

연자성체를 이용한 단상BLDC 모터의 설계 및 특성 평가

차현록, 이성호

한국 생산기술 연구원 광주연구센터 부품소재팀

A design and analysis of single phase BLDCM with SMC core

Hyun Rok Cha, Sung Ho Lee

Korea Institute of industrial technology, Gwangju research center, Parts & materials team

Abstract - 본 논문은 연자성체(Iron powder)를 적용한 단상 BLDCM의 설계 및 해석에 관한 연구이다. 특히 본 연구에서는 청소기용 36000RPM급 고속 단상 BLDCM에 관한 것으로써 연자성체를 적용시 모터 특성에 영향을 미치는 인자와 설계 특성에 대하여 기술하였다. 아울러 밀도 분포를 고려한 설계 방법을 제안하여 연자성체를 이용한 모터 설계 방법의 기준을 제시하였다.

1. 서 론

최근 연자성체를 이용한 모터 제작은 친환경적 특성 및 원가 경쟁력 확보 측면에서 많은 장점이 있어 다양한 연구가 진행 중이다.[1][2] 특히 생산량이 많고 원가 경쟁력과 에너지 효율 향상이라는 두 가지 문제점을 해결해야 하는 가전 분야에서는 더욱더 연자성체의 이용에 관심이 높다 하겠다. 그 중 청소기용 모터는 고속영역에서 사용되어 연자성체를 적용할 수 있는 대상으로 가장 주목 받고 있는 분야이다.[3][4] 그러나 아직까지 국내에서 연자성체를 적용하고 있는 모터의 실용화 사례는 극히 드물고, 국외에서도 일본의 ABS용 모터 적용 사례이외는 구체적인 상업화 사례가 없는 실정이다.[5][6] 따라서 본 논문은 연자성체의 실용화를 가속화시키기 위한 연자성체를 적용한 모터의 설계 기준에 대해서 정립코자 하였으며, 실제 청소기용 단상 BLDCM을 제작하여 특성을 평가하였고 설계 방법의 타당성에 대해서 입증코자 하였다.

2. 본 론

2.1 연자성체 코어의 밀도 분포 특성

그림1과 표1은 청소기용 단상 BLDC 모터의 SMC를 적용하여 성형한 모터 코어의 밀도 분포 특성이다. 분석에 사용된 재료는 SMC500에 분말운활제 KE가 0.6% 함유된 제품이며, Cold Compaction 방법을 사용하여 800Mp로 성형하여 500도에서 1시간 열처리한 시료의 밀도를 분석하였다. 밀도의 분석은 크게 5부분으로 나누어 실시하였으며 그림1(a)에서 보듯이 ①: Teeth의 중간 부분, ②: Teeth의 앞부분, ③: Yoke부분, ④: Teeth의 뒷부분, ⑤: 전체 밀도의 부분에 대해서 밀도를 분석하였다. 그림에서 보듯이 밀도가 가장 높은 부분은 ① 부분이며 7.3g/cm³이며 가장 낮은 부분은 ③ 부분으로 6.89g/cm³였다. 이러한 밀도분포의 차이는 각 부분에서 자기적으로 다른 거동을 할 것으로 예상 되며 전체적으로 이러한 밀도의 분포가 고려된 설계 방법이 요청됨을 알 수 있다.

2.2 연자성체의 밀도 특성 고려

연자성체는 특성상 모터 코어를 제작시 밀도 분포가 발생됨을 알 수 있었다. 따라서 이러한 밀도 특성을 고려하기 위한 적절한 방법이 요청되어지고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 모터 코어가 동일한 밀도를 가지

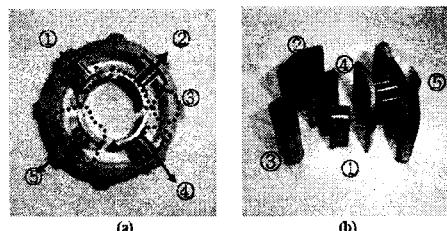


Fig. 1. The material density distribution characteristic of compaction
(a) actual SMC Core (b) segment view

Table 1. Density distribution of actual motor core

Density Distribution			
Point	Density[g/cm ³]	Deviation	Ratio[%]
1	7.30	0.242	3.43
2	7.15	0.092	1.30
3	6.89	-0.168	-2.33
4	6.97	-0.088	-1.12
5	6.98	-0.078	-1.11
			Max Dev
			5.76

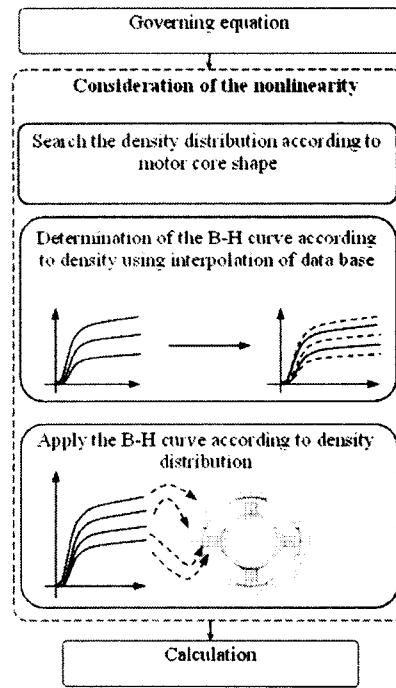


Fig. 2. The proposed analysis method flowchart

고 있으며 이러한 밀도를 기초로 한 동일한 특성 D/B로 자계 해석을 실시하는 기존 방법과 달리 형상에 따른 다른 밀도 특성을 갖는 연자성체를 적용한 모터 코어의 설계에 적합한 모터 설계 방법을 제안한다. 제안된 방법은 그림 2와 같다. 그럼에서 보듯이 모터코어 형상에 따른 밀도를 분석 한다. 분석된 밀도에 따라서 각 부분에 맞는 B-H곡선을 찾는다. 여기서 B-H곡선을 찾기 위해서 기존의 재료별 구해진 data로부터 비선형 보간법을 적용하여 이에 적합한 B-H곡선을 구한다. 밀도에 따라서 구해진 각각의 B-H곡선을 각각의 영역에 대입하여 모터의 성능 특성을 해석 하였다.

2.3 실험 결과

그림 3은 기존 방법과 제안된 밀도 부포 특성을 고려한 시뮬레이션의 결과이다. 기존의 방법은 밀도가 동일하게 7.0g/cm³으로 하였을 때를 기준으로 비교하였다. 그럼에서 보듯이 자속 밀도가 높은 "A"부분에서 밀도 분포가 고려되었을 때와 고려되지 않았을 때 차이가 매우 큼을 알 수 있었다. "B","C"의 경우와 같이 자속 밀도가 높지 않을 때는 밀도의 분포를 고려하지 않았을 때와 고려했을 때의 차이가 거의 없음을 알 수 있었다. 따라서 자속 밀도의 포화가 큰 모터의 설계 시에 밀도 분포 특성을 반드시 고려해 주어야 함을 알 수 있었다.

그림4와 표2는 제작된 단상 BLDCM의 측정치와 시뮬레이션 된 값의 비교를 나타낸다. 그림 4에서 보듯이 역기전압 파형은 측정된 파형과 시뮬레이션된 파형이 매우 일치함을 알 수 있었다. 특히 표2에서 보듯이 기존 방법으로 설계 했을 때 대비 제안된 방법으로 설계 하였을 경우 설계 오차가 2%미만으로 매우 일치됨을 알 수 있었다.

3. 결 론

본 논문은 연자성체를 적용한 단상 BLDCM 설계 방법에 대한 새로운 방안을 제안하였다. 기존의 균일한 밀도라는 가정하에 설계하는 방식에서 밀도가 불균일하게 존재함을 고려 하여 밀도 분포에 따른 자기적 특성을 고려 하는 방식을 제안하였다. 시뮬레이션 결과 자속 밀도가 높은 영역에서 밀도 분포를 고려 했을 때와 하지 않았을 때 차이가 매우 큼을 알 수 있었다. 따라서 모터의 코어를 전체적으로 포화 영역에서 쓰는 용용처에서는 밀도 분포를 고려한 설계가 반드시 수행 되어 겨야 함을 알 수 있었다. 아울러 제안된 방법으로 시뮬레이션된 값과 실제 측정치를 비교 결과 실험값과 매우 일치함을 알 수 있었으며, 기존의 방법대비 높은 정밀도를 내는 해석 방법임을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Goran Nord, Patricia Jansson, "Roadmap to new motor topologies" in Proc 2005, Motor & Drive System 2005,
- [2] R.L Orban, "New Research Directions In powder Metallurgy" Romanian Reports in Physics, vol 56, No.3, pp. 505
- [3] Goran Nord, Lars-Olov Pennander and Alan Jack, "Loss Calculations for Soft Magnetic Composites" in proc 2004 International conference on Electrical Machine Krakow, 1-4
- [4] Y Kawase, T Yamaguchi, T Okouchi, Goran Nord and K. Kanno "3-D Analysis of Core Material Effects of Motors on Torque and Iron Loss Characteristics" KIEE Trans. Electrical Machinery and Energy Conversion System, vol. 5-B, N0.3, pp. 238~242.
- [6] H. Shorkrollahi, K. Janghorban "Soft magnetic composite materials (SMCs)" J. Mater Process Tech 2007

- [7] E.C. Snelling, *Soft Ferrites properties and applications*, Butterword and Co. Ltd., 1988

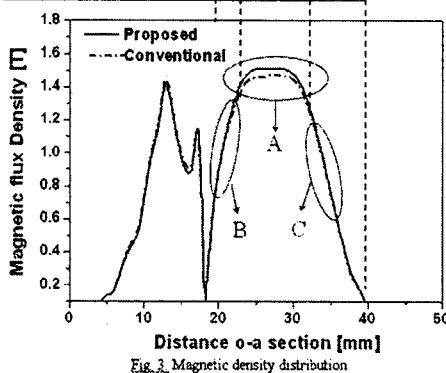
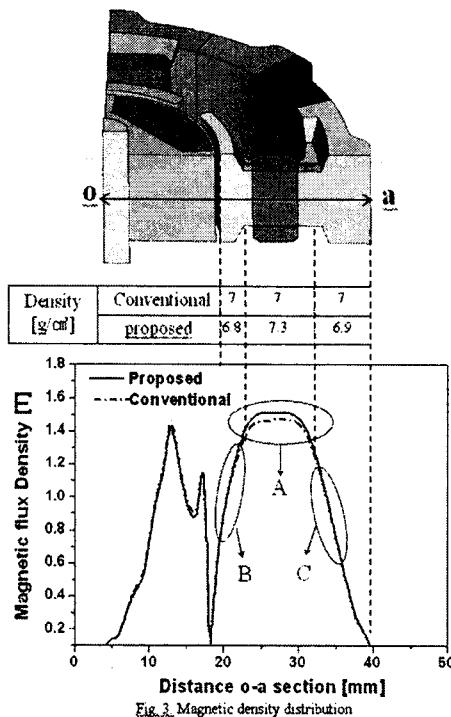


Fig.3. Magnetic density distribution

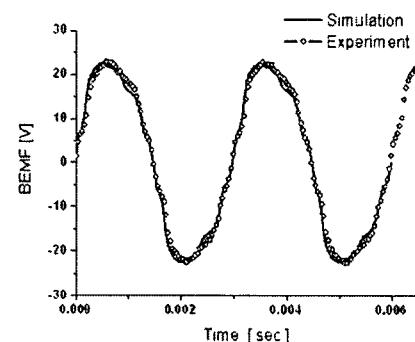


Fig.4. Comparison of Back EMF waveform

Table 2. The comparison between simulation and experimental results

	Simulation		Experimental Results (C)	Error[%]	
	Conventional method(A)	Proposed method(B)		A-B	B-C
Torque [N.m]	0.17	0.178	0.181	4.6	1.5
Output [w]	65	67.9	68.6	4.6	1.5
Current [A]	9.1	9.7	9.79	6.4	0.5
Input [W]	116.1	123.9	124	6.4	0.5
Eff[%]	56.0	54.8	55.1	2.1	1.0