한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 318~319

풍력발전기 유성기어박스의 진동신호 특성 분석 및 효율적인 고장 진단기법

Analysis of characteristics of a vibration signal from planetary gearbox in wind turbine and efficient fault diagnostics method for them

하종문* · 윤병동† · 박정호* · 서보성* · 정융호** · 윤재득**

Jong Moon Ha, Byeng D. Youn, Jungho Park, Bo Seong Seo, Yoong Ho Jung, Jaedeuk Yun

1. 서 론

풍력발전기의 기어박스는 발전기 내의 다른 부품들 보다 높은 위험도와 유지보수 비용을 갖고 있기 때문에 이에 대한 최적의 유지보수 전략이 필수적이다. 지금까지 풍력 발전기 기어박스의 고장 진단에 관한 많은 연구가 개발되어 왔지만, 풍력발전기로부터 취득되는 신호에는 고질적으로 불확실성과 노이즈가 많이 포함되어 있기 때문에 아직까지는 관련 연구가 큰 과제로 남아있는 실정이다. 시간 동기 평균화 (Time Synchronous Averaging, TSA) 기법은 회전 시스템의 진동 신호에 내재해 있는 노이즈를 효과적으로 줄일 수 있도록 개발된 기술이다. 따라서 해당 기술을 풍력발전기 기어박스에 적용하기 위한 많은 시도가 선행되어 왔다. 하지만 아직까지는 실제로 유성기어의 진동신호를 분석하고 그 특성에 기반을 두어 시간 동기 평균화를 개선 및 개발하고자 하는 시도는 이루어 지지 않았다. 이 논문에서는 자기상관 함수 (Autocorrelation function) 을 이용하여 유성기어의 진동 특성을 분석한 후 분석 결과를 이용하여 시간동기 평균화 기법을 개선하고자 한다.

2. 풍력발전기 테스트베드

본 연구의 원활한 진행을 위해 Figure 1과 같이 테스트베드를 설계 하였다. 모터 1과 모터 2가 각각

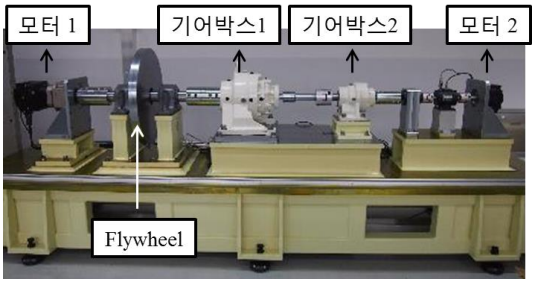

Figure 1 Wind turbine testbed

풍력발전기의 로터와 발전기를 모사하여 폐쇄루프 컨트롤을 수행하게 되며, 기어박스에 진동센서(8채널)와 온도센서(4채널)를 이용하여 구동 신호를 취득할 수 있게 했다. 또한 기어박스에 고장기어를 조립할 수 있도록 설계되어 있으며, 해당 연구에서는 부산대학교에서 제작한 인공 크랙 기어를 사용하여 고장 신호를 모사하였다.

3. 유성기어 진동신호의 시간동기 평균

3.1 시간동기 평균

시간동기 평균(TSA) 기법은 회전하는 시스템에서 취득한 진동신호를 샤프트 회전 주기에 맞추어 분할한 후 평균을 취함으로써 진동신호에 포함되어 있는 노이즈를 제거하고자 개발된 기술이다. 단, 분할된 신호는 유사한 진동 패턴을 갖고 있어야 한다는 조건이 필요하다.

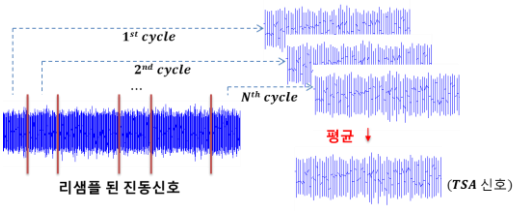

Figure 2 Time synchronous averaging

† 교신저자; 서울대학교 기계항공공학부
E-mail : bdyoun@snu.ac.kr
Tel : 02-880-1919 , Fax : 02-880-8302
* 서울대학교
** 부산대학교

3.2 유성 기어박스 구동 특성

Figure 3과 같이 유성기어박스는 내부에 축이 고정되어 있지 않은 플래닛 기어를 포함하고 있다. 또한 기어박스의 외부에 부착된 센서는 내부에서 발생하는 모든 신호를 취득하기 때문에 시간동기 평균화를 유성기어박스에 적용하기 위해서는 특별한 접근법이 필요하다.

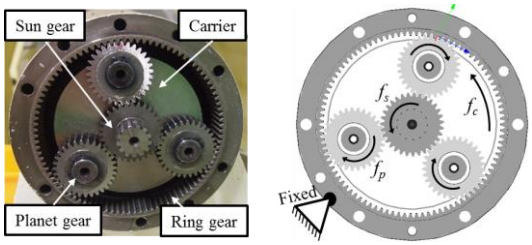

Figure 3 Planetary gearbox

본 연구에서는 기어박스의 진동 특성을 파악하고 나아가 시간 동기 평균화 기법을 유성기어박스에 효과적으로 적용하기 위해 자기상관함수(Autocorrelation function)을 이용하였다. 자기상관함수는 시간이 지남에 따라 신호가 변화하는 과정 중 초기상태와 유사한 신호가 발생하는 지점에서 높은 값을 갖게 되는 특성을 가지고 있다. 따라서 자기상관함수를 이용하여 진동 신호를 분석하게 되면 유사한 신호가 발생하는 지점에 대한 정보를 얻을 수 있게 되고, 나아가 시간동기 평균화를 위해 신호를 분할하기 위한 기준을 정립할 수 있다. Figure 4는 진동신호의 자기상관함수를 나타내고 있다. 그래프에 보이는 바와 같이 자기상관함수는 3, 6, 9 등 그래프 위에 표시된 횟수만큼 플래닛 기어가 회전했을 때 높은 값을 갖게 된다. 이 때 유성기어박스 내부를 보게 되면 우리가 관심을 갖고 있는 플래닛 기어가 센서의 근처에 위치해 있다는 사실을 확인할 수 있다.

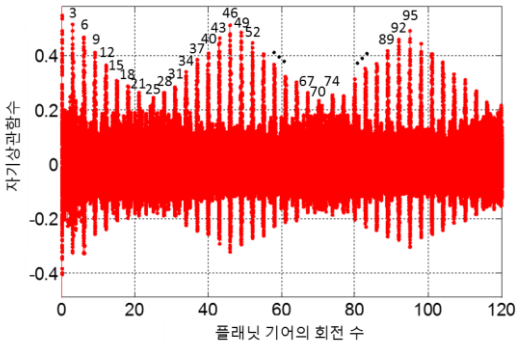

Figure 4 Autocorrelation function of vibration

3.3 자기상관함수 기반 시간동기 평균

앞 절에서 우리는 시간 동기화 평균을 위해 신호를 분할하기 위한 기준을 마련하는 방법으로서 자기상관함수를 제시하였다. 자기상관함수가 높다는 것은 그 지점에서 신호를 추출하면 원하는 값을 얻을 수 있다는 것을 의미한다.

Figure 5는 제안하는 시간동기평균 기법을 묘사하고 있다. 본 연구에서는 '플래닛 기어가 센서를 지나치는 지점을 기준으로 10개의 이빨 이내'를 신호를 추출하기 위한 범위로써 정의하였다. 이는 자기상관함수의 최대값의 50%를 초과하는 지점을 기준으로 선정한 것이다.

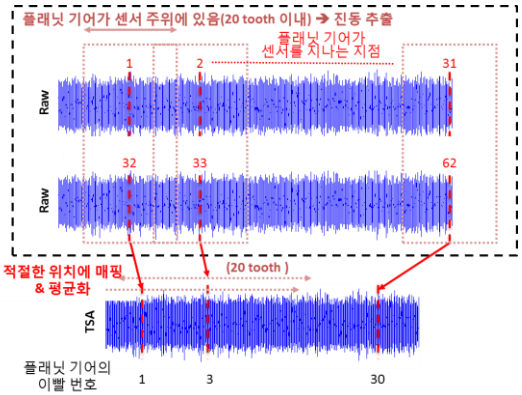

Figure 5 Autocorrelation-based TSA

4. 결과 및 결론

제안하고 있는 방법을 이용하여 고장기어와 정상기어의 상태를 효과적으로 분류할 수 있었다.

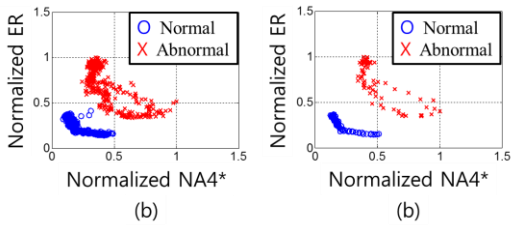

Figure 6 Diagnostics of gearbox
(a): 20 sec of average, (b): 60 sec of average

후 기

본 연구는 지식경제부의 지원을 받아 한국에너지기술평가원 에너지 국제공동연구 사업 (0420-2011-0161) 으로 이루어진 것입니다.