

세탁기용 외전형 SRM의 특성해석

박보량, 김아란, 안진우, 이동희
경성대학교 메카트로닉스 공학과

Characteristic Analysis of Outer-Rotor Type SRM for Washing Machines

Bo Ryang Park, A Ran Kim, Jin Woo Ahn, Dong Hee Lee
Dept. of Mechatronics Engineering, Kyungsung Univ.

ABSTRACT

본 논문에서는 세탁기의 DD Motor로 사용되고 있는 BLDCM을 대신하여 세탁기의 부하에 따른 세탁모드와 탈수모드의 특징에 만족시키는 외전형 SRM을 설계하였다. 이와 같은 특징을 고려하여 외전형 SRM의 극 조합으로 12/8, 18/12, 36/24 극에 대해 설계하고 유한요소해석법을 통해 외전형 SRM의 특성을 해석하였다.

본 논문에서는 세탁기용 전동기에 알맞은 구조로 18/12극이 적절한 것으로 평가되었다.

I. 서론

최근에 생활패턴 변화에 따라 세탁기의 저소음화를 요구하여 종래에 사용되는 풀리를 이용하여 전동기의 토크를 벨트로 연결하여 세탁하는 방식이 아닌 기어 및 벨트를 제거한 직접 구동방식이 사용되는데 이때 필요한 전동기를 Direct Drive(DD) Motor라고 부른다. DD Motor는 기어 및 벨트가 없어 기계음과 진동이 줄어들고 효율이 증가하게 된다. 현재 DD Motor 방식으로 사용되는 세탁기에 주로 사용되는 모터는 BLDC 모터가 큰 비율을 차지하고 그 외에 IPMSM, 3상 유도기 등이 현재 연구되어지고 있다.

가전분야 및 산업분야에서의 용용에 대한 관심이 높아지고 있는 SRM(Switched Reluctance Motor)은 구조의 단순성, 경제성, 기계적인 견인성과 단순한 전력변환기, 고속운전 특성을 가지고 있다. 특히 고속 운전 특성을 요구하는 송풍기 및 팬과 같은 응용분야에서 SRM을 이용하여 활용이 점점 증가되고 있다.

본 논문에서는 DD Motor로 요구되는 세탁기의 저속 고투크인 세탁모드와 고속 저토크인 탈수모드, 이 두 가지 모드의 조건을 만족시키는 특성을 가진 외전형 SRM으로 선정하였다. 선정된 SRM을 통해 극수에 따른 모터의 효율과 모터의 출력, 그리고 토크 리플을 비교해 보고자 하였다

II. 외전형 SRM의 특성해석

1.1 세탁기 운용 모드

세탁기용 전동기를 설계 할 때에는 세탁기의 부하 특성을 파악한 후 설계한다. 세탁기에서 사용되는 두 가지 모드는 다음 표1과 같이 세탁을 하는 Washing mode와 탈수를 하는 Spinning mode가 있다.

표 1 세탁기 운용 모드

Table 1 The operation mode of washing machines

MODE	Speed[rpm]	Torque[N m]
Washing	45	20
Rating*	100	20 / 40(max)
Spinning	1500	2~3

Rating* 설계에 적용한 정격

2.1 Outer Diameter

현재 사용되어지고 있는 DD Motor의 사이즈는 최대 300mm로 연구되고 있다. 이를 만족시키며 세탁기의 운용모드 중 다수의 시간을 차지하는 Washing mode를 기준으로 하되 두 가지 모드를 동시에 만족할 수 있는 Rating Speed 100rpm을 선정하여 Outer Diameter를 설계하였다.

Outer Diameter는 다음 식(1)에서 선정하였다.

$$D = \sqrt[3]{\frac{P_d}{k_e k_d k_1 k_2 B A_s N_r}} \times 1000 \quad (1)$$

$$D_{outer} = D/0.53 \quad (2)$$

여기서, P_d 는 출력, k_e 는 효율, k_d 는 듀티사이클, k_1 는 상수, k_2 는 인덕턴스 기울기 비, B 는 자속밀도, A_s 는 전기적인 부하, 그리고 N_r 은 속도이다.

위의 계산식에 의해 Outer Diameter는 232mm로 선정하였다. 다음 표 2는 제안된 외전형 SRM의 Spec.을 보여준다.

표 2 제안된 외전형 SRM의 Spec.

Table 2 Design Spec. of Proposed Outer Rotor SRM

Parameter	Value[Unit.]	Parameter	Value[Unit.]
Motor Structure	Outer Rotor	Rated Torque	20 [N.m]
Rated Voltage	AC 220 [V] DC 280 [V]	Max Torque	40 [N.m]
Outer Diameter	232 [mm]	Rated Speed	100 [rpm]
Stack Length	50 [mm]	Max Speed	1500 [rpm]

2.2 외전형 SRM 극 조합 설계

각각 극 조합에 따라 외전형 SRM의 Outer Diameter의 치수, 회전자, 고정자의 Pole Arc, Yoke를 설계하였다. 회전자, 고정자의 Pole Arc, Yoke의 값은 다음 식(3), (4), (5), (6)을 통

해 선정하였다.

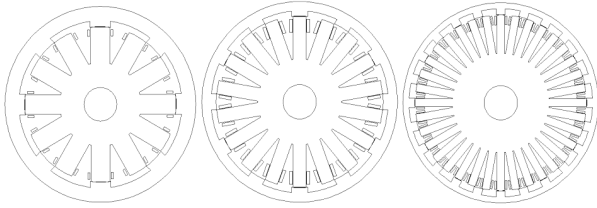
$$Pole\ arc_{Rotor} = 2(D_{Outer})\sin\left(\frac{\beta_r}{2}\right) \quad (3)$$

$$Pole\ arc_{Stator} = 2(D_{Outer} + Air\ gap)\frac{\beta_s}{2} \quad (4)$$

$$Yoke_{stator} \geq 0.7Pole\ arc_{stator} \quad (5)$$

$$Yoke_{Rotor} \geq 0.7Pole\ arc_{Rotor} \quad (6)$$

설계된 외전형 SRM은 다음 그림1에 나타난다.



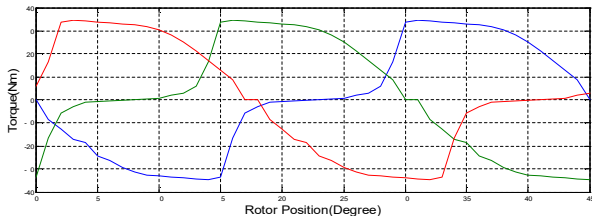
(a) 12/8극 (b) 18/12극 (c) 36/24극

그림1 외전형 SRM의 극 조합

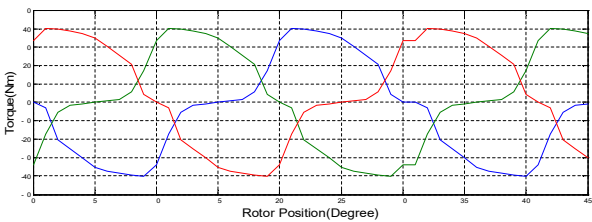
Fig.1 Pole combination of Outer rotor type SRM

2.3 설계된 외전형 SRM 토크 프로파일

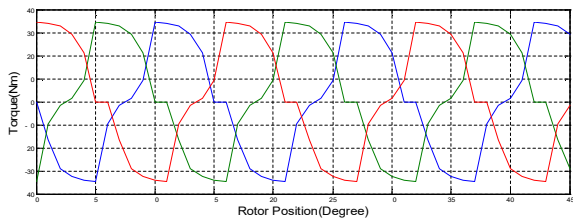
제안된 외전형 SRM이 세탁기의 Washing mode에서 Rated speed 100rpm이고 정격전류가 4A일 때, 유한요소 해석법을 통해 얻은 토크 프로파일은 아래의 그림2와 같이 나타난다.



(a) 12/8 극



(b) 18/12 극



(c) 36/24

그림 2 외전형 SRM의 토크 프로파일

Fig.2 Torque profile of Outer-rotor type SRM

그림2의 토크 프로파일을 보면, 내전형 SRM의 특성과 같이 극 조합이 늘어날수록 토크리플이 줄어들음을 보여준다. 아래의 표 3에서 극 조합에 따라 A Turn이 다르기 때문에 최대토크는 서로 다른 값을 나타내고 있다. 이를 토대로 극 조합이 많은 외전형 SRM보다는 극 조합이 적은 외전형 SRM이 고속에서도 유리함을 알 수 있었다.

표 3 극 조합에 따른 최대토크, 최소토크 그리고 평균토크
Table 3 Max Torque, Min Torque and Average Torque of Difference Pole combination

Stator	Rotor	Max Torque	Min Torque	Average Torque
12	8	26.143	6.919	21.195
18	12	30.260	3.819	22.225
36	24	21.359	2.778	19.341

아래의 그림3은 설계된 값을 CAD를 이용해 계산한 효율을 나타낸 것이다.

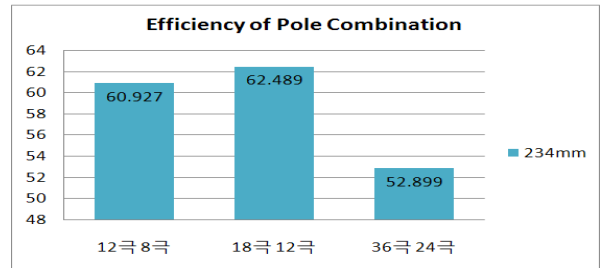


그림 3 외전형 SRM의 극 조합에 따른 효율

Fig 3 Efficiency of difference Pole combination

모터에서 극수가 증가할수록 토크 리플이 작아지면서 효율이 증가한다. 하지만 그만큼 철심도 증가하게 된다. 따라서 36극 24극 모터에서는 극수에 따른 효율 증가보다 철심이 더 크므로 전체 모터 효율은 감소됨을 알 수 있었다.

III. 결론

본 논문에서는 세탁기용 DD Motor에서 필요로 하는 세탁 모드와 탈수모드의 성능을 고려하여 외전형 SRM을 선정하고 외전형 SRM을 세탁기 부하모드를 고려하여 기초설계부터 Outer Diameter, 극 조합, 고정자, 회전자의 Pole Arc, Yoke를 선정하여 모터의 출력과 토크 특성을 유한요소해석법을 통해 살펴보았다.

본 논문에서 설계된 외전형 SRM의 모터의 출력과 토크특성 결과를 통해 극 조합이 18/12인 경우에 세탁기용 전동기인 DD Motor로써 사용가능성이 높음을 보여주고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 안진우 저 “스위치드 릴럭턴스 전동기”
- [2] Anton Dianov, Sang Taek Lee, “Novel IPMSM drive for compact washing machine”, 31st International Telecommunications Energy Conference, 2009. PP(s): 1 7 2009.10.