

풍력 발전기 기어박스 지능형 결함 예측, 진단 시스템 Intelligent Fault Detection and Prediction System on Wind Turbine Gearboxes

이승철†
Seungchul Lee

1. 서 론

최근 친환경 에너지에 대한 관심의 증대로 풍력 발전기를 통한 전력생산이 늘고 있다. 풍력 발전의 경제성 향상을 위해서 풍력발전기의 고장을 최소화하고 가동시간을 최대로 늘릴 수 있는 운영관리 기술이 필요하다. 이를 위해서는 풍력발전기 부품의 고장이 발생하기 전에 결함을 미리 감지, 예측하고 고장발생시에는 원인을 규명할 수 있는 진단 시스템의 개발이 필수적이다.

일반적인 고장감지기법을 풍력발전기에 적용하기 힘든 이유는 회전체가 일정한 하중하에서 동작하지 못하고 외부 조건인 풍속, 회전수, 출력등 풍력발전기 운용환경이 계속 변하기 때문이다.

따라서 이 논문에서는 고장감지기법을 적용하기 전에 운전 영역 (operating regime)을 먼저 추정한다음, 그 영역 내에서 발생할 수 있는 결함을 진단함으로써 예지, 진단시스템의 정확도를 높이는 방법을 기술한다.

2. 본론

2.1 운전 영역 추정

운전 영역을 추정하기 위해서 먼저 운전 영역을 가장 잘 구별 할 수 있는 특성신호를 가려내고, 그 특성신호를 이용해서 Figure 1에서와 같이 cluster 방법을 이용해 classification을 할 필요가 있다. 특성신호들은 풍속, 풍방향, 피치각, 하중 등을 사용하였고, 풍력발전기의 출력 또한 특성신호에 포함시켜 운전 영역을 추정하였다.

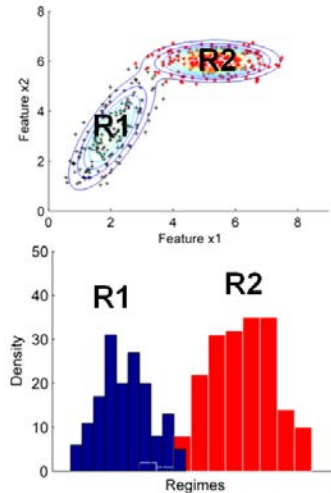


Figure 1 Operating regime identification

2.2 운전 영역 내 결함 감지

모든 결함 또는 고장의 유형의 미리 알고 있다면 Supervised Machine Learning 기법을 사용할 수 있으나, 다양한 결함을 미리 모두 학습하는 것은 불가능하다. 따라서 Unsupervised Machine Learning 기법을 사용하였다. 아래 Figure 2 에서 보시다시피 정해진 운전 영역 내에서 동작할 때 발생하는 신호들의 분포와 현재 발생하고 있는 신호의 분포를 비교해서 그 겹쳐진 면적을 추정을 위한 척도로 생각 한다. 실제 경우에는 다변량기법을 사용하지만, 이해를 돕기 위해 Figure 2에서는 간단하게 한 변량으로 나타내었다.

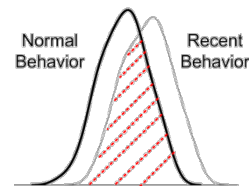


Figure 2 Unsupervised machine learning for abnormal behavior detection

† 교신저자; 정회원, UNIST
E-mail : seunglee@unist.ac.kr
Tel : 052-217-2726

여기서 주의해야 할 점은 부품의 결함에 의해서 겹쳐진 면적이 줄어들 수 있지만, 운전 영역의 변화에 의한 면적 변화 또한 고려해야 한다.

2.3 결함 진단

앞에서 기술한 바와 같이 결함의 감지도 중요하지만, 고장 발생시 또는 결함이 감지되었을 때, 그 원인을 파악하는 것 또한 중요하다. 이는 고장수리 시간을 단축 시킴으로써 가동시간을 증가시킬 수 있기 때문이다.

풍력발전에서는 Acceleration, Acoustic Emission, Temperature, Oil analysis 등이 사용되며, 특성신호 추출과 신호처리를 한 후 (Figure 3), Self-Organized Map (SOM) 를 통한 Fault localization 을 구현하였다 (Figure 4). 이 뿐만 아니라 time series analysis 를 통해 추정된 결함이 어떻게 발전해 갈지를 예측할 수 있다. 이 정보는 maintenance 일정을 세우는데 도움이 된다. 특히 offshore wind farm은 정비를 위한 접근성이 낮으며 비용도 아주 높기 때문에 보전 일정을 최적화하는 것이 중요하다.

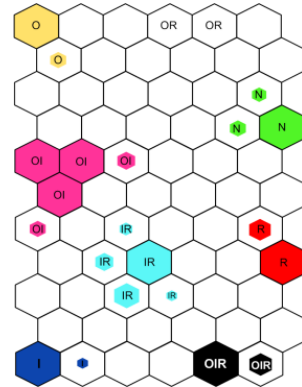


Figure 4 Fault localization using SOM

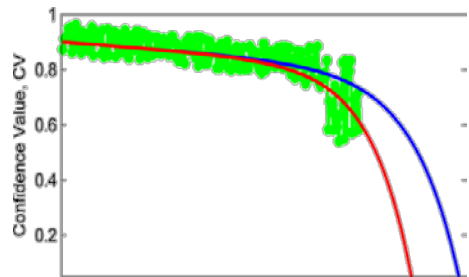


Figure 5 Fault prediction

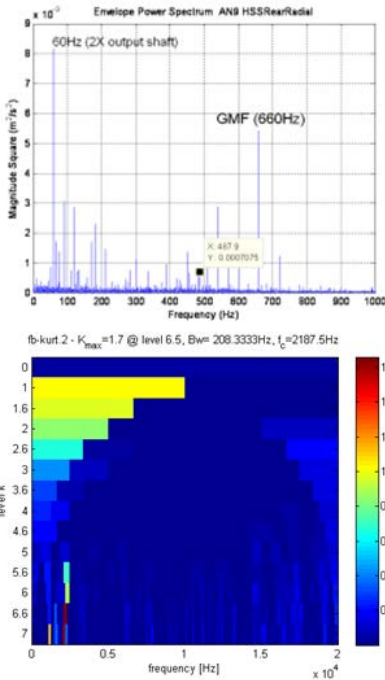


Figure 3 Feature extraction & Signal processing

3. 결 론

풍력발전기에서 고장을 최대한 방지하기 위해서 지능형 결함 예지, 진단 시스템에 대한 방법론을 기술하였다. 먼저 운전영역을 추정한 다음, 그 영역에서 결함을 감지하고, 감지한 후에는 결함의 원인을 파악하는 방법을 논하였다.