

회전유니트 결합부 강성 실험적 튜닝

Experimental tuning of the rotating system stiffness

*김현명¹, #박형욱¹

*H. M. Kim¹, #H. W. Park(hwpark@unist.ac.kr)¹

¹울산과학기술대학교 기계신소재공학부

Key words : Rotating system, Bearing stiffness, Experimental tuning

1. 서론

회전 운동 유니트는 기계시스템에서 가장 중요한 부분이며 기계시스템의 성능은 이 요소에 의해서 좌우된다. 최근에 들어서 회전 유니트의 정/동적 특성에 대한 예측의 중요성이 증대됨에 따라서 유한 요소 기반 예측기법에 대한 연구가 증대하고 있지만 아직까지 회전 유니트 복잡성으로 인해서 예측치와 실제 결과 사이에 어느 정도의 차이가 존재한다.

따라서, 본 연구에서는 유한 요소 기반으로 한 회전 운동 유니트 동강성 예측 모델을 구축하고 이와 동시에 단순화된 깊은 홈 베어링 기반 회전 유니트 모델을 구축해서 유한 요소 기반 예측치와 실험치 사의 차이를 보정 계수를 도입해서 회전 유니트 강성을 튜닝하는 연구를 수행했다. 우선 회전 유니트 초기 강성은 Nachi 에서 제공되는 공식을 기반으로 계산되었으며 튜닝은 모드 실험치를 기반으로 수행되었다.

2. 실험적 튜닝 및 실험 개요

본 연구에서 회전 유니트 연결부위에 KBC 깊은 홈 베어링(Deep groove ball bearing)을 6024Z 모델을 사용하였으며 초기 베어링 강성의 산정을 위해서 다음 (1)-(3)식을 기반으로 해서 초기 입력 회전 유니트 강성을 예측했다.

$$P_o = \frac{5Fr}{iz \cos \alpha} \quad (1)$$

$$\delta r(mm) = \frac{0.00044}{\cos \alpha} \sqrt[3]{\frac{P_o^2}{Dw}} \quad (2)$$

$$K_{cal} = \frac{P_o}{\delta_r} \quad (3)$$

위 식들은 Nachi bearing technical center 결과를 기반으로 하였다. 주요 변수들에 깊은 홈 베어링의 실제 치수를 부여하여 계산을 수행했다. 반경반향의 힘(Fr)은 1000N, 볼 직경(Dw) 10mm, 볼갯수(z) 8 개 이고 접촉각(α)는 깊은 홈 볼베어링에서 0° 를 부여하고 계산된 베어링의 강성은 4377(N/mm)이다. 이 강성 값을 바탕으로 유한 요소 해석을 수행했으며 Fig. 1 에 나타나 있는 방식으로 베어링 강성을 튜닝한다. Parameter 기능을 이용하여서 일정하게 강성 값을 증가 시켜서 계산되는 진동수를 실험치 비교하면서 강성 튜닝한다 그리고 각각의 강성을 튜닝하기 전에 강성 값으로 구해진 동강성과 실험 값의 동강성의 차이에 보정계수를 부여한다.

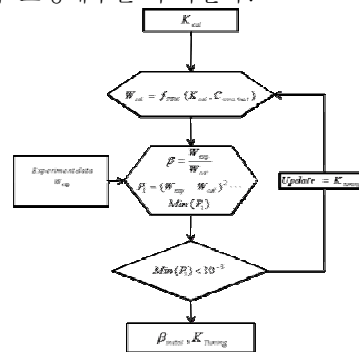


Fig. 1 Flow chart of experimental tuning of the stiffness

동 강성 실험 장치는 Fig.2 와 같이 구성하였으며 베어링으로 구축된 회전계 시스템의 동강성을 측정하기 위해서 가속도 선세와 impact hammer 를 이용하여 충격응답 실험을 진행 하였다. 따라서 구성된 실험 장치에 고유 진동수를 측정해서 이를 기반으로 회전 유니트

의 결합부 강성을 튜닝하는데 이용하였다.

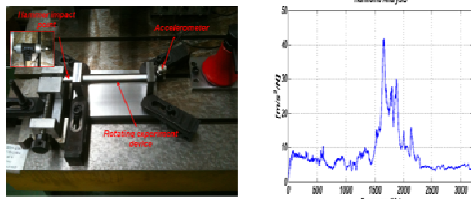


Fig. 2 Experimental configuration and result

본 연구에서 구성한 실험 장치에서 고유한 진동수는 1650Hz 로 측정 되었다.

3. 실험적 튜닝 결과

동강성 해석을 수행할 때 중요한 영역은 고유진동수의 1 차 모드에서 나타나는 주파수가 중요하다. 수학적 모델을 이용하여 초기 베어링 강성을 산정한 값은 4377N/mm 이다. 이 베어링의 강성 값을 FEM 모델에 적용 시키고 동강성 해석을 수행 한 결과 고유진동수(1 차 모드)는 611.4Hz 로 나타났다. 실험 장치에 의해서 얻은 값 1650Hz 영역에서 나타난 비교를 하면 차이가 있을 것을 볼 수 가 있다. 초기 베어링의 강성을 이용하여 동강성을 예측할 때에는 보정 계수를 부여서 FEM 해석의 결과값을 보정을 해주어야 하고 그 때 보정값이 2.70 이 된다.

하지만 보정 계수를 사용 하지 않고 FEM 모델의 동강성의 값을 실험 값과 동일한 결과를 얻기 위해서는 FEM 의 모델에 사용될 베어링의 강성을 튜닝하였다. Fig. 3 은 베어링 강성의 튜닝의 따른 동강성과 보정 계수의 변화를 확인할 수 있다.

초기의 베어링 강성에서 베어링의 강성의 튜닝진행 하면 FEM 모델의 동강 성 값이 실험 값과 동일한 값으로 수렴하는 것을 볼 수 있고 보정계수의 값도 1 로 수렴 하는 것 그래프에서 확인 할 수 있다. FEM 모델에서 동강 성이 실험값과 같아지는 되는 튜닝된 베어링 강성은 2.04×10^6 (N/mm)이고 동강성의 값은 1695Hz 을 가지게 되며 실험값이 1650Hz 와 거의 일치 하는 것을 볼 수 있다. 이 때 보정계수의 값이 1 로 수렴 하는 것을 볼 수 있다.

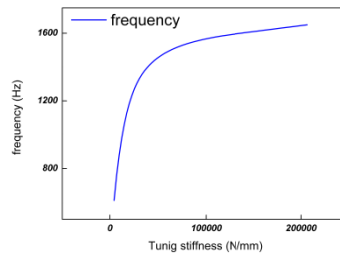
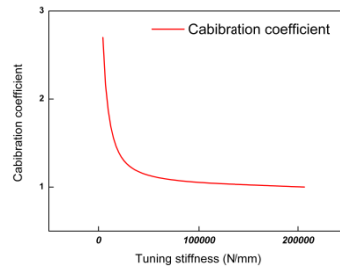


Fig. 3 Variation of natural frequency and calibration coefficient according to the stiffness

4. 결론

유한 요소 기반으로 회전 유니트의 정/동 강성을 예측할 경우에는 회전 유니트의 결합부 강성이 예측의 정확도에 영향을 주는 주요인자들 중에 하나다. 그러나 일반적으로 실험에서 얻어지는 값도 이론적인 계산치와 상당한 차이 점이 있으므로 회전 유니트의 실제 거동을 예측하기 위해서는 회전 결합부 강성에 보정 계수를 도입하거나 튜닝된 결합부 강성 값을 사용해야 한다.

후기

본 연구는 지식경제부 기계장비 정밀도 시뮬레이션 플랫폼 기술개발 사업 지원으로 수행 되었습니다.

참고문헌

1. Nj Ali and J M Garcia, "Experimental studies on the dynamic characteristics of rolling element bearings," Proc, IMechE, Part J: J. Engineering Tribology, Vol. 224, pp 659-666, 2010
2. L.L. Faulkner, Rotor dynamics, Taylor and Francis, 2005