

SMC을 적용한 BLDC motor 컴프레서 특성실험에 대한연구

한만승, 양형열, 임영철

대우일렉트로닉스, 호남대학교, 전남대학교

Research of BLDC motor Compressor Using SMC

M. S. Han, H. Y. Yang, Y. C. Lim

Daewoo Electronics Corps, Honam University, Chonnam National University

ABSTRACT

본 논문은 연자성체(iron powder)인 일명 SMC(Soft Magnetic Composite)를 적용한 3상 BLDC motor의 설계 및 제작, 측정에 관한 연구이다. 특히 본 연구에서는 냉장고 압축기용 120W급 3상 BLDC motor에 관한 것으로서 연자성체를 적용시 모터 특성결과에 대하여 기술하였다. 아울러 SMC를 이용한 모터설계의 기준을 제시하였다. SMC 재질은 일반 실리콘 강판에 비해 코어의 3차원 형상을 자유롭게 제작 할 수 있으며, 고속 회전시 발생하는 철손을 감소시킬 수 있어 모터 코어용으로 많은 연구가 이뤄지고 있다. 따라서 본 논문에서는 우선 2차원 설계를 통하여 냉장고 압축기용 BLDC motor의 코어를 SMC 재질로 제작 성능 측정 하였다

1. 서론

최근 분말연자성체를 이용한 모터 제작은 친환경적 특성 및 원가 경쟁력 확보 측면에서 많은 장점이 있어 다양한 연구가 진행중이다. 특히 원가 경쟁력과 에너지 효율 향상이라는 두 가지 문제점을 해결해야 하는 가전 분야에서는 더욱더 연자성체의 이용에 관심이 높다^{[3][4]}. 표 1에서 처럼 SMC(Soft Magnetic Composite) 재질은 Fe 분말에 절연이 되어 있어서 와전류 손실을 최소화 할 수 있으며, 분말을 압분 하여 형상을 만들기 때문에 복잡한 형상을 성형하는데 용이하며, Core 제조시 필요한 분량의 분말을 사용하면 되기 때문에 재료의 손실이 거의 없고, 수명이 완료되면 재생, 다시 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다^[1]. 또한 복잡한 형상을 가지는 전동기에 적합하다^[2]. 그중 압축기용 BLDC motor는 압축기 특성상 재료비 손실이 다른 기종에 비해 상대적으로 높은 이유와, 또한 압축기 조립상 경박 단소의 요구에 따라 검토히게 되었다. 또한 Test 결과에 따라 적용범위 확대의 타당성에 대하여 입증코자 하였다.

표 1 규소강판 및 SMC 의 비교

항목	규소강판	SMC [분말연자성]
제작 방법	.규소강판->절단/편칭->적층	.분말->가압성형
장점	.저가 .포화자속밀도, 투자율우수 .강도특성우수	.3차원정밀 성형가능 .와전류 손실최소화 .소형화 용이 .재활용 용이
단점	.재료손실크다 .형상설계제한 .고주파 영역 철손크다 .소형화 제약 큼	.자속밀도 낮다 .강도가 낮다

2. 컴프레서용 BLDC motor 제작

2.1 BLDC motor 구조 및 제원

SMC 코어를 이용한 BLDC motor의 제원 및 2D 형상은 표 2 및 그림 1과 같다. 이 모터의 구조는 6개의 Stator Slots와 Rotor에 4개의 Magnet으로 구성되어 있다. 또한 코어를 SMC 재질로 이용하여 성형 하고, 회전자 재질 통한 SMC + Ferrite Magnet를 사용하였다. 비교할 코어의 기본 형상을 그림 1과 같이 구성하고, 표 2와 같이 구조적 사양으로 설계 및 제작하여 SMC 성형 모터의 특성을 측정하였다.

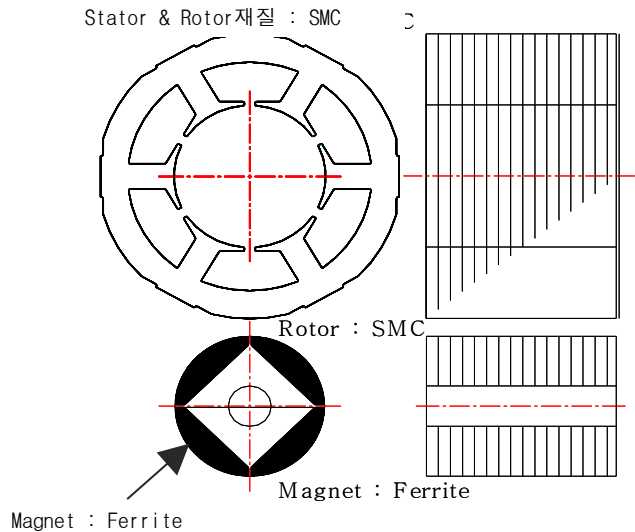


그림 1 BLDC motor의 형상

표 2 BLDC motor의 제원

구분	항 목	적용 SPEC'
사양	정격 출력 [W]	120
	정격 전압 [V]	220
	정격속도 [rpm]	3000,3600
고정자	외경 [mm]	115
	내경 [mm]	55
	슬롯수	6
	재질	SMC
회전자	공극 [mm]	0.5
	외경 [mm]	54
	Magnet	Ferrite 7BE
	극수	4
	적층 길이[mm]	53

2.2 Core 성형 및 형상

SMC 코어 성형 압분 조건은 800Mpa의 가압 조건에서 성형하였다. 또한 성형시 성형 압력의 제한과 금형의 크기 제약으로 인하여 분할 코어 성형법을 이용하여 각 코어를 성형하였다. 또한 성형된 코어는 500도에서 열처리를 한 후 코어를 조립하였다.

코어는 분할 코어로 제작하였다.

그림 2는 코어의 형상을 나타낸 것이다. 형상의 적층 및 형상은 동일하며, 1개의 모터용 코어를 제작하기 위해 12개의 코어를 성형한 후 성형된 압분체를 열처리 후 결합시켜 코어를 제작하였다.

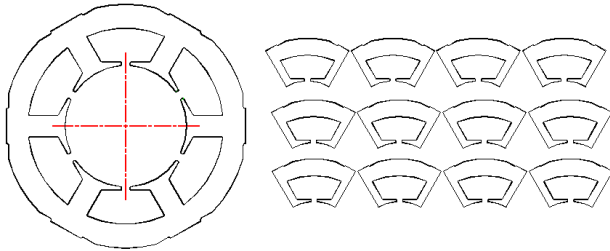


그림 2 Stator 분할 코어 제품

Stator는 SMC 적용 코어를 성형 후 그림2의 형상으로 제작하여 Stator Winding을 유리하게 제작하였으며, Rotor는 Magnet를 Bonding 조립 할 수 있는 구조로 제작되었다.

2.4 모터 제작 및 조립

각 분할코어 형태의 금형에 의해 제작되어진 코어는 BLDC motor의 분할된 각 코어의 고정 및 조립을 위하여 인슐레이터를 제작하여 Coil Winding 작업을 하였다. 또한 로터에는 Ferrite Magnet를 4 Pole로 조립하였다. 제작 되어진 Stator 와 로터는 Housing Jig에 넣어 모터 특성을 측정 하였다. 그림 3는 권선 작업을 마친 Stator 코어 모습이며, 각각의 점선부위 코어가 인슐레이터에 의해 고정되었다. 그림 4는 Magnet를 Bonding 한 Rotor 모습이다.

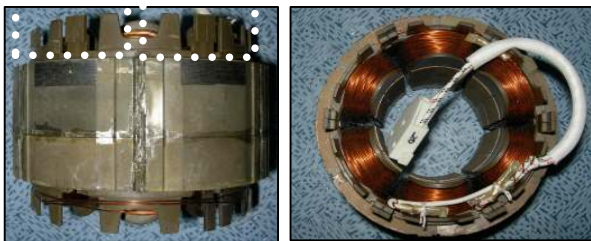


그림 3 Stator 조립후 제품



그림 4 마그네트 조립후 제품

2.5 컴프레서 제작

제작 되어진 Stator 와 Rotor 는 냉장고용 컴프레서에 조립되어 컴프레서 성능 특성을 측정 하였다. 현재 양산제품과 동일한 기구에, 동일한 전기적 조건을 적용하여 측정하게 되었다. 또한 이때 BLDC motor 구동/제어기는 컴프레서용 BLDC motor를 구동하기 위하여 자체 제작된 3상 Sensorless Inverter Drive가 사용되었다. 그림 5 는 조립된 컴프레서를 테스트 하기 위해서 칼로리미터에 장착된 모습이며, 그림 6 는 컴프레서 테스트용 칼로리미터 모습이다.



그림 5 조립된 컴프레서



그림 6 컴프레서 칼로리 측정

2.6 모터 및 컴프레서 성능측정 및 고찰

제작되어진 SMC BLDC motor의 성능을 테스트 하기 위하여 Torque 특성을 측정하였다. N-T curve 특성을 통해서 BLDC motor의 성능을 가늠 할 수 있기 때문에 N-T Curve를 측정 하였다. 측정 되어진 N-T Curve는 그림 7,8과 같다. 여기서 A1[입력전류], Wn1[입력], Hp:출력, Eff.:효율, RPM:회전수를 뜻하며, 성능측정은 3000[rpm] 과 3600[rpm]까지 측정 하였다. 각 Torque값이 상승함에 따라 RPM이 안정화되는 시간이 필요하며 이 원인으로 curve에 변곡점이 생기게 되며, 컴프레서의 운전대역이 4[kg.cm]의 부하 대역인 점을 감안, 효율 포인트를 4[kg.cm]대역을 기준으로 하여 BLDC motor 및 컴프레서 성능 측정을 하였다. 컴프레서의 칼로리 측정을 통해서 컴프레서의 능력을 가늠 할 수 있기 때문이며, 측정된 결과는 표3와 같다.

그림7과8처럼 SMC 적용 BLDC motor의 단품 측정 결과 부하 3.0~4.5[kg.cm]대역에서 효율의 최대점이 되는 것을 알 수 있으며, 컴프레서의 운용대역 또한 3.0~4.5[kg.cm]대역에서 운용하는 것이 효율적인 점을 알 수 있다. 표 3은 컴프레서의 대표적인 운용대역인 3000[RPM], 3600 [RPM]에서의 성능 비교한 결과 기존의 규소강판적용 BLDC motor 대비 SMC 적용 BLDC motor가 컴프레서의 칼로리 및 효율이 떨어지는 점을 알 수 있다.

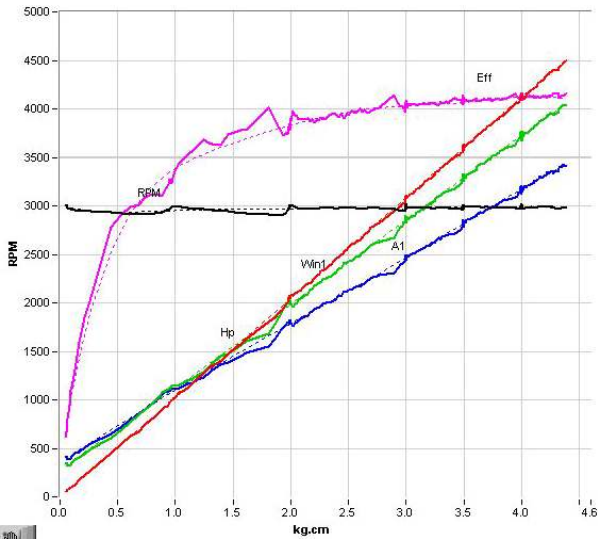


그림 7 SMC 적용 BLDC motor Test 3000[RPM]

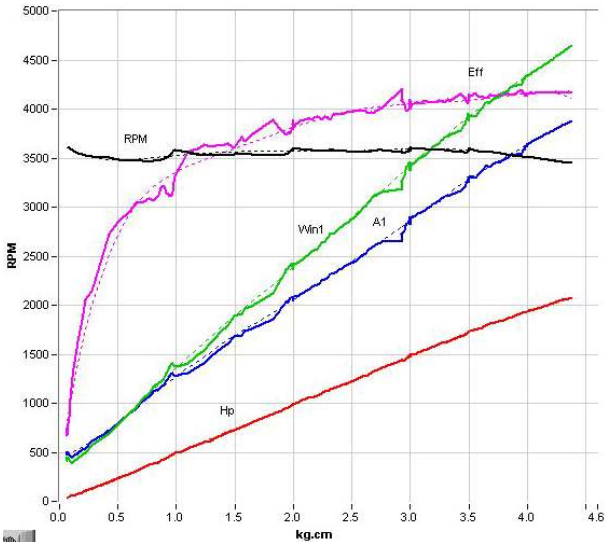
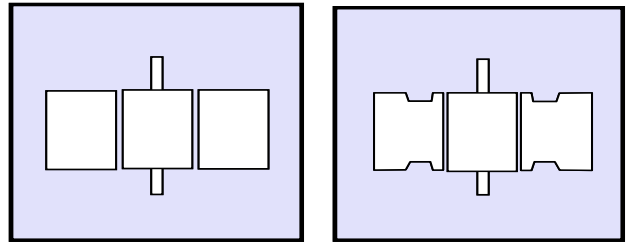


그림 8 SMC 적용 BLDC motor Test 3600[RPM]

표 3 컴프레서 칼로리 측정 결과(냉매:R134a)

회전수	항목	기존규소강판	SMC적용
3000 [RPM]	입력(W)	135.6	137.7
	냉동능력 (kcal/h)	194.5	196.2
	모터효율(%)	86.52	86.11
	COP(%)	166.8	165.6
	EER	5.69	5.65
3600 [RPM]	입력(W)	174.0	175.1
	냉동능력 (kcal/h)	251.2	246.7
	모터효율(%)	86.66	86.24
	COP(%)	167.9	164.0
	EER	5.73	5.60



(a) 규소강판 적용 모터

(b) SMC 적용시 모터

그림 9 규소강판, SMC MOTOR 형상비교

표 4 규소강판적용 및 SMC적용 모터 비교

항목	기존규소강판	SMC적용	
효율 [%]	3000[RPM]	86.52	86.11
	3600[RPM]	86.66	86.24
재료 Loss률[%]	55	3	

3. 결 론

본 논문에서는 최근에 주목받고 있는 전동기 조립 방법 중에 하나인 분할 코어 형식을 취하였으며, 꾸준히 연구되고 있는 분말연자성 코어를 적용한 BLDC motor의 단품 성능의 특성을 비교 분석 하였다. 또한 컴프레서 조립품 성능을 측정 하였다. 코어의 형상을 우선 실리콘 강판과 동일하게 적용을 함에 따라 특성 결과는 현재의 규소강판 적용기종에 비해 냉동능력 및 컴프레서 효율에서 다소 떨어지는 결과를 얻었다. 하지만 이 경우 코어의 형상을 분말연자성 재료를 적용함에 따라 그림 9의 (a) 대비 (b)처럼 3차원적으로 형상화함으로써 권선 활용비를 최대로 할 수 있도록 코어 형상 Design을 통해 성능개선을 할 수 있으며, 이에 따른 다양한 모터의 구조를 구현함에 따라 컴프레서의 기구적 활용도를 높일 수 있을 것 이며 또한 별도의 표 4과 같이 재료 Loss률이 상대적으로 낮은 장점에 따른 재료비 절감이 가능함을 알 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Soft Magnetic Composites from Hogan's Metal Powders, "SOMALOY™ 500", Hogan's Product Manual, 1997
- [2] Goga Cvetkovski Lidija Petkovska and Milan C undev, "Improved Design of a Novel PM Disk Motor by Using Soft Magnetic Composite Material", IEEE, Trans. Magnetic, vol.38, No. 38, Sep t 2002
- [3] Goran Nrod, Patricia Jansson, "Roadmap to new motor topologies" in Proc 2005, Motor & Drive System 2005.
- [4] R.L Orban, " New Research Directions In powder Metallurgy" Romanian Reports in Physics , vol 56, No.3, pp.505