

자기상관함수를 이용한 풍력발전기 유성기어박스의 진동신호 분석 및 플래닛 기어의 진동 신호 추출

하종문* · 박정호* · 윤병동*†

*서울대학교 기계공학부

Fault diagnostics of planetary gearbox in wind turbines with analysis on vibration characteristics using autocorrelation function

Jong Moon Ha*†, JungHo Park** and Byeng D. Youn*

* Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul Nat'l Univ.,

Table 1 Configuration of the gearbox

링기어 치 개수	95
선기어 치 개수	31
플래닛 기어 치 개수	31
기어비	4.06:1
HTR (플래닛 기어 기준)	95

1. 서론

최근 대체 에너지에 대한 중요성이 부각됨에 따라 풍력발전기의 시장이 급격히 성장하고 있다. GWEC (Global Wind Energy Council)은 2012년까지 구축된 250GW의 풍력발전 단지가 2030년까지 1500GW까지 증가될 것으로 예상하고 있다⁽¹⁾. 하지만 풍력발전기의 높은 유지보수 비용은 풍력 에너지의 경제성의 가장 큰 문제점 중 하나로 알려져 있다. 특히 풍력발전기의 유성기어박스는 다른 부품들에 비해 한번의 고장으로 큰 손실을 발생시키기 때문에, 고장진단기법을 이용하여 기어박스에 대한 고장을 미연에 방지하는 것이 필요하다. 진동 추출 기법은 유성 기어의 고장진단에 있어서 노이즈를 제거하고 특성을 파악하기 위한 필수적인 기법이다. 이 논문에서는 자기상관함수를 사용하여 풍력발전기 유성기어박스의 진동을 분석하고, 이를 이용해 플래닛 기어의 진동을 추출하는 기법에 대해 논하고자 한다. 특히 자기상관함수를 이용한 시간동기 평균화를 통해 외부 노이즈를 효과적으로 제거하는 방법을 적용하였으며, 이를 통한 유의미한 건전성 데이터를 추출하여 유성기어박스의 고장 진단을 수행하였다.

2. 유성기어박스의 구조 및 특성

풍력발전기의 핵심 부품인 유성기어박스는 크게 선기어, 캐리어, 플래닛 기어, 링기어로 이루어져 있다 (Fig. 1). 그 중 플래닛 기어 축은 캐리어의 회전에 의해 선기어를 중심으로 회전하는 특징을 갖고 있다. 따라서 캐리어의 한 바퀴마다 플래닛 기어가 특정 지점을 지나치게 되는데, 이 때에 링기어와 접촉하게 되는 플래닛 기어의 치가 매번 달라지게 된다. 특정 캐리어 회전 후에야 모든 내부의 기어가 다시 초기 상태로 돌아가게 되는데, 보통 이렇게 초기상태로 되돌아가기 위한 최소의 기어 회전 수를 HTR (Hunting Tooth Ratio)라고 한다⁽²⁾. 이 논문에서 사용된 유성기어박스의 사양은 Table 1과 같다.

3. 유성기어박스의 진동신호 분석 및

플래닛 기어의 진동 추출 기법

고장진단을 위한 진동 센서는 기어박스 하우징에 고정되어 있기 때문에 플래닛 기어가 센서를 지나칠 때 마다 유성기어박스의 고유한 진동 특성인 진폭 변조가 발생하게 된다. 이 장에서는 자기상관함수를 이용하여 진폭 변조에 의한 진동 신호의 특성을 분석한 후 이에 기반하여 특정 기어에 대한 진동 신호를 추출하는 기법을 소개한다.

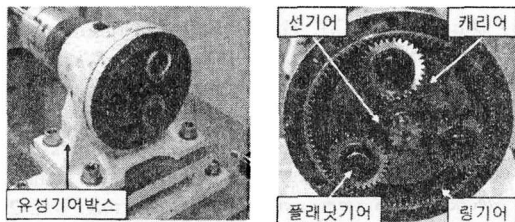


Fig. 1 Planetary gearbox

† Corresponding Author, bdyoun@snu.ac.kr

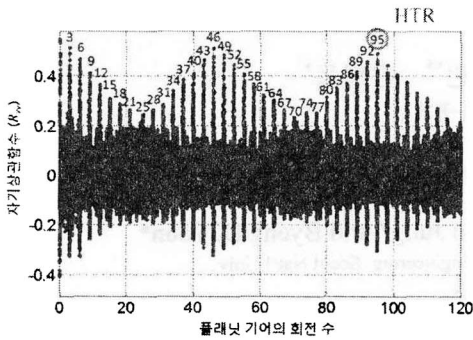


Fig. 2 Autocorrelation function of vibration from the planetary gearbox with HTR of 95

3.1 자기상관함수를 이용한 진동신호 분석

자기상관함수는 현재의 진동신호 (v(t))와 τ 초후의 진동신호(v(t+τ))의 유사성을 정량적으로 표현하기 위해 사용되는 함수로서, Eq. (1)과 같이 정의된다.

$$R_{vv}(\tau) = E[v(t)v(t+\tau)] \quad (1)$$

Fig. 2는 유성기어박스 (기어비 4.06:1)로 부터 얻은 진동신호에 대해 Eq. (1)을 이용해 계산한 자기상관함수 결과를 나타내고 있다. 그래프와 같이 자기상관함수는 특정 플래닛 회전 수에 대해서 높은 값을 갖고 있다. 이러한 현상은 해당 회전 수에서의 내부 기어 위치 파악함으로써 그 원인을 파악할 수 있다 (Fig. 3). 초기상태 (0 회전)에서 타깃으로 하는 플래닛 기어가 센서의 가까이에 위치해 있다. 1 회전 시에는 다른 기어가 센서 가까이에 접근하기 시작하며, 3 회전 시에는 타깃으로 하는 유성기어가 또다시 센서의 근처로 접근하게 된다. HTR 에 해당하는 95 바퀴 후, 모든 기어는 초기상태로 되돌아가게 되며, 이에 따라 굉장히 높은 자기상관함수가 다시 한번 관찰된다.

3.2 자기상관함수를 이용한 진동신호 추출 기법

자기상관함수가 높다는 것은 타깃으로 정한 기어에 의해 센서 신호가 지배된다는 것을 뜻한다. 자기 상관함수가 높게 관측되는 구간은 플래닛 기

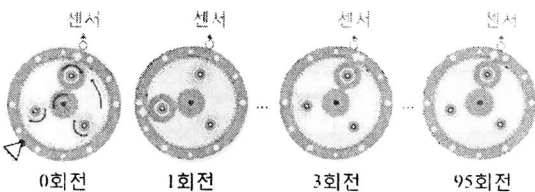


Fig. 3 Position of inner gears along with rotation of planet gear

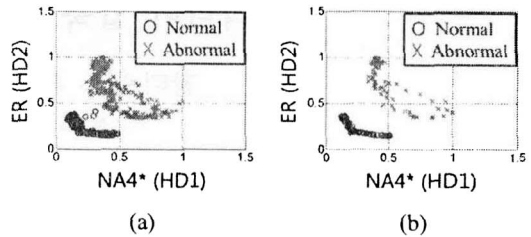


Fig. 4 Comparison of Health Data using vibration isolation (a): conventional, (b): proposed method

어가 센서와 가장 가까운 구간으로 파악 되었다. 따라서 이 연구에서는 타깃으로 정한 기어가 다른 기어들 보다 센서와 가장 가까울 때를 기준으로 진동 신호를 추출하였다. 이는 기존에 사용되어 온 유성기어의 시간동기 평균화 기법⁽²⁾의 경우 굉장히 좁은 구간에서의 진동 신호만을 추출한 것과 비교하여 더 넓은 추출 구간을 설정함으로써 효율성을 높였다고 할 수 있다.

4. 결론

진동 신호 추출과정 이후 기어 고장 진단에 활용되는 NA4*⁽³⁾와 ER(Energy Ratio)⁽³⁾를 통해 그 능력을 검증하였다. 그 결과 제안된 방법의 경우 기존에 사용되어 오던 진동 신호 추출기법에 비해 정상 및 비정상을 더 잘 구별할 수 있다는 사실이 확인 되었다.

후 기

본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 에너지 국제공동 연구 사업 (20118520020010)으로 수행되었습니다

참고문헌

(1) Lauha, F., Shukla, S., Sawyer, S., Teske, S., 2012, *Global Wind Energy Outlook 2012*, Global Wind Energy Council (GWEC), Belgium, pp.10-11.
 (2) P.D. Samuel, J.K. Conroy, D.J. Pines, 2004, *Planetary Transmission Diagnostics*, NASA/CR-2004-213068, National Aeronautics and Space Administration (NASA), Glenn Research Center.
 (3) Lebold, M., McClintic, K., Campbell, R., 2000, "Review of Vibration Analysis Methods for Gearbox Diagnostics and Prognostics", *Proc. of the 54th Meeting of the Society for Machinery Failure Prevention Technology*, p. 623-634