

3차원 등가자기회로방법을 이용한 Brushless DC 모터의 전자기 가진력으로서의 Radial Force Density 해석

한양대학교 전연도*, 허진, 이주

Analysis of the Radial Force Density as Electromagnetic Exciter in Brushless DC Motor Using 3D Equivalent Magnetic Circuit Network Method

Hanyang University Y. D. Chun*, J. H. J. Lee

1. 서론

일반적으로 모터의 소음 및 진동의 원인은 크게 전자기적 요인과 기계적 요인으로 나눌 수 있다. 전자기적 요인의 경우, 영구자석과 전기자 권선에 의해 발생하는 전자기적 힘은 고정자의 치와 슬롯 구조 때문에 소음 진동의 원인이 되는 고조파 성분을 포함한다. 전자기적인 힘 가운데 Radial Force Density는 모터의 주진동원으로서 외부가진력이 되어 고정자의 치표면에 작용하며 특히 그 진동수가 모터의 고유진동수와 일치할 때 공진현상에 의해 모터 부품의 마모 및 과도한 소음을 유발하게 된다. 따라서 모터의 고성능 동작시 진동해석에 있어서는 Radial Force Density의 정확한 분석이 필수적이다 [1][2].

본 논문에서는 3차원 등가자기회로방법을 이용하여 Brushless DC 모터의 Radial Force Density를 해석하였다[3][4]. 브러시리스 DC 모터는 오버행이라는 3차원 구조를 가지므로 정확한 특성해석을 위해서는 3차원 해석이 필요하다. 고정자에 작용하는 자기적 힘의 분포는 일정하지 않으므로 맥스웰 응력법으로 치의 표면에 고정된 9개의 점들에 대해 Radial Force Density를 계산하고 이산푸리에 변환을 통해 시간고조파를 분석하였다. 모터의 동특성은 매시간 스텝에서 자화분포를 운동방정식과 결합된 회전자 이동각만큼 변화시켜 PI 제어를 결합하여 정상상태를 해석하였다.

2. 본론

본 연구에서 사용한 브러시리스 DC 모터 해석모델은 극수 8, 치 12, 정격속도 5400 [rpm]의 스피들 모터로서, 그림 1과 같다. 모터의 대칭성을 고려하여 2극분만을 해석영역으로 하였으며 영구자석은 링형 플라스틱 Nd-Fe-B로 자극 전체가 원주방향으로 균일하게 자화되는 것이 아니라 자극 경계에서는 약하게 착자된 사다리꼴 분포의 형태를 갖는 것으로 가정하였다. 해석방법은 해석영역을 매질의 종류에 따라 구분한 후 요소분할하고, 각 요소의 중점에 절점을 잡고 서로 연결하여 등가자기회로망을 구성한 후, 각 절점에 대하여 자속과 자기저항의 곱이 기자력과 등가라는 조건과 자속의 연속조건으로부터 절점방정식을 구성하고 이를 조합한 계방정식으로부터 전체 해석영역의 각 절점에 대한 자위를 계산한다. 그림 2는 시간에 따른 고정자 치 표면 임의 세점에서의 Radial Force Density 분포를 나타내고 있다. 그림 3은 고정자 치 표면 임의 세점에서의 Radial Force Density의 스펙트럼 분석을 나타내고 있다. 그림에서 처럼 고정자의 치와 슬롯 구조로 인해 공극 자속밀도는 고조파 성분이 포함되어 왜곡이 생김을 알 수 있다.

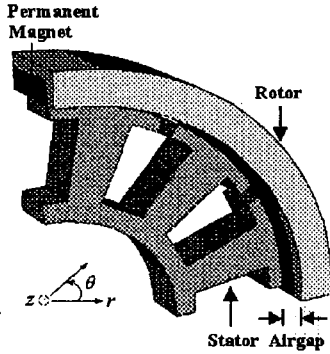


Fig. 1. Analysis model

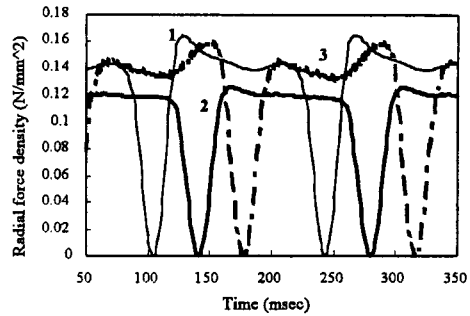


Fig. 2. Distribution of radial force density at three points on the surface of the stator teeth.

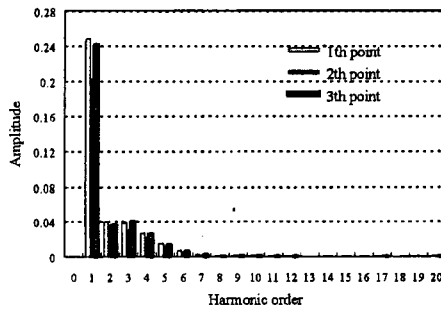


Fig. 3. Spectrum analysis of radial force density at three points on the surface of the stator teeth.

3. 결론

본 논문에서는 회전자의 이동을 고려한 3차원 등가자기회로방법을 이용하여 오버행을 포함한 Brushless DC 모터의 radial force density를 해석하였다. 고정자의 치 표면에 작용하는 radial force density를 맥스웰 응력법으로 계산하고 이산 푸리에 변환을 통해 시간 고조파를 분석하였다. 해석된 결과를 기존의 3차원 유한요소법과 비교하여 그 타당성을 검증하였고 제안된 방법이 계산시간이 적게 걸릴 뿐 아니라 동특성 해석시 이동을 쉽게 고려할 수 있음을 알 수 있었다. 본 논문에서 제시된 방법은 영구자석형 모터의 해석에 쉽게 확장시킬 수 있으며 고효율, 고성능 구동을 위한 저진동 저소음 모터의 설계수단으로 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- [1] B. S. Rahman and D. K. Lieu, ASME, Journal of Vibration and Acoustics, 113(4), 476(1991).
- [2] D. H. Im et al., IEEE Trans. on Magnetics, 33(2), 1650(1997).
- [3] 임달호, 홍정표, 대한전기학회논문지, 43(9), 1432(1994).
- [4] J. Hur, S. B. Yoon, D. Y. Hwang and D. S. Hyun, IEEE Trans. on Magnetics, 33(3), 4301(1997).