

One-Coil Coin Type Motor의 특성 개선

곽동수\*, 김상길\*, 신홍교\*, 권창명\*\*  
 경상대학교 전기공학과\*, (주)신광전자\*\*

The Characteristic Improvements of  
 One-Coil Coin Type Vibration Motor

Dong-soo Kwak\*\*, Sang-gil Kim\*, Heung-kyo Shin\*, Chang-myung Kweon\*\*  
 Dept. of Electrical Engineering, Gyeongsang National Univ.\* Shinkwang Electronic Co.Ltd\*\*

**Abstract** - This paper present the characteristic improvements of one-coil coin type vibration Motor. Rotor is consist of coreless coil and 4 segment commutator.

Magnet is 4 pole, z direction magnetized. This one-coil coin type vibration motor has simple mechanical structure and good efficiency. So production cost is lower than other having 2 or more coils coin type motor, but it has the weak points. That is small vibration magnitude and dead zone.

Modifying the shape of rotor, vibration magnitude is increased. To avoid the dead zone we attached more magnetic body on rotor. As result we show the optimal position of magnetic body.

1. 서 론

휴대단말기의 소형화 및 박형화 추세에 따라 휴대단말기 부품인 진동 모터의 경우 많은 형태가 개발되고 있다. 크게 실린더형(Cylinder Type)과 코인형(Coin Type)으로 나눌 수 있는데 현재 부품의 부작성이 좋은 코인형 개발이 많이 이루어지고 있다. 코인형 진동 모터는 코일을 1개 혹은 2개 이상을 가지는 형태로 개발, 상용화되고 있다. 그 중 One-Coil Coin Type 모터는 다른 코인형 진동 모터에 비해 전기적 구조가 간단하고 효율이 좋은 반면 2코일 이상의 모터에 비해 진동량이 적고 특히 사점(Dead Zone)의 발생 빈도가 높은 단점을 내포하고 있다.

이에 본 연구에서는 진동량을 증대시키기 위한 방안으로 로터의 형상 변경을 실시하고 사점(Dead Zone)의 발생 빈도를 줄이기 위한 방법으로 자성체를 추가하여 릴럭턴스 토크를 증대시키는 방법을 채택하였다.

모델의 해석은 3차원 모델을 구성하여 자석과 코일, 자성체1과 자석, 자성체2와 자석의 토크를 각각 위치에 따라 구하여 합성하였다.

2. 본 론

2.1 해석모델과 제원

본 논문의 해석에 사용된 코인형 진동모터를 그림 1에 나타내었으며 해석을 위한 모델을 그림 2에 나타내었다. 표 1은 코인형 진동 모터의 제원을 나타내고 있다. 진동 모터에 사용된 자석은 Nd-Fe-B, 외경 12.1[mm], 내경 6.1[mm], (BH)max(MGOe) 36, 4극 축 방향 착자된 것이다. 진동모터의 케이스와 자성체의 재질로는 KWS4MA SPC-E를 사용하였으며, 브러쉬의 정류각은 15°, 정격전압 3[V], 정격전류 45[mA]max이다.

표 1. 진동 모터의 제원

구분	값
공극	0.35 mm
중량	2.0±0.5 g
단자간 저항	40 Ω ±20%
정격회전수	8500 rpm
외경	13.6 mm
두께	3.3 mm

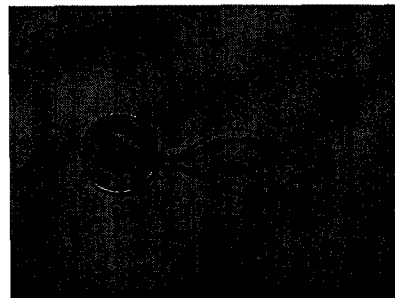


그림 1. One-Coil 진동모터

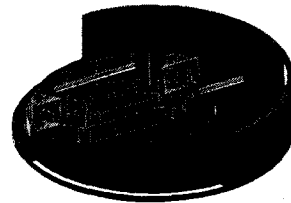


그림 2. 모터의 3D 해석 모델

2.2 코일의 토크상수(K<sub>T</sub>) 산출

토크 상수와 순시 토크는 다음과 같이 정의된다.

$$K_T = LBRz \sin \theta \quad [N \cdot m/A] \quad (1)$$

$$T = K_T I \quad [N \cdot m] \quad (2)$$

B의 공간분포를 정현적이라 가정하면  $B = B_m \sin \theta$  이고 4극의 경우 전기각은 기계각의 2배가 된다. 따라서  $B = B_m \sin 2(\theta + \psi)$  가 된다.  $\theta$ 는 코일의 위치변수이고  $\psi$  초기위상각으로서 0으로 한다.

코일내에서 유효토크 발생영역은 그림 3에서 I, II, III

영역이며 IV, V 영역에서는 유효토크발생이 없다. 또한 I 영역의 유효토크 발생영역은 자석 외반경 T 내의 영역이 되며 III영역의 유효토크 발생영역은 마그네트 내반경 S보다 큰 영역이 된다.

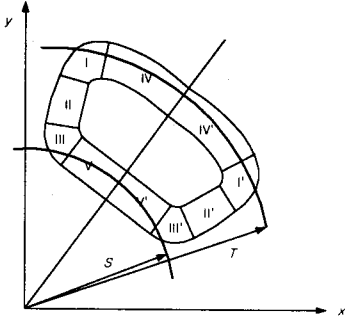


그림 3. 토크산출을 위한 코일 영역 분할

S : 마그네트 내반경  
T : 마그네트 외반경

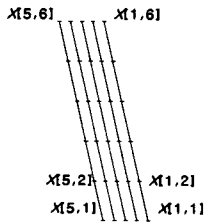


그림 4. 도체 영역의 분할

그림 4와 같이 도체영역을 M등분하여 x, y 좌표를 각각  $X[i, j], Y[i, j]$ 라 둔다. (여기서  $M=5$ )  
각 segment의 중심좌표를 구하면

$$(X_m^i, Y_m^j) = \left( \frac{\{X[i, j+1] + X[i, j]\}}{2}, \frac{\{Y[i, j+1] + Y[i, j]\}}{2} \right) \quad (3)$$

가 된다. 또 각 segment의 길이벡터는

$$L' = \left( X[i, j+1] - X[i, j] \right) a_x + \left( Y[i, j+1] - Y[i, j] \right) a_y \quad (4)$$

와 같다. 그리고 각 segment의 회전반경벡터  $R^i$ 는

$$R^i = X_m^i a_x + Y_m^i a_y \quad (5)$$

가 된다. 또한

$$B = b_m \sin 2\theta a_z \quad (6)$$

$$T^i = R^i \times (L^i \times B) \quad (7)$$

이므로 식(7)에서  $I=1$ 로 두었을 때 발생 토크를 구하면 이 값이 토크 상수  $K_T^i$ 이다. 따라서 식 (4)~(6)를 식 (7)에 대입하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} L^i \times B &= \{X[i, j+1] - X[i, j]\} a_x + \{Y[i, j+1] - Y[i, j]\} a_y \times B_m \sin 2\theta a_z \\ &= -(X[i, j+1] - X[i, j]) \cdot B_m \sin 2\theta a_y \\ &\quad + (Y[i, j+1] - Y[i, j]) \cdot B_m \sin 2\theta a_x \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} R^i \times (L^i \times B) &= -X_m^i \cdot (X[i, j+1] - X[i, j]) \cdot B_m \sin 2\theta a_z \\ &\quad - Y_m^i \cdot (Y[i, j+1] - Y[i, j]) \\ &= -\{X_m^i \cdot (X[i, j+1] - X[i, j]) \\ &\quad + Y_m^i \cdot (Y[i, j+1] - Y[i, j])\} \\ &\quad \times B_m \sin 2\theta a_z \end{aligned} \quad (9)$$

즉

$$K_T^i = -\{X_m^i \cdot (X[i, j+1] - X[i, j]) + Y_m^i \cdot (Y[i, j+1] - Y[i, j])\} \times B_m \sin 2\theta a_z \quad (10)$$

$$K_T = \sum_i K_T^i \quad (11)$$

이다.

한편, I', II', III'영역에 대한 계산은 coil의 대칭성을 고려하면 I, II, III영역에서의 좌표값을 이용하여 구한다.

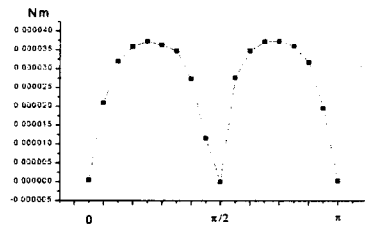


그림 5. 코일의 토크 곡선

### 2.3 사점(Dead Zone)

사점(Dead zone)의 발생은 모터가 정지할 경우 정류자편간에 브러쉬가 위치하게 될 때 나타나는 전기적인 요인과 기동토크가 부족하여 자기 기동을 할 수 없는 위치에 서게 되는 물리적인 요인으로 나누어 볼 수 있다.

그림 6에 사점(Dead zone) 영역을 표시하였다. 연구 모델의 경우 정류자 편간의 무통전 각이  $15^\circ$  자기기동불능영역이  $3^\circ$ 로 나타나고 있다.

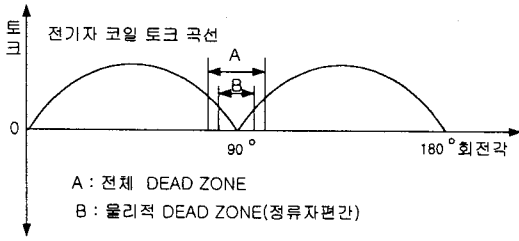


그림 6. Dead Zone

### 2.4 자성체의 릴럭턴스 토크

자성체 릴럭턴스 토크를 유도하기 위하여 2개의 자성체를 삽입하였다. 첫번째는 자극면과 직교하는 길이 4.5mm 것이고 두 번째는 자극면과 평행한 길이 3.5mm 것이다. 이 두 자성체의 릴럭턴스 토크를 각각에 대해 산출하여 사점(Dead zone)을 회피하기 위한 가장 최적의 상대적 위치를 찾을 수 있었다.

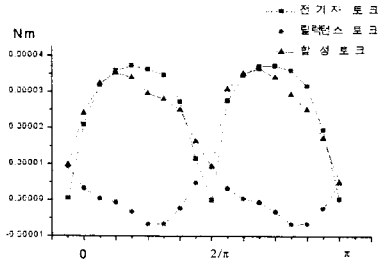


그림 7. 자성체의 릴럭턴스 토크

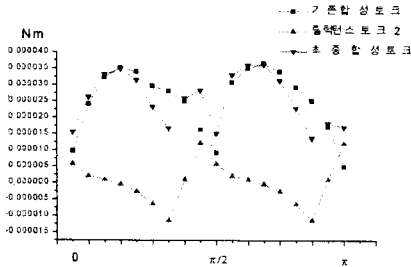


그림 8. 합성 토크 곡선

### 2.5 로터의 형상변경

진동의 발생은 그림 7과 같이 편심 회전자가 회전할 때 생기는 회전 불평형을 이용하고 있다. 편심회전자의 회전에 의해 발생하는 가진력의 크기는 다음과 같다.

$$F = me\omega^2 \quad (12)$$

단  $m$ 은 편심질량,  $e$ 는 편심거리,  $\omega$ 는 회전각속도

식 (12)에서도 알 수 있듯이 진동량은 불평형량의 크기( $mr$ )와 각속도( $\omega$ )의 제곱에 비례한다는 것을 알 수 있다. 즉 각속도 크기에 매우 민감하게 반응한다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 로터의 형태에서 코일변까지의 가장 자리 부분을 제거하여 상대적 편심질량을 높이는 효과로 로터의 회전 속도를 증가시켰다.

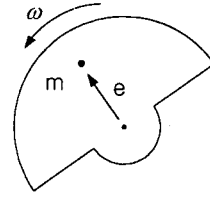


그림 9. 편심 로터



그림 10. 로터의 형상 변경

## 3. 결 론

본 연구에서는 One-coil coin type 진동모터의 사점 발생의 해소와 진동량 증대에 관한 연구를 하였다. 자성체를 추가함으로써 사점(Dead zone) 발생 영역이 없어졌으며 로터의 형상을 변경하여 진동량이 증대되었다.

또한 로터의 기계적 평형으로 인하여 정류자 표면의 편중 마모 현상이 급격히 감소하였다.

앞으로 본 모델의 소형화에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

### (참 고 문 헌)

- [1] Kent R. Davey, "Designing with Null Flux Coils", IEEE Trans. Magnetics, Vol. 33, No. 5, pp.4327~4334, 1997
- [2] 大川光吉, "永久磁石磁氣回路の設計特性計算法", 總合電子リサーチ, 昭和61年
- [1] S. A. NASAR, "Determination of the Field of a permanent-Magnet Disk Machine Using the Concept of Magnetic Charge", IEEE Trans. Magnetics, Vol. 24, No.3, pp.2038~2044, 1988

이 논문은 중소기업청지원연구과제(2000 중소기업 기술혁신 개발사업) 연구의 일부임.