

풍력 발전기 시뮬레이터를 이용한 기어 박스 내부 베어링 고장 진단 Damage Detection for an inner bearing of wind turbine gearbox

서운호† · 김상렬* · 김봉기* · 김재승* · 이성현*

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

1. 서 론

풍력 발전기는 바람 에너지를 회전 에너지를 거쳐 전기 에너지로 바꾸는 장치로서, 대용량 풍력 발전기에서는 고토크-저속의 날개 회전 특성을 저토크-고속의 발전기로 연결하는 증속기가 필수적이다. 이와 같은 증속기는 고장 발생시 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에 풍력 발전기 전체의 유지보수 측면에서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 나아가 풍력 발전의 경제성 확보에도 큰 영향을 미치고 있다. 일반적으로 증속기 고장의 다수는 내부 기어의 기계적 마모 또는 손상, 윤활 부족에 따른 온도 상승 그리고 내부 베어링의 손상 등이다. 이 중 본 논문에서는 증속기 내부 베어링의 손상을 진단할 수 있는 방법에 대해 논하려 한다. 가장 고장이 빈번한 고장을 일으키는 것으로 알려진 고속단 베어링을 대상으로 풍력 발전기 시뮬레이터를 이용하여 얻어진 고장 베어링 신호를 바탕으로 기존의 일반적인 베어링 고장 진단 방법을 적용/평가하여 효과적인 베어링 고장 진단 방법을 제시하고자 한다.

2. 풍력 발전기 증속기 베어링의 특징

MW 급의 대형 풍력 발전기는 낮은 블레이드 회전수를 고속으로 증속하기 위하여 보통 1:70 이상의 고증속비를 갖도록 설계가 되며, 입력축에 매우 큰 하중을 균등하게 분산하기 위해 다단(multi-stage)의 유성 기어(planetary gear)와 헬리컬 기어의 조합 방식을 주로 이용한다. Figure 1 는 전형적인 다단 기어 박스를 보여주고 있다. 입력축에는 저속-고

토크의 하중이 인가되지만, 증속기 앞의 풍력 발전기 메인 베어링에서 그 이외의 하중(thrust force 및 moment)은 지지하고 있기 때문에 토크 이외의 하중은 매우 작다. 특히, 출력축에는 토크 이외의 하중은 거의 작용하지 않는다.

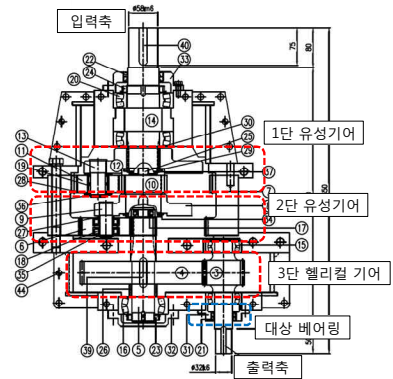


Figure 1 Gearbox for wind turbine

일반 회전 기계의 베어링은 반경 방향 하중 지지를 기본으로 축방향 하중을 지지하는 역할도 할 수 있도록 설계되며, 실제로 운전 중 다양한 하중을 경험한다. 이로 인해 베어링 볼 또는 롤러와 내/외륧은 미끌림이 없는 구름 상태가 되고, 이를 근거로 베어링 내륧, 외륧 및 볼의 운동학적 관계를 이용한 베어링 고장 주파수를 이용한다. 하지만, Figure 1 과 같은 풍력 발전기 증속기의 출력축(고속단)의 경우 토크와 축 자중에 따른 반경 방향 하중 이외의 하중은 존재하지 않기 때문에 일반적인 베어링 고장 주파수에 의한 고장 진단이 효과적이지 않다.

3. 풍력 발전기 증속기 베어링 고장 진단

풍력 발전기 시뮬레이터를 이용하여 증속기 고속단 베어링에 대해 정상일 때의 진동 신호와 Figure

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

2 와 같이 외륜에 손상이 발생했을 때의 신호를 취득하여 비교했다. Figure 3 은 시뮬레이터가 일정한 속도로 회전하는 조건에서 증속기 출력단의 수직 방향 진동 가속도를 측정하여 스펙트럼으로 나타낸 것이다. 일반적인 고장 주파수에 의한 베어링 고장 진단 방법에 따르면 고장이 발생한 경우 고장 주파수에서의 진동이 정상 베어링 경우에 비해 커진다고 알려져 있다. 하지만, 시뮬레이터를 이용한 시험 결과 운전 영역의 전 회전 속도에서 고장 주파수 성분이 거의 차이가 없거나 오히려 정상인 경우가 더 큰 현상을 관찰할 수 있었다. 이는 앞서 서술한 것과 같이 하중의 미작용으로 인해 손상에 의한 고장 주파수 진동 성분의 증가가 유효하지 않기 때문인 것으로 판단된다.



Figure 2 Bearing with outer race fault

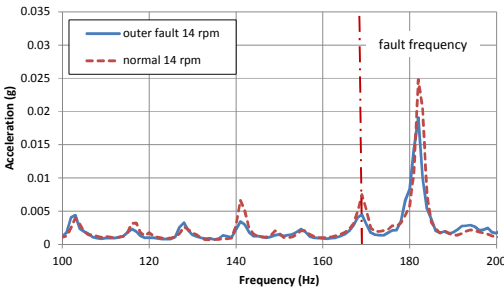


Figure 3 Vibration spectrum of bearing

Figure 4~6 은 정상 및 손상 베어링에 대해 각 기어단에서 측정된 취득한 진동 신호의 1 kHz 미만 실효치(root mean square, RMS), 1 kHz 이상 실효치 및 시간 영역에서의 순간 최대 진동치(peak-to-peak)값을 각각 나타내고 있다. 1 kHz 미만 진동 실효치는 정상인 경우와 베어링 손상이 존재하는 경우가 큰 차이를 보이고 있지 않은 반면, 1 kHz 이상 실효치 및 순간 최대 진동치는 큰 차이를 보여준다. 특히 상대적인 차이가 실제 베어링 손상이 발생한 부분인 3 단 고속단에서 명확한 차이를 보여준다. 이것은 베어링 외륜의 손상으로 인해 큰 진동이 발생하지만, 고장 주파수를 따르는 규칙적인 신호가 아닌 불규칙적인 신호가 발생하여 1 kHz 이상 고주파수 성분의 크기에 의미있는 변화가 생길 것으로

판단된다.

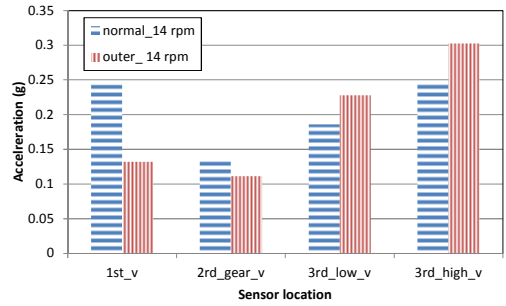


Figure 4 Root mean square(RMS) below 1 kHz

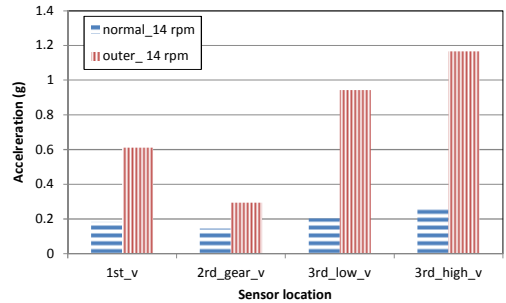


Figure 5 Root mean square(RMS) above 1 kHz

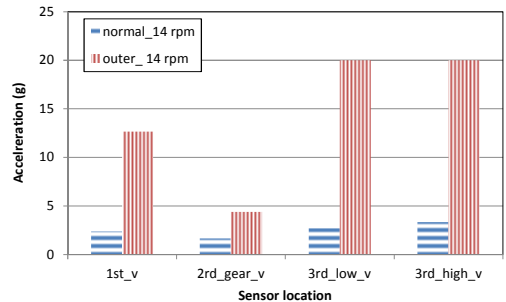


Figure 6 Peak-to-peak values of vibration

4. 결 론

본 연구에서는 풍력 발전기용 증속기 내부에 설치된 베어링의 고장 전/후의 진동 신호를 분석했다. 일반적인 베어링 고장 주파수 성분은 큰 차이를 보이지 않았으나, 1 kHz 이상 고주파 성분의 변화가 유의미하여 향후 고장 진단 특성(feature)으로 이용이 가능할 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원 임무형 과제(NK180E)의 지원으로 이루어졌으며, 연구수행에 지원해 주신 관계자 여러분께 감사 드립니다.