

Resonance Demodulation Technique (R.D)를 이용한 기어 결함 검출 Fault Detection of Gearbox Using by Resonance Demodulation Technique

최병근 † · 이정훈* · 이종명* · 하정민* · 구동식**
Byeong-Goun Choi†, Jeong-Hoon Lee*, Jong-Myeong Lee*, Jeong-min Ha*
and Dong-sik Gu**

였다.

1. 서론

음향방출 기술 (Acoustic Emission Technique, AE)을 이용한 결함 검출은 교량, 대형 건축물, 파이프 시스템 등과 같은 정적 구조물뿐만 아니라, 최근 구름요소 베어링, 축계 균열 및 기어와 같은 회전체의 분야에도 응용하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 음향방출 기술은 고감도의 센서를 사용하기 때문에 미소한 결함의 신호를 검출할 수 있는 장점이 있어 조기 결함 검출을 위한 연구에 적용이 되고 있는 실정이다. 하지만 높은 감도에 의해 많은 양의 노이즈가 신호에 포함이 된다. 이러한 노이즈를 감소시키기 위한 노력으로 다양한 신호처리 기술들이 적용되고 있으며, 그 중 이산웨이블릿 변환(DWT), 힐버트 변환(Hilbert transform)을 이용한 포락처리 (Envelope analysis) 등이 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 음향방출을 이용한 결함 검출에 대한 연구는 유럽, 미국, 일본 등지에서 활발하게 이루어지고 있다. 그리고 최근 국내에서 발표되는 연구에서 웨이블릿 변환의 기저함수(mother function)를 음향방출 신호에 적합한 형태로 개발하여 적용하는 연구가 발표되었다.

본 논문에서는 음향방출을 위해 적용되는 여러 가지 신호처리 기술들 이외에 최근 진동 신호를 이용한 결함 검출의 신호처리 기법에 적용된 바 있는 Resonance Demodulation (R.D) 기술을 이용하였다. 기어상자의 결함 신호는 음향방출 센서에 의해 취득되었으며, R.D 기술을 통하여 결함 검출을 시도하

2. R.D 기술

하나의 온전한 회전에서 한 쌍의 기어에서 발생되는 진동은 기어 맞물림 주파수와 그의 조화성분에서 식(1)에 의해 쉽게 평가 된다.

$$x(t) = \sum_{k=0}^K X_k \cos(2\pi k f_m t + \phi_k) \quad (1)$$

여기서, X_k 는 k 번째 주파수에서의 진폭, f_m 은 맞물림 주파수, $k(0, 1, 2, \dots, K)$ 는 맞물림 배수, ϕ_k 는 초기 위상이다. 식(1)은 진동의 진폭과 위상을 변화시키는 이의 곡면 예러가 1 회전 동안에 발생되지 않은 경우이다. 하지만 위상과 진폭 복조함수(modulating function, $a_k(t)$ 와 $b_k(t)$)에 의해 변화가 나타난다면 기어의 1회전에 대한 신호 모델은 식(2)와 같다.

$$x(t) = \sum_{k=0}^K [1 + a_k(t)] X_k \cos[2\pi k f_m t + \phi_k + b_k(t)] \quad (2)$$

디지털 영역에서 R.D 기술의 프로세스는 아래와 같이 정리할 수 있다.

- FFT를 통한 신호의 주파수 영역으로의 변환
- 결함과 관계된 측대역과 주파수의 위치 판별
- 선택된 주파수 영역을 제외한 부분은 대역통과필터에 의해 제거
- 여과된 주파수 영역 내에 포함된 맞물림 주파수의 조화성분은 대역통과 필터와 Stop-band 필터에 의해 제거

† 교신저자; 최병근, 국립경상대학교 에너지기계공학과
E-mail : bgchoi@gnu.ac.kr

Tel : 055-772-9110, Fax :055-772-9119

* 국립경상대학교 대학원 정밀기계공학과

** 창원 문성대학 조선설계공학과

- 나머지 신호는 역 FFT에 의해 시간 영역으로 재 변환 후 제공
- 상기의 시간 신호를 포락처리 함
- 포락 신호의 파고율(Crest factor)를 평가

3. 결함 분석

3.1 기어 결함 시험

기어상자는 강제 커플링으로 결합된 이수 50개의 피니언과 부하로 연결된 이수 70개의 기어로 구성되었으며, AE 센서는 기어상자의 케이스에 모터 축고 수평방향으로 높이가 같은 위치에 설치하였다.

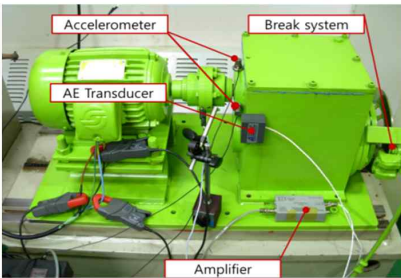


Fig. 1 Experiment system

3.2 결함 신호 분석

Fig. 2는 R.D에 의해 전처리된 신호로, 기어의 1회전에 대한 진폭을 나타내기 위해 가로축을 각도로 표현하였다. Fig. 2와 같이 일정한 주기로 피크들이 발생되고 있으며, 해당 기어의 이가 맞물릴 때 결함에 의한 신호가 발생됨을 알 수 있다.

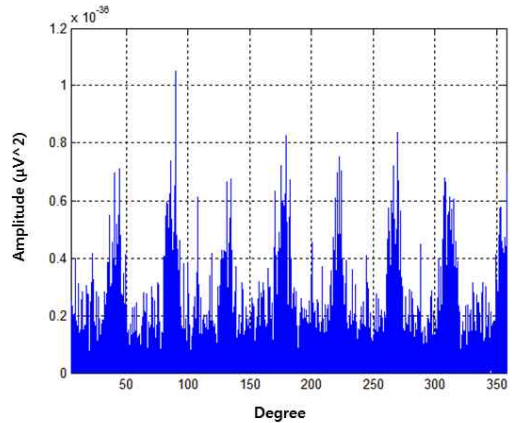


Fig. 2 Envelope of the squared residual signal

4. 결 론

본 논문에서 진동 신호를 이용한 결함 검출 중의 하나인 R.D 기법을 사용하여 기어상자에서 취득된 AE 신호의 분석을 수행하였다.

R.D 기법은 시간 영역의 신호를 포락선을 사용하여 나타내고, AE 신호는 기어의 회전에 동기하여 평균하게 된다. 그로 인해 각 위치에 대한 이의 맞물림 진동 성분이 확인될 수 있으며, 결함이 포함된 특정 위치의 진폭은 상대적으로 크게 발생된다.

따라서 R.D 기술은 음향방출 신호를 이용한 결함 분석 시스템에 충분히 활용 가능한 것을 알 수 있다. 그러나 음향방출 신호의 높은 주파수의 데이터 취득에 의해 포락선에 의한 결과 표현은 큰 역할을 하지 못하는 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 국립과학재단(NRF)의 일반연구자지원사업 (과제번호:2011-0013652) 및 2단계 BK21의 친환경냉열에너지기계연구사업팀의 지원으로 수행된 연구결과이며, 관계자 여러분께 감사드립니다.