

전동휠체어용 휠 내장형 구동장치 개발

Development of In-wheel driving mechanism for Electric Wheelchairs

*김용철, #홍용표, 김규석, 류계형, 문무성

* Y. C. Kim, # E. P. Hong(ephong@korec.re.kr), K. S. Kim, J. C. Ryu, M. S. Mun

재활공학연구소

Korea Orthopedic & Rehabilitation Engineering Center

Key words : electric wheelchairs, motorized wheelchairs, power wheelchair, In-wheel driving mechanism

1. 서론

최근 전기 자동차의 구동시스템에 쓰이는 휠 내장형 구동장치(in-wheel driving system)기술은 공간 확보, 단순한 구조, 휠 탈착 및 고효율화가 필요한 수동운전이 가능한 전동 휠체어(약칭, 수전동 휠체어, electric wheelchairs capable of manual propulsion)에 적용되고 있는 기술이다. 수전동 휠체어는 수동휠체어의 장점과 전동휠체어의 장점을 모두 구비한 휠체어로써 기존 휠체어에 비해 무게를 1/4로 줄이고, 차체 모듈화를 통하여 장거리 이동시 승용차에 탑재가 쉬우며, 장거리 및 힘로의 주행시 전동구동과 수동구동을 적절히 활용하여 사용자의 편리성을 극대화하였다.[1]

수전동 휠체어용 휠 내장형 구동장치는 24 인치 구동 휠에 모터, 감속기, 드라이버, 브레이크를 내장하여 차체로부터 원터치 탈착이 가능하도록 설계한 것이 핵심기술이다. 또한 DC모터를 사용하는 일반 전동휠체어는 저속 및 정역운전이 많아 내구 수명이 매우 짧다.

본 논문의 수전동 휠체어는 내구성을 높일 수 있는 PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor) 방식의 모터를 사용하고 있으며, 소형화 및 시스템 효율 개선을 위해 특수 유성감속기 방식을 채택하고 있다. 이러한 수전동 휠체어용 휠 내장형 구동장치를 설계/제작하고 설계상 유효한 성능시험을 통하여 구동장치의 성능을 검증하였다.

2. 구동장치 사양

최대속도 6 km/h로 주행할 수 있는 수전동 휠체어의 사양은 표 1과 같다. 전동휠체어는 15 km/h 이하의 속도로 주행해야하며 8~12 km/h의 주행속도를 가진다. 수전동 휠체어는 수동차체를 사용하는 휠체어이므로 안전성 등을 고려하여 일반적으로 6km/h의 최대속도로 주행하고 있다.

Table.1 Specifications of the driving wheel for a electric wheelchairs capable of manual propulsion

Wheel radius	24 inch
Max. speed	6 km/h
Wheelchair weight	28 kg
Loading	115 kg
Maximum slope	8:1
Deceleration distance	1 m on level surface
Gear ratio	1/30

Table.2 In-wheel motor specifications

Supply voltage	24 Vdc
Rated power	150 W
Rated Torque	0.914 Nm
Max. Torque	2.742 Nm
Max. Speed (Rated speed)	1,567 rpm
Efficiency	83%
Sensor	Hall IC

표 1의 전동휠체어를 구동하기 위한 구동모터 사양은 표 2와 같다. 수전동 휠체어용 구동장치는 구동 휠의 직경이 일반적인 전동휠체어의 약 2배이므로 구동모터는 큰 토크를 낼 수 있어야 한다. 이를 위해 구동모터는 작은 크기로 큰 토크를 낼 수 있는 외전형 회전자 구조를 채택하였다. 전동휠체어용 브레이크는 전원이 단락될 경우 구동장치를 제동할 수 있어야 하며, 구동장치의 크기를 줄이기 위해 무어자 브레이크가 모터 내부에 위치하는 구조이다.

3. 구동장치 제작 및 검증

감속기는 소음성능, 구조 안정성, 내구도 확보하고 경량화를 구현하기 위해 유성기어를 양쪽으로 2개 배치하는 구조로 감속비는 29.6이다. 드라이버는 감속기와 모터 사이에 위치하며(In-wheel), 바디와 연결되는 감속기를 통해 방열한다. 휠 외각에는 수동/전동 전환 시스템으로 구성된다(그림 1).

그림 2는 설계된 구동모터이며 16극 18 슬롯 구조를 가지고 있다. 토크리플은 주행 성능에 영향을 미치는 중요한 모터 특성이다. 수전동 휠체어용 모터는 소형화가 매우 중요한 설계요구사항이고,

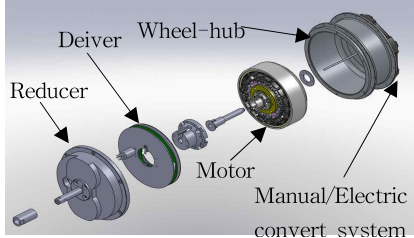


Fig. 1 3D modeling of power module

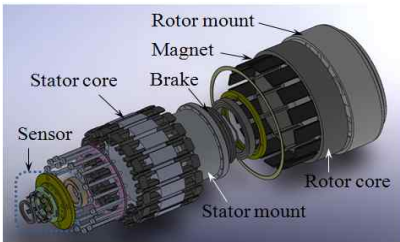


Fig. 2 3D design of motor

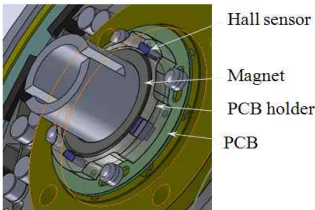


Fig. 3 Sensor module

구동장치 메커니즘에 따라 모터 형상에 제한이 있으므로 토크리플 최소화가 쉽지 않다. 이를 위해 자기등가회로법과 유한요소법을 이용한 상세한 자기해석을 통해 고품화 모터에서 정밀한 계산이 필요하다. 이를 위해 MotorPro™를 사용하여 정밀한 설계와 오차의 영향분석이 가능하였다[2]. 그림 3은 구동모터의 센서모듈을 나타낸다. 16극 자석과 4개의 홀센서를 이용하여 90° 위상차를 가지는 센서출력을 제어용 신호로 사용하였다. 드라이버 회로에 사용된 소자는 전력용 반도체 소자인 IR사의 IPM인 IRF8010을 사용하였다. 제어보드는 MOTOROLA사의 DSP인 DSP56F803을 사용하였다.

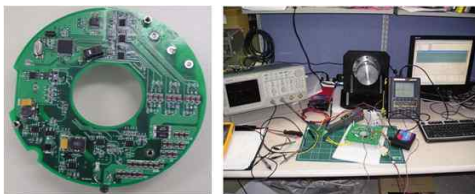


Fig. 4 Motor driver and experimental apparatus

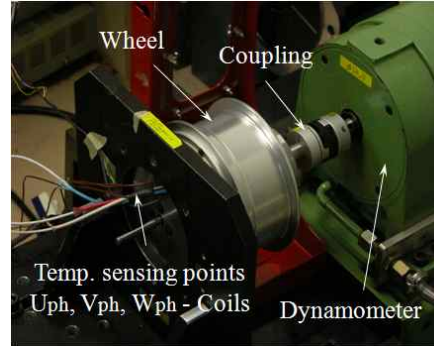


Fig. 5 Dynamometer test for the wheel

Table 3 Dynamometer test results of driving wheel

Rated wheel torque	21 Nm
Max. wheel speed	52 rpm
Efficiency	70 %

그림 5는 제작된 구동장치의 부하시험을 나타낸다. 부하시험에서는 모터 코일의 온도를 모니터링하여 정격운전에서 모터의 열 특성도 측정하였다. 표 3은 부하시험을 통해 측정된 구동장치의 성능을 나타낸다. 제작된 구동장치는 최대속도인 52 rpm에서 정격운전으로 21 Nm의 토크 출력이 가능하였고 효율은 70 % 였다. 모터 코일의 온도는 정격운전에서 60℃에서 포화되었고, 드라이버는 70℃에서 포화됨을 보였다.

4. 결론

본 논문에서는 수전동 휠체어용 구동장치를 설계 및 제작하였다. 제작된 구동장치는 설계사양을 만족하였으며, 부하시험을 통해 충분한 구동력과 양호한 온도특성을 보였다. 이로부터 제작된 구동장치는 수전동 휠체어에 충분히 적용 가능함을 확인하였다.

후기

이 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 지원(과제번호: 10032055)으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. Jei Cheong Ryu, "The Convertible Wheelchair System", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 20, No. 2, pp.14-18, 2003.
2. ㈜코모텍, <http://www.komotek.com>