

비대칭 착자에 따른 스피들 모터 특성에 관한 연구

박재영, 배재남, 김기찬, 이주  
한양대학교 전기공학과

A Study on Chacteristic of Spindle Motor by Unsymmetric Magnetization Distribution in Permanent Magnet

Jae-young Park, Jae-Nam Bae, Ki-Chan Kim, Ju Lee  
Dept. of Electrical Engineering, Hanyang University

**Abstract** - Distribution of Permanent magnet used in the spindle motor on the ODD is arranged by magnetizer. In general, permanent magnet is putted between yoke and back yoke of magnetizer so that symmetric magnetization distribution. But the magnet has unsymmetric magnetization distribution because of eccentricity of the yoke in mass production. So, in this paper we discuss the effect of asymmetric magnetization distribution on back EMF and cogging torque of the spindle motor.

1. 서 론

광학 디스크 드라이브(Opimal Disk Drive)에 사용되는 영구자석형 스피들 모터의 경우 회전자의 영구자석을 착자기를 이용하여 착자한다.[1] 착자기를 통해서 착자하는 동안의 영구자석의 자화 분포가 결정되고 따라서 스피들모터는 역기전력과 코깅토크가 달라지는 특성을 가진다.[2]

일반적으로 영구자석을 착자할 때 최적의 착자패턴을 만들기 위해 착자요크는 착자기의 원점에 위치하지만 ODD용 스피들 모터의 영구자석과 같이 대량으로 생산하는 과정에서 착자요크의 편심이 발생하기도 한다. 그러므로 영구 자석을 착자하는 동안의 착자요크의 위치에 따라서 영구 자석의 자화 분포가 달라지고 그에 따라서 역기전력과 코깅토크가 달라진다. 본 논문에서는 착자기에 부착되는 영구자석의 위치에 따라 변화하는 자화 분포를 확인하고 그것을 스피들 모터에 적용했을 때 역기전력과 코깅토크의 변화를 확인하기 위해서 유한요소법을 통해 해석하는 과정을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 착자기 해석

착자기의 위치에 따른 착자 패턴의 양상을 확인하기 위해서 공극이 0.1mm인 착자기를 해석모델로 하고 그림 1과 같이 영구자석의 편심이 발생하지 않았을 경우, 그리고 그림2의 (a),(b)와 같이 가로수평선을 기준(0°)로 편심이 각각 90°방향으로 0.05mm,0.1mm로 발생하였을 경우의 세가지 모델을 선정하여 유한요소법을 이용하여 해석하였다.

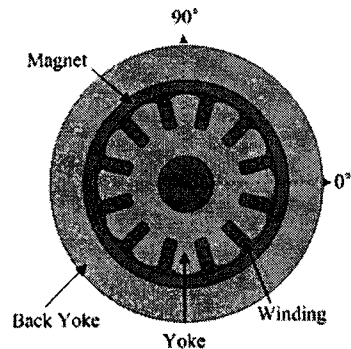
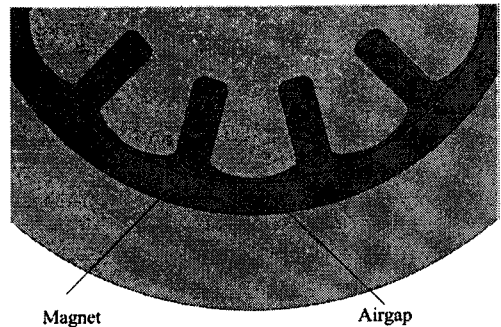
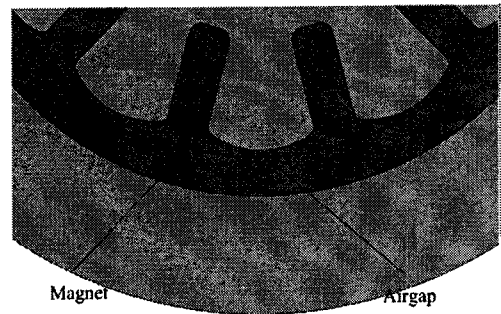


그림 1. 착자기 모델의 형상

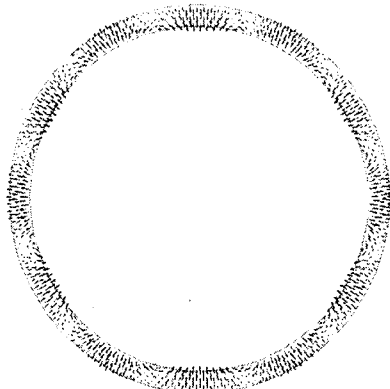


(a)편심0.05mm

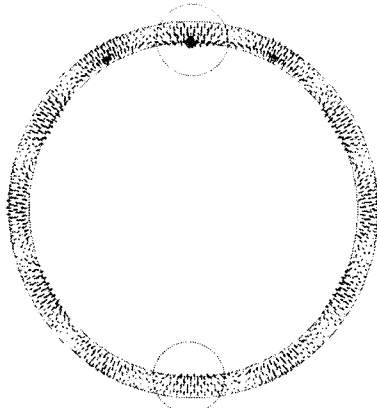


(b)편심0.1mm

그림 2. 착자 요크의 편심



(a) 편심 0mm



(b) 편심 0.1mm

그림 3. 영구자석의 자화분포

그림3의 (a)는 편심이 발생하지 않았을 경우에 대한 자화분포이고 그림(b)는 편심이 0.1mm 발생한 경우에 대한 자화분포이다. 착자요크의 편심에 대한 영구자석 자화분포를 보다 확연히 구분하기 위해 편심이 발생하지 않은 경우와 편심이 90°방향으로 최대 발생한 경우에 대해서만 나타내었다. 그림의 점선원에서 확인할 수 있듯이 편심이 발생하지 않았을 경우는 자화분포가 각 극에 대해 대칭으로 분포가 되었지만 편심이 발생하였을 경우에는 비대칭이 되었다는 것을 알 수 있다.

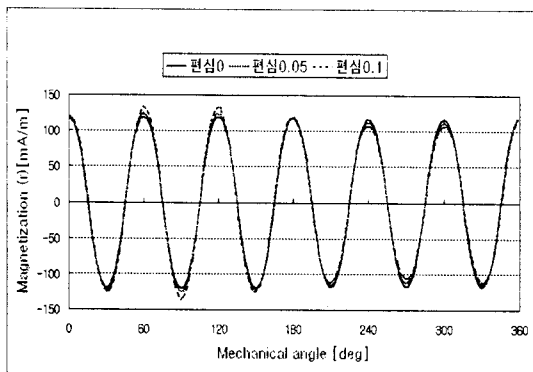


그림 4. 영구자석 중심에서의 자화량

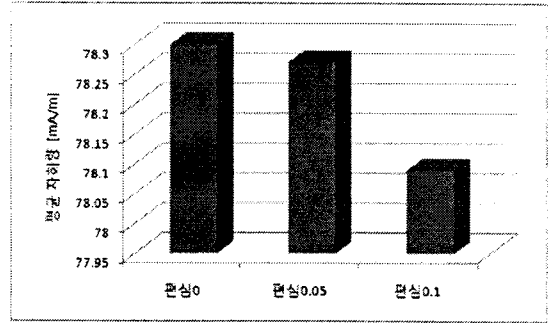


그림 5. 편심에 따른 평균 자화량

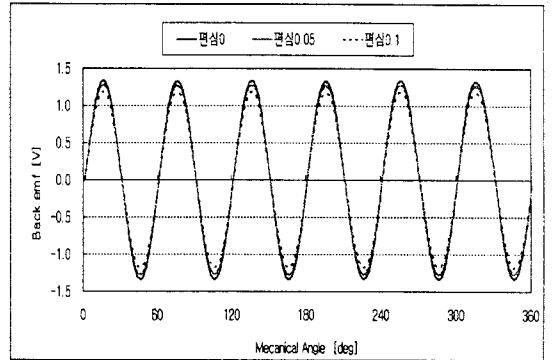


그림 6. 스펀들 모터의 역기전력

그림4는 편심이 발생한 경우와 그렇지 않은 경우에 대해 착자기를 해석한 자화분포에 대한 자화량에 대한 분포를 나타낸다. 편심이 발생하였을 경우에는 그렇지 않은 경우에 대해 편심이 발생한 방향으로 공극이 줄어들면서 자화량이 늘어나고 반대 방향에 대해서는 공극이 늘어나면서 자화량이 줄어드는 것을 알 수 있다. 그림 5는 편심이 발생한 경우와 그렇지 않은 경우에 대한 평균 자화량이다. 편심이 발생하지 않았을 경우에 대해서는 78.30mA/m로 나타났고, 편심이 각각 0.05mm, 0.1mm 경우에 대해서는 78.27mA/m, 78.09mA/m로 편심이 크게 발생할수록 자화량이 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 그림5의 결과를 토대로 이러한 분포가 스펀들 모터에 적용되었을 때, 자속에 따라 변하는 역기전력이 줄어들 것이라고 예상할 수 있다.

## 2.2 스펀들 모터 해석

표 1은 스펀들 모터의 사양을 나타낸다. 스펀들 모터 영구자석의 재질 조건에 리코일 투자율과 최대보자력을 입력하고 착자기 해석을 통해 얻은 세가지 모델의 자화분포 데이터를 영구자석의 자화방향이 되도록 설정하였다. 그리고 착자기에서의 영구자석의 위치와 크기는 스펀들 모터의 영구자석과 같게 하였다.[2]

표 1. 스펀들 모터의 제원

구분	사양	구분	사양
고정자 외경[mm]	18	정격 속도[rpm]	11000
회전자 내경[mm]	18.6	입력전압[V]	12
회전자 외경[mm]	22.5	리코일 투자율	1.269
적층길이[mm]	5.95	최대보자력[A/m]	438200

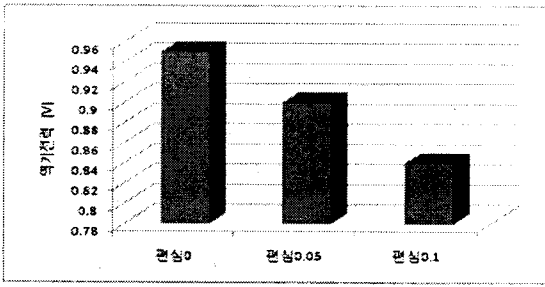
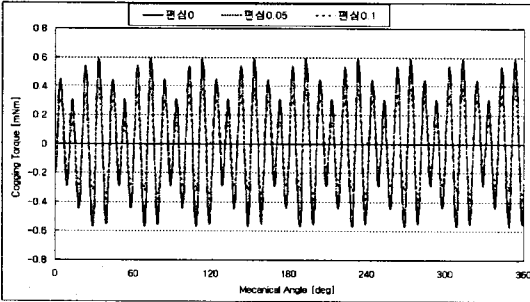
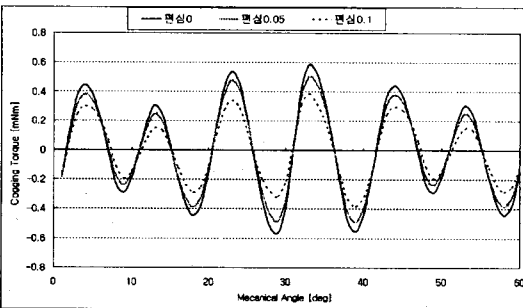


그림 7. 편심에 따른 역기전력의 실효값



(a) 회전자가 360° 회전



(b) 회전자 60° 회전

그림 8. 스피들 모터 코깅토크 파형

그림6은 착자기를 통해 착자된 영구자석이 스피들 모터에 적용되었을 때의 역기전력이며 그림7은 이들의 실효값이다. 편심이 발생하지 않은 모델이 적용된 경우가 편심이 발생한 경우가 적용된 경우에 비해서 줄어드는 것을 확인할 수 있는데 이러한 현상은 역기전력의 일반적인 식 (1)로부터 확인이 가능하다.

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

여기서,  $e$ 는 역기전력,  $N$ 은 권선수,  $t$ 는 시간,  $\phi$ 는 공극 자속의 평균값을 의미한다. 착자시 편심이 발생했을 때의 영구자석이 스피들 모터에 적용되었을 때의 평균 공극 자속밀도가 편심이 발생하지 않았을 때에 비해 작아진 것을 알 수 있다. 따라서 그림6과 같이 역기전력도 편심이 발생하였을 때가 편심이 발생하지 않았을 때에 비해 작아지는 것을 확인할 수 있다. 그림7에서 역기전력의 실효값이 0.95V이지만 편심이 0.05mm 발생하였을 경우에는 0.90V, 편심이 0.1mm일 경우에는 0.84V로 나타나고 있다.

그림8의 (a)는 각 경우에 대한 코깅토크를 보여주고 있다. 편심이 커질수록 코깅토크가 줄어드는 것을 확인할 수 있는데 더 자세히 볼 수 있도록 (b)에 범위를 1/6로 줄여 나타내었다. 이러한 현상은 식 (2)의 코깅토크의 일반식으로써 설명이 가능하다.[3]

$$T_{cog} = -\frac{1}{2} \phi_g^2 \frac{dR}{d\theta} \quad (2)$$

식(2)에서 회전자의 회전에 따른 자기 저항의 변화는 착자요크의 편심이 발생한 경우나 발생하지 않은 경우에 대해서 달라지는 값이 아니므로 같은 사양을 가진 스피들 모터에 대해서는 같다고 할 수 있다. 공극에서의 자속은 그림4와 그림5에서 확인한 자화량의 분포로부터 편심이 발생한 경우가 더 작아졌으므로 결과적으로 코깅토크가 작아지는 현상이 나타난다. 식 (2)에서 음수가 의미하는 것은 회전자가 회전함에 따른 자기저항의 변화에 반대하는 방향으로 코깅토크가 발생함을 의미한다.

### 3. 결 론

광학 디스크 드라이브용 스피들 모터의 영구자석이 착자기에 부착되는 과정에서 편심이 생겼을 때의 비대칭 착자 즉, 착자 분포가 각 극에 따라 불균일하게 분포되는 현상이 발생하는 것을 착자기 해석을 통해서 확인하고 대칭 착자된 영구자석이 스피들 모터에 적용되었을 경우와 비대칭 착자된 영구자석이 스피들 모터에 적용되었을 경우, 비대칭 착자된 경우가 대칭 착자된 경우와 비교해 평균 공극 자속이 낮아지면서 역기전력이 낮아지고 또한 코깅토크도 줄어드는 현상을 분석하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 정수진, "초고속 영구자석 회전기의 회전자착자에 관한 연구", 영남대학교석사학위논문, pp.25-29, 2002
- [2] 오세영, "착자기 형상 설계를 통한 스피들 모터의 코깅 토크 저감에 관한 연구", 한양대학교석사학위논문, pp.1-5, 15-19, 2008
- [3] Hanselman, Duane C., Brushless Permanent Magnet Motor Design, Mc-Graw Hill, 1994