

다채널 진동신호를 이용한 풍력발전기 주요 부품의 상태감시 기법

Condition Monitoring Technique for Wind Turbine Elements using Multi-signals of Vibration

김상렬[†] · 김봉기* · 서윤호* · 김재승*

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

사례를 소개하고자 한다.

1. 서 론

최근 대두되고 있는 풍력발전단지의 경제성 향상을 위하여 풍력발전기의 고장을 최소화하여 가동시간을 최대로 유지하는 풍력발전기 운영관리 기술의 필요성이 증대되고 있다. 이러한 이유로 풍력발전기의 갑작스런 고장을 사전에 감지하고 풍력발전기의 정지 기간을 줄이기 위한 상태감시시스템이 국내외 풍력발전기에 확대 설치되고 있다.

풍력발전기 상태감시시스템은 주요 부품에 부착된 다양한 센서로부터 진동, 온도, 오일탁도 등 관련신호를 취득하고, 풍속, 로터 회전수, 출력 등 풍력발전기 운영데이터와 함께 풍력발전기의 이상 유무를 감시한다. 풍력발전기의 주요 회전부품의 고장 진단은 기본적으로 진동신호 분석을 통해 수행하고 있으며⁽¹⁾, 진동의 크기가 알람레벨을 초과하는지를 감시하는 기법이 주로 적용되고 있다. 이때 알람레벨은 다수의 풍력발전기의 진동레벨을 비교하여 제시되어 있거나⁽²⁾, 실제 풍력발전기의 안정화 기간동안 측정된 진동크기로부터 자체 레벨을 설정한다.⁽³⁾

그러나 이러한 각각의 진동신호에 대한 크기비교 기법은 알람레벨에 도달하기 전의 고장상태(예를 들면 대형 크랙으로 발전하기 전의 미소 크랙)을 발견하지 못하는 원초적 한계를 가지고 있다.

본 논문에서는 다채널 진동신호를 이용하여 주요 부품의 고장을 사전에 진단할 수 있는 상태감시 기법에 대해 소개하고 실제 운용중인 국내 풍력발전기를 대상으로 주요 부품의 다채널 진동신호에 적용한

2. 다채널 진동신호를 이용한 상태감시

일반적으로 풍속, 회전수, 출력 등 풍력발전기 운용환경이 시시각각 변화함에 따라 풍력발전기 진동신호도 풍력발전기 작동조건에 따라 변화한다.⁽⁴⁾ 따라서 일반적인 상태감시시스템에서는 풍력발전기 진동크기의 크고 작음만으로 고장유무를 사전에 판단하기는 어려움이 있어 일정 작동구간의 진동신호를 분석하여 알람레벨 초과유무를 비교한다.⁽¹⁾ 그러나 이러한 방법에서는 풍력발전기 작동조건에 따른 진동크기의 증가량보다 작은 고장이 발생한 경우 사전 고장감지는 사실상 불가하다.

작은 고장을 사전에 감지하기 위해서는 이러한 풍력발전기 운전조건에 의한 신호변화 성분을 제거해줄 필요가 있다. 관심신호에서 외부환경의 변화요인을 제거하는 방법으로 학습(Machine Learning)기법을 적용해 볼 수 있는데, 본 연구에서는 마할라노비스 거리(Mahalanobis Distance, MD)⁽⁵⁾기법을 적용하여 해당 기법의 가능성을 타진해 보았다.

MD 기법은 고장 전 데이터로부터 외부환경조건을 포함한 감시인자(features)를 추출하고, 정상상태 감시인자들로부터 만든 학습인자(Training features)와 운용상태에서 취득한 감시인자를 이용하여 아래와 같은 새로운 감시변수(D_M)를 계산한다. 이때 D_M은 운용상태의 변화 외에 고장이 발생할 경우 그 값이 커지게 된다.

$$D_M(l) = \sqrt{(z_l - \bar{x})^T S^{-1} (z_l - \bar{x})}$$

여기서 \bar{x} 는 학습인자벡터 x_i 의 평균벡터, S 는

† 정회원, 한국기계연구원 시스템다이내믹스연구실 음향연구팀

E-mail : srkim@kimm.re.kr

Tel : 042-868-7466, Fax : 042-868-7440

* 한국기계연구원 시스템다이내믹스연구실 음향연구팀

$X = \{x_1, x_2, \dots\}$ 의 코베리언스 행렬(covariance matrix), z_l 은 운용 중 취득한 l 번째 감시인자이다.

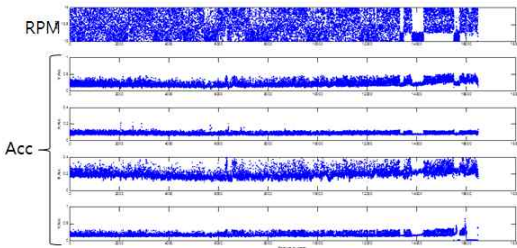


Fig. 1 Example of measured data: rotor speed and acceleration of gear box

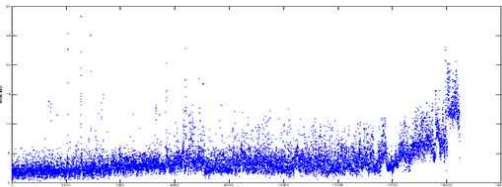


Fig. 2 Mahalanobis Distance calculated using data of figure 1.

3. 풍력발전기 다채널 진동신호 적용예

Fig. 1은 운용중인 풍력발전기로부터 측정된 로터 회전수와 기어박스에 부착된 4개의 가속도 크기(rms)의 시간이력을 보여주고 있다. 그림에서 로터 회전수와 가속도 레벨은 시간에 따라 다양하게 변화하고 있는데, 측정기간 초기에 비하여 후기에 특이한 변화가 많이 목격되는 것을 확인할 수 있다. 그러나 이러한 특이변화는 가속도의 급격한 증가로 나타난 것이 아니기 때문에 주요 부품 고장과의 관련성을 확인하기는 어렵다.

Fig. 2는 Fig. 1의 측정결과를 활용하여 마할라노비스 거리를 계산한 결과를 보여주고 있다. 초기 측정결과를 이용하여 학습과정을 수행한 다음 모든 측정기간 동안의 MD를 계산하였다. 그림에서 MD는 처음에는 일정한 값을 보이지만, 후반부에는 점차 증가하는 것을 발견할 수 있다. 이러한 변화는 풍력발전기 기어박스가 초기와는 다른 상태임을 보여주는 것으로, 점차 고장 모드가 악화되고 있음을 나타내고 있다.

실제 기어박스의 고장유무는 측정기간의 한계로 확인되지 못하였으나, 다채널 진동신호를 이용한 분석기법을 적용할 경우 단순 알람레벨에 비하여 사전에 고장 상태를 감지할 수 있음을 확인할 수 있다.

4. 결 론

풍력발전기 주요 부품에 부착된 다채널 가속도 신호를 이용하여 단순 알람레벨보다 진보된 상태감시 기법을 소개하고, 실제 운용 중인 풍력발전기 측정결과를 이용하여 그 적용 가능성을 살펴보았다. 새로운 감시기법은 기존의 채널별 크기 비교 기법보다 사전에 시스템의 이상 징후를 발견할 수 있음을 측정결과로부터 확인할 수 있었다.

본 연구의 분석결과는 향후 풍력발전기 고장진단 시스템 개발에 활용될 예정이다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 신재생에너지기술개발사업(융합원천)인 "서남해2.5GW 해상풍력을 위한 실증단계 연구(과제번호:2011T100100307)"과제의 세부연구 일부 내용임을 밝히는 바이며, 연구수행에 지원해 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) IEC 61400-25-6, 2007 Communications for monitoring and control of wind power plants.
- (2) VDI 3834 Part 1, 2009 Measurement and evaluation of the mechanical vibration of wing energy turbines and their components
- (3) S. R. Kim *et al.*, 2012, Application of statistical technique for condition monitoring variables of wind turbines, Proceedings of the KSNVE Annual Fall Conference, pp 502-503
- (4) S. R. Kim *et al.*, 2013, Vibration Characteristics of Wind Turbines for Condition Monitoring, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp 176-177
- (5) K. Worden and G. Manson, 2000, Damage detection using outlier analysis, J. Sound Vib. 229(3), pp 647-667.