

풍력 발전기의 온라인 진단에 관한 연구

Development of On-line Diagnosis for a Generator of a Offshore Wind Turbine

박형배† · 채장범* · 임찬우* · 신윤재*

Hyungbae Park, Jangbom Chai, Chanwoo Lim and Yunjae Shin

1. 서 론

발전기에서 베어링은 발전기 회전자 요소를 지탱하고 원활한 회전을 지원하는 역할을 하므로 사용기간과 환경에 의해 결함이 발생하게 된다. 이때 베어링을 구성하는 외륜, 내륜, 그리고 롤러 등 여러 요소에서 결함이 발생할 수 있다.

베어링의 결함에 따른 평가는 일반적으로 가속도계를 이용하여 결함이 발생한 요소와 관련된 특정 주파수를 감시하고 있다. 본 논문에서는 베어링 결함에 따라 나타나는 회전 특성을 가속도계 외에 발전기 토크나 발전기 회전 속도에서도 유사한 결과를 얻을 수 있음을 확인한다. 이는 풍력 터빈 발전기 진단시 발전기 토크와 발전기 회전 속도를 결합 진단 방법에 추가적으로 이용하고 결함 판정시 신뢰도를 높이고 센서 고장시 상호 보완 방법으로 사용할 수 있게 된다.

2. 실험 장치 및 방법

발전기의 진동 분석 기술을 개발하기 위하여 해상 풍력 터빈 발전기와 같은 환경을 제공하는 실험 장치를 설계 및 제작하였다. 그림 1이 실험에 사용한 실험 장치의 전체 모습이다.

실험 대상인 발전기는 인버터 모터와 기어박스를 통해 연결되어 있어 다양한 속도로 회전할 수 있고 최대 출력을 낼 수 있는 토크를 제공받을 수 있다. 모터가 회전할 때 발전기에서 생산되는 전력을 소모

하기 위하여 3상 AC 모터를 부하로 연결하였다. 또한 부하용 모터에 DC 파워드 브레이크가 연결되어 소모 되는 부하의 정도를 조정할 수 있도록 하였다.



그림 1. 실험실 실험 장치 전체 모습

실험시 진동 분석 기술 개발에 필요한 신호를 측정하기 위하여 다양한 센서를 설치하였다. 발전기의 진동을 측정하는 가속도계 2개가 발전기 축 입력 위치에 설치되어 있고, 기어 박스의 진동을 측정하기 위해서 가속도계 2개가 기어 박스 축 출력 위치에 설치되어 있다. 토크와 회전 속도를 측정하기 위해서 (주)엠앤디의 GeMS The Sensor A(이하 GeMS로 표기)를 설치하였다. GeMS는 발전기에서 출력되는 전압과 전류를 측정하여 토크와 회전 속도를 검출해낸다. 또한 기어박스의 회전 속도를 측정하기 위해서 엔코더를 설치하였다.

† 아주대학교
E-mail : saurusfw@ajou.ac.kr
Tel : 031)219-2930, Fax : 031)219-1611
* 아주대학교

3. 실험 결과 및 분석

베어링의 결함 중 롤러 손상 실험을 위하여 기어 박스 내에 있는 롤러 베어링의 롤러에 손상을 가하는 실험이 수행되었으며 다음과 같이 실험 결과를 정리하고 분석하였다.

진동, 토크, 회전 속도의 연관성을 알아보기 위해 정상 상태, 결함 1단계(롤러 1개 손상), 그리고 결함 2단계(롤러 2개 손상) 세 경우에 대해 실험을 하였다. 가속도계를 이용한 진동 특성 분석을 한 결과 정상 상태에서 결함이 발생하면서 롤러 결함 주파수가 나타나고 결함이 증가하면서 결함 주파수 특성이 변하는 것을 볼 수 있었다. GeMS를 이용하여 검출한 발전기 토크, 회전 속도의 특성 분석을 한 결과 토크와 회전속도의 특성 모두 가속도계를 이용한 진동 특성 분석 결과와 같음을 알 수 있었다.

따라서 풍력 터빈 발전기 진단시 발전기 토크와 발전기 회전 속도를 진단 방법에 추가적으로 이용하면 센서를 이용하여 직접 측정하는 것과 같은 분석 결과를 얻을 수 있으므로 결함 판정시 신뢰도를 높이고 센서 고장시 상호 보완 방법으로 사용하기 위하여 이를 이용하는 것이 필요하다.

결함이 발생하면 결함은 시스템에 영향을 미치게 되는데 동일한 결함 상태에서도 시스템에 가해지는 부하에 따라 그 영향이 일반적으로 변하게 된다. 부하 크기에 따른 진동 특성의 크기 변화를 감지할 수 있으면 결함이 시스템에 미치는 영향을 분석하는데 중요한 정보를 얻을 수 있게 되고 시스템 정비 시기 등을 결정하는데 중요한 지표로 사용할 수 있게 되는 큰 장점이 있다.

그림 2는 정상 상태에서 부하가 가장 큰 경우(부하 3단계)와 베어링 결함 1단계에서 부하가 점점 커지는 경우(1단계 → 2단계 → 3단계)의 결과 비교 그래프이다. 첫 번째 그림은 실험시 가속도계를 이용한 진동 특성 분석 그래프이다. 파란색 그래프는 정상 상태이므로 부하가 가장 큰 3단계에서도 베어링 결함 주파수가 나타나지 않는다. 나머지 그래프는 베어링 결함으로 인하여 베어링 결함 주파수가 나타나고 있음을 알 수 있다. 하지만 부하의 크기와 주파수 크기의 연관성을 알 수는 없다. 그림 2의 두 번째 그림과 세 번째 그림은 GeMS를 이용하여 검출한 발전기 토크와 회전 속도의 특성 분석 그래프

이다. 가속도 신호와는 달리 부하의 크기가 증가함에 따라 베어링 결함 주파수의 크기도 커지는 것을 알 수 있다.

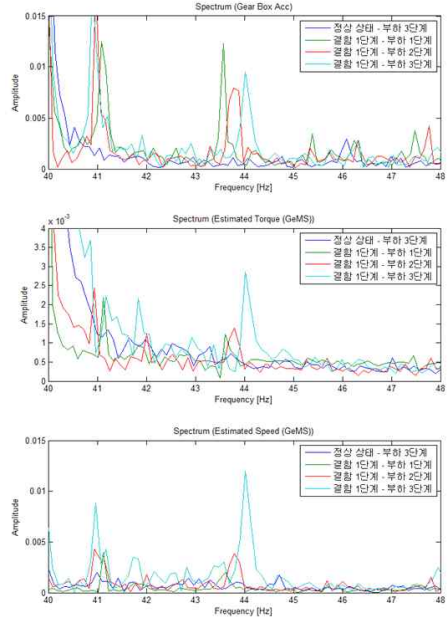


그림 2. 가속도계, 토크, 회전 속도의 베어링 결함 주파수 분석 결과

4. 결론

본 논문에서는 베어링 결함 주파수 분석에서 측정 시 노이즈나 진동 신호 전달 특성 등의 영향으로 가속도, 모터 토크, 회전 속도 중 한가지만으로는 결함 상태를 평가하는데 어려움이 있음을 확인했다.

필터링 등의 일반적인 노이즈 제거 방법으로는 한 신호(예를 들어 가속도 신호)에서 평가에 필요한 충분한 정보를 얻기가 불가능하여 다른 신호(예를 들어 모터 토크나 회전 속도 신호) 분석 결과를 통합하여 각 신호별 노이즈 영향을 제거하고 결함 발생 여부 판단이나 부하에 따른 결함 특성 변화 등을 모두 판별할 수 있는 결과를 얻었다.

후 기

본 연구는 지식경제 기술혁신사업인 "서남해 2.5GW 해상풍력 개발을 위한 실증단계 연구"과제의 세부 연구 일부 내용임을 밝히는 바이며, 연구 수행에 지원해 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.