

커플링 연결된 축계 시스템의 회전체 진동해석

Vibration Analysis of Rotor System Connecting Coupling

홍도관* · 우병철* · 구대현* · 안찬우†

Do-Kwan Hong, Byung-Chul Woo, Dae-Hyun Koo and Chan-Woo Ahn

1. 서론

회전기계의 구성요소 중에서 커플링은 동력전달의 중요한 요소로서 구동부와 피동부 사이를 연결해주는 부품이다. 강체 커플링과 유연 커플링으로 나뉘며 유연 커플링은 구동부와 피동부의 정렬불량을 어느 정도 수용할 수 있는 부품이다. 일반적으로 구동설비의 동력전달은 커플링으로 전달하기 때문에 커플링의 이상유무가 설비효율에 미치는 영향은 매우 크고 할 수 있다. 본 연구에서는 상용 AC 서보모터에 강체 커플링으로 축을 연결한 축계 시스템의 동특성을 평가하고자 한다. 먼저 베어링의 지지강성을 예측하기 위해서 상용 서보모터에 들어가는 베어링 강성을 테스트로 평가하고, 베어링 지지된 로터에 대한 회전체 해석을 수행한다. 모터의 로터를 강체 커플링을 이용하여 축과 연결하여 강체 커플링을 통해 구동되는 회전체 시스템의 정확한 동특성 평가를 수행하였다.

2. 로터의 진동해석

2.1 베어링 강성 테스트

베어링 강성을 예측하기 위하여 축과 베어링 및 베어링 지지단품을 제작하여 베어링 지지된 축의 고유진동수를 모달테스팅으로 구하였다. 그리고, 상용 유한요소해석 소프트웨어인 Samcef rotor 를 이용하여 3 차원 모델링을 한 후 베어링 강성을 변화시키면서 고유진동수가 일치가 되는 베어링 강성을 시뮬레이션을 통해 추정하였다. 베어링은 축에 열박음(shrink fit)을 하였으며 열박음 간섭량(interference)은 +0.01 mm 로 제작하였다.

2.2 로터의 진동해석

로터는 영구자석 및 영구자석 지지구조물이 축에

고정되어 있으며 베어링 6201Z 와 6204Z 가 지지하고 있다. 로터모델의 형상과 구조는 Fig. 1 에 나타내었으며 각 단품의 재질은 Table 1 에 나타내었다.

Table 1. Mechanical properties of used material

Material Item	Steel SM45C	Magnet N-35SH	Alloy Sus304	Polymer PMMA
Density(kg/m^3)	7850	7500	8000	1185
Elastic Modulus(GPa)	200	153	193	1.8~3.1
Poisson' ratio	0.285	0.24	0.285	0.375



Fig. 1 AC Servo motor, rotor and bearings

H 사의 정격(최고)속도 2,000(3,000) rpm, 정격출력 0.3~7 kW 급 AC 서보모터의 로터를 해석모델로 하였다. 모달테스팅으로 베어링이 열박음 된 상태의 로터의 고유진동수를 구하였다. 모달테스팅을 이용하여 구한 1 차 고유진동수는 2,377 Hz 이며 2 차 고유진동수는 4,610 Hz 로 나타났다. 따라서 3 차원 모델링을 수행하여 앞 절에서 언급된 베어링 강성 테스트를 통해서 구한 베어링 강성을 적용하여 로터의 고유진동수를 구하였다. 3 차원 시뮬레이션을 이용하여 구한 로터의 1 차 고유진동수는 2,425 Hz 로 나타났으며 상대적으로 베어링 강성이 높은 6204Z 를 기준으로 강체모드가 발생하였다. 해석된 로터의 1

† 교신저자; 동아대학교 기계공학부

E-mail : cwahn@dau.ac.kr

Tel : (051) 200-7643, Fax : (051) 200-7635

* 한국전기연구원 전동력연구센터

차 고유진동수는 모달테스팅의 결과와 약 2 % 발생하였다. 로터의 2 차 고유진동수는 4,441 Hz로 나타났으며 진동모드는 굽힘모드로 나타났다. 해석된 로터의 2 차 고유진동수는 모달테스팅의 결과와 약 3.7 % 발생하여 해석과 테스트 모델이 잘 일치함을 알 수 있다.

고속의 회전체가 아니고 베어링간의 거리도 가까워서 로터 자체의 1 차 강제모드의 위험속도는 정격속도를 기준으로 약 60 배 크게 설계가 되어 있다. 로터의 고유진동수가 크게 설계된 이유는 모터에 커플링 등의 다양한 동력전달을 위한 기계요소와 연결하여 모터를 구동하는 제어기로 위치, 속도, 토크 제어 등의 다양한 용도로 사용되기 때문에 축계의 길이가 길어지게 되면 회전축계의 위험속도는 더 아래로 떨어지게 되므로 로터의 고유진동수가 높게 설계된 것으로 판단된다.

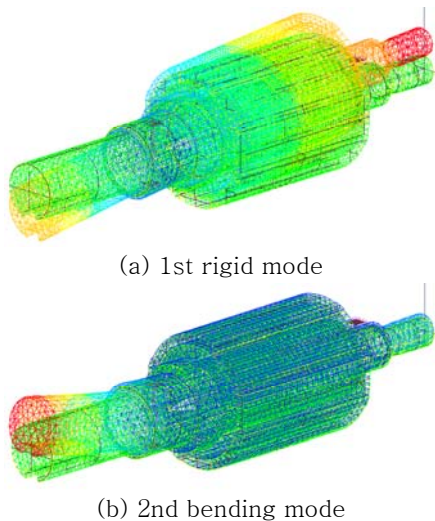


Fig. 2 Vibration mode of rotor

3. 강제 커플링 연결된 축계의 회전체 진동해석

모터의 로터에 강제 커플링을 축과 연결하여 전체 축계 시스템의 위험속도를 예측해 보았다. 커플링도 3 차원으로 하였으며 사용된 단품의 기계적 물성은 Table 1에 나타내었다.

Fig. 3은 모터의 로터와 축을 커플링으로 연결한 축계시스템의 진동모드형상을 나타낸다. 회전효과를 고려해도 축이 저속으로 회전하기 때문에 자이로 효과가 미미하게 발생하였으며 1 차~3 차까지 모두 굽힘모드가 나타났으며 커플링이 강체로 모사되었다. Fig. 4는 캠벨선도를 나타내며 앞에서 언급했듯이 모터의 용도가 고속구동용 모터가 아니기 때문에 커플링으로 축계를 연결해도 위험속도가 10,860 rpm으로 나타났다.

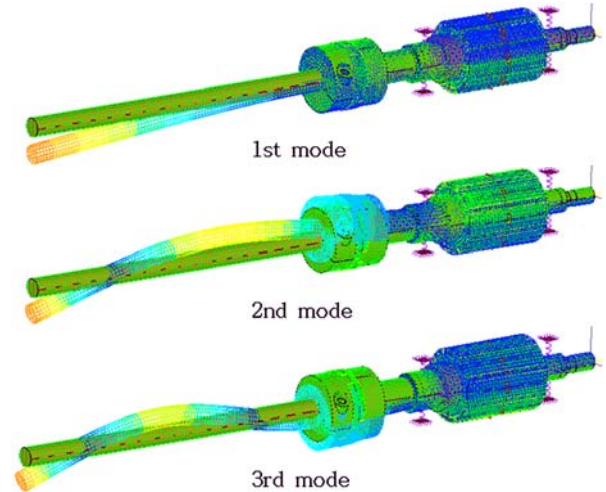


Fig. 3 Vibration mode of rotor system

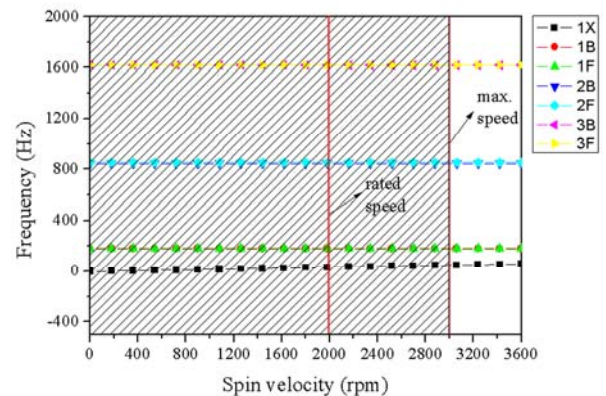


Fig. 4 Campbell diagram of rotor system

4. 결론

모터의 로터에 베어링의 강성을 평가하기 위하여 모달테스팅과 3 차원 유한요소해석을 수행하여 베어링 강성을 평가하였다. 예측된 베어링 강성을 적용하여 강제 커플링이 연결된 축계 시스템의 회전체 해석을 수행하여 위험속도를 평가하였다. 향후 유연체 커플링을 고려하여 회전 시 발생하는 진동현상을 연구하고자 한다. 또한 휘돌림(whirling)모드에 대한 현상을 실험적으로 확인하고자 한다.

후 기

본 연구는 지식경제부 지정 지역혁신센터사업(RIC) 신소형재 가공정공공정개발 연구센터 지원으로 수행되었음.