

풍력발전기 시뮬레이터 기어 고장 모드에 따른 진동 신호 분류에 대한 고찰

A study on the classification of vibration for gear damage modes in wind turbine simulator

서윤호† · 김상렬* · 김봉기* · 이성현*

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

1. 서 론

풍력발전기의 유지 보수 비용은 전체 발전 시스템을 건설/제조하는 비용의 큰 부분을 차지하고 있다. 특히, 해상 풍력 발전의 경우 기상 상황에 따라 접근성이 제한되기 때문에 전체 비용의 약 40%가 유지/보수 비용으로 산정된다. 따라서 이와 같은 유지 보수 비용을 낮추기 위해서 효과적이고 정밀한 상태 감시 및 고장 진단 기술이 개발되고 있다. 베어링, 기어 박스 및 발전기에 대해 1 차적으로 단순 실효 진동 크기(root mean square) 또는 특정 주파수 및 차수 성분의 크기 비교를 통해 이상을 경고하는 방법 등이 개발되어 있다.

본 논문에서는 풍력발전기의 이상 유무를 판단하는 것에서 더 나아가 발생한 고장의 형태가 무엇인지 판단하기 위한 기초 연구이다. 풍력발전기 기어 박스를 대상으로 기어에 빈번하게 나타나는 고장 유형에 대해 실험적인 접근을 시도한다. 인위적으로 고장을 발생시킨 기어에 대해 시뮬레이터 시험을 통해 진동을 측정하고, 고장 종류를 판별할 수 있는 요소(parameter)를 제안하고 판별 가능성을 평가한다. 차후 이를 이용하여 고장 종류에 따른 효과적인 유지 보수 전략을 수행할 수 있어 풍력발전기의 경제성을 향상시키는데 도움이 될 것으로 기대된다.

2. 고장 기어 별 진동 특성 규명 시험

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

* 한국기계연구원

각 기어 고장 모드에 따른 진동 특성을 측정하기 위해서 그림 1 과 같은 풍력발전기 시뮬레이터를 이용했다. 풍력발전기 시뮬레이터는 그림 1 의 점선 부분과 같이 중앙에 1:5 의 증속비를 갖는 기어 박스를 가지고 있다. 실제 풍력발전기는 유성 기어가 증속기로 쓰이지만 일반 평기어도 고장 특성을 보이는 것은 유사하기 때문에 시뮬레이터 기어 박스의 기어에 그림 2 와 같은 고장 기어를 각각 설치하여 시험을 진행하였다. 진동 측정은 고장 기어가 설치된 부분에 근접한 베어링의 수직 및 수평 방향에 대해 수행 되었으며, 시뮬레이터 회전 속도는 수시로 변화하는 실제 풍력발전기와 유사하도록 발전기 단 기준으로 표 1 과 같이 700, 1000, 1300, 1450 rpm 의 4 가지 조건에 대해 측정을 실시했다.

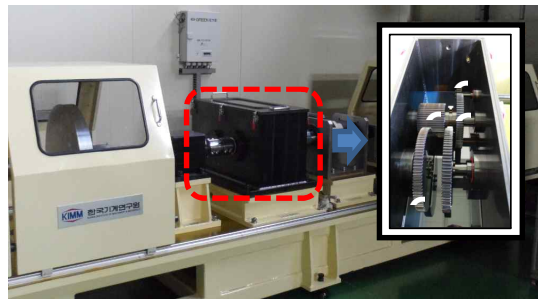


Figure 1 Wind turbine simulator

Table 1 Experiment condition

발전기단 회전속도 (rpm)	토크 (N-m)
700	2.37
1000	5.20
1300	9.03
1450	12.14



Figure 2 Damaged gear box for experiment

3. 고장 종류 규명을 위한 신호 분석

상기 시험을 통해 취득된 고장 기어에 대한 진동 신호를 바탕으로 고장의 종류를 규명하기 위해서 제안하는 인자는 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 y_i &= Y_i / RMS \\
 z_i &= Z_i / RMS \\
 (i &= 1X, 2X, 3X, 4X, \\
 &1 \times TMF, 2 \times TMF, 3 \times TMF, 4 \times TMF)
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

여기에서 Y_i 와 Z_i 는 수평과 수직 방향의 i 차수의 진동 성분 크기를 의미하며, RMS 는 진동 실효값 (root mean square)을 의미한다. 즉, 회전 회전 성분의 1, 2, 3, 4 차 성분과 기어 맞물림(tooth meshing frequency, TMF) 차수 1,2,3,4 차 성분의 진동 크기를 이용하면 고장의 종류를 판별할 수 있다는 의미이다. 하지만 풍력발전기는 연속적으로 회전속도가 변하는 시스템이기 때문에 진동 실효치로 정규화(normalization)한 인자가 고장 종류 규명에 필요하다. 그림 3~5는 예로서 기어 회전 속도 1 차, 맞물림 차수 1 차 및 4 차에 대한 식(1)에서 정의된 인자를 회전 속도에 따라 그린 그림이다. 각 기어 고장 종류에 따라 일정한 부분에 식(1)에서 정의된 인자가 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 이와 같은 특성을 이용하면 고장 발생시 어떤 고장인지 판별이 가능하여 효과적인 유지 보수가 가능할 것이다. 또한, 일반적인 풍력발전기 상태 감시 시스템은 차수 분석을 통해 위에 기술한 차수 성분의 진동을 계산하기 때문에 손쉽게 기존 상태 감시 시스템에 용이하게 적용이 가능할 것으로 기대된다.

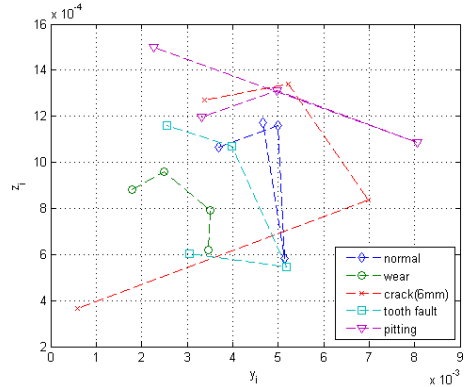


Figure 3 Diagnosis parameters for 1X

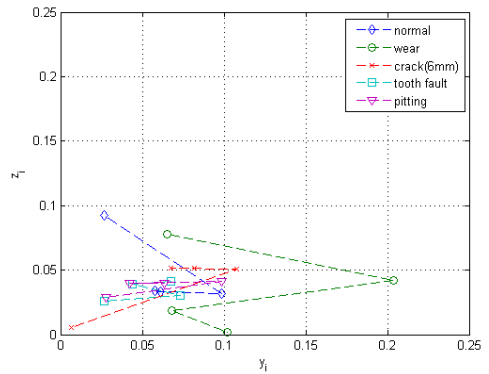


Figure 4 Diagnosis parameters for 1xTMF

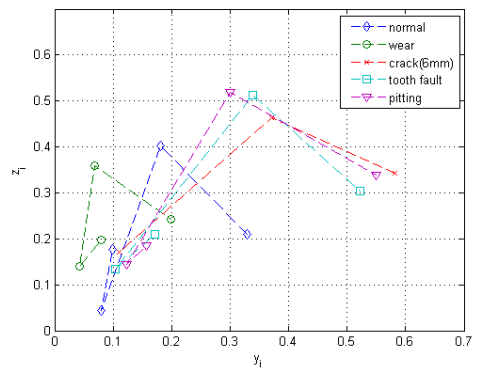


Figure 5 Diagnosis parameters for 4xTMF

후 기

본 연구는 2013년도 한국기계연구원 임무형과제 (NK174E)의 지원을 받아 수행한 연구결과의 일부이며 지원에 감사드립니다.