

# 분수 슬롯 구조의 다극 직구동 전동기 개발

## Development of Fractional Slot Permanent Magnet Motor for Direct Drive

\*#정시욱<sup>1</sup>, 김종무<sup>1</sup>, 구대현<sup>1</sup>, 우병철<sup>1</sup>, 전연도<sup>1</sup>, 홍도관<sup>1</sup>, 이지영<sup>1</sup>

\*\*S. U. Chung<sup>1</sup>(suchung@keri.re.kr), J. M. Kim<sup>1</sup>, D. H. Koo<sup>1</sup>, B. C. Woo<sup>1</sup>

Y. D. Chun<sup>1</sup>, D. K. Hong<sup>1</sup>, J. Y. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국전기연구원 전동력연구센터

Key words : Consequent pole, direct drive, fractional slot, permanent magnet

### 1. 서론

직구동 전동기는 원리적으로 기계적 변환 장치가 없으므로 전체 구조가 간단해지고, 정밀도, 속도, 전체 효율 향상 및 유지 보수 문제의 해결과 같은 장점을 제공한다. 이러한 직구동 전동기는 저속에서 큰 토크를 발생시키고 토크 맥동 저감을 위해 다극 구조가 채용된다 [1].

본 논문에서는 44극 48슬롯 구조의 저속 고토크 직구동 전동기 개발에 대한 내용을 다루고 있으며, 고가격의 희토류 영구자석 사용량 절감을 위한 consequent-pole(CP) 구조의 회전자를 적용한 형태도 함께 설계, 제작 평가하였다 [2].

### 2. 분수 슬롯 다극 전동기 설계/제작/평가

분수 슬롯 전동기는 영구자석 극당 슬롯의 수가 분수인 슬롯 구조를 가지는 전동기를 의미한다. 본 논문에서는 290Nm-300RPM급 표면 부착형 영구자석 전동기(Surface Permanent Magnet Synchronous Motor; SPMSM)를 설계, 해석하였으며, 영구자석 사용량을 저감한 CP 회전자 구조의 CPSPMSM의 특성도 함께 비교하였다.

Fig. 1은 개발된 전동기의 권선 배치와 회전자 형상을 나타내고 있으며, 두 형태의 전동기는 각각 정격(전류밀도= $5A_{rms}/mm^2$ )에서 토크 최대화 및 영구자석 사용량을 최소화하는 것을 목적함수로 하여 유한요소법과 반응표면법을 이용하여 최적화하였다.

CPSPMSM은 구조적으로 SPMSM 대비 영구자석 사용 개수는 절반이며, 영구자석

총량은 33% 저감한 형태이다. 두 전동기 모두 토크 맥동 저감을 위하여 고정자에 극 간격의  $1/3(=2.73^\circ)$  만큼 스류를 적용하였다.

Fig. 2는 유한요소해석에서 계산된 무부하 역기전력을 비교하고 있으며, CPSPMSM의 이 SPMSM과 동등 수준의 무부하 역기전력 특성을 가짐을 확인할 수 있다. Fig. 3에서는 전류밀도 변화에 따른 평균 토크를 비교한 것으로, CPSPMSM이 정격의 2배 범위내에서 SPMSM 대비 평균 94.2% 토크를 발생시킬 수 있음을 확인하였다. Fig. 4는 제작된 시제품을 보여주고 있으며, Fig. 5는 제작된 시제품의 부하에 따른 효율 곡선을 나타내고 있으며, 2가지 형태 모두 정격 구동 상황에서 90% 이상의 효율을 달성할 수 있음을 확인하였다.

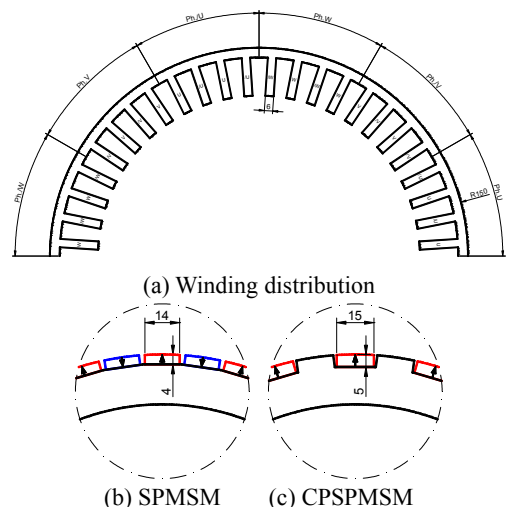
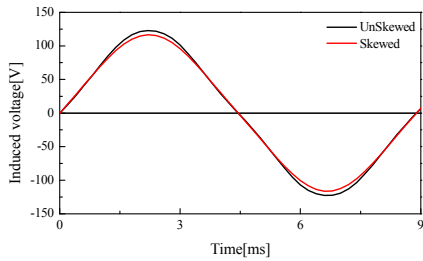
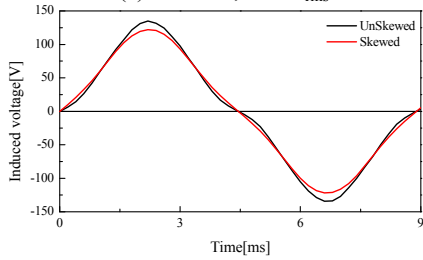


Fig. 1 Dimensions of 44pole-48slot fractional slot permanent magnet motors for direct drive



(a) SPMSM, 80.5V<sub>rms</sub>



(b) CPSPMSM, 79.2V<sub>rms</sub>

Fig. 2 No load back-EMF comparison

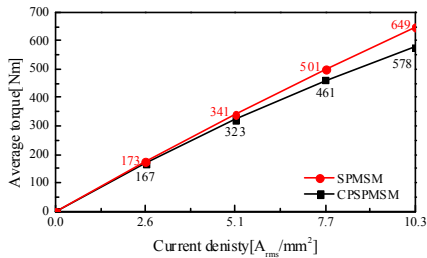
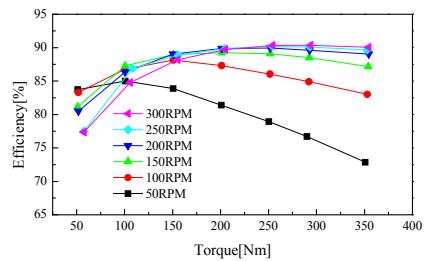
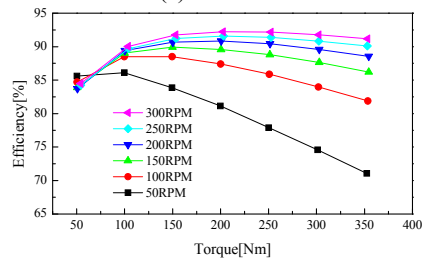


Fig. 3 Average torque comparison



(a) SPMSM



(b) CPSPMSM

Fig. 5 Measured efficiency comparison

### 3. 결론

본 논문에서는 44극 48슬롯 구조의 SPMSM과 CPSPMSM의 특성을 비교하였고, 제작된 시제품의 성능평가를 통해, 직구동 전동기로서의 가능성을 검토하였다. 영구자석 사용량 저감의 관점에서 CPSPMSM은 경제적인 직구동 전동기로 활용 가능할 것으로 판단된다.

### 후기

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(과제번호 10033216)입니다.

### 참고문헌

1. T. M. Jahns, "The expanding role of PM machines in direct-drive applications," in Proc. 2011 Intl. Conference on Electrical Machines and Systems(ICEMS'2011), pp. 1-6, Beijing, China, Aug. 2011.
2. S.U. Chung, H.J. Lee, B.C. Woo, J.W. Kim, J.Y. Lee, S.R. Moon, and S.M. Hwang, "A Feasibility Study on a New Doubly Salient Permanent Magnet Linear Synchronous Machine," IEEE Trans. Magn., Vol. 46, No. 6, pp. 1572-1575, June 2010.

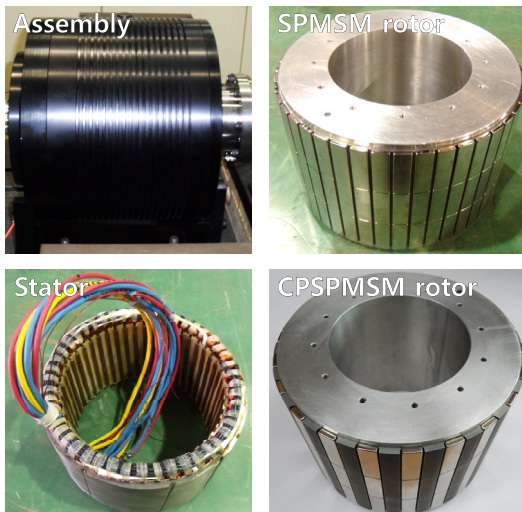


Fig. 4 Prototypes : SPMSM and CPSPMSM