

송풍팬용 외전형 BLDC 모터의 출력특성 개선

채명기, 차현록, 윤철호, 정대욱, 최민혁
한국생산기술연구원

The Improvement of Output Characteristics of BLDC Motor for Fan Blower

M. G. Chae, H. R. Cha, C. H. Yun, T. U. Jung, M. H. Choi
Korea Institute of Industrial Technology

Abstract - 외전형 모터는 내전형 모터에 비해 회전하는 회전자 부분이 외부에 존재해서 적은 토크에도 많은 출력을 얻을 수 있고 크기도 줄일 수 있기 때문에 송풍기용으로 많이 사용되고 있고, 점차적으로 프리미엄화 되어가고 있기 때문에 BLDC 모터를 채용하고 있는 추세이다. 본 논문에서는 기존에 양산되는 송풍기용 BLDC 모터를 대상으로 원가를 증가시키지 않고 출력 특성을 향상시키기 위한 최적 사양의 설계를 위해 다양한 변수들을 가지고 해석을 수행하였다. 또한 출력특성을 개선하기 위해서 코일의 선경, 턴 수와 적층 길이, 스쿠 각도와와의 상관관계를 해석하여 외전형 BLDC 모터의 성능을 분석하여 보았고 모터의 전체적인 성능 향상과 원가 절감 등의 관점에서 해석을 수행하였다.

1. 서 론

사무환경과 주거환경이 고급화, 고층화됨과 동시에 고기밀화 추세로 자연환기량이 감소하거나 자연환기가 불가능한 건축 구조로 바뀌어 가고 있다. 이러한 생활공간의 변화로 인해 냉난방 공조장치와 연동되는 고급화된 환기시스템이 수요가 늘고 있다.

특히 공기질 관련 법규 시행으로 인해 배기통로 내의 높은 정압에도 일정 풍량 이상을 낼 수 있고 쾌적한 실내 환경을 위해 진동과 소음이 작은 고급화된 팬 모터가 요구되고 있다.

예전에는 주로 가격이 저렴한 AC 단상유도기를 팬모터로 활용하였지만 소음이 크고 정압이 클 경우 회전속도 감소에 의한 요구 풍량을 대응하기 힘든 점이 지적되었다. 최근 고급화, 고성능화된 냉난방 공조기와 ERV, 주방 후드 배기 시스템에는 정압, 정풍량, 저소음, 고수명의 신규 팬모터 기술이 요구되고 설치 공간의 제한으로 인해 작은 크기에 출력 증가와 제어성을 갖기 위한 해외 선진사의 외전형 BLDC 모터의 다양한 검토가 이루어지고 있으나 대응 기술 기준과 수준의 미비로 국내 시장은 선진사 제품이 시장을 지배하고 있는 실정이다.

외전형 BLDC 모터는 회전자가 고정자의 바깥부분에 위치하기 때문에 회전자의 반경이 커지게 된다. 따라서 관성이 커지므로 속도의 안정성을 얻을 수 있고 자석 체적의 증가에 따라 총 자속이 커지므로 큰 토크를 얻을 수 있다는 장점이 있다.

이에 본 논문에서는 고정압 환풍기용 외전형 BLDC 모터를 대상으로 기존 모터와 비교하여 부족한 풍량을 증가시키고, 이에 따른 발열문제와 증가되는 진동 및 소음 특성을 개선시키고, 코깅토크(cogging torque)를 저감시키기 위한 설계를 진행하였다. 이를 확인하기 위해서 유한요소법을 사용한 해석을 수행하였고 이를 통해 외전형 BLDC 모터의 출력 특성이 향상된 설계 사양을 도출하였다.

2. 본 론

2.1 BLDC 모터의 출력 향상을 위한 설계

본 논문에서는 기존에 사용되고 있는 송풍기용 외전형 BLDC 모터를 대상으로 출력을 상승시키고, 소음 및 진동을 줄이는 것을 목적으로 한다. 따라서 다음과 같은 제약조건을 가지고 설계를 진행하였다.

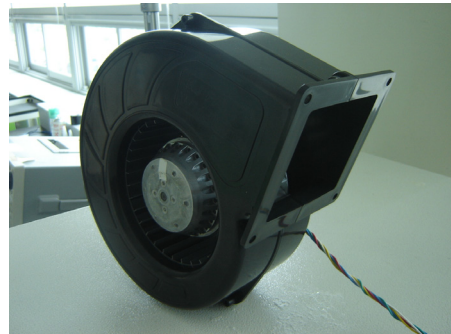
- 고정자의 내경과 외경은 일정하다.
- 회전자의 외경 및 두께는 일정하다.

위와 같은 제한 조건 하에서 출력 특성을 변화시킬 수 있는 파라미터로는 모터 구동 드라이버의 선택, BLDC 모터를 구성하는 회전자(자석)와 고정자의 철심재질, 공극의 길이, 스쿠 각도, 권선 사양 등이 있다.

본 논문의 적용 대상은 기존 양산품에 적용되었기 때문에 가격 상승의 요인이 되는 부분들은 배제하였고, 극 수, 고정자 슬롯 수 및 형상, 적층, 스쿠 각도, 권선 사양 등을 설계 파라미터로 선정하였다.

2.2 출력 향상 설계를 위한 해석 및 결과 고찰

본 논문에서는 기존 모델을 기반으로 모터의 출력을 상승시키면서 효율 및 소음을 고려한 설계를 진행하였다.



<그림 1> 설계 대상 모델

<표 1> 해석 모델의 사양

항목	제원	기존모델	해석모델 #1	해석모델 #2	해석모델 #3
고정자	슬롯수	12개	9개	6개	9개
	외경	80mm	80mm	80mm	80mm
	슬롯당 권선수	455	540	600	350
	선경	0.25mm	0.25mm	0.3mm	0.32mm
	Tooth width	3.5mm	5mm	12mm	6mm
공극	적층	20mm	20mm	20mm	30mm
	공극길이	0.5mm	0.5mm	0.5mm	0.5mm
회전자	극수	8	6	4	6
	자석 두께	2mm	2mm	2mm	2mm
	Skew	0	0.1	0	0.1

기존의 모델 해석 결과 부하시 회전 속도가 1,772[rpm]으로 실제로 필요한 회전수에 미치지 못하였다. 그러므로 부하시 회전수가 2,300[rpm]을 목표로 설계를 변경하여 해석을 진행하였다. 부하시 회전수를 증가시키기 위해 고정자의 슬롯을 9개로 줄이고 6극으로 변경하여 <표 1>의 해석모델 #1과 같은 사양으로 해석을 수행하였다. 해석 수행 결과는 <표 2>에서와 같이 회전수는 증가하였으나 효율이 현저하게 떨어지는 것을 알 수 있었다.

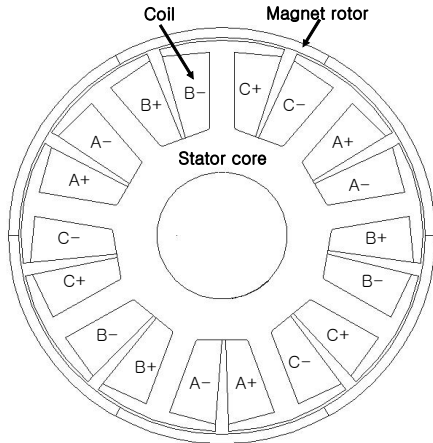
또한 슬롯수와 극수에 변화에 대한 출력 특성을 알아보기 위해 6슬롯, 4극 모델에 대해서도 해석을 수행해 보았다. 해석모델 #2에서 보듯이 이 때는 출력이 증가하였으나 입력 또한 크게 증가하여 효율이 낮았다. 회전수, 효율 측면에서 볼 때 최적 사양은 9슬롯, 6극 모델임을 알 수 있었다.

또한 출력특성을 개선하기 위해서 코일의 선경, 턴 수와 적층 길이, 스쿠 각도와와의 상관관계를 해석하여 외전형 BLDC 모터의 성능을 분석하여 보았고 모터의 전체적인 성능 향상과 원가 절감 등의 관점에서 해석을 수행하였다. 본 논문에서는 20mm의 적층을 30, 35, 40mm로 늘려가면서 해석을 수행하였다.

<그림 3>에서 볼 수 있듯이 기존의 20mm 적층을 가진 12슬롯 사양에서는 자속이 포화상태로 나타나 다른 파라미터를 변화시켜도 더 이상 큰 출력을 낼 수 없음을 확인하였고, 따라서 적층을 늘려주고 슬롯을 줄인 사양에서 출력이 상승됨을 확인할 수 있었다.

해석 수행 결과 <표 1>의 해석모델 #3의 사양이 회전수, 출력, 효율 및 코깅토크를 고려한 결과 최적의 사양임을 알 수 있었다. 또한 BLDC 모터에서 소음 및 진동의 원인이 되는 많은 설계 변수들이 있지만 본 논문에서는 적절한 스쿠각을 통해서 <그림 4>에서 나타나듯이

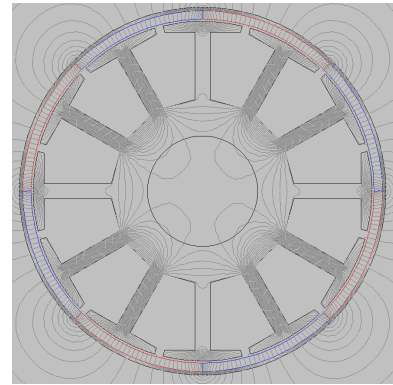
기존 모델에 비해 30%가량 코깅 토크가 감소됨을 볼 수 있다. 또한 이러한 코깅토크의 감소는 외전형 BLDC 모터의 토크 값과 전류 값 또한 저감시켜 최적의 모터 사양을 설계 할 수 있다.



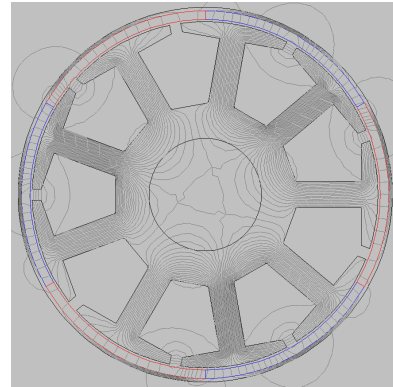
〈그림 2〉 최종 설계 모델

〈표 2〉 해석 결과

항목	기존모델	해석모델 #1	해석모델 #2	해석모델 #3
회전수(rpm)	1,772	2,623	2,735	2596
출력(W)	97	70	161	186
효율(%)	86	63	69	74
코깅토크(Nm)	0.306	0.131	0.244	0.222



(a) 기존모델



(b) 최종 설계모델(해석모델 #3)

〈그림 3〉 기존모델과 최종설계모델의 자속분포 비교

3. 결 론

본 논문에서는 기존에 송풍기용으로 사용되는 외전형 BLDC 모터의 출력 특성을 향상시키기 위하여 최적 설계 사양을 도출하여 보았다.

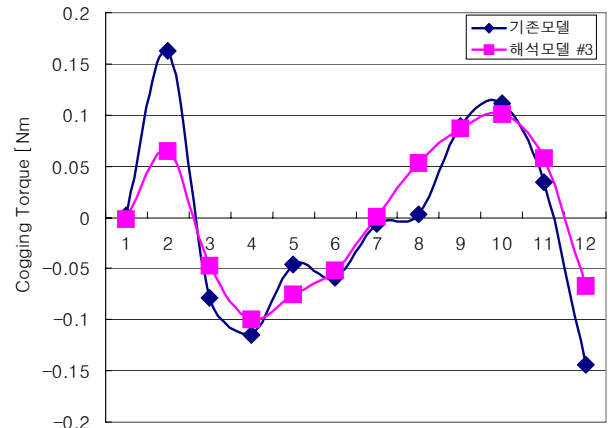
출력 특성을 개선시키기 위한 가장 큰 문제점은 자속의 포화로 인한 출력의 한계와 코깅 토크로 인한 진동 및 소음이었다. 특히 기존 양산품의 특성을 향상시키기 위한 것이기 때문에 많은 제약이 따를 수 밖에 없었다. 그래서 효율의 저하가 발생하기는 했지만 원하는 출력 및 회전수를 얻었고, 특히 코깅토크의 저감으로 인해 진동 및 소음이 많이 개선되었다.

그러나 아직 해석 단계의 결과이기 때문에 실제 제품에 적용되지 않았기 때문에 결과를 예측하기는 어렵다. 그래서 현재 설계가 진행되고 있는 인버터와 모터의 시제품을 통해서 위의 해석 결과들을 검증해 가 고자 한다.

또한 위 결과들을 제품에 적용하였을 때 기존 AC 모터가 차지하고 있는 송풍기용 모터 시장이 외전형 BLDC 모터로 대체되어서 송풍기 및 환기장치 등 외전형 모터 시장의 프리미엄화를 가속시킬 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김한수, "민감도 기법을 이용한 300W급 BLDC 전동기의 자극형상 최적설계 연구", 홍익대학교 석사학위 논문, 2004
- [2] 안영일, "자동차 Cooling Fan 구동용 motor에 BLDC motor 적용에 관한 설계 해석 및 특성 연구", 한국기술교육대학교 석사학위 논문, 2004
- [3] Jack F. Gieras, "Permanent Magnet Motor Technology : Design and Applications", Marcel Dekker, 1997



〈그림 4〉 기존모델과 최종설계모델의 코깅토크 비교