2000년도 한국음향학회 학술발표대회 논문집 제 19 권 제 2(s) 호

소형 DC 모터의 음향해석에 의한 이상 판정법의 비교

이종찬*, 장수영*, 김성진*, 김천덕**
*부경대학교 대학원 음향진동공학과, **부경대학교 전기제어공학부

A Comparition to Discrimination of Flaws in Small DC Motor using Sound Signals Analysis

Jong-Chan Lee*, Su-Young Jang*, Sung-Jin Kim*, Chun-Duck Kim**
*Dept. of Interdisciplinary Program of Acoustic and Vibration. Pukyong National Univ.
**Faculty of Electronic and Control Eng. Pukyong National Univ.

요 약

소형 모터의 제품검사에 있어서 인간의 청각에 의한 소음 및 이음 검사가 널리 관능검사에 의존하고 있지만 이는 판정기준의 객관성이 결여된다. 그래서 이를 대신하여 모터가 회전할 때 발생하는 음향신호에 의해 모터의 이상 유무의 판정에 대하여 기술하였다. 본 연구에서는 인간의 청각에 의한 관능검사에 의존도가 높은 자동차용 소형 DC 모터를 대상으로 이상음 검출을 위해 단구간 FFT의 시간이동 평균을 이용하여 음향신호를 해석하고 각 대역에서 추출된 파워를 비교하여 정상과 이상 모터의 판별이 뚜렷한 최적의 대역을 선택하고 이를 패턴화하여 소형 DC 모터 이상유무 실시간 자동진단 시스템에 적용하고자 한다.

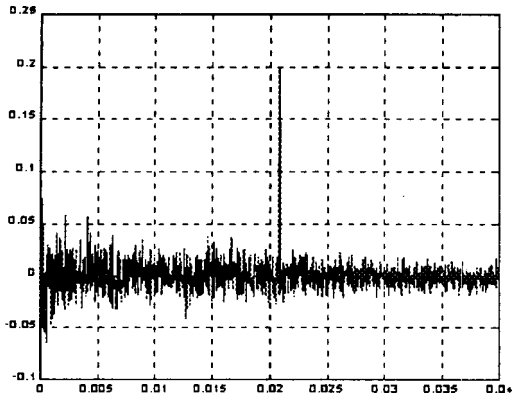
1. 서 론

산업의 발달에 따라 소형 모터의 생산이 급격히 증가되고 있다. 특히 자동차용 소형 DC 모터는 많은 중소기업체에서 생산되고 있다. 완제품의 품질 평가는 모터 계자시스템의 단선, 정류자의 Hook 누락 등 전기적 평가와 부하 토오크 측정 등의 기계적 평가 외에 모터가 회전시에 발생하는 소음 및 이음에 대한 항목은 인간의 청각에 의한 관능검사에 의해 평가된다. 그러나 음향신호의 평가는 숙련된 2-3명의 기술자에 의해 DC 모터가 회전할 때 발생하는 음향 신호를 청취하여 청각을 이용한 양·부를 판별하는 관능검사에 의존하고 있다. 인간의 청각에 의한 관능 검사는 검사원의 청력, 숙련도 등에 따라 다르므로 객관성이 결여되고, 또 같은 검사원이라 하더라도 고속으로 검사하는 것은 그때의 건강상태에 따라 양·부의 판별에 영향을 주는 것은 피할 수가 없는 문제이다. 이 분야에 있어서 종래의 방법은 모터 회전 주기 이상의 장시간 스펙트럼 분석법이다. 그러나 이 방법에서는 이상음이 뚜렷이 나타나지 않은 경우에서는 그 분석이 대단히 곤란하다. 그래서 본 연구에서는 마이크로폰으로 모터의 음향 신호를 수음하여 협대역 신호의 파워 포락을 구하고 각 대역별로 주기분석을 하고 분산을 구하여 최적의 대역을 찾고 이를 패턴화 하여 자동진단 시스템에 적용하고자 한다. 본 연구에서는 자동차용 소형 DC 모터에 이 방법을 적용하여 실험한 결과 정상 모터와 이상모터의 판별은 약 97%의 결과가 얻어졌다.

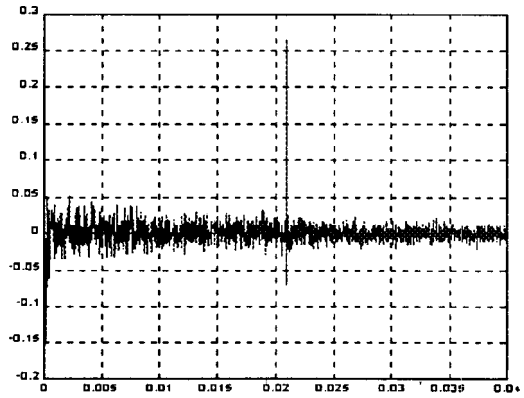
2. 켑스트럼 처리

모터에서 발생하는 음향신호를 스펙트럼 분석법으로 파워 스펙트럼을 구해 보면 이상음이 뚜렷하게 나타나지 않은 경우 그 패턴이 복잡하게 되고 스펙트럼 포락이 그다지 명확하지 않게 된다. 모터에 상처가 있다면 상처음이 주기적으로 발생하기 때문에 모터의 음향신호 스펙트럼 가운데에 정상 모터와 구별되는 각 상처의 주기에 대응한 간격의 선스펙트럼의 존재 여부를 검출할

수 있다면 양·부의 판별이 가능하기 때문에 캡스트럼 처리를 고려할 수 있다.



(a) 정상 모터



(b) 불량 모터

그림 1 양·부의 소형 DC 모터에 대한 캡스트럼 분석

그림 1은 정상음과 이상음의 2048점 FFT를 16회 가산 평균하여 캡스트럼 처리한 분석 결과를 나타냈다. 이 결과로부터 모터의 회전 주파수에 상당하는 위치에는 peak가 현저하게 나타나나 그 이외의 주파수 대역에서는 정상음과 이상음을 구별할 수 있는 특징의 차이는 보이지 않는다.

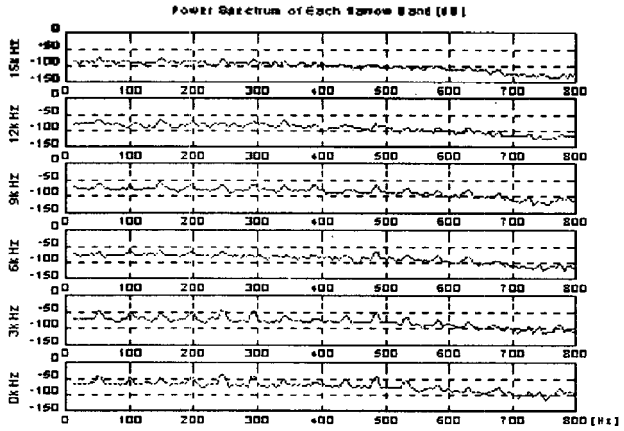
3. 협대역 신호의 파워 포락화에 의한 이상음 검출법

다음의 3단계 처리에 의해 협대역 신호의 파워 포락을 구하여 주기 분석을 행한다.

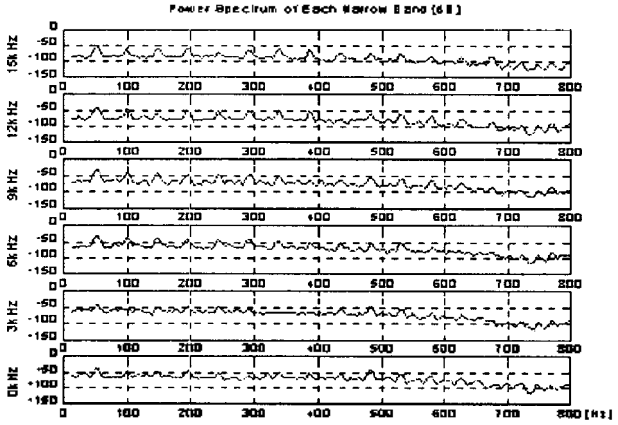
① 먼저 마이크로폰으로 수음한 모터의 음향신호 x(n)에 단구간 FFT에 의한 복수의 협대역 신호를 생성한다.

② 파워를 취한 시간파형에 대해 이동 평균을 하고 포락신호를 구한다.

③ ①과 ② 단계에서 얻어진 협대역의 자승시계열 신호의 포락신호에 대한 FFT에 의한 주기분석을 한다. 이때의 시간창은 512점의 Hanning window를 걸고 각각을 5회 가산 평균하였다.



(a) 정상모터



(b) 불량모터

그림2 협대역 신호의 파워 포락선

정상 모터와 불량 모터(그림 1에 있어서의 샘플과 동일)에 관해 이상의 처리를 한 결과를 그렸다. 정상 모터에 비해 불량 모터에서는 모터 회전 주파수 성분이외에 이상음의 주파수 성분이 많이 나타나며 -25dB 이상 정상 모터에 비해 높게 나타났다.

4. 각 대역별 평균치와 분산의 비교

앞에서 기술한 신호처리에서는 출력을 7가지 대역의 파워 포락 신호를 분석한 결과이다. 여기서는 그 대역들 중에서 어느 대역을 선택하여 Bayes rule에 의해 판정하면 좋은가에 관해서 살펴본다.

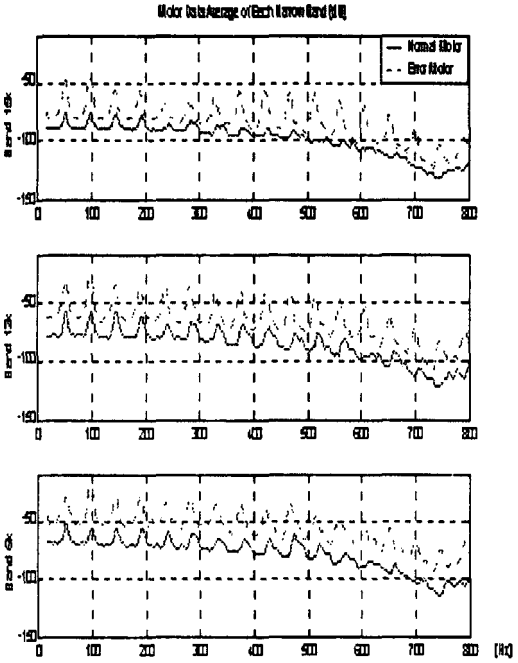


그림 3 정상 모터와 이상 모터의
협대역 파워 포락의 평균치

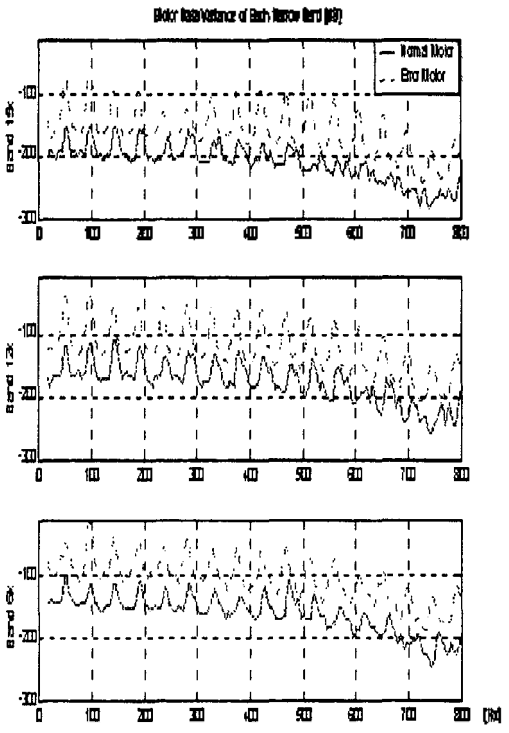


그림 4 정상 모터와 이상 모터의
협대역 파워 포락의 표준편차

그림 2에서 보면 중심 주파수가 6kHz, 12kHz,15kHz인 대역에서 정상 모터와 불량 모터의 차이가 현격하게 나타났다. 그래서 이들 대역에서의 평균치와 분산을 구해서 이상 모터 검출의 모델을 설정한다.

그림 3은 7개의 대역 중에서 정상 모터와 불량 모터의 파워 포락신호가 뚜렷한 차이를 보이는 3개의 대역만을 추출하여 각각의 파워 포락신호의 평균치를 나타냈다. 그림 3에서보는 바와 같이 각 대역에서 정상 모터와 불량 모터는 그 평균치에 있어서 약 -30dB의 차이를 보이고 있다. 그러나 불량 모터라 하더라도 음향신호가 정상 모터의 음향신호와 차이가 작은 경우도 있다. 그래서 모터의 양·부 판정에 있어서의 정확도를 높이기 위해서는 각 대역에서의 표준편차를 구할 필요가 있다.

그림 4는 각각 6kHz, 12kHz, 15kHz 대역에서의 협대역 파워 포락의 표준편차를 나타냈다. 표준편차의 그림을 보면 6kHz, 12kHz, 15kHz 대역에서도 각 고조파 성분의 편차는 달랐다. 그래서 정상 모터와 불량 모터의 6kHz 대역에서 2, 3, 4, 5 고조파 성분을 추출하여 그 분포를 그림 5에 나타냈다.

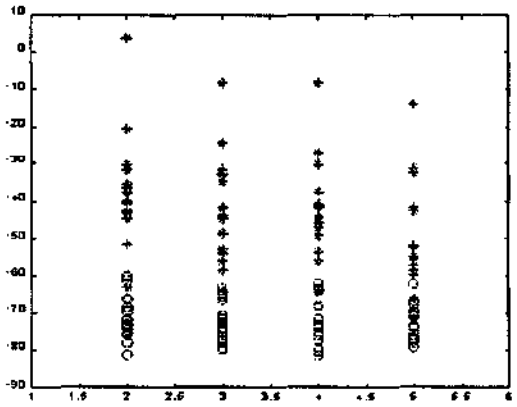


그림 5 6kHz 대역에서 2, 3, 4, 5 고조파
성분의 분포도

그림 5에서 6kHz 대역의 3고조파 성분은 다른 고조파 성분에 비하여 중첩되는 영역이 작았다. 이상의 결과를 바탕으로 제 3고조파 성분에 주목하여 판정을 하면 좀 더 높은 식별율을 얻을 수가 있다.

5. 음향해석에 의한 소형 DC 모터의 판정 결과

표 1은 6kHz 대역의 3고조파 성분을 정상 모터와 불량 모터의 판정 기준으로 하여 자동차용 소형 DC 모터에 실제 적용하여 진단한 결과를 나타냈다.

입력 출력	정상품	불량품	계
정상품	29	1	30
불량품	2	68	70

표 1 6kHz 대역에서 자동차용
소형 DC 모터 진단 결과

6. 결 론

본 연구에서는 자동차용 소형 DC 모터의 이상음 판정에 관하여 비교 검토하여 보았다. 이상음 검출을 위해 켑스트럼법을 이용하였을 때는 회전 주파수에 상당하는 주파수만 나타내고 그 이외의 다른 주파수 대역은 정상 모터와 이상 모터와의 구별이 불가능했다. 단구간 FFT에 의한 파워 포락화로 이상음에 대한 주파수 성분을 검출할 수 있었으며 각 대역의 평균치와 분산치를 비교하여 그중 최적의 대역을 찾아 자동차용 소형 DC 모터에 적용하여 본 결과 약97% 인식되었다.

Reference

1. 金井他, 第 9回 東北大學 応情研シンポジウム予稿集

2. 日本音響學會 昭和59年 春季研究發表會 講演 論文集 pp. 315~316, 1984.

3. Emmanuel C. Ifeachor, Barrie W. Jervis: Digital Signal Processing

4. Mourad Barkat: Signal Detection and Estimation

5. Oppenheim, Schafer: Discrete-Time Signal Processing