

선택적 진동 모드 가진이 가능한 회전축 비접촉 가진기 설계 및 검증

Design and Verification of Mode-Selectable Vibration Mode Exciter for a Rotating Shaft

배원호* · 이호철†

Lee, Hocheol, Bae, Wonho

1. 서론

회전축의 진단에 사양하는 다양한 기법들 중에서 초음파를 사용하는 기법, 특히 유도초음파(guided wave)를 사용하는 기법은 조사하는 영역이 넓고 다양한 모드들이 제각기 독특한 정보를 포함하고 있기 때문에 최근 많은 주목을 받고 있다.

하지만 기존의 방법은 주로 회전 축을 일단 정지시켜 놓은 상태에서 탐상을 수행하기 때문에 회전하고 있는 상태에서만 측정할 수 있는 중요한 정보들을 전혀 파악하지 못하게 된다는 명확한 한계를 가지고 있다. 본 연구자들은 최근 일련의 연구들을 통해서 축 상에서 전파되는 초음파를 비접촉 방법으로 측정하되 축 상에 종(longitudinal) 진동과 횡(transverse or flexural) 진동이 혼재하고 있을 때 둘 중 하나를 선택적으로 측정할 수 있는 방법을 제안한 바 있다.

자기장을 통해서 전기적 에너지와 기계적 에너지가 서로 교환되는 자왜현상(magnetostriction)을 이용하여 비접촉으로 회전축의 진동을 측정하는 것은 이미 실험을 통해서 검증된 바 있다. 문제는 실험실 환경이 아닌 실제 상황에서는 매우 많은 잡음 요소들이 존재하기 때문에 분석을 원하는 신호를 정확하게 측정하는 것이 매우 어렵다는 것이다. 다양한 신호처리 기법들이 동원되거나 일부 성공을 거두기도 했으나 매우 특수한 경우에 제한된다.

위에서 제시된 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 능동적(active) 계측을 이용하고자 한다. 즉, 분석을 원하는 신호를 가장 잘 발생시킬 수 있는 가진(excitation) 신호를 발생시킴으로써 계측의 신호 대 잡음 비를 개선하는 것이다. 이를 위해서는 비접촉 방식으로 측정하는 것 이외에 비접촉 방식으로 신호를 발생시키는 방법도 필요하다. 본 연구에서는 종진동과 횡진동 중 하나를 선택적으로 발생시킬 수 있는 가진기(exciter)를 제안하고 이를 제작한 뒤에

실험을 통해서 실제로 가진 신호가 잘 생성됨을 확인하고자 한다.

축 상에 존재하는 결함은 종진동(혹은 횡진동)이 결함에 입사되었을 때 횡진동과 종진동을 동시에 발생시키게 되며 횡진동과 종진동이 발생하는 비율 등을 계측하면 결함에 대한 많은 정보를 얻을 수 있기 때문에 본 연구에서 제안한 가진기를 이미 검증된 모드 선택 센서와 결합하면 매우 유용한 계측 시스템을 구성할 수 있을 것이다.

2. 본론

2.1 선택적 진동 모드 가진의 아이디어

선택적 진동 모드를 가진하는 것은 축 상에 존재하는 진동 신호를 선택적으로 측정하는 과정의 역과정이지만 자왜현상 자체가 가역적인 특징을 가지고 있기 때문에 같은 개념이 적용된다. Fig.1 은 본 연구에서 제시하는 모드 선택 가진의 아이디어를 보여주고 있다. 왼쪽 그림과 오른쪽 그림의 차이는 오직 바이어스 자기장의 방향이다. 왼쪽 그림은 축 방향의 종진동(longitudinal mode)을 가진하기 위한 구성이고 오른쪽은 횡진동(transverse or flexural mode)을 가진하기 위한 구성을 보여준다.

종진동을 가진하는 경우 축 단면 전체에 대해서 가진용 코일의 자기장과 바이어스 자기장이 방향이 일치함에 반해 횡진동을 가진하는 경우에는 축 단면을 기준으로 상하에서 서로 다른 바이어스 자기장의 방향으로 한쪽 반은 수축을 하고 다른 한쪽 반은 인장을 하게 된다.

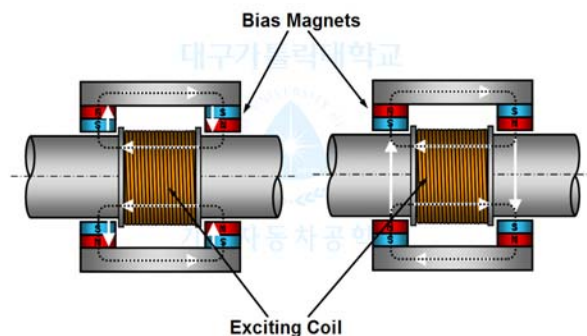


Fig. 1 Idea for vibration mode selection

† 이호철; 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부

E-mail : hcleee21@cu.ac.kr

Tel : (053) 850-2712, Fax : (053) 850-2710

* 배원호; 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부

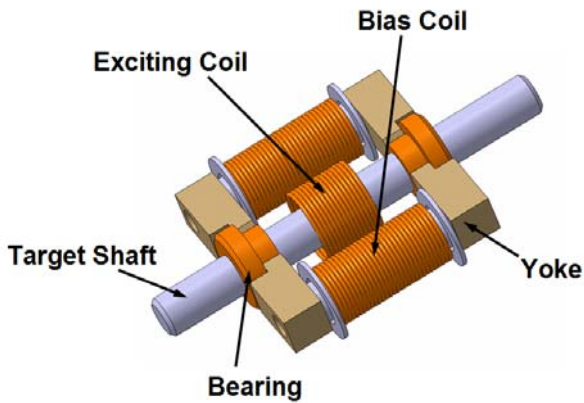


Fig. 2 Electromagnet version of Exciter

2.2 실험장치 구성

Fig.2 는 Fig.1 에서 제시한 아이디어를 영구자석이 아닌 전자석을 이용하여 구현하기 위하여 고안된 가진 장치의 그림을 보여주고 있다. 바이어스 코일에는 직경 0.85mm 인 코일(단위 길이당 감은 수가 1176(m/turn))을 10 층을 쌓았다. 저항은 대략 5Ω 이고 전류를 0.6A 정도 흘려주면 전체 자기회로에 걸리는 자속밀도가 거의 포화되는 것을 Gauss 미터를 이용해서 확인하였다. 실제로 출력이 최대가 되는 전류 및 전압은 이보다 훨씬 작은 곳에서 발생하므로 지속적인 사용으로 인한 열문제도 없을 것으로 예상된다.

Fig.3 은 실제로 제작된 가진 장치의 실험 당시의 사진을 보여주고 있다. 실험에 사용된 축은 일반적인 구조강으로 사용되는 S45C 이며 직경은 10mm 이고 길이는 2m 였다. Agilent 33120A 임의 파형 발생기를 이용하여 Garbor 펄스를 생성하고 축의 반대 쪽 끝 단에 B&K 의 단축 가속도계를 축방향으로 달거나(종진동 측정) 횡방향으로 달아(횡진동 측정) 해당 모드가 가진이 되는지를

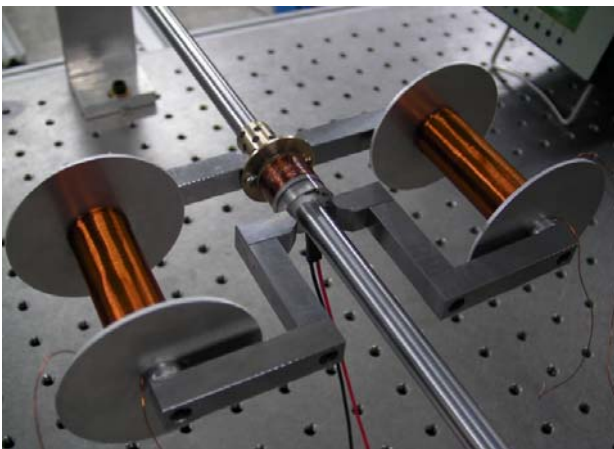


Fig. 3 Experimental Setup for Exciter

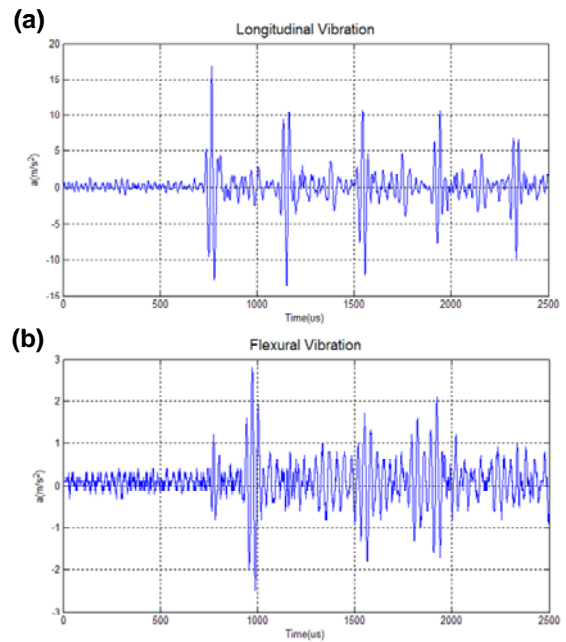


Fig. 4 Measured signal in Fig.3 environment

2.3 실험 결과

Fig.4 는 Fig.3 의 실험 환경에서 얻어진 실험 데이터를 보여주고 있다. Fig.4(a)는 Fig.3 에 보인 가진기를 종진동 모드를 가진하도록 구성한 뒤에 측정된 것이고 Fig.4(b)는 횡진동을 가진하도록 구성한 뒤에 측정된 것이다.

그림에서 (a)의 경우 Garbor 형태의 충격 신호가 계속적으로 축의 양단 끝에서 반사되면서 위상이 180 도 변환되는 것을 통해서 종진동임을 알 수 있다. (b)의 경우는 횡진동이 가지는 고유의 분산성(dispersion)으로 인해서 입력으로 가해졌던 Garbor 형태의 충격신호는 나타나지 않는데 이를 통해서 이 진동이 횡진동임을 간접적으로 알 수 있다.

3. 결 론

영구자석이 아닌 전자석을 이용하여 바이어스 자기장을 생성해줌으로써 축 상에서 종진동과 횡진동을 선택적으로 발생시킬 수 있는 가진기를 제안하였으며 실험을 통해서 이 가진기가 각각의 진동 모드를 잘 가진하고 있음을 확인할 수 있었다.