

BLDC Motor의 비대칭 오버행 효과에 의한 소음 및 진동 특성

안 영규*, 강규홍¹, 김규탁
모터넷(주)¹, 창원대학교 전기공학과

The Characteristics of Noise and Vibration
by Asymmetrical Overhang Effect of Permanent Magnet in BLDC Motor

Young-Gyu An*, Gyu-Hong Kang¹, Gyu-Tak Kim
Motor-Net Int. CO, LTD¹, Dept. of Electrical Engineering, Chang-won Univ.

Abstract - This paper deals with a noise and vibration of brushless dc (BLDC) motors due to the asymmetrical overhang of permanent magnet. The asymmetrical overhang of permanent magnet is generating z-axis thrust which is lead to eccentric force and vibration of BLDC motor. The z-axis thrust considering asymmetrical overhang effect of permanent magnet is analyzed by using 3-D FEM and the result is compared to experimentation.

1. 서 론

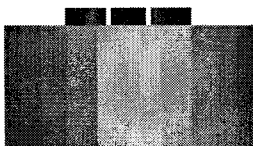
Brushless DC Motors (이하 BLDC Motor이라 함)는 반도체 소자를 이용한 스위칭을 하기 때문에 Brush Type의 전동기가 갖는 기계적인 문제를 극복할 수 있어 가전기기 및 자동차 전장품 등에서 수요가 증가되고 있다[1].

BLDC Motor는 회전자에 영구 자석이 존재 하고 회전자의 위치, 속도를 감지하기 위하여 Sensor를 포함한 Driving circuit을 필요로 한다. Hall IC sensor를 사용해서 자속을 감지할 경우 회전자의 위치를 측정하기 위해서 추가적인 영구 자석이 필요하게 된다. 이 경우 구조가 복잡해지고 추가적인 자석의 비용이 든다. 따라서 대부분의 BLDC Motor에서는 회전자에 영구자석의 비대칭 오버행 구조를 사용한다. 그러나 이 구조에서는 Z축 방향 힘이 발생한다. 이는 베어링에 손상을 입힐 뿐 아니라 큰 노이즈와 진동을 유발한다. 따라서 진동과 소음의 감소를 위한 자석 오버행 효과 해석이 필수적이다. 본 논문에서는 비대칭 영구 자석 오버행 효과를 해석하고 BLDC Motor에서 발생하는 소음과 진동을 분석하였다.

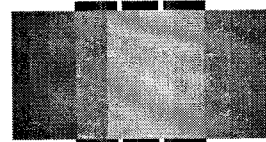
본 논문에서는 비대칭 영구 자석 오버행 효과를 고려하여 Z축 방향의 영향력을 계산하기 위하여 3차원 유한요소법(3-D FEM)을 사용하였다. 그리고 3차원 해석의 Z축 방향 힘을 실험 결과 및 2차원 결과와 비교하였다. 비대칭 자석 오버행의 소음, 진동 효과는 대칭 자석 오버행 모델의 특성결과와 비교, 검토하였다.

2. 본 론

2.1 해석 모델



(a) 영구자석의 대칭 구조



(b) 영구자석의 비대칭 구조

그림 1 영구자석의 구조

그림 1은 BLDC 모터에서 영구자석의 배치가 대칭적인 구조와 비대칭적인 구조를 나타내고 있다.

그림 2는 본 논문의 해석 모델인 3상 6/8구조를 갖는 BLD Motor를 보여 주며 회전자의 영구 자석이 z 축 방향으로 비대칭적으로 4mm 오버행 구조를 갖는 모델이다.

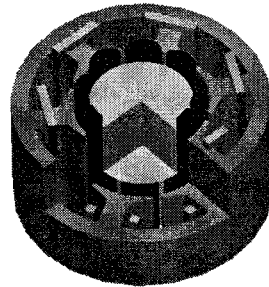


그림 2 해석 모델

표 1 BLDC Motor의 설계사양

구분	재원
상 수	3
고정자 슬롯 및 회전자 자극	6/8
고정자 외경	28[mm]
회전자 외경	32[mm]
공극	0.5[mm]
턴 수	545
영구자석 재질	NdFe
영구자석 두께	3[mm]

2.2 유한요소법을 통한 특성 해석

비대칭 자석 오버행의 Z 축 방향 힘과 Hall IC sensor의 위치에 따른 자속을 계산하기 위해서 2차원 유한요소 해석과 3차원 유한요소해석을 수행하였다.

그림 3은 비대칭 자석 오버행 BLDC Motor의 z축 방향 힘을 구하기 위해 2차원으로 등가화한 해석 모델이다.

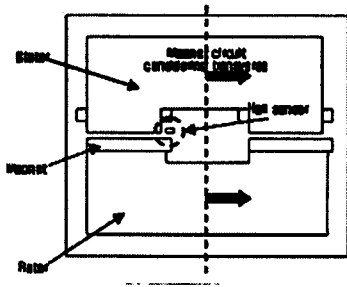


그림 3 2차원 유한요소 해석을 위한 등가 모델

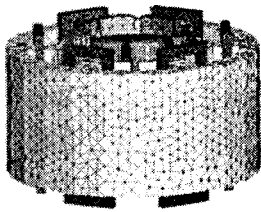


그림 4 3-D FEM 해석 모델 (요소 분할도)

그림 4는 3차원 유한요소해석을 하기 위한 요소 분할도이다.

그림 5는 영구자석의 오버행된 위치에서 끝단 1[mm] 아래에 Hall Sensor가 측정할 수 있는 공극자속밀도를 3차원 유한요소해석을 통해서 알아본 해석결과이다. 본 모델에 사용되는 Hall Sensor의 동작 최소 자속은 50[G]이므로 충분히 센서가 동작 할 수 있는 자속 얻을 수 있다.

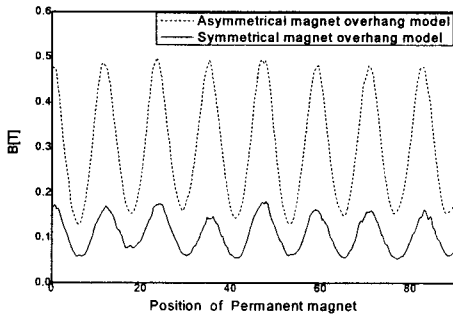


그림 5 센서 위치에서의 공극자속밀도

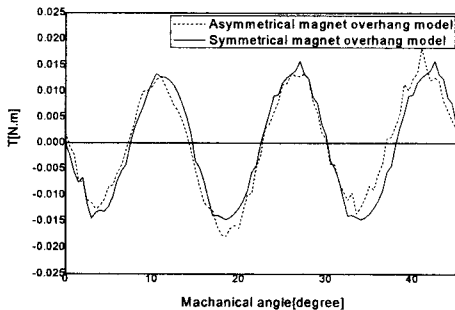


그림 6 코킹토크

그림 6은 3차원 유한요소해석을 통하여 비대칭 영구자석 오버행 모델과 대칭 영구자석 오버행 모델의 코킹 토크이다.

그림 7에서 3상 모두 전류를 인가하지 않은 경우의 Z축 방향 힘은 거의 일정한 값을 가지며, 전류를 인가한 경우 주기적인 힘이 나타난다.

그림 8은 3차원 유한요소해석에서 나타난 B벡터이다.

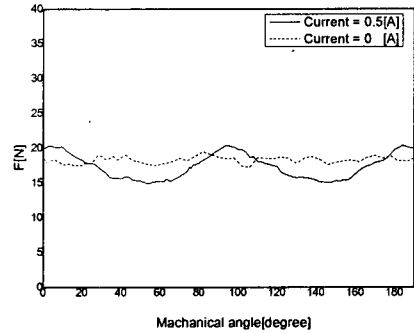
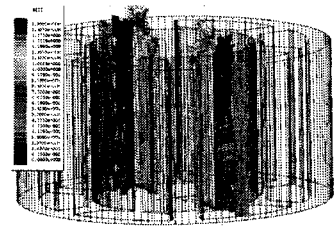
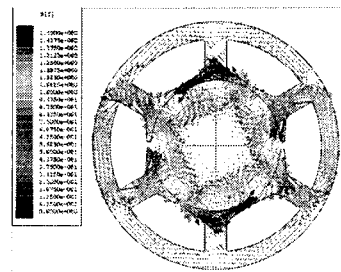


그림 7 전류 0.5[A], 0[A]인 경우의 Z축 방향 힘



(a) 축 방향에서 B 벡터도



(b) 축 방향에서 B 벡터

그림 8 해석 모델의 B 벡터도

그림 9은 4mm 비대칭 오버행 BLDC Motor의 Z축 방향으로 발생하는 힘을 측정하기 위한 실험 장치이다.

표 2는 영구자석 오버행 효과에 따른 Z축 방향 힘을 보여준다. 영구자석 비대칭 오버행 모델에서 2차원 유한요소해석은 오버행 효과를 고려하기위해 그림 1과 같이 등가화 하여 해석하였다. 시험 결과와 다소 차이가 났다. 3차원 유한요소해석은 오버행 효과를 고려 할 수 있다. 해석 결과는 16.6[N]으로 실험 결과와 유사하다. 비대칭 오버행 모델에서 Z축 방향 힘이 실험, 해석 결과와 같이 대단히 큰 값을 가진다. 이 힘은 큰 노이즈와 진동을

유발한다. 대칭 오버행 모델의 차원 유한요소해석 결과 값은 0[N]에 유사한 값이 나왔다.

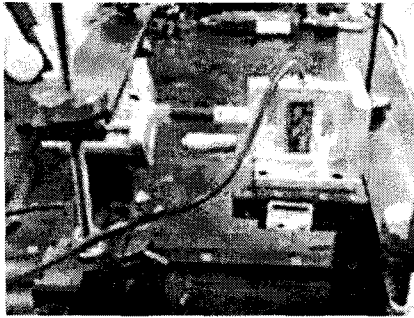


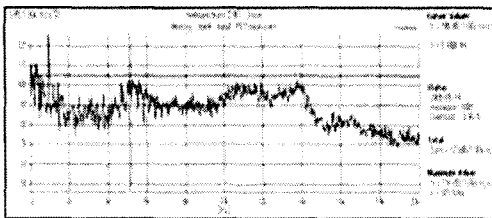
그림 9 실험 장치

표 2 Z 축 방향 힘

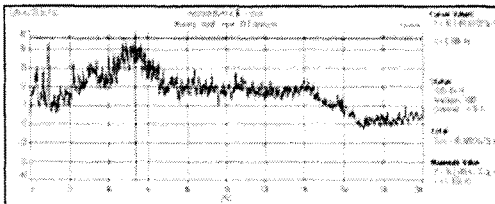
	비대칭 영구 자석 오버행 모델		
	2-D FEM	3-D FEM	실험 결과
Z 축 방향 힘	25.45 [N]	16.6 [N]	19.7 [N]
	대칭 영구 자석 오버행 모델		
	2-D FEM	3-D FEM	
Z 축 방향 힘	2.84 [N]	0.0077[N]	

2.3 진동 및 소음 실험 결과

그림 10, 11은 비대칭 영구자석 오버행과 대칭 영구자석 오버행 모델에 따른 진동, 소음을 나타낸 실험 결과이다. 비대칭 영구자석 모델이 진동과 소음이 크게 나타남을 알 수 있다.

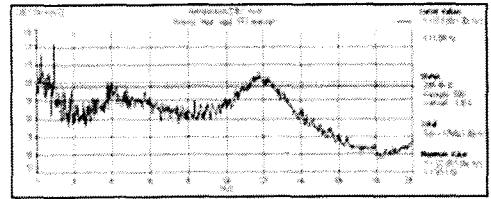


(a) 진동

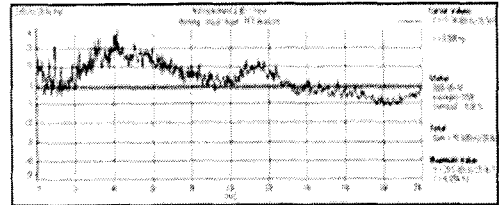


(b) 소음

그림 10 비대칭 영구자석 오버행 모델 진동, 소음

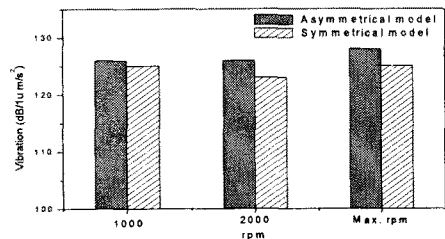


(a) 진동

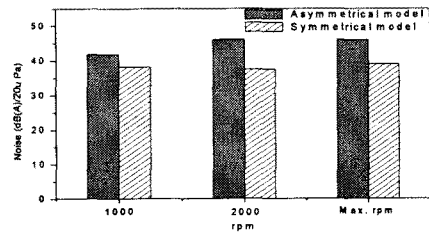


(b) 소음

그림 11 대칭 영구자석 오버행 모델 진동, 소음



(a) 진동



(b) 소음

그림 12 속도에 따른 진동, 소음

그림 12는 속도에 따른 각각의 진동, 소음 측정 실험 결과이다.

3. 결 론

본 논문은 BLDC Motor의 비대칭 영구자석 오버행 효과에 따른 진동, 소음 특성 해석을 수행하였다. 오버행 효과를 고려하기 위하여 3차원 유한요소법을 적용하였고, 비대칭 영구자석 오버행 모델의 소음, 진동 효과는 대칭 자석 오버행 모델의 특성결과와 비교, 검토하였다. 비대칭 영구자석 오버행 모델이 Z 축 방향 힘이 크게 작용하여, 큰 진동과 소음이 발생함을 검증하였다.

[참고문헌]

- [1]Yoshihiro Kawase, Tadashi Yamaguchi, Shinya Sano, Toshiyuki Yano, Masao Igata, Kazuo Ida and Akio Yamagiwa, "Effects of Off-Center of Rotor on Distributions of Electromagnetic Force", *IEEE Trans. Magn.*, vol. 41, no. 5, pp.1944-1947, May. 2005.