

가전기기용 소형 단상 written pole motor 의 운전특성

박성철*, 유병훈*, 신덕식**, 김호현*, 김병택*
 군산대학교*, 전자부품 연구원**

Operation Characteristics of a Small Single-phase Written-pole Motor in Home Appliance

Seong-Cheol Park*, Byoung-Hun Yu* , Duck-Shick Shin** , Ho-Hyun Kim**, Byung-Taek Kim*
 Dept. of Electrical Eng, Kunsan National University, Korea*
 Korea Electronics Technology Institute, Gwangju, Korea**

Abstract - 본 논문에서는 영구자석형 동기전동기와 유도기 특성을 결합한 written-pole motor(WPM)의 운전특성을 다룬다. WPM은 회전자 표면의 자석을 운전 중 착자할 수 있도록 하는 exciter pole을 갖는 독특한 구조로서 유도기와 동기기의 특성을 동시에 나타낸다. WPM의 운전 원리를 설명하고 가전용으로 실제 설계, 제작된 WPM을 대상으로 실험을 통해 특성을 검증하였다.

특성은 다음과 같다.

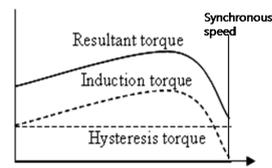
1. 서 론

단상 유도전동기는 고정자 및 회전자의 구조가 간단하고 상용전원에 서 운전이 가능해서 대부분의 가전용 기기에 단상 유도기를 사용한다. 그러나 최근에는 각종 에너지규제에 대응하기 위해 기존 단상유도전동기를 대체할 수 있는 전동기의 개발이 활발하다. 이중 대표적으로 가변속 운전이 가능한 영구자석형 전동기인 Brushless DC Motor(BLDC)를 들 수 있으나 고가의 인버터가 추가되어야하므로 가전용에 널리 적용되지 못하는 실정이다. 또한 유도기와 영구자석 동기전동기를 결합한 대표적 하이브리드형 전동기로서 line start permanent magnet synchronous motor(LSPM)이 연구되고 있다. 그러나 LSPM의 경우 회전자 내부에 있는 영구자석 때문에 기동 시 제동토크가 발생하여 기동특성이 크게 악화되는 단점이 있다.

본 논문에서는 LSPM과 같은 하이브리드 전동기나 제동토크문제를 효과적으로 개선시킬 수 있는 written-pole motor를 다룬다. WPM은 본래 대형의 단상유도전동기의 고효율화를 위해 발명, 개발되었으나[1][2], 본 연구에서는 소형 가전용 전동기로 적용하고자 연구를 진행하였다. WPM의 구조는 기본적으로 LSPM과 유사하나 회전자에 부착된 자석층이 기동시 탈자되며, 이후 동기속도 진입시 exciter라는 착자장치에 의해 다시 착자됨으로써 동기전동기의 특성을 갖는 특성을 지닌다. 본 논문은 기본적인 운전특성의 소개와 가전용에 적합하도록 설계, 제작된 130[W]급 WPM에 대해 실험결과를 제시하였으며, 이를 바탕으로 소형 가전용 WPM의 적용 가능성을 고찰하였다.

2.1.1 기동특성

WPM의 기동 시 동형 유도기와 같은 토크특성을 발생시킨다. 이 때, 회전자 표면에 부착된 자석은 자성을 잃게 되며, 따라서 LSPM과 같은 자석에 의한 제동토크문제가 발생하지 않는다. 뿐만 아니라 고정자권선에 의한 회전자계에 의해 자석은 히스테리시스현상을 나타내며 히스테리시스 면적에 해당하는 토크를 발생시킨다. 즉 WPM의 기동 시에는 유도토크와 히스테리시스토크를 동시에 사용한다. 이 같은 WPM의 토크특성을 그림 2에 제시하였다.



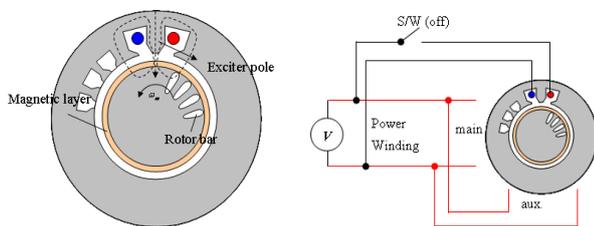
<그림 2>WPM의 기동특성

2.1.2 정상상태 동기기운전 특성

기동 후 동기속도 부근에 도달하면 그림 1의 exciter pole권선의 스위치는 off에서 on으로 전환된다. Exciter coil은 전원과 병렬로 연결되어 있으므로 전동기 권선과 동일한 주파수의 교류 전류가 흐르게 되고 exciter pole 아래에서 회전하고 있는 자석에 교번기자력을 인가하고, 자석을 완전 착자시킨다. 물론 이 때의 exciter coil의 전류와 기자력은 주, 보조 권선에 흐르는 전류보다 상당히 크게 설계되어야한다. 그림 3은 이 때 자석이 착자되는 과정을 회전자의 위치와 기자력을 시간축에 대해 나타내었다.

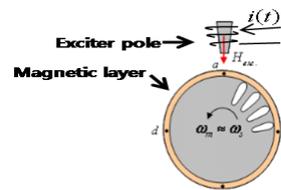
2. 단상 WPM의 운전특성 및 특성시험

2.1 기본적인 운전특성

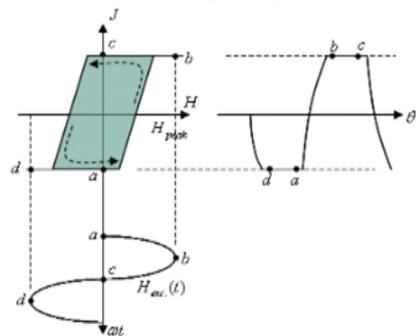


<그림 1> WPM의 구조 및 운전회로

WPM의 기본구조와 구동회로는 그림 1에 나타내었다. WPM의 고정자 주권선과 보조권선은 일반 단상유도기와 동일하다. 반면 그림1에 제시한 바와 같이 고정자에 exciter pole이 존재하며 exciter pole의 권선은 주전원과 병렬로 연결되어있다. 회전자는 기존 유도기의 회전자구조를 갖지만 표면에 자석층이 부착되어 있다. WPM에 사용되는 자석은 자화량이 지속적으로 유지되는 영구자석이 아닌, 기동시 주, 보조권선의 기자력에 의해 탈자되고 다시 exciter pole에 의해 착자되는 것을 목적으로 한다. 따라서 일반적인 영구자석 동기기에 사용되는 자석과는 달리 보자력은 작으며 동시에 큰 자속밀도가 요구된다. WPM의 독특한 운전

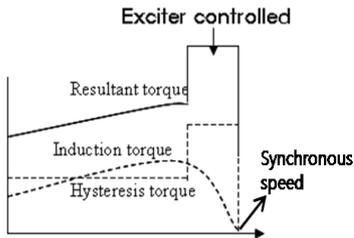


(a) exciter와 회전자의 상대 위치



(b) 시간에 대한 기자력과 공간적 착자패턴의 관계
 <그림 3> Exciter pole에 의한 착자과정

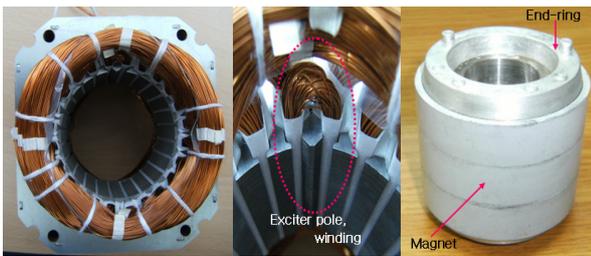
이 때 발생하는 회전력은 exciter pole의 강한 기자력과 착자된 자석 간의 전자력은 매우 커지며 그림 4와 같이 토크가 발생하게 되고 동기 속도로 진입하게 된다. Exciter pole에 의한 자석이 완전 착자 되고 동기 속도로 진입한 후 exciter coil의 스위치는 다시 off 상태가 된다. 전동기의 회전자계와 자석이 같은 속도로 회전하므로 자석의 착자 상태는 변함이 없으며 WPM은 동기전동기와 같은 동작을 하게 된다. 이후 운전을 마친 WPM의 회전자 영구자석은 완전 착자가 유지된 상태이다. WPM을 다시 기동 하면 정지되어 있는 자석에 고정자 권선에 의한 회전자계에 의해 회전자의 자석은 탈자 된다. 이후 착, 탈자를 동일하게 반복하고 최초 운전 시와 동일한 상태가 된다.



<그림 4> Exciter 동작 시 특성

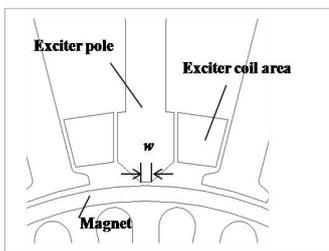
2.2 WPM의 성능시험

단상 2극, 130W, 220V, 60Hz로 설계 된 [3] WPM의 각 부분을 그림 5에 제시하였으며 각각 고정자와 고정자에 삽입된 exciter pole 및 회전자를 나타낸다. 회전자의 경우 농형회전자에 링 자석을 삽입, 부착시켰고 이 때 자석제작의 용이성을 고려하여 3개의 분할을 조합하여 제작하였다.



(a)고정자 (b)Exciter pole (c)회전자
<그림 5> WPM 회전자&고정자

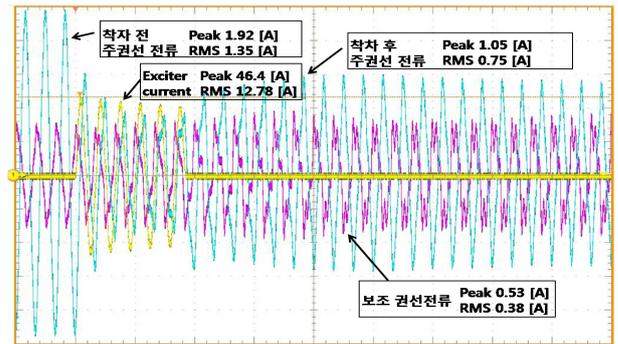
그림 5(b)의 exciter pole부분을 그림 6에 다시 나타내었다. Exciter의 권선은 자석을 착자시키기 위해 큰 값이 요구되지만, 가전용임을 고려하여 실험치 30A(최대치 50A)가 흐를 수 있도록 자기 및 전기 회로 설계를 수행하였으며, 또한 이 권선에 의해 발생하는 기자력으로 자석이 착자될 수 있도록 pole의 팁 부분 형상을 설계하였다.



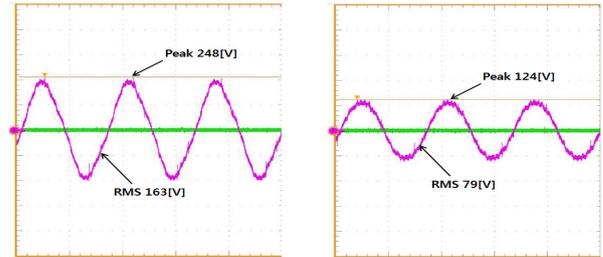
<그림 6> WPM 회전자&고정자

제작된 WPM에 대해 운전특성을 시험하였다. 기동 이후 exciter를 동작시켰으며 이 때 각 권선에 흐르는 전류를 측정하였고 그림 7에 제시하였다. 그림 7로부터 exciter에 흐르는 전류의 최대치는 46A로서 최초 설계 값인 50A와 유사함을 알 수 있다. 이 전류에 의해 exciter pole에 발생하는 기자력에 의해 회전자 자석이 착자되며 동기속도로 진입한다. 그림 7로부터 exciter가 동작하기 전과 후의 주 권선전류를 관찰하면, exciter에 의해 동기속도로 진입과 동시에 자석의 역기전력에 의해 전류가 감소되는 현상을 볼 수 있다.

Exciter에 의한 자석의 착자량을 확인하기 위해 주권선에 유도되는 역기전력을 측정하였고 그림 8(a)에 나타내었으며 약 250[V]이다. 또한 착자된 자석은 기동시 권선기자력에 의해 탈자 혹은 감자되어야하므로 이를 확인하기 위해 기동운전 후 역기전력을 다시 측정하고 그림 8(b)에 나타내었으며 약 120[V]로 크게 감소되었음을 알 수 있다.



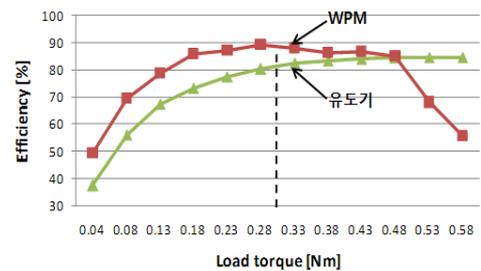
<그림 7> WPM의 각 권선의 전류



(A) 착자 후 역기전력 (B) 탈자 후 역기전력

<그림 8> WPM의 역기전력

WPM를 동기속도로 운전시키면서 부하특성을 실험하였으며 부하별 효율을 그림 9에 나타내었다. WPM과 동급의 단상유도전동기를 대상으로 특성을 비교하였다. 그림으로부터 130[W]급의 전동기 정격부하인 0.3[Nm]에서 유도기의 경우 81[%]인데 반해 WPM의 효율은 약 89[%]로 성능이 월등히 우수함을 알 수 있다. 단 WPM의 경우 0.5[Nm] 부하에서 동기속도를 이탈하기 시작하여 효율이 급격히 악화되는 단점이 발생하며 이에 대한 개선이 요구된다.



<그림 9> 효율대비 곡선

3. 결 론

본 논문에서는 가전용 소형 전동기로서 WPM이라는 독특한 전동기의 적용가능성을 다루었다. 설계된 전동기를 제작하여 특성을 검증함으로써 기존 단상유도기에 비해 효율이 크게 증가됨을 알 수 있었으며, 반면 최대토크성능을 유도기에 미치지 못함을 제시하였다. 향후 이에 대한 연구를 통해 문제를 해결한다면 WPM을 이용하여 많은 적용분야에 대해 단상유도기를 대체할 가능성이 높다고 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] H. Zabet Khosousi and M. Mirsalim, "Dynamic modeling of a 20-Horsepower single-phase written pole motor." IEEE transaction on magnetics, vol 40, no.4, pp. 1901-1904, July 2004
 [2] T.J.E. Miller, "Synchronization of line-start permanent-magnet AC motor." IEEE transaction on power apparatus and system, vol. PAS-103, no. 7, July 1984
 [3] Byung-Taek Kim, "Exciter design and characteristic analysis of a written pole motor", IEEE transaction on magnetics, vol. 45, no. 3, pp17 68-1771, March 2009