전동휠체어를 위한 구동모터용 선형 홀센서의 최적화 연구

Application of linear hall sensor for powered-wheelchair motor

*홍용표[1], 황정호[2], 류제청[1], #문무성[1]

*E. P. Hong[1], J. H. Hwang[2], J. C. Ryu[1], #M. S. Mun (msmun@korec.re.kr)[1]

[1]재활공학연구소, [2](주)이모션텍

Key words : powered wheelchair, sinusoidal encoder

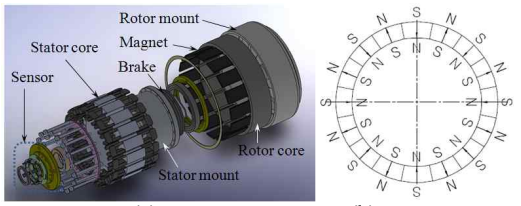
1. 서론

휠체어는 정상적인 보행이 불가능한 고령자와 환자들의 이동을 위한 재활보조기이다. 최근 수동휠체어와 전동휠체어의 장점을 결합한 수동전동 전환형 전동휠체어 (manual to electric convertible wheelchair: MECW)가 개발되고 있다. MECW는 전동 주행이 가능하고 사용자의 필요에 따라 수동휠체어로도 사용할 수 있는 고급형 휠체어이다.

탈부착이 용이한 MECW용 구동 휠은 모터, 감속기, 브레이크, 드라이버를 휠에 내장하는 일체형 구조를 가진다.[1] 일반적으로 MECW용 구동모터는 내구성이 높고 정밀한 제어가 가능한 영구자석형 동기모터 (permanent magnet synchronous motor: PMSM)를 사용하고 있으며, 구동을 위해 홀센서보다 정교한 신호를 출력할 수 있는 엔코더가 주로 사용된다. 본 연구에서는 MECW를 위한 PMSM용 정현파 엔코더 (sinusoidal encoder)를 설계 및 구현하였다. MECW용 구동장치의 형상에 적합하도록 16극의 센서용 자석 (ring magnet)을 설계하고 4개의 선형 홀센서를 최적 배치함으로써 2^{12} pulse/rev 분해능을 가지는 엔코더 출력신호 획득이 가능하였다.

2. 형상설계

개발하고 있는 MECW용 구동장치는 중공형 모터 중심에 수동 전동 전환축이 감속기로 동력을 전달하는 구조이다. 그림 1은 MECW용 구동모터와 센서부를 나타낸다. 센서부는 모터 극수와 동일한 16극의 센서용 자석, 4개의 선형 홀센서, 홀센서 고정을 위한 PCB 및 고정부 (holder)로 구성된다. 구동장치 형상에 적합하도록 센서용 자석을 설계하였고 FEM (finite element method)을 통해 자속선의 분포와 주변 자속밀도를 확인하였다.



(a) (b)

Fig. 1 Designed (a) motor and (b) ring magnet

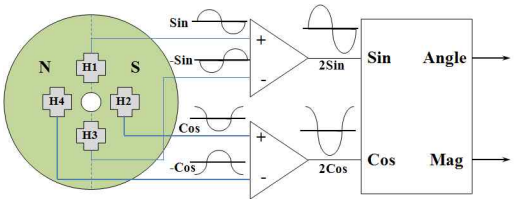


Fig.2 Measurement principle of a 360° Hall-based sensor[2]

일반적인 정현파 엔코더는 2개 90° 위상차를 갖는 사인파와 코사인파를 출력한다. 선형 홀센서 (linear hall sensor)는 자장에 비례하는 전압을 출력한다. 선형 홀센서를 사용하는 정현파 엔코더는 2개의 출력 신호를 생성하기 위해 4개의 홀센서를 사용한다. 그림 2는 2극 자석을 사용하는 홀센서 기반 정현파 엔코더의 신호측정 원리이다.[2] 4개의 홀센서를 사용함으로써 크기 오차에 무관한 회전각도 신호를 획득할 수 있다.

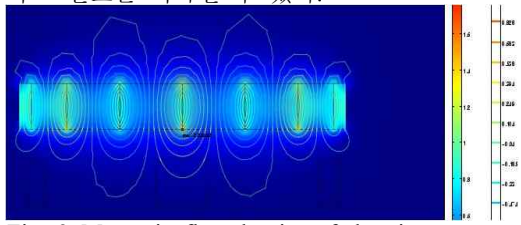


Fig. 3 Magnetic flux density of the ring magnet

Table 1 Characteristics of the ring magnet

Br(magnetic flux density)	6.16[kGs] (0.616[T])
Hcb(coercivity of field)	345[kA/m]
Hcj(coercivity of field)	702[kA/m]2
BHmax(Max energy prod)	54.1[kJ/m^3]

그림 3은 설계된 16극 센서용 자석 주변의 자속분포를 나타낸다. 표 1은 연구에 사용한 자석의 특징을 나타낸다. 그림 3과 같은 자속분포로부터 홀센서 출력을 예측할 수 있다. 개발에 사용한 선형 홀센서는 알레그로사 (Allegro)의 A1321xx이며 5mV/G의 감도를 가진다. 그림 3으로부터 16극 센서를 사용할 경우 전기각 90°를 가지는 4개의 정현파를 생성하기 위해 선형 홀센서는 각각 기계각 11.25°의 간극으로 배치되어야 함을 알 수 있다.

3. 센서부 제작 및 시험

그림 4는 제작된 MECW용 구동장치의 센서부를 나타낸다. 홀센서는 위치를 일정하기 유지하기 위해 고정부에 장착되어 PCB에 실장되며, 센서용 자석은 축에 접착하여 고정한다. 자석과 홀센서 간극은 약 2mm이며 이때 측정한 센서 출력은 그림 5와 같다. 그림 5로부터 제작된 센서부는 90° 위상차의 정현파 신호를 출력함을 알 수 있다.

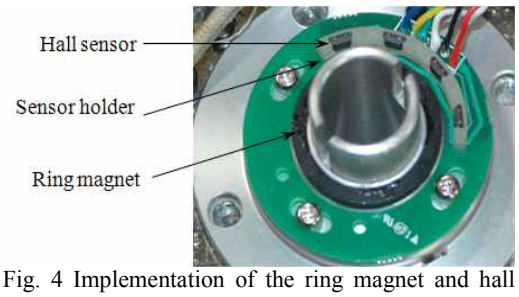


Fig. 4 Implementation of the ring magnet and hall sensors

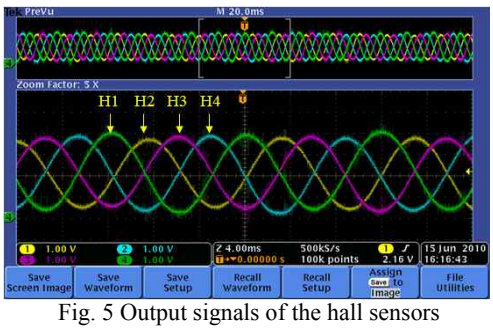


Fig. 5 Output signals of the hall sensors

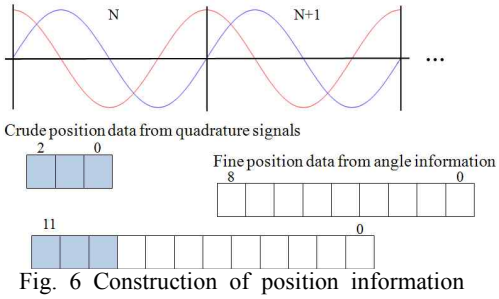


Fig. 6 Construction of position information

그림 5의 4개의 홀센서 신호로부터 그림 2의 과정을 통해 2개의 90° 위상차를 가지는 정현파를 생성할 수 있다. 16극의 자석을 사용하였으므로 모터 1회전시 8개의 정현파가 생성되며, 각각의 정현파 각도를 계산하면 그림 6과 같이 1회전당 2^{12}의 분해능을 구현할 수 있다. 최근의 PMSM 드라이버용 프로세서들은 대부분 2^{10} 이상의 분해능을 가지는 A/D 컨버터를 내장하고 있으므로 상기 일련의 과정은 별도의 회로없이 프로그램만으로 처리 가능하다. 본 연구에서는 9채널, 10bit A/D 컨버터를 내장하고 있는 DSPIC30F4011을 사용하였다. 홀센서 출력신호는 센서고정부의 금형제작 등으로 양산시 더욱 정교한 출력이 기대된다.

4. 결론

본 연구에서는 MECW용 PMSM에 사용할 수 있는 센서부를 설계 및 제작하였다. 설계된 선형 홀센서는 주어진 공간에 실장이 가능하였고 양호한 출력신호을 보였다. 따라서, 제작된 센서부는 MECW용 PMSM에 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. Josef Janisch, "Understanding Integrated Hall Effect Rotary Encoders", http://www.austria-microsystems.com