

외경 15mm급 정밀 메카즘용 고출력 Actuator 개발에 관한 연구

An study on the development of high output diameter 15mm actuator for precision mechanism

김주한#, 류세현*, 정중기*, 성하경*

(Joo Han Kim, Se Hyun Rhyu, Jung Kee Chung, Jong Bae Lee)

* 전자부품연구원(KETI) 정밀기기 연구센터

(전화:(032)621-2849, 팩스:(032)621-2855, E-mail : kimjh@keti.re.kr)

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 precision mechanism.

Keywords : Mechanism, BLDC motor, Planetary gearheads, Actuator

1장. 서론

일반적으로 메카니즘용 액츄에이터로는 저가적화를 위하여 대부분 DC 모터를 사용하고 있는 추세이다. 소형 DC모터는 우리나라에서도 생산을 하고는 있지만 대개가 정밀 메카니즘용으로는 사용하기에는 미흡한 점이 많아서 현재 대부분의 업체가 외국 업체의 것을 들여다 사용하고 있다. DC모터는 기계적 구조로 인한 단수명, 고속화 한계성과 브러시 접촉전압으로 인한 전기적 노이즈로 인하여 고 정밀 메카니즘의 적용에 어려움이 있다. 따라서, 본 연구개발에서는 정밀 메카니즘의 구동으로 사용되는 핵심 부품인 액츄에이터로서, 소형이면서 고출력을 가지고, 기존의 DC 모터의 경우에 발생하는 단수명 문제와 고속 회전이 힘든 문제를 해결할 수 있는 고출력 Actuator 기술개발을 위한 외경 15[mm], 출력 1.2[W]급 이상의 정밀감속기를 갖는 소형 Integrated type BLDC 모터를 연구 개발하였다. 크기의 소형화와 정밀 회전특성을 이루고자 Slotless type의 전기자부를 구성하였으며, 별도의 드라이버를 갖지 않는 드라이버 일체형의 구조설계를 위하여 회전자 영구자석 외에 위치검출용 평판형 영구자석을 이용하여 구동전원의 공급을 위한 전원라인만을 갖는 고출력 BLDC 모터를 브러시리스 타입의 모터를 연구개발 하였다. 또한,

정밀유성치차의 구조설계를 통하여 치 형상 및 강도해석을 통한 설계기술을 이용하여 BLDC모터와 일체형을 이루는 정밀 유성감속기를 연구 개발하였다.

2장. Integrated type 소형 고출력 BLDC 모터 개발

본 연구개발에서는 소형, 고출력의 BLDC 모터를 설계하고자 수치해석 기법의 일환인 2차원 유한요소법(2D Finite Element Method)을 이용하였다. 다음은 개발대상 모델인 영구자석을 회전자로 갖는 Inner rotor type의 Slotless형 BLDC 모터를 나타낸다.

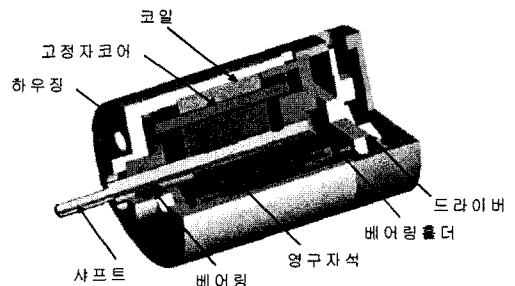


Fig. 1 Integrated type structure of BLDC motor

개발대상 모델을 해석하기 위한 해석영역의 지배방정식은 다음의 식(1)과 같다.

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

여기서, A 는 자기 벡터 포텐셜을 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 잔류 자화량을 나타낸다.

다음 그림들은 2차원 유한요소법의 의해 나온 개발 모터의 특성을 시뮬레이션 한 것이다.

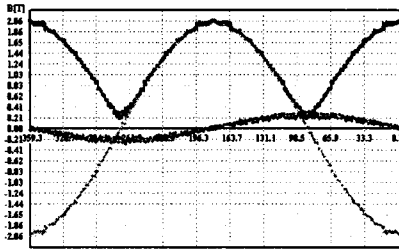


Fig. 2 Flux Density of stator(I=0)

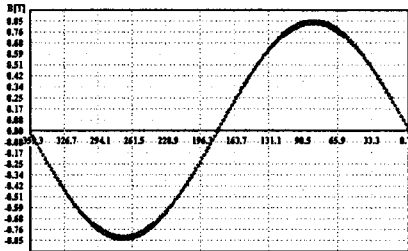


Fig. 3 Flux Density of Air gap(I=0)

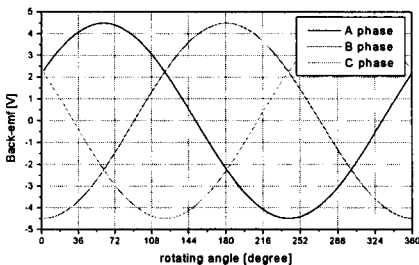


Fig. 4 Back e.m.f of Core (20,000rpm)

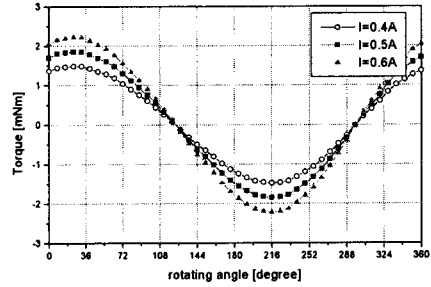


Fig. 5 Static Torque of Air gap(I=0)

Table 1은 설계된 모터의 설계제원에 대하여 나타낸 것이다.

Table 1 Design Spec of BLDC motor

구분	제원	단위
고정자 외경	13.4	mm
고정자 내경	10.2	mm
코일부 내경	8.2	mm
마그네트 외경	7.75	mm
권선사양	Φ0.12x95	turns
마그네트	Nd sintered(Br=0.12T)	

3장. 유성치차형 감속기 개발

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 성능인자 인 경우 유성 기어를 사용하는 것이 유리하다. 유성 감속기는 태양기어(sun gear), 여러 개의 유성기어(planetary gear), 이들을 연결하는 캐리어(carrier), 및 링 기어(ring gear)로 구성되어 있다.

유성감속기의 장점은 여러 개의 유성기어를 사용하므로 전달하중이 분포되어 기어의 크기를 줄일 수 있고, 구조상 동 축 상에 배치 할 수 있고, 기어의 크기가 작은 관계로 감속기의 체적을 줄일 수 있고, 가공이 용이하며, 접촉선 속도가 작아 소음이 적다.

본 연구개발에서는 개발대상 BLDC 모터에 체결하여 사용할 수 있는 외경 19mm급의 소형 유성 치차 형 감속기를 개발하였다. 먼저, 유성 치차 형 기어설계 프로그램(D&M PGT Designer)을 이용하여, 치형설계, 상설계 및 강도 설계를 하였으며, 이로부터 CNC Wire cutting등의 정밀 가공기술을 이용하여 연구개발하였다. 연구개발 대상 외경 19mm급의 유성 치차형 감속기 설계사양은 아래와 같다.

- 규격: 외경 15mm * 길이 17.5mm
- 감속비: 1/27, 2 Stage(1단: 1/5.2)
- 입력 속도: 25,000 rpm
- 입력 토크: 0.005 Nm
- Gear 모듈: m=0.2
- 기어 재질: steel

먼저, 기어 강도 설계를 하기 위한 기본 조건들을 선정하여, 기어 강도 계산에 사용되어지는 각종 관계 계수를 선정하였으며, 이로부터 얻은 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

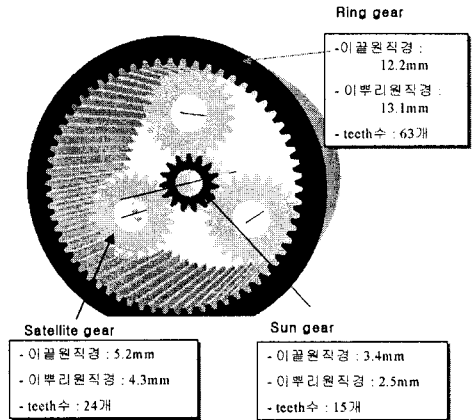
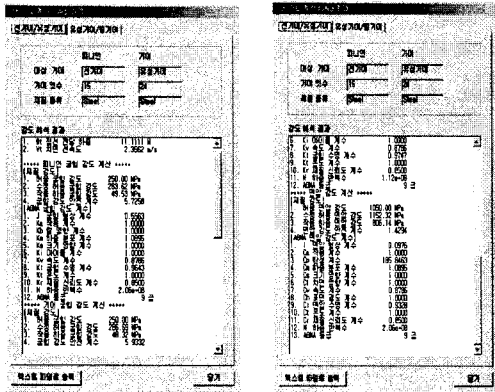


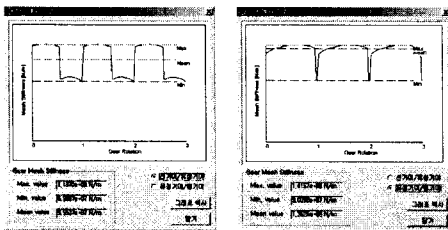
Fig. 8 Gear specs of planetary gearheads



(a) bending stress (sun/planetary) (b) contact stress (sun/planetary)

Fig. 6 Gear stress simulation results

위 결과에서 보듯이, 굽힘 강도 및 면압 강도의 안전 계수가 적절하게 나올 수 있 또한 기어 메쉬 강성 시뮬레이션의 결과는 다음과 같다.



(a) sun/planetary (b) ring/planetary

Fig. 7 Gear mesh stiffness simulation results

위와 같이 기어의 강도 및 진동 경향을 파악하기 위한 강성 시뮬레이션 수행을 통하여 설계되어진 개발대상 유성감속기의 기어사양은 다음과 같다.

4장. 결론

본 논문은 정밀 메카니즘의 핵심부품인 소형, 고출력 특성을 갖는 Actuator 연구개발에 관해서 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

주요성능 Spec	단위	연구개발결과
1. 크기	mm	15×20
2. 출력밀도*	mW/g	최대출력기준: 400
3. 무부하회전수	rpm	32,000
4. 출력	W	1.2
5. 센서부 및 드라이버 실장	-	양방향 드라이버 실장
6. 기어모듈	-	0.2

참고문헌

- (1) Darle w. Dudley, 1984, "Handbook of Practical Gear Design", Chapter 8
- (2) Robert G. Parker, 2001, "Modeling, Modal Properties, and Mesh Stiffness Variation Instabilities of Planetary Gears", NASA
- (3) O. K. Kelley, 1991, "Design of Planetary Gear Trains", 3.1
- (4) A. J. Lemanski, 1990, "Gear Design", SAE,