

풍력발전기 상태감시 변수에 대한 통계적 분석기법 적용에 Application of statistical technique for condition monitoring variables of wind turbines

김상렬[†] · 김봉기* · 김재승* · 김현실* · 이성현*

SangRyul Kim, Bong-Ki Kim, Jae-Seung Kim, Hyun-Sil Kim, and Seong-Hyun Lee

여 장기간의 측정결과에 통계적 분석기법을 적용하여 기준레벨을 설정한 사례를 소개하고자 한다.

1. 서 론

최근 요구되는 신재생에너지의 경제성 확보와 관련하여 풍력발전기의 경우 고장을 최소화하여 가동 시간을 최대로 유지하기 위한 풍력발전기 유지관리 기술개발이 진행되고 있다. 이 기술의 핵심은 결국적으로 풍력발전기의 고장진단을 위한 상태감시에 초점이 맞춰져 있다.

풍력발전기의 가장 기본적인 상태감시 방법은 적절한 상태감시 변수가 기준레벨(알람레벨)을 초과하는지 여부를 모니터링하는 것이다. 여기서 상태감시 기술의 핵심은 특정 부품 혹은 전체 시스템의 고장 모드를 진단하기 위해서 어떠한 상태감시 변수를 선정하고 해당 기준레벨을 얼마로 설정하는가이다.

지금까지 회전체 고장진단은 많은 연구가 수행되어 왔는데, 풍력발전기의 주요 부품 역시 회전체 부품이기 때문에 상태감시 변수 설정에는 기존 연구결과를 활용할 수 있다. 그러나 기존 회전체 관련 연구의 경우 주로 일정회전속도를 가진 대상체에 대한 연구가 이루어져 왔기 때문에 풍력발전기와 같이 시시각각 변화하는 환경조건(하중조건)하에서 변화하는 회전속도, 특히 저속 고하중 회전체의 고장진단을 위한 기준레벨 설정에 기존 연구결과를 활용하기에는 어려움이 있다. 따라서 풍력발전기를 대상으로 하는 상태감시 기준레벨을 설정하는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 풍력발전기 상태감시 변수 선정에 대해 고찰하고 상태감시 변수의 기준레벨과 관련하여

[†] 정희원, 한국기계연구원 시스템다이내믹스연구실 음향연구팀

E-mail : srkim@kimm.re.kr

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

* 한국기계연구원 시스템다이내믹스연구실 음향연구팀

2. 풍력발전기 상태감시 변수 설정

전형적인 풍력발전기는 로터-메인베어링-기어박스-발전기의 구성형태를 가지고 있다. 따라서 풍력발전기의 상태감시 시스템은 관련 부품에 다양한 센서(가속도계, 온도계, 오일 미소입자 카운터 등)를 부착하여 관련 신호를 취득하게 되지만, 회전체 부품의 고장진단에는 주로 가속도(혹은 속도)와 같은 진동신호를 주로 이용하게 된다.

Fig. 1은 타워, 메인베어링, 기어박스, 발전기 단에서 측정되는 가속도 신호에 대해 관련 부품의 고장진단을 위해 활용되는 상태감시 변수 예를 보여주고 있다. 그림에서 풍력발전기에 부착된 많은 가속도 신호에 대해 로터 회전주파수 성분과 함께 베어링 고장주파수와 관련된 BSF, BPFI, BPFO 등은 적용되고 있는데 이는 풍력발전기를 구성하는 많은 부품들에 베어링이 사용되기 때문이다. 기어박스의 경우는 TMF와 그 하모닉 성분들, 발전기의 경우는 2배의 전기 주파수성분 등이 추가적으로 분석된다.

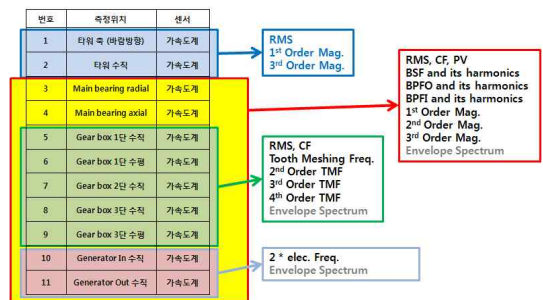


Fig. 1 Monitoring values for condition monitoring of wind turbine

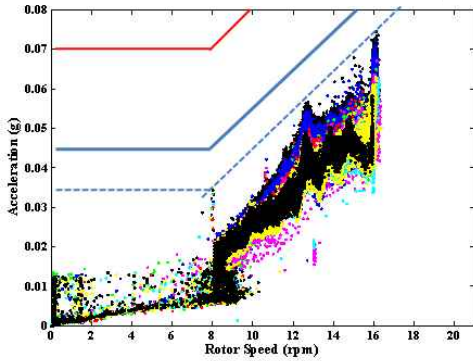


Fig. 2 example of alarm level selection based on maximum of measured data

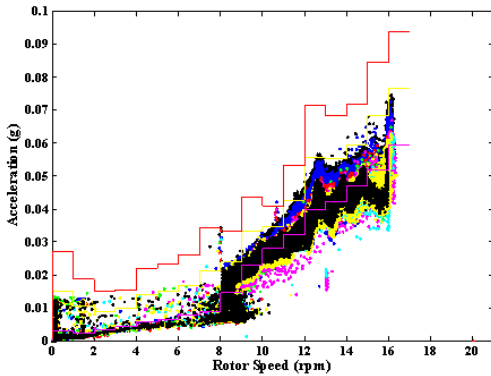


Fig. 3 example of alarm level selection based on standard deviation of measured data

3. 통계적 기법을 활용한 상태감시 기준레벨 설정 예

진동신호를 이용한 상태감시의 경우 급변하는 과도응답 특성으로 인해 일정 구간에서만 진동신호를 따로 분류하여 분석할 필요가 있다⁽¹⁻²⁾. Fig. 2와 3은 8개월간에 걸쳐 측정된 진동신호와 그 결과를 통계분석을 통해 설정한 상태감시에 필요한 기준레벨의 예를 보여주고 있다.

Fig.2는 측정된 데이터의 최대값을 기반으로 하여 특정 회전수를 기준으로 그 이하는 일정 레벨을, 그 이상은 선형적으로 기준레벨을 설정한 예를 보여주고 있다. 여기서 진동레벨이 특정 회전수 이상에서 급격히 증가하고 그 이하에서는 매우 작은 레벨을 보이는 대상 풍력발전기의 특성을 고려한 것이다.

Fig.3은 회전속도에 대해 일정구간별로 재분류한 측정결과에 대해 평균 및 표준편차를 산출하고 각 구간별 기준레벨로 표준편차를 활용한 예를 보여주고 있다. 이 적용방법은 다양한 상태에서 측정된 신호를 통계적 기법으로 처리한다는 장점이 있으나 일정구간별 기준레벨을 각기 설정해야 한다는 단점이 있다. 특히 측정 기간 중 운행조건이 어떠한가에 따라 기준레벨이 상대적으로 낮게 설정될 소지가 있다. 즉 해당 구간에서 낮은 하중조건(낮은 진동 레벨)의 측정결과가 많은 경우 평균 및 표준편차가 하향 조정되어 기준레벨이 낮게 설정된다. 따라서 해당 기준레벨에 대한 적절한 보정이 필요하며 이를 위해 일정구간별 기준레벨의 최대치를 활용하는 방법이 적용될 수 있다.

4. 결 론

풍력발전기의 측정신호에 따른 상태감시 변수와 기준레벨 설정에 대하여 고찰하였다. 풍력발전기 상태감시 기준레벨 설정을 위해 장기간의 측정결과를 활용하는 방법으로 최대값을 이용하는 방법과 표준편차를 이용한 통계처리 방법의 적용 예를 살펴보았다. 본 연구의 분석결과는 향후 풍력발전기 고장진단 시스템 개발에 활용될 예정이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 신재생에너지기술개발사업(융합원천)인 "서남해2.5GW 해상풍력을 위한 실증단계 연구(과제번호:20113040020010)"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) Kim, S. R., et al., 2012, "Discussion on analysis technique of acceleration signal for condition monitoring of wind turbines," Preceeding of the KSNRE Annual Spring Conference, pp. 261~262.