
기존모델	0.235	0.6Nm	1.1Nm
제안모델	0.4	0.55Nm	0.5Nm

지금까지 특성해석 결과를 보면, 기동시간 및 최대토크는 기존모델이 좋고, 제안모델은 토크리플 측면에서만 우수한 성능을 보이고 있다. 기동시간 측면에서 기동시간이 길면 기동전류가 오래 흘러 전동기의 효율, 권선의 고온화, 기동전류에 의한 영구자석의 감자 등의 단점이 나타날 수 있다. 그러나 기존모델의 0.235초와 제안모델의 0.4초는 큰 차이가 나지 않으며, 이정도의 기동시간으로는 위의 지적했던 문제들이 큰 영향을 미치지 않는다. 또한 제안모델이 기존모델에 비해 최대토크가 작지만 본 전동기의 정격토크는 0.35Nm이므로 제안모델을 사용하는데 문제가 되지 않는다. 그러나 토크리플이 기존 모델에 비해 반 이상 줄어들어 기존모델보다 소음 및 진동의 영향을 덜 받게 되어 제안모델이 기존모델보다 가전용으로 더 유리하다고 볼 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 기존 단상 LSPM이 토크리플에 의한 소음 및 진동 문제로 가전용으로 적용하기 어려운 점을 감안하여 토크리플을 줄일 수 있는 새로운 구조를 제안하였다. 제안모델이 기존모델에 비해 기동특성 및 최대토크 특성이 약간 떨어지는 단점이 있지만, 토크리플을 반 이상 줄여 소음 및 진동 문제에서 벗어날 수 있는 기반을 마련하였다. 본 모델은 최적설계를 수행하지 않은 기본모델로써 후에 최적 설계를 통해 기동특성 및 최대토크 특성은 기존모델과 동등한 수준으로 유지하면서 토크리플은 더욱 줄일 수 있는 모델의 설계가 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 에너지 관리공단(Korea Energy Management Corporation)의 에너지 자원기술개발사업(The Energy Technology R & D)의 지원에 의해 수행 되었습니다.

【참 고 문 헌】

- [1] Andrew M. Knight and Catherine I. McClay, "The Design of High-Efficiency Line-Start Motors," IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. 36, no. 6, pp.1555~1562, Novemver/December 2000.
- [2] Byung-Taek Kim, Young-Kwan Kim and Duk-Jin Kim, "Analysis of Squirrel Cage Effect in Single Phase LSPM", KIEE International Transactions on EMECS, Vol. 4-B No.4, pp. 190~195, 2004