

# 풍력 발전기 시뮬레이터에서 기어 손상 모드에 따른 비틀림 진동 Torsional vibration for gear damage modes in wind turbine simulator

서운호† · 김상렬\* · 김봉기\* · 이성현\*

Yun-Ho Seo, SangRyul Kim, Bong-Ki Kim and Seong-Hyun Lee

의 활용 가능성을 검토한다.

## 1. 서 론

인가하는 서보 전동기가 각각 설치되어 있다. 유성 기어는 인위적으로 기어 고장을 적용하기 어렵기 때문에 중앙에 그림 2와 같은 기어 박스를 설치하여 인위적인 고장을 발생 시킨 기어를 이용하여 비틀림 진동이 측정되도록 장 풍력발전기는 바람의 운동에너지를 전기에너지로 바꾸어 주는 장치이다. 효과적인 에너지 변환을 위해 블레이드에서 발생하는 고토크/저속의 회전 운동을 저토크/고속 회전으로 변환해야 하며, 이에 따라 필연적으로 회전 속도를 증가시키는 기어를 내장해야 한다. 위 기어는 지속적인 회전 및 마찰 운동을 발생시키기 때문에 고장이 빈번하여 풍력발전기 전체의 이용률에 결정적인 영향을 미친다. 따라서, 풍력발전기 운영 및 유지 보수(operation & maintenance) 측면에서 기어에 대한 상태 감시 및 고장 진단 기술은 매우 중요하다. 일반적으로 기어 상태 감시를 위해서 가속도계를 이용한 진동 신호 취득하여 이를 주파수 분석하는 방법이 보편화 되어 있다. 하지만, 기어의 가속도 신호는 기어 회전과 맞물림에 대한 진폭 및 주파수 변조 효과가 나타나서, 복잡한 스펙트럼을 보여주어 상태 감시 및 고장 진단 알고리즘이 복잡해지고 있다. 이에 대한 대안으로 간단히 비틀림 진동을 측정하고 이를 분석하는 방법이 소개되고 있다. 본 논문에서는 고장 신호 발생을 위한 풍력 발전기 시뮬레이터를 이용하여 인위적으로 결함을 가진 기어를 설치하고, 측정된 비틀림 진동 신호를 분석하여, 향후 기어 상태 감시 및 고장 진단 기술로

## 2. 풍력 발전기 시뮬레이터

풍력 발전기 시스템의 각종 부품에 대한 고장 신호 취득을 위한 풍력 발전기 시뮬레이터가 그림 1과 같이 구축되었다. 풍력 발전기 블레이드에 해당하는 원판이 좌측에 설치되어 있으며, 바람 대신 원판을 구동하기 위한 서보 전동기가 같이 설치되어 있다. 또한, 풍력 발전기 전체 드라이브 트레인을 모사하기 위해 메인 베어링, 유성 기어와 발전기를 대신하여 하중을 치를 구성했다.

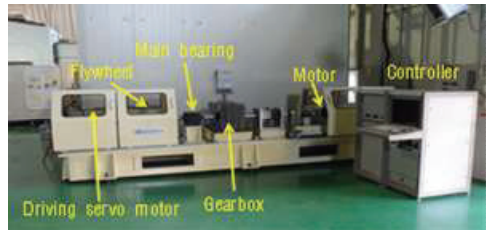


Figure 1 Wind turbine simulator

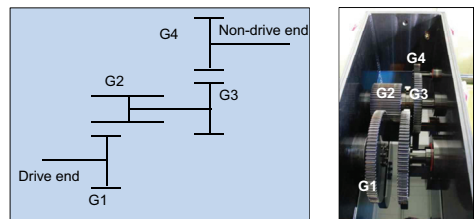


Figure 2 Gear box for damage simulation

## 3. 측정 조건 및 절차

인위적 고장을 적용한 기어는 그림 3과 같이 2가지 종류의 고장을 발생시켜 측정이 진행되었다. 고장 기어는 그림 2의 G4 기어를 대상으로 했으며,

† 교신저자: 정회원, 한국기계연구원  
E-mail : yhseo@kimm.re.kr  
Tel : 042-868-7533, Fax : 042-868-7440  
\* 한국기계연구원

첫번째 종류는 기어 이 한 개에 손상을 입힌 국부 손상 기어이고, 다른 하나는 장시간 동안 운전하여 전체 기어 이에 균일한 손상을 입힌 균일 손상 기어이다.



Figure 3 Damaged gears

비틀림 진동은 스트레인 게이지를 이용하여 비틀림 변형을 측정하거나, 축의 회전 속도의 변화를 측정하여 나타낼 수 있다. 본 시험에서는 그림 4와 같이 기어 박스의 발전기단과 유성 기어 사이에 광학 타코미터(tachometer)를 설치하여 축의 회전 속도를 측정했다.

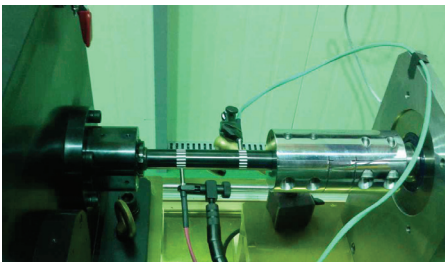


Figure 4 Measurement of torsional vibration

#### 4. 비틀림 진동 특성 고찰

그림 5와 6은 1400 rpm에서 정상 상태 기어와 1500 rpm에서 국부 및 균일 손상 기어에 대한 비틀림 진동 측정 결과를 보여주고 있다. 세가지 경우에 대해 시간 신호상의 상이한 점은 발견할 수 없었으며, 주파수 영역에서도 응답 성분의 상이한 점은 발견할 수 없었다. 즉, 시간 신호의 특이 형태(충격 신호 또는 주기성)는 찾아볼 수 없었으며, 일반적으로 기어 고장 진단에 이용되는 맞물림 주파수(meshing frequency)의 크기 변화도 찾아볼 수 없었다. 하지만, 비틀림 진동의 전체 크기를 그린 그림 7을 살펴보면 정상 상태 기어와 국부 손상 기어에 대한 비틀림 진동 값은 상대적으로 작은 반면, 균일 손상 기어의 비틀림 진동 값은 상대적으로 크다. 따라서, 비틀림 진동 전체 크기가 기어 상태 감시 및 고장 진단에 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

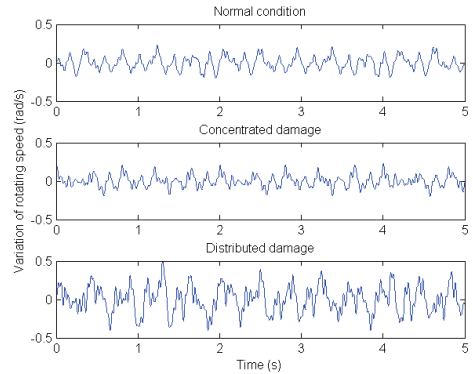


Figure 5 Time data of torsional vibration

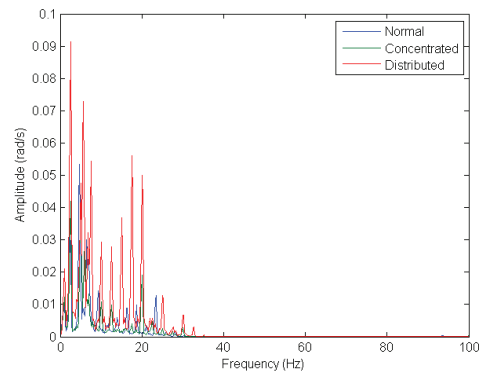


Figure 6 Spectrum of torsional vibration

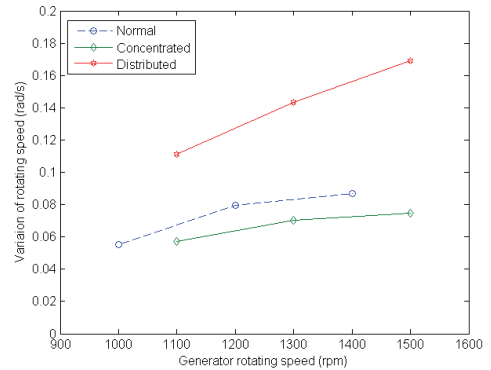


Figure 7 Root mean square of torsional vibration

#### 후 기

본 연구는 지식경제부 신재생에너지기술개발사업(융합원천)인 "서남해 2.5GW 해상풍력을 위한 실증단계 연구(과제번호:20113040020010)"과제의 세부연구 일부 내용임을 밝히는 바이며, 연구수행에 지원해 주신 관계자 여러분께 감사 드립니다.