

저속회전설비의 고유 음향 기반 진단 시스템 설계에 관한 연구

송제호*, 박기영**

*전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학), 스마트 그리드 연구센터

**썬메디텍(주)

e-mail:songjh@jbnu.ac.kr

A Study on the design of a unique acoustic-based diagnostic system for low-speed rotating equipment

Je-Ho Song*, Kee-Young Park**

*Dept. of Convergence Technology Engineering(IT Applied System Engineering),
Smart Grid Research Center, Chonbuk National University

**Sunmeditec Co., Ltd

요 약

본 논문에서는 제강 산업에서 사용하는 저속회전설비의 핵심 요소인 경동베어링의 고장 진단 방식의 전환을 고려하였다. 기기의 의존성이 큰 제강 산업의 특성 상 장비의 고장 또는 파손 후에 사후 대책을 세우는 것보다 예방 진단하고 미리 정비하는 것이 중요하기 때문에 고도로 훈련된 인력이 병원용 청진기를 이용해 베어링의 이상 유무를 청각으로 알아낸 뒤 육안으로 확인한다. 하지만 이같은 방식은 위험성을 내포하기 때문에 기기 시스템의 작동을 유지하면서 작동 상태를 모니터링하여 고장 전에 미리 이상을 발견할 수 있는 고유 음향 기반 진단시스템에 대한 연구를 제안한다.

1. 서론

제강 산업에서 사용하는 저속회전설비로 가장 많이 사용하는 것이 제강 경동베어링이다. 경동베어링의 회전체를 지지하는 베어링은 양쪽에 2개가 있는데 하나의 베어링은 고정되어 있고 하나는 베어링을 구동하는 불기어(bull gear)가 장착되어있다. 경동베어링이 있는 제강의 전로는 정으로 180도 회전하고, 부로 180도 회전한다. 그리고 제철의 하중은 4톤이 넘는 철을 녹인다. 그러므로 회전 산업 설비나 기계 시스템의 전로가 하중이 크고 온도가 3000도 이상의 열에 의해 운영되므로 안정성 확보가 요구되고 있다.

그리고 제강 시설들은 기기에 대한 의존성이 커짐에 따라, 기기의 파손, 고장에 의한 대형사고와 운전 정지에서 발생하는 생산 손실 등의 피해가 커지게 된다. 또한 저속회전(10rpm 이하)설비 및 기계 시스템에서 발생하는 고장의 양상은 다양하지만, 진동 발생이 많고 고열의 회전체에서는 필수적인 요소인 베어링에서 문제가 많이 발생하고 있다.

제강 설비의 안정성을 확보하기 위한 정비 방법은 기존에 사후에 대책을 세우는 방식에서 벗어나 예방 진단 및 정비 기술을 확보하고자 하는 노력이 다각적으로 일어나고 있다. 기존에는 저속으로 회전하는 제강의 전로의 베어링의 문제점을

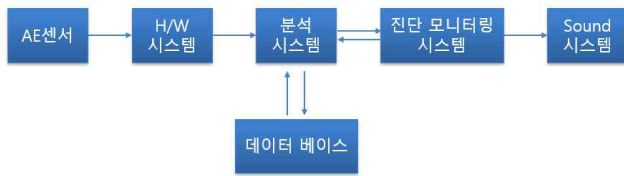
찾기 위해 고도로 훈련된 기능 인력이 기존의 병원용 청진기로 베어링의 이상 유무를 청각으로 알아내고 육안으로 확인하였다. 그러나 전로의 특성 상 3000도에서 4000도 사이의 고열이 발생하기 때문에 이와 같은 방식은 매우 위험하다.

그러므로 기기 시스템의 작동을 유지하면서 베어링의 고장을 진단할 수 있는 시스템이 요구됨에 따라 지속적으로 베어링 작동 상태를 모니터링하여 고장 전에 미리 이상을 발견할 수 있는 고유 음향 기반의 진단시스템을 개발하고자 한다.

2. 본론

2.1 기술의 개요

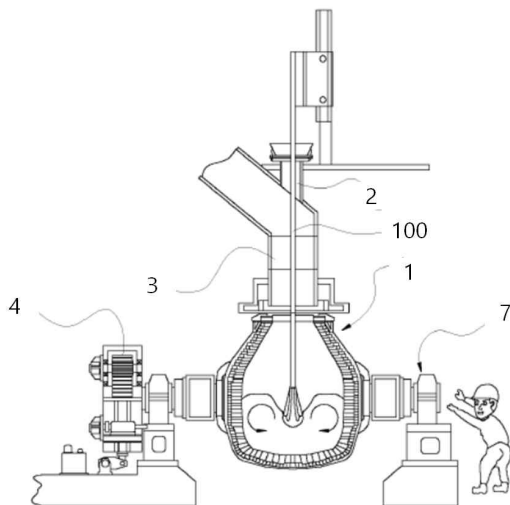
저속회전설비의 고유 음향 기반 진단시스템은 일반적으로 제강 경동베어링의 저속회전음(10rpm이하)에서 발생하는 고유 음향을 기반으로 이상 진단을 하는 시스템에 관한 것이다. 그림 1에 고유 음향 기반 진단 시스템의 블록도를 나타내었다.



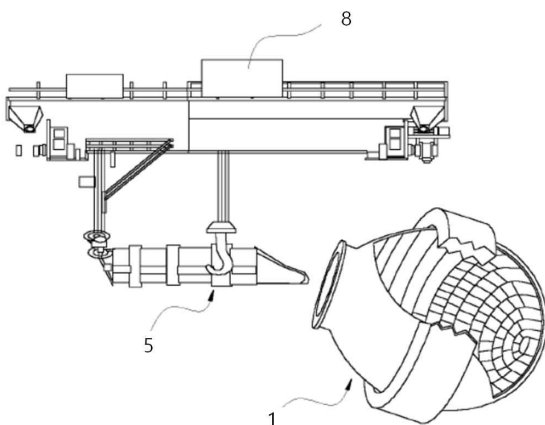
[그림 1] 고유 음향 기반 진단 시스템 블록도

여기에는 경동베어링에서 설치되어 있는 센서로부터 소리를 수집하는 센서, 음향 데이터를 수집하는 시스템 서버 및 경동베어링에서 발생하는 경동신호전류(PLC current signal)를 전압신호로 변환 및 증폭하여 ADC를 통해 각도 -180도에서 +180도에 따른 음향 파형과 패턴을 진단하여 베어링의 문제점을 미연에 감지하는 기술이 핵심 기술이다. 베어링 진단을 위하여 사용되는 센서는 베어링의 고장이 생기기 전에 고유 음향을 평소에 진단한 데이터베이스화 하여 고장의 예후가 보일 경우 미리 감지하는 것이 주요 시스템이다.[2-4]

그림 2, 3에 저속회전체의 경동베어링 시스템과 전로 작업 그림을 나타내었다.



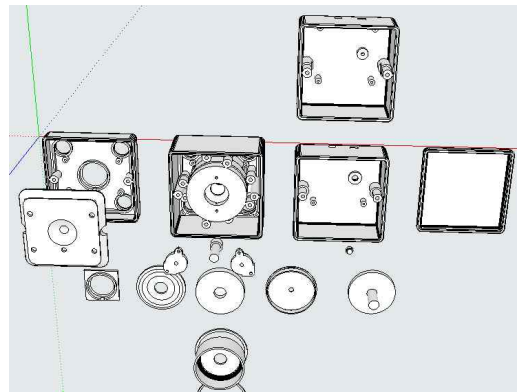
[그림 2] 저속회전체의 경동베어링 시스템



[그림 3] 전로 작업 그림

2.2 저속회전설비의 고유 음향 기반 진단시스템 설계

저속회전설비의 고유 음향을 측정하기 위한 센서의 측정 방법은 여러 가지가 있다. AE(AE : Acoustic Emission)센서는 공진형(Resonance model), 광대역형(Wide bandwidth model), R-Caster type 등 많은 종류가 있다. 본 논문에서는 자체적으로 센서를 개발하여 저속회전에 대한 특정 주파수에서 동작하는 AE센서를 개발하고자 하였다. 그림 4는 AE 센서의 구성을 나타낸 것이다.



[그림 4] AE 센서의 구성 디자인

이러한 AE센서는 입력부 센서로 저속회전과 하중에 의한 베어링의 마찰 주파수와 주위의 잡음, 사용성 및 잡음 효율성을 고려하고, 베어링의 마찰 주파수와 노이즈를 분리할 수 있도록 설계하고자 하였다.

제어부 하드웨어 시스템은 AGC(자동이득조절장치) 회로 개발, ANR(외부 잡음 제거) 회로 개발, 각 주파수에 따른 필터 구성 회로 개발, 시스템 초저음주파수 증폭기 회로 설계 및 구성, 노이즈와 신호 분리 필터 구성 회로를 설계하여 구현하고자 한다.

인터페이스 시스템의 구성은 USB port controller와 데이터 전송을 위한 ADC, Endoring/Decording 회로 개발, Data down-up stream system으로 이루어진다.

또한 모니터링을 위하여 내부 및 외부에서 발생하는 부분 방전 신호 대역 데이터와 같은 시스템 데이터를 수집하고 데이터베이스를 구성하여 진단 모니터링 시스템의 개발과, 1차 데이터의 신호 분석과, 베어링의 마찰 주파수와 잡음 신호의 분리, 입/출력 신호의 문제점 확인 및 체크하여 통보하는 분석 알고리즘을 개발하고자 한다.

마지막으로, 진단 모니터링 임베디드 소프트웨어를 개발하여 월별, 날짜, 시간에 따른 시스템의 데이터 정보를 표시하고 각 시스템의 데이터 수집 및 분석 기능, 하드웨어를 통해 수집된 시스템의 실시간 모니터링 및 사운드 출력, 음향 진단 데이터의 재생 및 replay 기능 및 데이터 저장, 이상 데이터

이스 진단 및 표시 기능을 구현하고자 한다.

이처럼 저속회전설비의 고유 음향 기반 진단 시스템은 AE음향 센서를 통하여 입력을 받은 신호를 H/W와 임베디드 소프트웨어에 의해서 저속회전으로 발생하는 베어링의 이상 유무에 대한 알람을 모니터에 표시하도록 하고자 한다.

3. 결론

제강 산업에서 사용하는 저속회전설비의 핵심 설비인 경동베어링은 파손이 되거나 또는 고장이 생길 경우 제강 시설의 생산 손실로 이어지게 된다. 따라서 이러한 베어링의 고장 진단은 매우 중요하다. 기존의 방식으로는 고도로 숙련된 인원이 병원용 청진기를 이용하여 베어링의 이상 유무를 청각으로 알아내고 육안으로 확인하였다. 하지만 이러한 방식은 고열로 가동되는 전로의 특성상 매우 위험할 수밖에 없다.

따라서 이러한 베어링의 고장 진단을 사람이 직접 확인하는 것이 아닌 시스템을 통하여서 고장이 발생하기 전에 미리 알 수 있도록 베어링의 고유 음향을 평소에 진단한 데이터베이스화하여 고장의 예후가 보일 경우 미리 감지하는 저속회전설비의 고유 음향 기반 진단 시스템의 설계를 제안한다.

참고문헌

- [1] 유주식, “알기쉬운 기계설계 기초”, 교육과학사, 2020
- [2] 김원희, 김준식, “자동화를 위한 센서 공학”, 성안당, 2020
- [3] Jacob Fraden, “현대 센서공학”, 한빛아카데미, 2021
- [4] 탁한호, “센서응용회로의 설계 및 실험”, 북두출판사, 2018

본 연구는 (재)전북테크노파크의 2022년 전라북도 혁신성장 R&D+사업 기술개발사업 지원에 의한 연구수행 결과물임을 밝힙니다. [과제명 : 저속회전설비의 고유음향기반 진단시스템 상용화]