

영구자석 횡자속 전동기의 고정자 코어구조에 따른 특성 비교

김광운\*, 이지영\*\*, 문승렬\*\*, 김지원\*\*, 정시욱\*\*, 강도현\*\*

과학기술연합대학원대학교\*, 한국전기연구원 산업전기 연구단 횡자속 전동기 연구그룹\*\*

Characteristic comparison of the core structure of Permanent Magnet Transverse Flux Machine

Kwang-Woon Kim\*, Ji-Young Lee\*\*, Seung-Ryul Moon\*\*, Ji-Won Kim\*\*, Si-Uk Chung\*\*, Do-Hyun Kang\*\*  
University Of Science & Technology\*, Transverse Flux Machine Research Group in KERI\*\*

**Abstract** - 본 논문은 영구자석 횡자속 전동기의 고정자 코어구조에 따른 특성을 비교하였다. 즉 전동기의 고정자를 inner core와 outer core로 분리했을 때 사용하는 재질을 SMC-SMC로 제작하는 경우와 SMC-S12로 제작하는 경우에 대해 정특성 해석과 정특성 실험을 통해 비교했다.

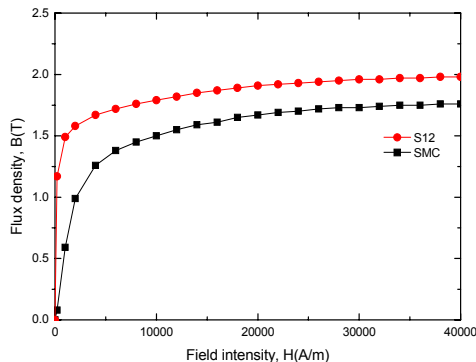
1. 서 론

전동기는 자속 방향에 따라 종자속과 횡자속으로 나눌 수 있는데, 자속의 이동 방향과 전동기의 이동 방향이 같은 경우 종자속 전동기라 하고 자속의 이동 방향이 전동기의 이동방향에 대해 수직, 즉 횡방향인 경우 횡자속 전동기 (transverse flux motor)라 한다. 횡자속 전동기는 극간격의 크기를 작게 설계할 수 있기 때문에 높은 출력 밀도를 얻을 수 있으며, 기존의 종자속 전동기에 존재하는 오버행이 없는 링 형태의 권선으로 동을 줄일 수 있어 효율을 높일 수 있을 뿐만 아니라 전동기의 체적을 줄일 수 있는 구조를 가지고 있다[1].  
그렇지만 횡자속 전동기의 자속 흐름은 3차원적이기 때문에 고정자 재질을 한방향의 적층강판으로만 제작하기는 상당한 어려움이 있다.  
이러한 제작상의 어려움을 해결하고자 분말 성형(soft magnetic composite, SMC)코어를 사용하는 모델을 소개하고, 전동기의 성능을 향상시키고 제작이 용이한 구조로 SMC와 적층 강판을 결합하여 사용하는 구조에 대해 검토했다[2]. 즉 고정자의 재질을 SMC-SMC로 제작하는 경우와 SMC-S12로 제작했을 때에 대해 정특성 해석 및 실험을 하여 비교하였다.

2. 해석 대상 및 해석 이론

2.1 횡자속 전동기 구조 및 사양

정특성 해석을 하기에 앞서 설계한 횡자속 전동기의 구조 및 사양에 대하여 살펴보겠다. 그림1은 SMC와 S12 코어재질에 관한 특성을 살펴보기 위해 B-H특성곡선을 나타낸 것이다. B-H특성곡선에서 알 수 있듯이 S12코어의 B-H특성이 더 좋은 사실을 확인할 수 있다.[2] 이러한 B-H특성을 고려하여 SMC-SMC모델과 SMC-S12모델을 표1과 같은 파라미터로 구성하고 그림2과 같이 고정자 코어를 다르게 하여 설계하였다. 즉 SMC-SMC모델은 고정자 부분에 SMC 코어 재질을 사용하였고, SMC-S12모델은 내부코어에는 SMC코어, 외부코어에는 S12코어를 사용하였다.



〈그림 1〉 코어재질의 B-H특성 곡선 비교(SMC-S12)

〈표 1〉 전동기 파라미터

고정자	정격기자력	1250(AT)	1250(AT)
	극 쌍수	32	32
이동자	코어 재질	SMC	내부코어:SMC 외부코어:S12
	상당 극수	64 극	64 극
	영구자석 수	64개 (N-S 32쌍)	64개 (N-S 32쌍)
	영구자석 사양	Ferrite Br=0.34(T)	Ferrite Br=0.34(T)
코어 재질	SMC	SMC	



(a) 고정자 코어(SMC-S12)



(b) 고정자 코어(SMC-SMC)

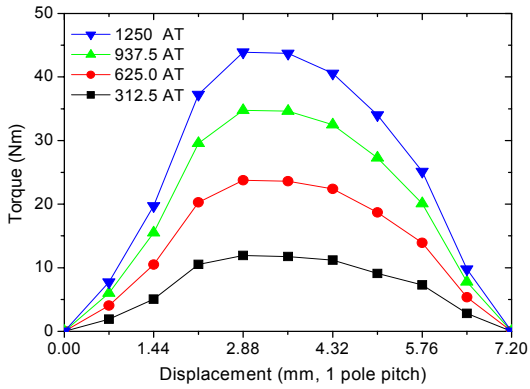
〈그림 2〉 고정자 코어 구조(SMC-S12, SMC-S12)

2.2 해석 이론

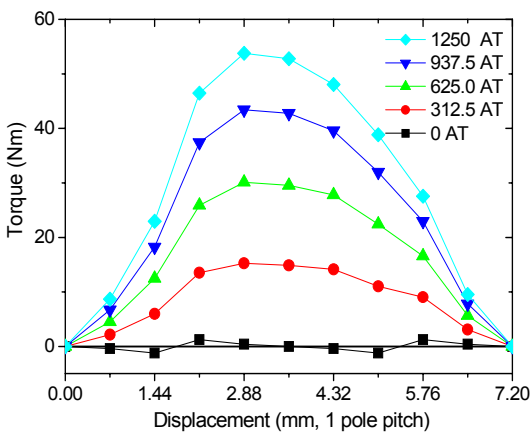
정특성 해석은 3차원 등가자기회로방법을 이용하였다. 이는 자기회로법과 수치해석법의 장점을 결합시킨 방법으로 해석영역을 자기저항으로 이루어진 회로망으로 구성하여 시스템 방정식을 세우고 경계조건을 적용함으로써, 기자력을 미지수로 하는 대수 방정식을 계산하게 된다. 이 방법은 계 행렬의 이산도가 매우 좋아 유한요소 해석과 비교하여 쉽고 빠르게 해를 구하여 기기의 분포적인 특성을 해석할 수 있는 방법이 다.[3]

3. 정특성 해석 결과

정특성 해석은 기자력과 회전자 이동에 대해서 각각 해석한 값을 이용하여 앞서 살펴본 SMC-SMC모델과 SMC와 적층 강판을 결합하여 사용한 구조인 SMC-S12모델에 대하여 기자력과 이동자 변위 변화에 따른 정특성을 해석한 결과는 각각 그림 3과 그림 4과 같이 나타낼 수 있다. 이는 정격기자력에 대해 25%에서 100%까지 25%간격으로 해석하였으며 일정한 기자력에 대해 이동자 변위를 1 pole pitch(7.2mm)만큼 0.72(mm)간격으로 이동해가며 해석하였다. 또한 축방향 2상 횡자속 전동기기기 때문에 A상 토크와 B상의 코깅 토크를 고려하여 해석하였다. 정특성 해석결과를 간단히 살펴보면 SMC-S12모델의 전동기 토크특성이 더 좋다는 사실을 알 수 있다.



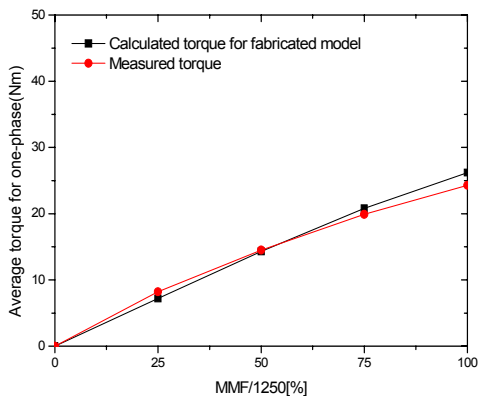
〈그림 3〉 SMC-SMC 정특성 해석  
(A상의 토크 + B상 코깅 토크) Br=0.34



〈그림 4〉 SMC-S12 정특성 해석  
(A상의 토크 + B상 코깅 토크) Br=0.34

#### 4. 정특성 해석/실험 비교 결과

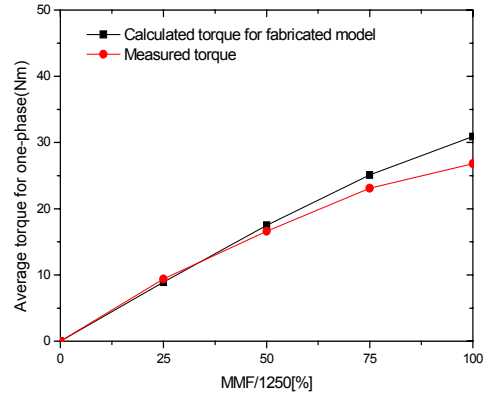
정특성 해석값과 실험값을 비교해 본 결과 표2와 표3에서 알 수 있듯이 해석값과 실험값 사이의 오차가 10%안팎으로 나온다는 사실을 알 수 있다. 이는 정특성 해석 결과가 신뢰성이 있다는 사실을 입증한다.



〈그림 5〉 기자력 1250AT일 때 1상의 정특성 해석 비교(SMC-SMC)

〈표 2〉 정특성 해석/실험 비교(SMC-SMC)

기자력%	0	25	50	75	100
해석값(Nm)	0	7.2	14.3	20.8	26.2
측정값(Nm)	0	8.2	14.5	19.9	24.3
오차(%)	0	14.7	1.4	4.6	7.1



〈그림 6〉 기자력 1250AT일 때 1상의 정특성 해석 비교(SMC-S12)

〈표 3〉 정특성 해석 비교/실험(SMC-S12)

기자력%	0	25	50	75	100
해석값(Nm)	0	8.9	17.5	25.1	30.9
측정값(Nm)	0	9.4	16.6	23.1	26.8
오차(%)	0	5.8	5.2	7.9	13.1

#### 4. 결 론

지금까지 영구자석 횡자속 전동기의 고정자를 inner core와 outer core로 분리했을 때 사용하는 재질을 SMC-SMC로 제작하는 경우와 SMC-S12로 제작하는 경우에 대하여 정특성 해석 및 실험결과에 대하여 살펴보았다.

그림5와 그림6을 비교해보면 알 수 있듯이 전동기의 고정자를 SMC-S12코어로 제작하는 경우 전동기의 토크특성이 좋은 사실을 확인할 수 있다. 이는 앞에서 언급했듯이 제작상의 용이함과 전동기의 토크 특성을 모두 고려할 수 있다는 것을 알 수 있다.

이러한 사실을 바탕으로 추후 동특성 해석을 하여 비교할 것이며, 전동기 성능을 향상시키기 위한 최적 설계를 수행하겠다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Junghwan Chang, Dohyun Kang, Jiyoung Lee, and Jungpyo Hong, "Development of transverse flux linear motor with permanent magnet excitation for direct drive applications," IEEE Trans., Magnetics, vol. 41, no. 5, pp.1936-1939, 2005
- [2] Junghwan Chang, Jiyoung Lee, Jiwon Kim, Siuk Chung, Dohyun Kang, and Herbert Web, "Development of Rotating Type Transverse Flux Machine," IEEE Trans. on Industry Applications, pp. 1090-1095
- [3] Jiyoung Lee, Jungpyo Hong, Junghwan Chang, and Dohyun Kang, "Computation of inductance and static thrust of a permanent magnet type transverse flux linear motor," IEEE Trans. on Industry Applications, vol. 42, No.2, pp. 487-494, 2006