

이중 고정자 횡축 12/10 SRM의 특성 해석

손동호, 이동희, 안진우
경성대학교 메카트로닉스공학과

Characteristics Analysis of Double Stator Axial Field 12/10 SRM

Dong Ho Son, Dong Hee Lee, Jin Woo Ahn
Dept. of Mechatronics Engineering, Kyungsung University

ABSTRACT

본 논문은 새로운 구조의 이중 고정자 횡축 12/10 Switched Reluctance Motor(SRM)을 설계에 관한연구이다. 자동차 냉각 팬에 적용하기 위해 Conventional 12/8과 Single Stator AF(Axial Field) SRM이 검토되었다. Axial Field의 장점은 기존의 방사형 보다 짧은 자속 경로를 가져 높은 토크와 효율을 가지지만 Single Stator AF SRM은 하나의 고정자와 회전자로 이루어져 있어 편심등 기구적으로 불안정하다는 단점이 있다. 이중 고정자 횡축 12/10 SRM은 두 고정자 사이에 회전자가 위치에 있어 Single Stator AF의 단점을 보완 할 수 있으며, 전기적인 특성 및 영향을 검토하기 위해 유한요소해석(FEA)을 수행하였다.

1. 서론

스위치드 릴럭턴스 전동기 (Switched Reluctance Motor)는 영구자석이 없고 다른 전동기보다 간단한 구조로 되어 있어 단가가 저렴하고, 기계적으로 견고하며, 고온 등의 열악한 환경에서도 신뢰성이 높으며, 브러시 등이 없어 유지비용이 거의 들지 않는 장점이 있다. 또한 단위체적당 토크 및 효율 면에서 유도전동기 보다 우수하다. 이러한 장점으로 국내 자동차산업과 자동차 각종 부품의 설계 기술과 자동차의 냉각시스템의 고효율 및 고 토크 팬의 개발이 요구되고 있다.^[1]

현재 자동차 냉각팬에 사용되고 있는 BLDC의 효율과 토크를 높이기 위해 Conventional 12/8 SRM이 선행연구 되었고 효율과 토크를 더 높이기 위해 Single Stator AF(Axial Field) 12/10 SRM이 연구되었다. Axial Field는 일반적인 방사형보다 짧은 자속 경로를 가지고 있어 높은 토크와 효율을 가지며 샤프트의 길이를 줄여 출력을 향상시키며 인휠 모터로 사용할 수 있다. 또한, 분절 회전자를 사용하여 무게와 철손이 감소한다.

하지만 Single Stator AF 12/10 SRM은 기구적으로 불안정하다는 단점이 있어 이중 고정자 AF 12/10 SRM을 설계하여 특성을 비교하였다. 이중 고정자의 슬롯 형상을 사다리꼴의 형상으로 설계하여 기존의 직사각형 형상보다 높은 토크를 가지게 하였다. 두 개의 형상에서 자속밀도는 같지만 사다리꼴 형상은 자속의 흐름을 회전자 방향으로 집중시켜 모터의 토크를 증가시켰다.

고정자 폴의 형상만 변형하면 슬롯의 면적이 줄어들지만, 슬롯의 면적을 유지하면서 설계를 하였다. 이를 비교하기 위해

유한요소해석(FEA)을 수행하였다.

2. 고정자 설계

2.1 고정자 슬롯 설계

제안된 이중 고정자 횡축 12/10 SRM의 슬롯 형상은 자속밀도는 동일 하지만 고정자 폴에 흐르는 자속의 흐름을 회전자 쪽으로 집중시켜 토크와 효율을 증가시키는 것이다. 그림 1은 기존의 고정자 형상인 직사각형 형상이다.

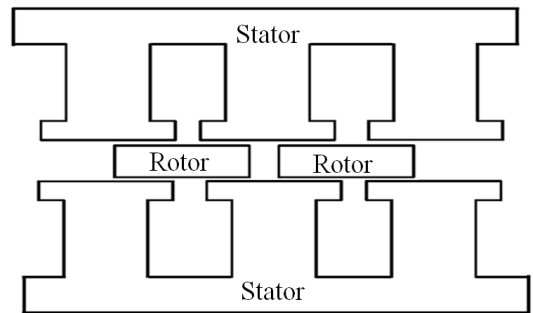


그림 1 기존의 이중 고정자 횡축 SRM
Fig. 1 Conventional Double Stator AF SRM

그림 2는 제안된 이중 고정자 횡축 SRM의 슬롯 형상을 설계한 그림이다.

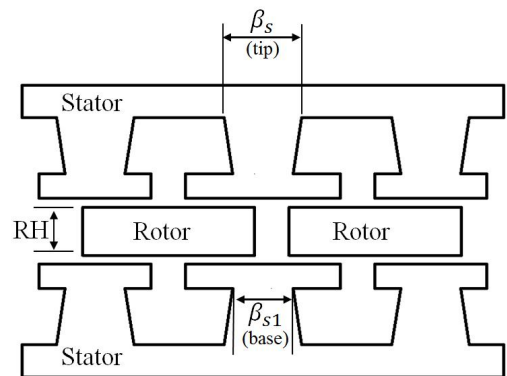


그림 2 제안된 이중 고정자 횡축 SRM
Fig. 2 Modified Double Stator AF SRM

β_s (tip)와 β_{s1} (base)의 비를 조정하여 자속의 흐름을 회전자 쪽으로 집중 시킨다. 양쪽의 고정자에서 자속이 흘러 회전자 높이 RH에 집중이 되어 Single Stator AF 12/10 SRM의 회전자 보다 높이를 증가 시킨다. 주 극과 보조극의 고정자 폴이 다른 이유는 주 극의 자속의 흐름을 더 집중 하는 것과 슬롯 면적을 유지하기 위해서이다.

2.2 제안된 모터 특성

표 1은 제안된 모터와 Conventional 12/8 SRM, Single Stator AF 12/10 SRM의 설계치수를 나타낸다. 공극은 0.25mm, 한 상당 10턴, 슬롯 필팩터는 0.3%로 설계하였다. 3개의 모터를 비교하기 위해 외경, 스택 길이를 동일하게 하였으며 3상으로 설계를 하였다.

표 1 모터 치수
Table 1 Motor Dimension

Parameter	Conventional 12/8 SRM	Single Stator AF 12/10 SRM	Modified AF 12/10 SRM
Number of Phase	3	←	←
Outer Radius(mm)	52	←	←
Stack length(mm)	35	←	←
Air gap(mm)	0.25	←	←
Stator pole arc(°)	14	32	36.5/23
Rotor pole arc(°)	16	31	38
Turn per Phase	5*2	10	5*2
Slot fill factor(%)	0.3	←	←

그림 3는 FEA해석을 하여 3개의 모터 토크를 비교한 그림이다. 최대 전류 110A에서 해석한 토크 그래프이며 제안된 모터가 가장 높은 토크가 나온 것을 확인하였다. 그림 4는 이중 고정자 횡축 12/10 SRM의 속도 변화에 따른 해석 결과이다.

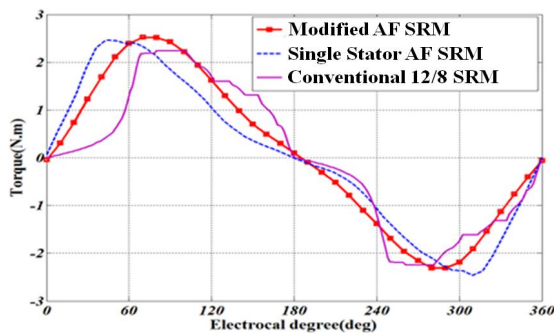


그림 3 모터 토크 비교
Fig. 3 Comparison of motor torque

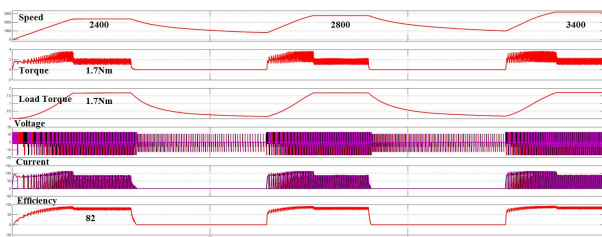


그림 4 속도 변화에 따른 이중고정자 횡축 12/10 SRM
Fig. 4 Double Stator AF 12/10 SRM Speed variation

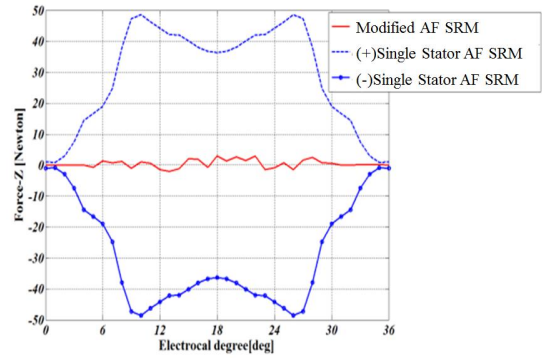


그림 5 Z축 힘 비교
Fig. 5 Z Axial force

그림 5는 제안된 이중 고정자와 Single Stator AF SRM의 Z축 포스를 비교한 그림이다. 표 2는 외부 회로를 이용하여 속도, 토크, 철손을 해석하여 나온 값이다.

표 2 모터 특성 해석
Table 2 Character analysis Motor

Parameter	Conventional 12/8 SRM	Single Stator AF 12/10 SRM	Modified AF 12/10 SRM
Rated Speed(RPM)	2800	←	←
Rated Torque(N.m)	1.71	←	←
Core Loss(W)	37.1	52.2	30.8
Copper Loss(W)	82.05	74.38	76
Output power(W)	501.3	307.8	498.5
Input Power(W)	620.45	434.8	605.3
Efficiency(%)	80.8	70.8	82.4

3. 결론

본 논문에서는 새로운 이중 고정자 횡축 12/10 SRM을 설계하여 특성을 비교하였다. 제안된 이중 고정자는 고정자 폴의 형상을 변경하여 자속의 흐름을 회전자 방향으로 집중시켜 기존의 이중 고정자와 Conventional 12/8, Single Stator AF 12/10 SRM보다 높은 토크를 얻었다. Single Stator AF 12/10 SRM은 기구적으로 불안정하다는 단점을 보완하여 제안된 이중 고정자 횡축 12/10 SRM을 설계하였고 해석한 그림 5로 제안된 모터가 기구적으로 안정적이라는 것을 확인하였다. 추후 제안된 모터를 제작하여 특성을 시험 할 것이다.

본 연구는 2016년도 산업통산자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 에너지인력양성사업으로 지원받아 수행한 인력양성 성과입니다. (No. 2016010200940)

참고 문헌

- [1] Yong Ho Yoon, "Radiator Cooling Fan System by Switched Reluctance Motor for Automobiles", 전기학회논문지, pp. 235 240, 2009, September.
- [2] W Bo, "Design and Characteristic Analysis for a Novel Axial Field SRM with Single Teeth and Segmental Rotor" KIEE, pp. 945 946, 2013, Apr