

로봇 관절용 고풍력 BLDC 모터 및 유성 감속기 개발에 관한 연구

김주한*, 류세현*, 정중기*, 성하경*, 이종배*
전자부품연구원(KETI)*

An study on the development of BLDC motor and Planetary gearheads for robot joint

Joo Han Kim, Se Hyun Rhyu, Jung Kee Chung, Ha Kyeong Sung, Jong Bae Lee
Korea Electronics Technology Institute(KETI)

Abstract - Many application in robotics, telecommunication, automation systems etc require powerful actuator. The powerful actuator have Speeds up to high speed and high output torque efficiencies. To accomplish a powerful actuator, these powerful motor have to be combined with gearheads of the same outer diameter. So, we have developed BLDC motor and planetary type gearheads as powerful actuator. The BLDC motor have advantages that compact structure, high efficiency, high reliability. The Planetary type gearheads have advantages that same-axle structure, high torque transmission, low noise in comparison with spur gearheads. In this study included BLDC motor and planetary type gearheads design, manufacture. This time study performed for actuator of entertainment robot.

$$\frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial^2 A_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_z}{\partial y^2} \right) = -J - \frac{1}{\mu_r} \left(\frac{\partial M_{rx}}{\partial x} - \frac{\partial M_{ry}}{\partial y} \right) \quad (1)$$

여기서, A 는 자기벡터포텐셜을 나타내며, J 는 권선의 전류밀도를 나타낸다. 해석대상 모델이 z 축 방향으로 무한하다고 가정하면, A 와 J 는 z 축 방향으로만 존재하게 된다. 또한, M_r 은 잔류자화량을 나타낸다.

1. 서 론

일반적으로 엔터테인먼트 로봇용으로는 저가격화를 위하여 대부분 DC 모터를 사용하고 있는 추세이다. 소형 DC모터는 우리나라에서도 생산을 하고는 있지만 대개가 로봇용으로 사용하기에는 미흡한 점이 많아서 현재 대부분의 업체가 외국업체의 것을 들여다 사용하고 있다. 그러나, DC모터는 기계적 구조로 인한 단 수명, 고속화의 한계성과 브러시 섬락전압으로 인한 전기적 노이즈로 인하여 고 정밀 메카니즘의 적용에 어려움이 있다. 따라서, 본 연구개발에서는 개인용 로봇의 구동으로 사용되는 핵심 부품인 액츄에이터로서, 소형이면서 고풍력을 가지고, 기존의 DC 모터의 경우에 발생하는 단 수명 문제와 고속 회전이 힘든 문제를 해결할 수 있는 저가형 브러시리스 타입의 모터를 개발하였다. 그리고 정밀 감속기는 입출력축이 동일하고, 부피에 비하여 큰 감속비를 가지고, 굉장히 다양한 감속비와 운전조건을 만들 수 있어서 로봇분야에 많이 쓰이고 있는 유성감속기를 개발 하였다. 브러시리스 타입 모터 및 유성감속기를 개발하여 개인용 로봇 관절용 액츄에이터 모듈을 개발하고자 하였다.

2. 소형 고풍력 BLDC 모터 개발

2.1 BLDC 모터 설계 및 제작

본 연구개발에서는 소형, 고풍력의 BLDC 모터를 설계하고자 수치해석 기법의 일환인 2차원 유한요소법(2D Finite Element Method)을 이용하였다. 해석대상 모델을 2차원 유한요소 해석하기 위한 지배방정식은 다음의 식 (1)과 같다.



Fig.1 Mesh Shape



Fig.2 Flux Line

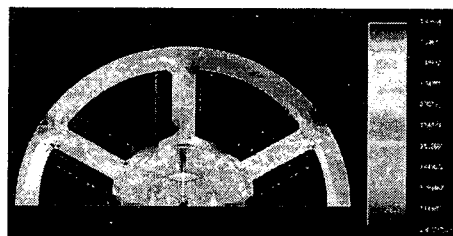


Fig.3 Distribution of Flux Density

Fig 4,5은 2차원 유한요소법의 의해 나온 개발 모터의 특성을 시뮬레이션 한 것이다.

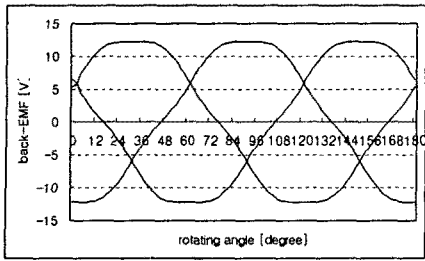


Fig. 4 Back e.m.f per phase

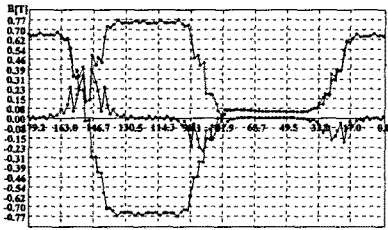


Fig. 5 Flux Density of Stator yoke

Table 1은 설계된 모터의 설계제원에 대하여 나타낸 것이다.

Table 1 Design Spec of BLDC motor

구분	단위	제원
스테이터 외경	mm	30
스테이터 내경	mm	11.7
슬롯수	slots	6
권선경	mm	0.41
상당 권선수	turns	100
적층폭	mm	20
공극	mm	0.35
극수	poles	4
마그네트	Nd	Br=0.62T
종류	Bonded	(2.5mm)

Fig 6은 실제 제작된 BLDC 모터의 구조도이다. 그림에서 보듯이 홀센서가 모터 내부에 장착되어 있고, 샤프트 양 끝에 볼 베어링을 장착 하여 회전을 원활하게 할 수 있도록 하였고, 모터 앞 커버에는 유성 감속기와 결합 될 수 있도록 커버에 단을 주어 결합 시, 모터와 감속기와의 동 축이 되도록 하였다.

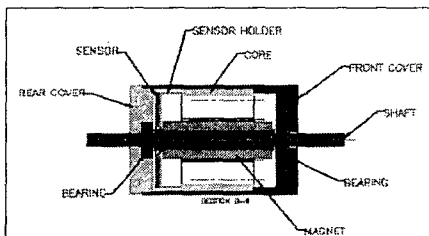


Fig. 6 Structure drawing of BLDC motor

2.2 센서부내장형 BLDC 모터 구동Driver개발

여기서는 본 연구개발의 소형, 고효율 센서부 내장형 BLDC 모터의 정밀 구동 드라이버를 설계, 제작에 관하여 기술한다. 본 연구에서는 3상 BLDC모터의 구동을 위

해서 전용 IC를 사용하였다. 최근에는 BLDC모터의 수요가 증가되면서 많은 전용 IC가 출시되고 있는데 목적 및 가격에 맞는 칩을 선택하여 사용하면 이상적이다. 본 연구에서는 구동로직을 발생시켜주는 컨트롤칩으로 SANYO社의 LB11820을 사용하였고, 스위칭 소자는 고전압(310V)용인 SANKEN社의 STA304, STA305를 Pair로 사용하였다. LB11820은 15V로 동작하며 Hall Hys AMP가 내장되어 있어 비교적 고가인 Hall IC를 사용하지 않고 저가의 Hall Element를 사용할 수 있으므로 큰 장점이 있다. 또한 내부 PWM OSC가 있어 외부에서 전압으로 제어하면 내부 PWM을 이용하여 속도제어가 가능하게 된다. 또한 과전류 방지회로부도 내장되어 있어 간단한 외부회로를 이용하면 과전류 방지기능을 쉽게 구현할 수 있는것도 장점으로 들수 있다. Fig 8은 구동 Driver의 회로도를 나타낸다.

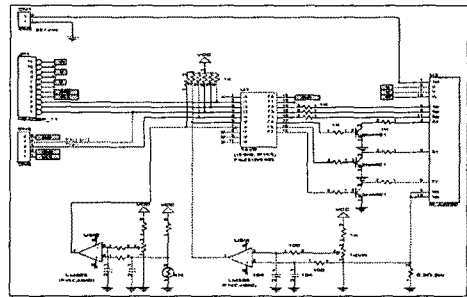


Fig. 7 Driver circuit drawing of BLDC motor

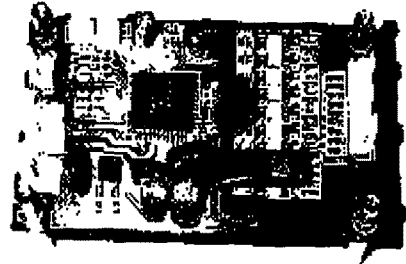


Fig.8 BLDC Driver

3. 유성 감속기 개발

3.1 유성감속기 일반

유성감속기는 단위 체적 당 전달동력 비율이 다른 형태의 감속기에 비해 매우 커서, 무게나 체적을 줄여야 하는 장치에서 선호 되고 있다. 특히 정밀기계나, 로봇, 항공기 등과 같이 무게나 체적의 감소가 중요한 성능인자인 경우 유성 기어를 사용하는 것이 유리하다. 유성 감속기는 태양기어(sun gear), 여러개의 유성기어(planetary gear), 이들을 연결하는 캐리어(carrier), 및 링기어(ring gear)로 구성되어 있다. 유성감속기의 장점은 여러개의 유성기어를 사용하므로 전달하중이 분포되어 기어의 크기를 줄일수 있고, 구조상 동축상에 배치 할수 있고, 기어의 크기가 작은 관계로 감속기의 체적을 줄일 수 있고, 가공이 용이하며, 접촉선 속도가 작아 소음이 적다.

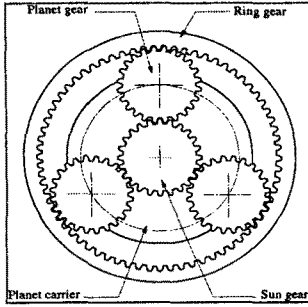


Fig. 9 Structure of Planetary Gearheads

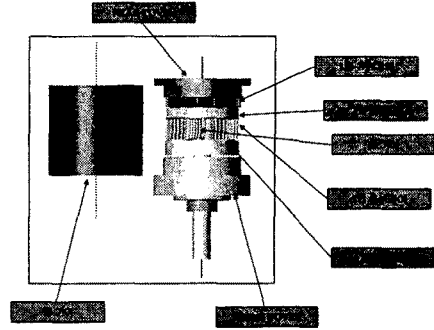


Fig. 11 Structure of Planetary Gearheads

3.2 유성 감속기 설계 및 제작

유성치차형 감속기는 단위 체적당 고출력과 높은 전달효율로 인하여 정밀 메카니즘에 활용도가 매우 높다. 본 연구개발에서는 개발대상 BLDC 모터에 체결하여 사용할 수 있는 외경 32mm급의 소형 유성치차형 감속기를 개발하였다. 먼저, 유성치차형 기어설계 프로그램(D&M Designer)를 이용하여, 치형 설계, 상세 설계 및 강도 설계를 하였으며, 이로부터 CNC Hobbing M/C등의 정밀 가공기술을 이용한 시제품을 개발하였다. 개발대상 외경 32mm급의 유성치차형 감속기 설계사양은 아래와 같다.

- 0. 규격: 외경 32mm * 길이 35mm
- 0. 감속비: 1/33, 2 Stage(1단: 1/5.71)
- 0. 입력 속도: 8,000 rpm
- 0. 입력 토크: 0.03 Nm
- 0. Gear 모듈: m=0.3
- 0. 기어 정밀도: KS 4급

Fig 10은 유성치차형 기어 설계 프로그램을 이용하여 기어 제원을 구한 것이다.

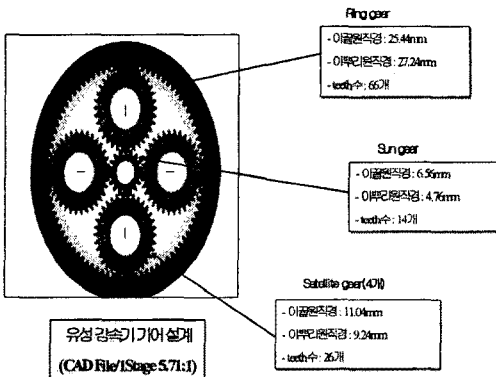


Fig. 10 Gear Spec of Planetary Gearheads

Fig 11은 유성 감속기 구조를 설계한 그림 이다. 2단 구조로 이루어져 있으며, 4개의 유성기어가 하중을 분담하고 있다. 링기어를 감속기의 몸체를 사용하여 일체형으로 하였으며, 1단 유성기어 쪽은 저소음화를 위하여 플라스틱 기어를 사용했으며, 나머지 부분 기어들은 스틸 기어를 채용 하였다.

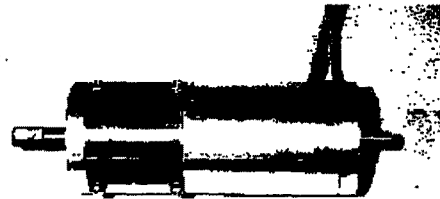


Fig. 12 Actuator for Small Robot

3. 결 론

본 논문은 로봇 구동원의 핵심부품인 소형, 고출력 특성을 갖는 Actuator 연구개발에 관련해서 정리 기술 하였다. 이 연구개발을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 소형, 고출력, 저소음, 장수명 등의 장점을 가지는 높은 출력밀도의 브러시리스 모터를 설계 및 제작 하였다.
- (2) 단위 체적 당 전달동력이 높고, 동축 구조를 가지는 유성감속기를 설계 및 제작 하였다.

Table 2는 이번 Actuator의 개발 Spec 및 결과를 정리 요약 한 것이다.

Table 2 Specs of Actuator

SPEC	단위	결과
크기	mm	32×48
출력밀도	mW/g	162.6
무부하회전수	rpm	11,000
출력	W	20
센서부 및 드라이버 실장	-	센서부실장
피니언 모듈	-	0.3
기어 정밀도	ks등급	DIN7급

(참 고 문 헌)

- (1) O. K. Kelley, 1991, "Design of Planetary Gear Trains", 3.1
- (2) A. J. Lemanski, 1990, "Gear Design", SAE, Chapter 3
- (3) Alec Stokes, 1992, "Gear Handbook", SAE, Chapter 2-3
- (4) Hendershot, J. R. and Miller, T. J. E, 1994 "Design of brushless permanent magnet motors", Oxford Unviersity Press,
- (5) K. Atallah, Z. Q. Zhu and Howe, 1992, "The prediction of iron losses in brushless permanent magnet DC motors," *Proceedings of the ICEM'92*, pp. 814-818,
- (6) 임달호, 1996, "전기계의 유한요소법", 동명사,