

15kW 급 인휠 구동용 희토류 저감형 영구자석 전동기 설계 및 특성 해석

Design and Characterization of 15kW Class Less Rare-Earth PM Motor for In-Wheel Drive

*#정시욱, 김종무, 우병철, 홍도관, 이지영, 정연호

*#S. U. Chung(suchung@keri.re.kr), J. M. Kim, B. C. Woo, D. K. Hong, J. Y. Lee, Y. H. Jeong
한국전기연구원 전동력연구센터

Key words : Consequent pole, direct drive, in-wheel, less rare-earth, outer rotor, permanent magnet

1. 서론

인휠(In-wheel) 전동기는 전기자동차의 차륜을 직접 구동하기 위해 차륜 내부 공간에 장착되는 직접 구동 전동기이며, 직접 구동 방식을 통해 파워트레인의 제거가 가능하여 전체 효율 향상이 가능하고 회생 제동을 통한 효과적인 에너지 회수가 가능한 등의 장점을 제공한다. 일반적으로 전기자동차 구동용 전동기는 차량의 주행거리 향상을 위해 높은 효율과 함께 넓은 운전 속도 범위에서 구동이 가능하여야 한다. 특히 in-wheel 전동기는 큰 토크를 만들어 내어야 하기 때문에 직경이 크며, 이에 따라 회전자에 다량의 희토류계 영구자석이 사용된다. 최근의 희토류 가격 문제등은 인휠 전동기의 저가격화에 걸림돌로 간주되고 있다.

본 논문에서는 희토류 저감을 위해 제안되었던 CP 회전자 구조의 표면 부착형 영구자석 전동기(Consequent Pole Surface Permanent Magnet Motor, CPSPMSM)를 설계하고 특성 해석을 통해 15kW 급 인휠 전동기로서의 가능성을 검토하고 있다 [1].

2. 희토류 저감형 영구자석 전동기 설계 및 특성 해석

인휠 전동기는 차륜 내부에 장착하는 특성상 박형 구조를 가지면서, 출력 토크를 효과적으로 증대시킬 수 있는 구조가 필요하며, 본 논문에서는 20극 24 슬롯 외전형(outer rotor) CPSPMSM을 설계하였다. CP

회전자 구조는 총 영구자석의 사용량을 줄일 수 있는 장점과 함께, 약계자 제어 성능을 향상시킬 수 있는 가능성이 있으므로, 넓은 정출력 영역이 필요한 전기자동차용 구동 전동기로서 경제적인 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 1은 제안한 전동기의 외형 치수를 나타내고 있으며, 고정자의 적층 길이는 55mm, 회전자 적층 길이는 영구자석의 overhang을 고려하여 57mm로 설계하였으며, 기계적인 공극은 0.8mm이다.

Fig. 2는 대상 전동기의 유한요소해석(Finite Element Analysis, FEA) 결과이며, Fig. 2(a)와 (b)를 통해서 낮은 코깅 토크와 정현적인 역기전력(107.8V_{rms}) 특성을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. Fig. 2(c)는 토크와 인가 전류와의 관계를 도시하고 있다. Fig. 2(d)에서는 15kW 출력시 인가 전류 및 전류각을 회전수에 따라 분석한 것으로, 800RPM까지 운전이 가능함을 해석적으로 확인하였다.

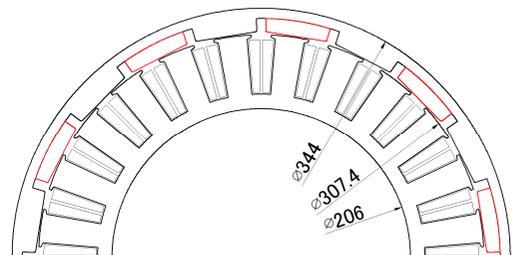
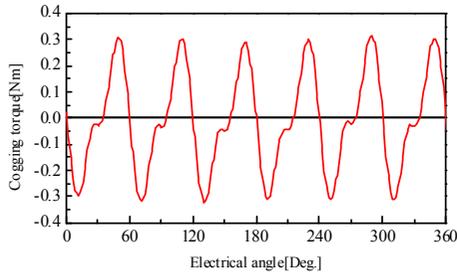
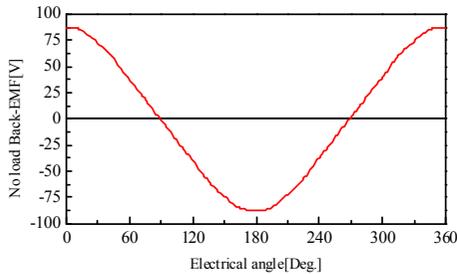


Fig. 1 Outer dimensions of 20pole-24slot outer rotor CPSPMSM

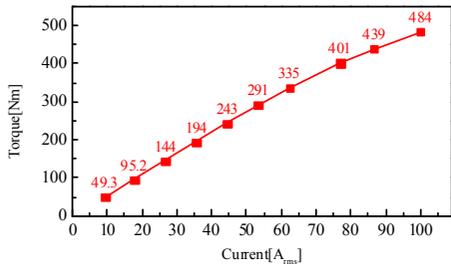
Fig. 4 는 유한요소해석을 통해 산출된 효율맵이며 최대 효율은 96%이상이고, 주운전 범위로 판단되는 400~600RPM, 7.5kW 이하 출력 영역에서의 효율이 특히 우수할 것으로 기대된다.



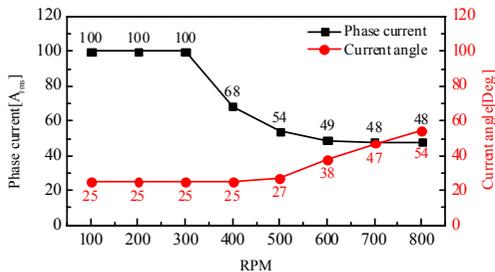
(a) Cogging torque



(b) Back-EMF at 300RPM



(c) Torque vs. current



(d) Current and current angle vs. RPM at 15kW

Fig. 3 FEA results

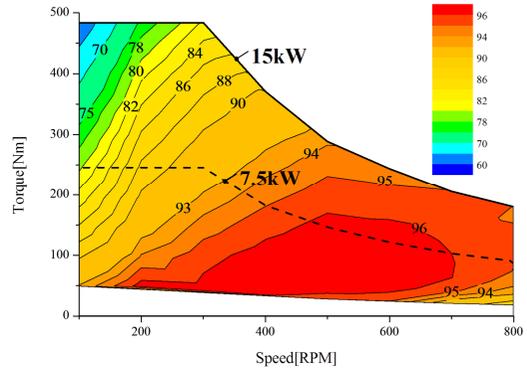


Fig. 4 Efficiency map

3. 결론

본 논문에서는 15kW 급 in-wheel 구동용 전동기로서 20 극 24 슬롯 구조의 희토류 저감형 영구자석 전동기를 설계하고 특성 해석을 수행하였으며, 향후 시제품 제작 평가를 통해 설계, 해석의 타당성을 검증할 계획이다.

참고문헌

1. S. U. Chung, et al, "Fractional Slot Concentrated Winding Permanent Magnet Synchronous Machine With Consequent Pole Rotor for Low Speed Direct Drive," IEEE Trans. Magn., vol. 48, no. 11, pp. 2965-2968, Nov. 2012.