

# 풍력 발전기 유성기어박스의 상태 감시를 위한 운행 환경 기반 진동수준 예측모델 개발

## Development of vibration level estimation model using operational parameters of planetary gearbox for condition monitoring

하중문\* · 윤병동† · 박정호\* · 김근수\* · 오현석\*

Jong Moon Ha, Byung D. Youn, Jungho Park, Keun Su Kim, Hyunseok Oh

### 1. 서 론

풍력 발전기의 기어박스는 한 번의 고장으로 인해 큰 경제적 및 사회적 손실을 일으킬 수 있기 때문에 고장 진단 및 예지기법을 통해 고장을 미연에 방지하는 것이 필요하다.

가장 기본적인 기어박스의 고장진단 및 예지 기법은 기어박스 진동 수준에 대한 정상 범위를 정의하고 실제 계측된 진동 수준이 정의된 정상 범위 내에 있는 지 계속적으로 관측하는 것이다. 하지만 풍력발전기의 특성 상 풍속, 풍향 및 토크 등 여러 운행 인자의 계속적인 변동에 의해 진동 수준에 큰 분산이 존재할 수 있다. 이 경우 건전한 시스템인데도 불구하고 계측된 진동 신호가 정의된 정상 범위를 벗어나는 오류가 발생할 가능성이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 운행 환경에 따른 진동 수준의 정상 및 고장 구간을 새로이 정의하는 과정이 필요하다. 이를 위해 먼저 운행 환경과 진동 수준 사이에 어떠한 관계성이 있는 지 규명하고 운행 환경에 따른 진동 수준의 예측 연구가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 풍력 발전기 운행 인자 변화에 따른 풍력 발전기 진동 신호의 특성 변화를 분석하여 운행 인자와 진동 신호의 관계성을 규명하고, 풍력 발전기 운행 인자를 이용한 기어박스 진동 수준 예측 모델을 구축하였다. 진동수준 예측모델 개발을 위해 육상 풍력발전기로부터 8개월간의 취득한 운행 및 기어박스 진동의 1초 평균 데이터를 활용하였다.

### 2. 풍력 발전기 운행 인자의 변화 의한 기어박스 진동 수준 변화

본 연구는 기어박스 진동 수준에 대한 주요 운행 인자로서 로터 회전속도, 운행 토크, 풍속, 낫셀 진동 수준을 선정하였다. 운행 인자의 한 예로 Figure 1은 풍력 발전기로부터 취득한 로터 회전속도 및 발전량을 하나의 그래프에 나타내고 있다. 8개월간의 운행 데이터를 보면 알 수 있듯이 오랜 기간동안 축적된 데이터에는 불확실성이 많아 로터 회전속도와 발전량간의 뚜렷한 상관성을 찾기 힘들다. 하지만 하루 동안의 운행 데이터를 보면 로터 회전속도와 파워 사이에 분명한 상관관계가 있다는 사실을 알 수 있다. 이를 통해 유추해볼 수 있는 사실은 오랜 기간 동안 취득한 데이터를 활용하여 데이터간의 상관성을 규명하고자 한다면 그 동안 축적된 불확실성에 의해 그 과정이 힘들 수 있다는 사실이다.

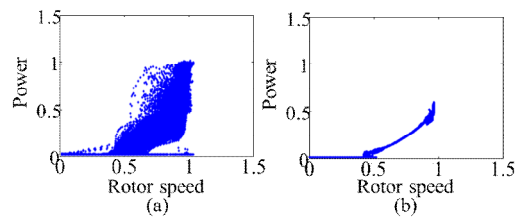


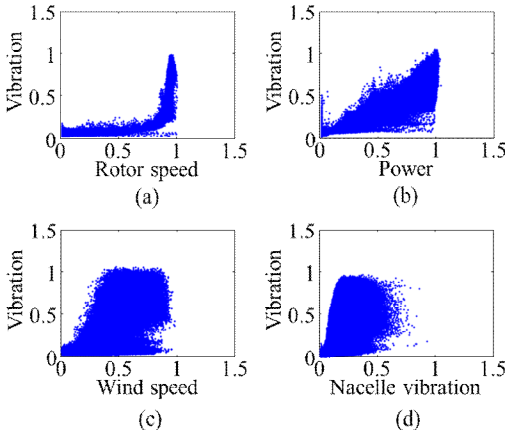
Figure 1 Wind turbine operating data (power versus rotor speed); (a) for 8 month, (b) for one day

† 교신저자: 서울대학교 기계항공공학부

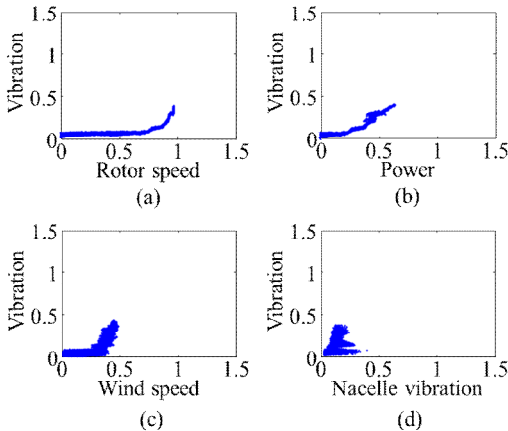
E-mail : bdyoun@snu.ac.kr

Tel : 02-880-1919 , Fax : 02-880-8302

\* 서울대학교



**Figure 2** Vibration level along with operational data for 8 month; (a) rotor speed, (b) power, (c) wind speed, (d) Nacelle vibration



**Figure 3** Vibration level along with operational data for one day; (a) rotor speed, (b) power, (c) wind speed, (d) Nacelle vibration

Figure 2는 8개월간 수집한 풍력 발전기 운행 데이터와 기어박스 진동 수준을 연관지어 나타내고 있다. 앞서 유추해 본 사실과 같이, Figure 2의 경우 데이터에 큰 분산이 존재하고 있어 풍력 발전기의 운행 인자와 기어박스의 진동 수준 사이의 뚜렷한 상관성을 규명하기가 쉽지 않다. 반면 불확실성이 상대적으로 작은 하루 동안의 데이터를 나타내고 있는 Figure 3를 보면 알 수 있듯이 선정한 주요 운행 인자와 기어박스 진동 수준간의 높은 상관성이 존재한다는 사실을 확인할 수 있다.

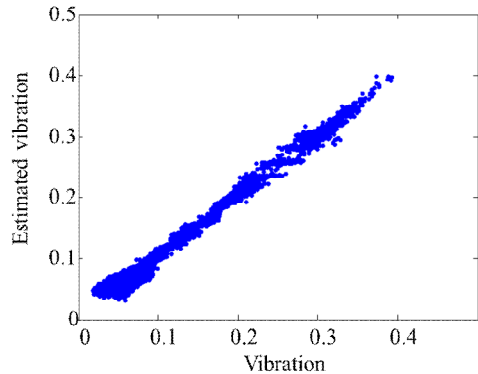
본 연구에서는 운행 환경을 활용한 진동 수준의 모델링 기초연구를 위해 상대적으로 불확실성이 적은 하루 동안의 운행 및 진동 데이터를 활용하기로 한

다. 기어박스의 진동 수준 모델링을 위해서 매틀랩에서 제공하고 있는 피드 포워드 인공 신경망 (feed forward neural network) 기법을 활용하였으며, 하루 동안의 운행 및 진동 데이터를 무작위로 두 그룹으로 나누어 각각 트레이닝 및 테스트 그룹으로 활용하였다.

### 3. 결과 및 결론

Figure 4는 운행 인자를 활용한 기어박스 진동 수준의 예측 결과를 실제 계측된 진동 수준과 비교하여 나타내고 있다. 그래프를 통해 알 수 있듯이, 기어박스 진동 수준 예측 정확도가 굉장히 높다는 사실을 알 수 있다. 앞서 지적한 바와 같이 진동 수준이 운행 환경에 따라 크게 변하기 때문에 전 운행 구간에 걸친 진동 수준의 절대적인 정상 범위를 정의함으로써 고장 진단을 수행하는 데에는 문제가 있다는 사실을 규명하였다. 하지만 진동과 운행인자 상관성 규명 연구 및 진동 수준 예측연구 결과를 통해 알 수 있듯이, 여러 가지 운행 인자를 활용하면 주어진 운행환경에서의 정상적인 진동수준 범위를 예측함으로써 고장진단에 활용할 수 있다는 가능성을 확인할 수 있다.

추후 연구에서는 오랜 기간 동안 축적된 데이터를 활용하여 운행 데이터와 진동 수준간의 관계성을 규명하는 과정이 필요하다.



**Figure 4** Estimation of gearbox vibration using operational parameters

### 후 기

본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원 (KETEP)의 지원을 받아 에너지국제공동연구 사업 (20118520020010) 으로 수행되었습니다.