

전자기-구조 결합해석을 이용한 울트라-마이크로 가스터빈 시스템용 발전기의 음압해석

Sound Pressure Analysis of an Electric Generator for Ultra-Micro Gas Turbine System Using Magnetic Field and Structural Coupled Analysis in One Direction

*#주대석¹, 홍도관¹, 우병철¹

*#D. S. Joo(june@keri.re.kr)¹, D. K. Hong¹, B. C. Woo¹

¹한국전기연구원 전동력연구센터

Key words : acoustic analysis, coupled analysis, electric generator, sound pressure level

1. 서론

현대공학에서 진동과 소음문제에 대한 관심은 커지고 있다. 진동과 소음은 불쾌감을 증가시키고 피로와 건강 그리고 안전의 위험요소로 작용한다. 따라서, 진동과 소음의 제어기술은 필수적이다 [1]-[2].

울트라-마이크로 가스터빈 시스템에서 사용하는 발전기는 초고속으로 회전하는 회전자와 높은 운전주파수 탓에 진동과 소음이 크게 발생한다. 발전기에서 발생하는 진동의 원인은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째 원인은 전류, 전자기력, 회전자 편심으로 생기는 전자기적 진동이다. 두 번째 원인은 기하학적인 구조와 기계부품 사이의 간섭으로 생기는 기계적 진동이다. 여러 가지 진동의 원인 중에서 전자기력에 의한 진동이 발전기에서 가장 큰 부분을 차지한다고 알려졌다 [3]. 특히, 전자기력의 주파수가 공진 주파수에 가까워지면 진동은 급격하게 커진다.

따라서, 본 논문에서는 발전기의 설계단계에서 유한요소해석 모델을 이용한 전자기-구조 결합해석으로 전자기력이 진동과 소음에 미치는 영향을 예측하였다.

2. 전자기장-구조 결합해석

전자기력 때문에 발생하는 발전기의 음압해석을 위해서 전자기장해석모델, 구조해석모델, 그리고 음압해석모델을 만들었다. 먼저

고정자 철심에 분포하는 전자기력을 전자기장 해석으로 구하고, 구조해석으로 발전기의 고유주파수를 파악하였다. 그리고 전자기력이 가진력으로 입력되는 주파수 응답 구조해석으로 발전기의 음압을 해석하였다.

전자기력 계산을 위한 모델은 2 극 6 슬롯으로 해석의 편의를 위해서 2-D, 1/2 대칭모델로 모델링 하였다 (Fig. 1). 회전속도는 100 000 rpm, 출력은 200 W 상태에서 고정자의 전자기력을 계산하였다 (Fig. 2).

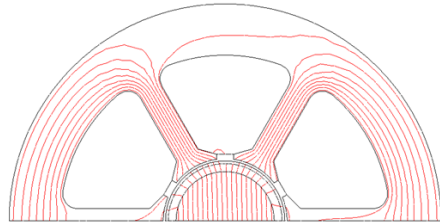


Fig. 1 FEM model for the electromagnetic field analysis and flux line

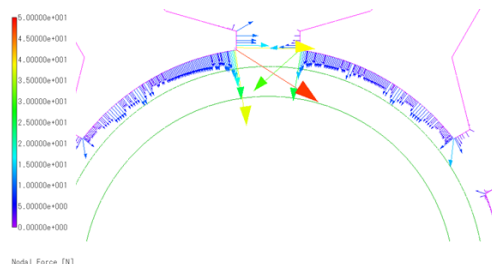


Fig. 2 Electromagnetic force distribution

구조해석 모델은 3-D 모델로 고정자 철심, 고정자 케이싱, 시험용 지그로 구성되어 있다 (Fig. 3). 고정자 케이싱은 알루미늄 재질이고, 나머지는 스틸 재질이다. 시험용 지그의 바닥면을 구속한 상태에서 해석하여 고유 주파수를 확인하였다 (Table 1). 1 차 모드는 회전자의 고유 주파수이고, 2 차 모드부터 고정자의 고유 주파수로 나타났다. 운전주파수 1666.6 Hz, 전자기력의 1 고조파 주파수 3333.3 Hz 와 고정자의 고유주파수 사이에 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

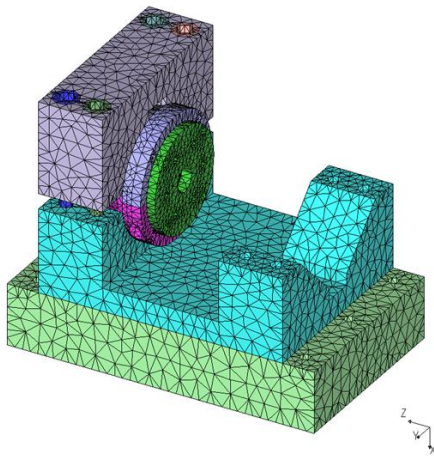


Fig. 3 FEM model for the structural analysis

Table 1 Eigen frequencies

Mode	Eigen frequency [Hz]
1	986.7
2	2251.2
3	2944.6
4	3766.5
5	6295.8
6	7194.8
7	7196.4
8	7775.7
9	7845.4
10	9089.6

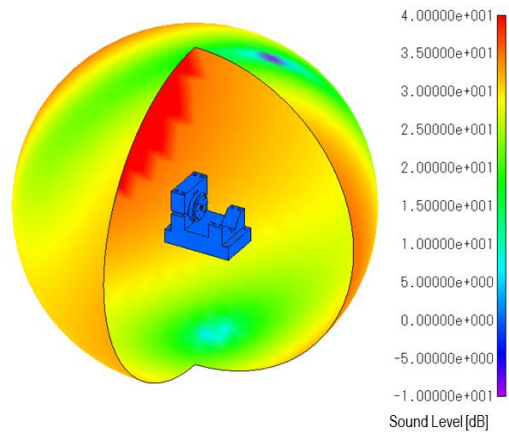


Fig. 4 Sound pressure level field at 1666 Hz

음압해석모델에서 음압이 방사되는 부분을 고정자 케이싱 표면과 바닥면을 제외한 시험용 지그의 표면으로 설정하였다. 운전주파수에 해당하는 1666 Hz 일 때, 모델의 중심에서 0.5 m 거리의 음압레벨 분포를 그림 4 에 나타내었다. 해석모델과 0.5 m 거리에서 음압레벨의 최대차이는 37.7 dB 로 나타났다.

4. 결론

유한요소해석과 전자기-구조 결합해석으로 발전기의 전자기적 소음을 예측하였다. 앞으로 울트라-마이크로 가스터빈 시스템용 발전기 시제품의 음압측정시험을 통해서 음압해석 과정의 타당성을 검증하는 작업이 남았다.

참고문헌

1. 홍도관, 안찬우, 한근조, 강현욱, “부산 도시철도 3 호선 차량 곡선부 스킵소음 특성,” 한국정밀공학회지, 28(4), 427-435, 2011.
2. 오재응, 이기연, 심현진, 이정운, “흡음재의 음향특성 예측에 의한 밀폐계의 내부 소음저감,” 한국정밀공학회지, 23(4), 60-66, 2006.
3. C. Wang, J.C.S. Lai, and A. Astfalck, "Sound Power Radiated from an Inverter Driven Induction Motor II: Numerical Analysis," Electric Power App., IEE Proceedings, 151(3), 341-348, 2004.