

자속 집중형 모터를 이용한 팬 모터의 성능개선 설계

정재웅*, 이성구**, 이 주*
한양대*, 삼성전자**

Performance Improved Design of Fan Motor using Flux Concentration Type Motor

JaeWoong Jung*, SungGu Lee**, Ju Lee*
Hanyang University*, Samsung Electronics**

Abstract - 본 논문에서는 팬 모터의 성능개선 설계를 위하여 기존 표면 부착형 팬 모터를 자속 집중형으로의 개선, 변경 하는 연구를 진행하고 설계하였다. 성능 개선을 확인하기 위하여 역기전력과 Set 소비전력 측정을 진행하였다. 이러한 계측을 통하여 자속 집중형 모터의 모터 특성이 표면 부착형 대비 동등 이상임을 확인 하였다. 이에 더하여 중량 및 제조 비용까지 절감 하였다.

1. 서 론

영구자석 Brushless DC(BLDC) 모터는 고효율, 고출력, 높은 토크밀도, 긴 수명 등의 장점에 힘입어 다양한 응용분야에서 적용되고 있다. 이중에서도 특히 Spoke BLDC 모터는 영구자석을 회전자 코어를 기준으로 양쪽에 분할 배치하고, 이의 자화방향을 자극의 중심인 회전자 코어를 향해 배향시킨 자속집중 구조를 통해 표면 부착형(SPM) BLDC 모터로 달성하기 어려운 높은 자속밀도를 구현할 수 있다는 장점을 가진다. 이와 같은 장점에 힘입어 Spoke BLDC 모터는 저가의 페라이트 자석을 사용하여 국제적으로 가격경쟁이 심한 고가의 NdFeB 희토류 자석을 대체하고자 하는 여러 연구에서 활용되고 있는 실정이다.

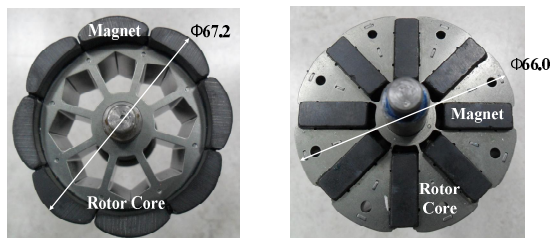
본 논문에서는 표면 부착형 영구자석 전동기가 사용되어 왔던 가전용 에어컨 실외기 팬 모터를 자속 집중형 모터를 이용하여 개선 설계하였다. 개선 설계된 자속 집중형 모터는 실제 제작되어, 기존모터인 표면 부착형 모터와 단품성능 비교 및 세트성능 비교 평가를 진행하였다.

2. 본 론

2.1 자속집중형 모터

영구자석에서 발생하는 총 자속량은 역기전력 상수 및 토크상수에 대한 직접적인 지표이다. 자석에서 발생하는 총 자속량은 자석의 자기적인 특성인 Br 뿐만 아니라, 자석의 기하학적 형상에 강하게 영향을 받는다. 동일한 체적의 자석에서 발생하는 총 자속량은 영구자석의 표면적이 증가할수록 증가한다. 자속 집중형 모터는 주어진 회전자 사이즈에서 영구자석의 표면적을 최대화할 수 있다는 장점을 가진다.

본 연구에서는 기존 표면 부착형 모터와 고정자 동일 외경, 동일 공극, 모터 적층 동등이하 라는 기구 조건에서 자속 집중형 모터를 설계하였다. 자속 집중형 모터는 양산성을 고려하여, 조립 후 제작자가 가능한 형상으로 설계되었다. 이와 같은 설계를 통해 기존 표면 부착형 모터 대비 동등한 자석 사용량 기준으로 모터의 적층은 16.6% 저감, 모터 성능 동등 이상, Coil 재질은 구리에서 알루미늄으로 교체하였다. 모터의 총 중량은 2.2kg에서 1.8kg으로 18% 저감하였다.



(a) 표면부착형 (b) 자속집중형

〈그림 1〉 표면부착형 및 자속집중형 모터의 회전자 비교

2.2 개선설계에 따른 주요 설계인자의 변경

본 연구에서는 기존 표면 부착형 모터와 고정자 동일외경, 동일공극, 모터 적층의 동등이하 라는 기구 조건으로 제한하고 설계를 진행 하였다. 그러므로 기본적인 극, 슬롯 수와 기타 설계 파라미터는 설계 변경 전후 변화가 없다. 또한 고정자의 외경과 공극 역시 변경 사항은 없다. 다만 모터의 적층이 5mm 줄어들었으며 코일의 직경과 재질, 고정자의 높이 그리고 턴수가 변경 되었다. 변경된 설계 인자들은 모터 특성은 동등 이상으로 유지하면서 재료비가 절감되는 방향으로 감소되었으며 표 1에 나타 내었다.

〈Table 1〉 Specification of SPM and SPOKE

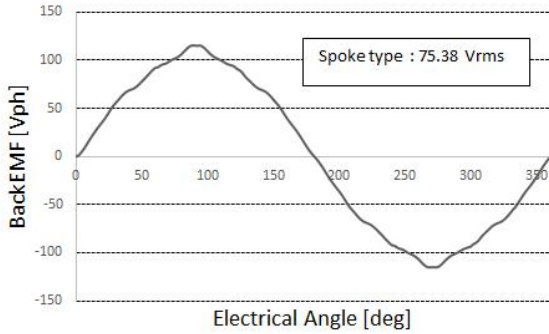
Description	SPM	SPOKE	Unit
Number of poles	8	8	-
Number of slots	12	12	-
Diameter of rotor	67.2	66.0	mm
Diameter of stator	104	104	mm
Air gap	0.4	0.4	mm
B _{emf} constant	0.795	0.849	Vrms/w
Number of turns per slot	390	330	turn
Diameter of coil	0.32	0.4	mm
Coil material	Cu	Al	-
Phase Resistance	24.65	28	Ω
Core material	50PN1300	50PN1300	Posco steel
Magnet Br	0.41	0.41	T
Motor stack	30	25	mm
Coil weight	305	118	g
Magnet weight	177	177	g

2.3 자속집중형 모터 설계

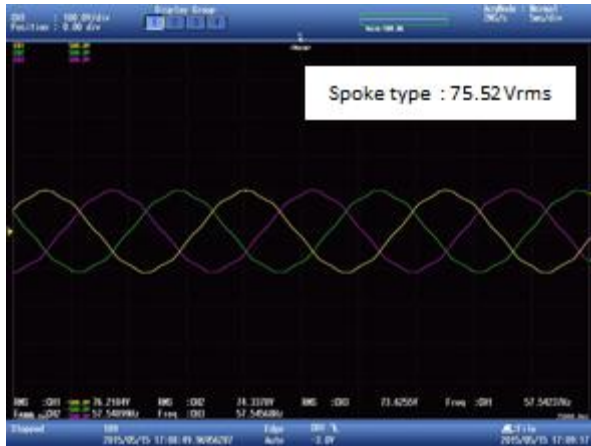
자속 집중형 모터를 이용한 성능개선 설계를 진행하여 동등 이상의 모터 특성을 가지도록 효율을 증대시키기 위해서는 모터의 손실을 저감시켜야 한다. 본 에어컨 팬모터는 손실의 대부분이 동손에 해당하는 모터이다. 따라서 성능개선 설계시 동손을 저감시키는 설계를 진행하여야 한다. 동손을 저감시키기 위해서는 상저항을 줄이거나 입력 전류를 저감시켜야 한다. 본 연구에서는 표면 부착형에서 자속 집중형으로의 변경설계에 따른 영구자석의 표면 자속량의 증대가 역기전력 상수의 증가로 이어지고 그와 동시에 입력전류가 저감됨으로써 동손이 저감됨을 확인 하였다. 영구자석의 표면 자속량을 극대화 하여 설계를 진행하기 위하여 양산이 가능하면서 영구자석의 표면 자속량을 증대시킬 수 있는 자석형상과 회전자의 구조를 설계하고 경향성을 파악하기 위하여 FEA(Finite Element Analysis)를 이용하여 분석하였다. 특히 영구자석의 폭과 길이는 조립 후 착자 성능 뿐만 아니라 모터의 부하성능을 결정하는 무부하 역기전력과도 관련이 있으므로 FEA 해석을 통해 그 영향도를 비교 분석하였고 최적의 모델을 도출하였다.

2.4 성능개선 설계 후 모터 특성 검증

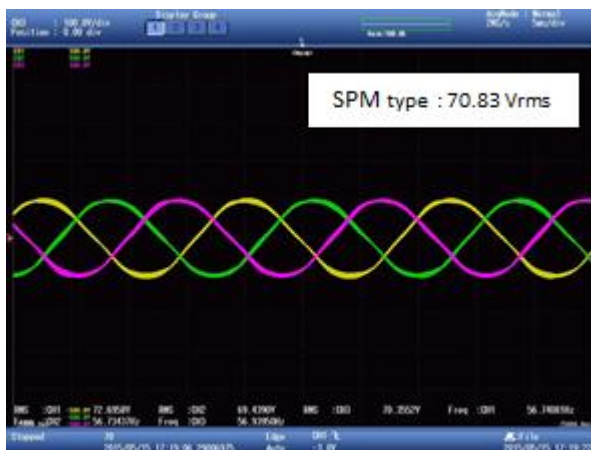
설계된 모터의 특성평가를 위하여 다음과 같은 두 가지 시험평가를 진행 하였다. 먼저, 설계한 자속 집중형 모터의 FEA 해석을 통한 무부하 역기전력과 실제 표면 부착형 모터, 자속 집중형 모터의 역기전력 측정치를 비교하였다. 비교 결과 자속 집중형 모터의 무부하 역기전력 FEA 해석치와 실제 측정치는 측정 오차를 감안하였을 때 두 수치가 유사함을 알 수 있다. 자속 집중형과 표면 부착형의 역기전력은 자속 집중형이 7% 이상 높게 측정되었다. 이는 성능개선 설계를 통해 자속집중형의 영구자속 표면 자속량이 증대 되었음을 반증하는 실험 결과이다.



<그림 2> 자속 집중형 모터의 무부하 역기전력 FEM 해석치



(a) 자속 집중형 모터의 무부하 역기전력 측정치



(b) 표면 부착형 모터의 무부하 역기전력 측정치

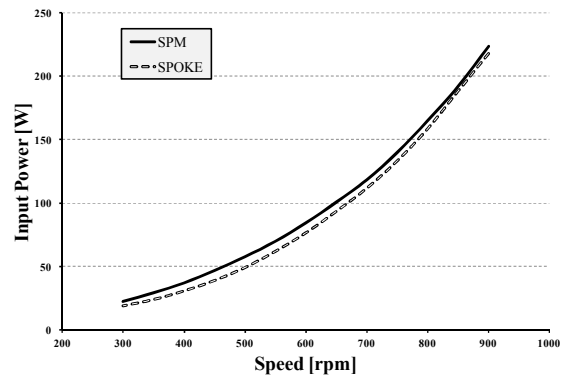
<그림 3> 자속 집중형 모터와 표면 부착형 모터의 무부하 역기전력 측정결과

특성평가를 위한 세트 부착 소비전력 측정 시험 또한 진행하였다. 에어컨 실외기에 성능개선 전 표면 부착형 모터와 성능개선이 진행된 자

속집중형 팬 모터를 체결 한 후 평가하였다. 동일한 팬을 사용하였으며 실제 부하 조건에서 각각 실험이 진행되었다. 300 rpm 에서부터 900rpm 까지 속도를 증가시키면서 소비전력을 측정하였다. 측정결과 전 속도대에서 소비전력이 작아짐을 확인 할 수 있었다. 이로써 성능개선 설계를 진행한 자속 집중형 모터의 효율특성을 확인 할 수 있었다.



(a) 측정된 에어컨 Set



(b) 속도 별 소비전력

<그림 4> Set 부착 소비전력 측정 결과

3. 결 론

본 논문에서는 자속 집중형 모터를 이용하여 기존 표면 부착형 모터의 적층을 16.6% 저감하였다. 또한 코일의 재질을 구리에서 알루미늄으로 변경하였다. 영구자석의 사용량은 표면 부착형과 동등 수준이며, 모터의 총 중량은 2.2kg에서 1.8kg으로 약 18% 절감하였다. 코어 및 영구자석의 재질은 표면 부착형과 동일한 grade를 사용하였다. 결과적으로 자속집중형 타입으로 재설계하여, 모터의 성능특성은 Set 소비전력 비교를 통해 기존 SPM 대비 동등 이상임을 확인하였으며 표면 부착형 모터보다 Cost를 20% 이상 절감하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] T.J.E. Miller, Design of Brushless Permanent Magnet Motor, Clarendo Press, Oxford, 1994.
- [2] D. Hanselman, Brushless Permanent Magnet Motor Design, 2nd ed. Ney york, NY, USA: McGraw-Hill, 2003, pp. 151-181
- [3] Kyu-Yun Hwang., "Rotor Pole Design in Spoke-Type Brushless DC Motor by Response Surface Method", IEEE Trans on Magnetics, vol.40, no. 6, pp. 1833-1836, 2007.
- [4] Jin Hur, Gyu-Hong Kang., "Design of SPOKE Type BLDC Motor for Traction Application Considering Irreversible Demagnetization of Permanent Magnet", KIEE International Transactions on Electrical Machinery & Energy Conversion System, 제5-B권, 제2호, 2005.6, pp.129-136