

고속 유도전동기 로터의 1차원, 2차원, 3차원 회전체 해석 비교

Comparison of 1, 2, 3 Dimensional Rotordynamics for High Speed Induction Motor of Rotor

홍도관* · 정승욱** · 정재부** · 김경배** · 안찬우†
 Do-Kwan Hong, Seung-Wook Jung, Jae-Boo Jeong,
 Gyeong-Bae Kim, and Chan-Woo Ahn

1. 서 론

고효율 전동기를 개발하기 위하여 반드시 검토해야 하는 공진회피기술을 통해 회전체가 안정하게 구동되는지 검토해야 한다. 회전체 모델을 1차원, 2차원, 3차원으로 하여 각 모델별로 위험속도를 평가하였다. 각 모델별로 Campbell 선도에서 위험속도를 계산하고 그 결과를 비교하여 API 610 (American petroleum Institute) 규격을 바탕으로 안정성을 평가하였다. 또한 해석결과를 바탕으로 1차원, 2차원, 3차원 해석시간과 해석결과의 신뢰성을 검토하였다.

2. 동다이캐스팅 유도전동기

본 논문에 사용된 모델은 10 kW, 30,000 rpm급 동다이캐스팅 유도전동기로 자체해석을 통해 사양을 결정하였다. Fig. 1은 해석모델인 로터를 구성하는 부품의 소재와 로터가 지지되는 베어링 지지 위치를 나타내었으며 그 사양과 재질을 Table 2에 각각 나타내었다.

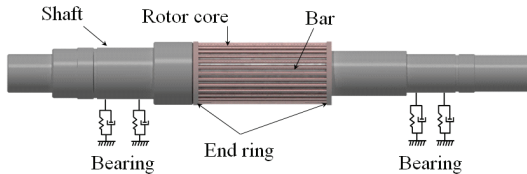


Fig. 1 Rotor for copper die casting

Table 2 Mechanical properties of used material

| Item | Material | Shaft | Rotor core | Bar & End ring |
|------------------------------|----------|-------|------------|----------------|
| | | Steel | S7 | Copper |
| Density (kg/m ³) | | 7,850 | 7,600 | 8,900 |
| Elastic Modulus (GPa) | | 210 | 200 | 110 |
| Poisson' ratio | | 0.3 | 0.3 | 0.33 |

3. 유한요소 해석

3.1 위험속도선도(Critical speed map)

베어링의 지지강성과 베어링 지지점의 개수는 로터의 위험속도에 영향을 주기 때문에 베어링 지지 위치를 4군데로 결정하고 베어링의 지지 강성 변화에 따라 회전체의 위험속도의 변화를 Fig. 2에 나타내었다.

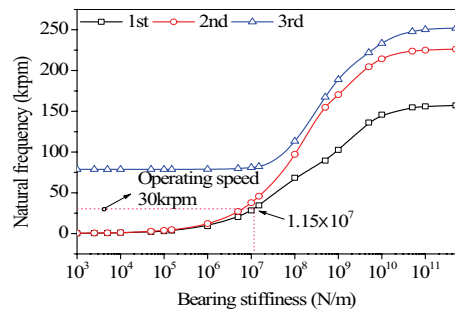


Fig. 2 Critical speed map

Fig. 2에서 정격회전수인 30,000 rpm에서 요구되는 베어링 지지강성은 1.15×10^7 N/m로 나타났으며, 로터가 안정적으로 회전구동하기 위해서는 베어링강성이 1.15×10^7 N/m 이상이 되어야 한다. 따라서 베어링 강성을 앞뒤 각각 8×10^7 , 1×10^8 N/m으로 결정하였다.

† 교신저자; 동아대학교 기계공학과
 E-mail : cwahn@dau.ac.kr
 Tel : (051) 200-7643, Fax : (051) 200-7656
 * 한국전기연구원 전동력연구센터
 ** 동아대학교 대학원 기계공학과

3.2 1차원/2차원/3차원 모델링

설계된 유도전동기의 회전체를 Fig. 3과 같이 1차원, 2차원, 3차원으로 모델링 하였다. 1차원 모델링은 범 요소에 동바와 로터코어부분을 10등분하여 부가질량을 부과하였고, 2차원 모델링은 1/4요소의 단면을 모델링 하였다. 3차원 모델링은 실제모델과 동일하게 모델링 하였다.

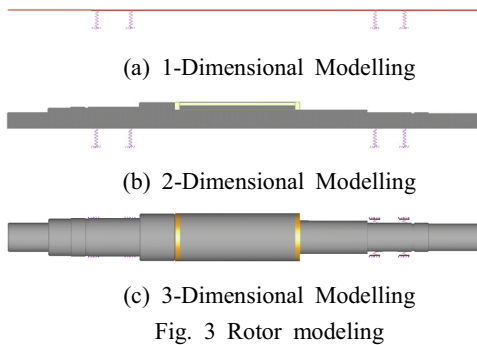


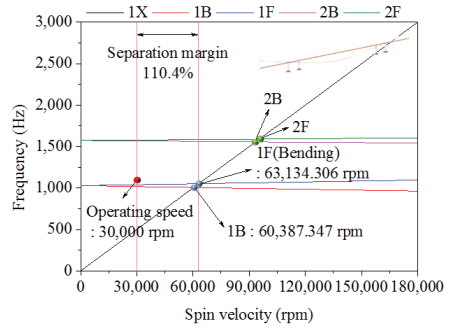
Fig. 3 Rotor modeling

3.3 1차원/2차원/3차원 위험속도 해석

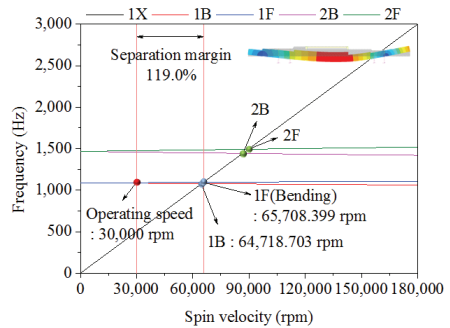
회전체에서 운전속도가 위험속도 근방에 존재하면 공진현상이 발생하고 공진모드로 인하여 로터가 피로파괴가 된다. API 610에서 제시하고 있는 위험속도와 운전속도와의 분리여유는 20%가 확보되어야 한다. 각 모델의 위험속도를 나타내는 Campbell 선도를 Fig. 4에 나타내었고 결과를 Table 3에 정리하였다. 위험속도 비교결과를 보면 2차원과 3차원 모델의 해석결과와 1차원 모델의 해석결과가 차이는 있는데, 이것은 실제 모델에 비해 증가화하는 데서 발생하는 오차로 판단된다. 해석결과는 3차원 해석결과가 정확하다고 판단하고, 1차원 해석결과와 3차원 해석결과와의 오차는 약 4.2%로 나타났다. 또한 2차원 해석결과와 3차원 해석결과와의 오차는 약 0.3%로 나타났다. 해석시간을 비교해보면 1차원, 2차원, 3차원 모델의 경우 각각 5초, 1분 11초, 4분 4초로 나타났다. 해석시간 결과는 1차원해석이 가장 짧은 시간으로 나타났다.

Table 3 Whirling mode and critical speed

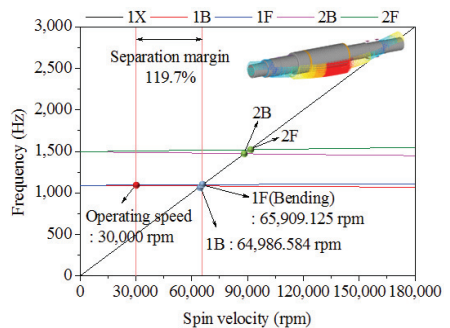
| Model Whirling Mode | Critical speed (rpm) | | |
|---------------------|----------------------|-----------|-----------|
| | 1-D | 2-D | 3-D |
| 1st forward | 63,134.30 | 65,708.39 | 65,909.12 |
| 2nd forward | 95,410.98 | 86,623.96 | 88,322.17 |



(a) 1-Dimensional critical speed



(b) 2-Dimensional critical speed



(c) 3-Dimensional critical speed

Fig. 4 Campbell diagram

4. 결론

본 연구에서는 고효율 회전체 평가를 위해 검토해야 하는 위험속도 회피기술을 1차원, 2차원, 3차원 해석을 바탕으로 검토하였다. 위험속도 해석결과 각각 미미한 차이를 보이나 최소 119.7%의 충분한 분리여유를 가지는 것을 확인 하였다. 이를 바탕으로 복잡하지 않은 모델의 회전체는 1차원으로 모델링하여 해석하여도 충분한 신뢰성을 확인할 수 있었다.