

자기회로 형상 변화에 따른 SRM의 특성

김태형, 김홍근*, 안진우
 경성대, 경북대*

A Characteristics of SRM due to Shape of Magnetic Circuit

Tae-Hyoung Kim, Heung-Geun Kim*, Jin-Woo Ahn
 Kyungsung Univ., Kyungpook National Univ.

ABSTRACT

In this paper, design and performance analysis of switched reluctance motor(SRM) according to shape of its magnetic circuit are researched. The parameters which are sensitive to the performance are examined and selected to have good performances. Some effective guide lines to have a good performance motor are suggested. Prototype machines are constructed to compare with the simulated and tested results.

1. 서론

스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor, 이하 SRM)는 고정자 극에만 권선이 위치한 집중권 전동기구조로 SRM은 단위면적당 발생토크가 크고 구조가 간단하여 전동기 구조상 경제적인 장점과 제작이 용이하며, 최근 고용량 전력소자의 개발 및 저가격화로 인하여 SRM의 적용에 대한 연구가 활발해 지고 있다.

이러한 실정에 비하여 SRM의 설계 시 각 파라미터에 따른 자기회로의 변화가 크게 발생한다. 따라서 각 설계 파라미터에 따른 자기회로의 변화와 그에 따른 성능의 파악은 중요하다. 자기회로 형상의 설계에 성능파악은 실제 고효율 고성능의 SRM 개발에 필수적인 자료라고 하겠다.

이에 본 논문에서는 SRM의 각 설계 파라미터를 변화시켜 그 형상변화에 따른 성능변화를 분석하고자 한다. 설계 파라미터 각 부분은 자기회로에 변화를 주므로, 설계 시 참고할 수 있는 범위를 제공하는데 목적을 두고 있다. 6000[rpm] 3.5[Kw]급 전동기를 예로 선정하여 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 기준전동기의 설계

표 1. 설계식에 의한 전동기 파라미터

Table 1. Design parameters according to conventional design

파라미터	6/4	12/8
Dia. stator[mm]	167.22	146.69
Dia. rotor[mm]	83.61	83.61
Stack Length[mm]	83.61	83.61
Airgap[mm]	0.25	0.25
N_r	4	8
N_s	6	12
Phase	3	3
Rotor pole arc[deg.]	30	16
Stator pole arc[deg.]	32	15
Stator yoke[mm]	15.47	7.32
Dia. shaft[mm]	33.13	56.45

본 연구에서는 일반적인 근거 제시를 위하여 현재 제시되어 있는 설계이론을 바탕으로 시뮬레이션을 수행하게 될 6000[rpm], 3.5[KW]급 12/8극과 6/4극의 전동기를 설계하였다[1]. 설계된 전동기의 규격은 표 1과 같으며, 제시된 전동기의 시뮬레이션 성능은 표 2와 같다.

표4. 설계식에 따른 전동기의 시뮬레이션 결과

Table 4. Simulation results of prototype motor

Motor	6/4	12/8
Output [Kw]	4.10	3.52
Efficiency [%]	89.65	84.23
Torque [Nm]	6.52	5.60

3. 설계 파라미터에 따른 성능 시뮬레이션

3.1 극호각에 따른 성능

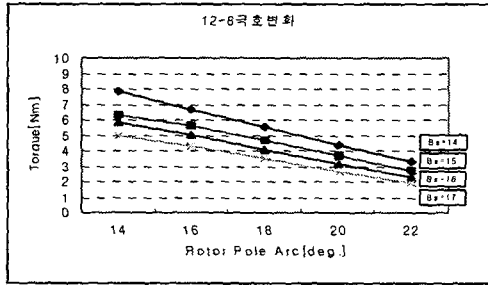
SRM에서의 극호각의 변화를 위해서는 아래의 몇 가지 사항에 관해 유념하여야 한다[2][3][4].

$$\beta_r \geq \beta_s \quad (1)$$

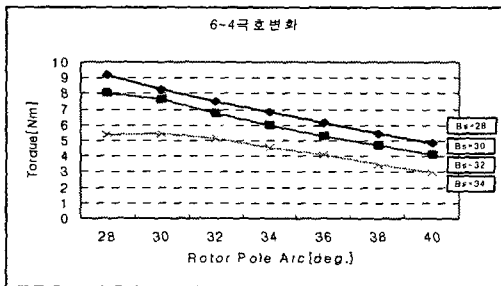
상여자 시 전구간에서 토크발생을 위해서는 식(2)와 같은 조건을 만족해야 한다. 비정렬 위치상에서 상여자 시 고정자극과 회전자극이 대면하는 영역이 없다면 자기기동이 불가능하게 된다.

$$\text{Min}(\beta_r, \beta_s) \geq \varepsilon \quad (2)$$

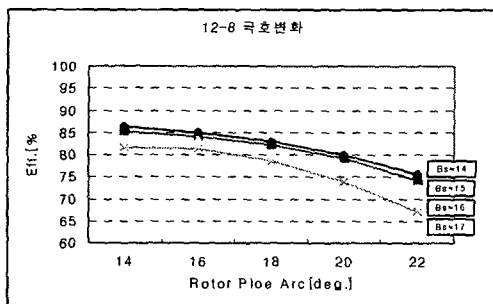
제시된 조건을 바탕으로 시뮬레이션을 하였으며 시뮬레이션 결과를 극호각 대 스트로크각의 비율로 환산하여 아래 그림1과 같이 나타내었다.



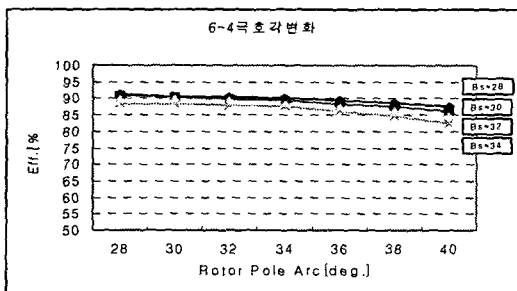
(a) torque(12/4)



(b) torque(6/4)



(c) Efficiency(12/4)



(d) Efficiency(6/4)

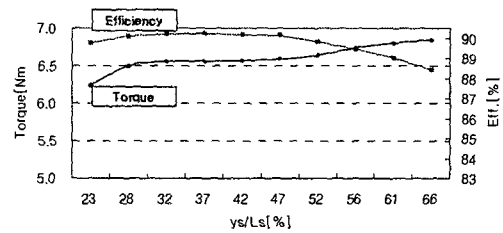
그림 1. 극호각 변화에 성능

Fig. 1 Performance according to stator and rotor pole arc

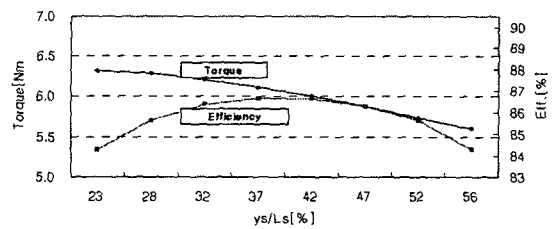
이 결과는 식(1)이 12/8극, 6/4극에서 적합하게 적용됨을 보여준다. 회전자와 고정자의 극호각 중 동일한 인덕턴스 구간을 가지더라도 회전자의 극호가 큰 쪽이 슬롯영역의 확보뿐만 아니라 토크, 출력, 효율 면에서 고정자 극호가 큰 쪽보다 유리하다는 것을 알 수 있다. 또한 그림[a]와 [b]영역에서 각 극호각과 스트로크각과의 비가 1보다 작은 구간은 모든 출력요소에서 높은 값을 나타내었으나 자기기동이 되지 않는 구간이 발생하게 된다. 시뮬레이션 결과 회전자 극호가 고정자 극호에 비해 10[%]정도 큰 것이 양호한 특성을 보였다.

3.2 고정자 요크 두께에 따른 성능

출력방정식에 의하여 회전자 직경은 토크에 직접적인 영향을 주므로 동일한 속도에서 동일한 출력을 얻기 위해서는 회전자 직경의 크기가 변하여서는 안 된다. 그러므로 크기가 고정된 고정자 외경과 회전자 외경에서 고정자 요크를 변화시킬 경우 고정자의 극높이도 변화시켜야 한다.



(a) 6/4 pole



(b) 12/8 pole

그림 2. 고정자 요크 두께에 따른 성능

Fig. 2 Performances according to stator yoke

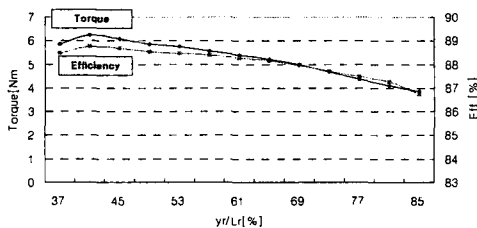
그림2는 고정자 외경에서 고정자 내경을 제외한 길이 L_s 가 일정한 조건에서 고정자 요크의 크기 변화에 따른 출력을 나타낸 것이다.

시뮬레이션 결과 6/4극 SRM과 12/8극 SRM의 특성변화가 크게 다르게 나타났다. 그러나 설계식에 의해 산정되었던 고정자 요크의 값에서 6/4극의 경우 효율과 토크 모두가 다른 지점에 비하여 좋게 나타났으며, 12/8극의 경우 다른 지점에 비하여 토크의 크기가 요구치에 만족하게 나타났다. 또한 12/8극 경우 효율 면에서 선정되었던 지점이 다소

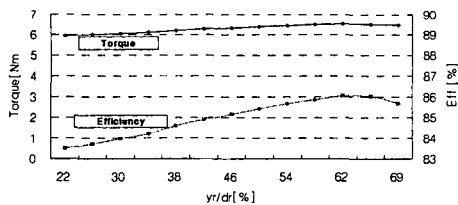
낮게 나타났으나 다른 지점의 효율과 큰 차이를 보이지는 않았다. 이에 실험식에 의해 제시되었던 고정자 요크의 비율이 유효함을 알 수 있었다.

3.3 회전자 요크 두께에 따른 성능

3.2절에서 밝힌 바와 같이 회전자의 직경은 토크에 직접적인 영향을 미치므로 본 절의 시뮬레이션에서도 회전자의 크기는 고정된 상태에서 회전자의 요크만을 변화하여 그 성능을 변화를 시뮬레이션하였으며, 그 결과를 그림 3에 나타내었다. 시뮬레이션 결과 설계식에서 회전자 요크 두께는 고정자 요크 두께를 시뮬레이션 하였을 때와 같이 상이한 결과를 보였다. 그러나 성능 면에서 토크 요구치에는 6/4극과 12/8극 전동기가 모두 만족하였다. 여기서 L_r 은 회전자의외경에서 회전자축직경을 제외한 길이를 의미한다.



(a) 6/4 pole



(b) 12/8 pole

그림 3. 회전자 요크두께에 따른 성능

Fig. 3 Performances according to rotor yoke

5. 결 론

본 논문에서는 SRM의 설계 파라미터의 조정에 따른 성능의 변화를 분석하였다. 이에 설계식에 의한 산출방법을 보이고, 유효범위를 제시하였다. 그리고 제시된 유효범위 내에서 각 파라미터의 값을 변경하면서 시뮬레이션 성능의 특성변화를 파악하였다. 이 결과를 바탕으로 각 파라미터간의 비율로 우수한 성능을 가지는 범위를 제시하였다. 이를 증명하기 위해 제시된 각 유효범위 내에서 적절히 설계 파라미터를 조합하여 시작기를 설계하고, 그 성능을 시뮬레이션 하였으며 결과를 바탕으로 시작기를 제작하여 실험하였다.

실험결과 제작된 제시된 범위 내에서 제작된 전동기는 요구성능에 만족할 수 있었으며 이를 통하여 제시된 범위의 유효함을 증명하였다.

본 연구는 과학재단 목적기초연구(No. R01-2001-0000300-0) 지원에 의해 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] Harris, M. R. and Miller, T.J.E., "Comparision of design and performance parameters in switched reluctance and induction motors. IEEE Fourth International", Conference on Electrical Machineds and Drives, 13-15 September, 1991, 303-307
- [2] P. J. la wrenson, J. M. Stephenson and P. T. Blenkinsop et al, "Variable-speed Switched Reluctance Motors", IEE Proc. B, vol.127, no.4, 1980
- [3] P. Hammond, T.J.E Miller, S. Yamamura, "Switc hed Reluctance Motors and their control", Magna physics publishing and clarendon press, 1993
- [4] R. Krishnan, R. Arumugam, and J.F. Lindsay, "Des ign procedure for switched-reluctance motors", IEEE transe. on industry appl. 24(3), 456-461, 1988.
- [5] R. Krishnan, "Switched Reluctance Motor Drive- Modeling, Simulation, Analysis, Design, and Applications", CRC Press, 79-149.
- [6] 안진우, "스위치드 릴럭턴스 전동기",오성미디어, 2004
- [7] 김태형, 문재원, 안진우, "SRM의 설계파라미터 변환에 따른 성능해석", 대한전기학회 전기기기 및 에너지 변환시스템학회 추계학술대회, 2003.10.
- [8] 김태형, 문재원, 안영주, 안진우, "설계변수 조정에 의한 SRM의 성능특성", 대한전기학회 부산울산경남지부 합동학술대회, 2003.11.