

펌프의 진동 분석

심종수¹, 박주호¹, 성동윤¹, 이장후¹, 김효철², 박승범³, 배병성⁴

¹호서대학교 전자융합공학부 학부생

²(주)레인정보통신 대표이사

³호서대학교 기술경영전문대학원 교수

⁴호서대학교 반도체공과 교수

sis13505@gmail.com, wng2480@naver.com, dys725@naver.com,
alsxmdkdlm@naver.com, hchkim@gmail.com, parksb@hoseo.edu, bsbae3@hoseo.edu

An Investigation into the Vibrational Characteristics of Rotary Pumps

Jong-Soo Sim¹, Ju-Ho Park¹, Dong-Yoon Sung¹, Jang Hoo Lee¹, Hyo Chul Kim², Sunghum Park³, Byung Seong Bae⁴

¹Dept. of Electronic Convergence Engineering, Hoseo University

²Rain ICT, Co.

³Graduate School of Management of Technology, Hoseo University

⁴Dept. of Semiconductor Engineering, Hoseo University

요 약

반도체 공정은 주로 진공 중에서 이루어 지며 진공을 잘 유지하는 것이 매우 중요하고 여러 가지 종류의 펌프가 사용이 된다. 저진공펌프로 많이 사용되는 로타리 펌프에 대해서 진동 및 온도센서를 부착하고 펌프의 상태에 따른 진동의 변화 및 온도의 변화를 연구 하고 펌프의 예지 보전에 활용할 수 있도록 하였다.

1. 서론

각종 반도체 소자 제작을 위해서는 진공 공정이 필수적이다. 반도체 공정에서 증착, 에칭 등은 대표적으로 진공을 이용하는 공정이며 진공을 유지하기 위한 펌프의 안정적인 운용은 매우 중요하다. 이러한 장비의 안정적인 관리 방법은 사후 정비, 예방정비, 예지 정비로 나눌 수 있고 이 중 예지 정비는 설비에서 얻어지는 각종 데이터를 기반으로 고장이 발생할 시점을 예측하여 정비하는 방법이다.[1]

여러 다양한 펌프들이 사용되고 있으며 로터리 펌프, 확산펌프, 터보펌프, 크라이오 펌프 등이 그 예이다. 로터리 베인 펌프는 로터가 회전하며 로터에 달린 베인에 의해 흡기를 통해 주입된 기체가 베인에 의해 밀려들어가 펌프에서 배출이 된다

펌프 내부에는 오일이 채워져 오일이 윤활유의 역할과 발생 열의 냉각 그리고 틈을 채워 막아 주는 실링 역할을 한다. 펌프의 오일이 부족하거나 오래 가동하며 여러 가지 기체들에 의해 변질이 되면 진공 효율이 떨어지며 심하면 기계의 손상으로 고장으로 이어지게 된다.

이러한 기계의 손상이 오기 전에 오일의 교환이나 보충 등이 필요하며 장비의 예지 보전을 위하여 이러한 오일

상태를 잘 예측하는 것이 필요하다. 오일의 부족은 기계적 마모를 심화 시켜 마찰에 의한 발열로 장비의 온도가 상승하게 되므로 온도의 변화를 측정분석 하면 장비의 상태를 잘 모니터링 할 수 있다.

오일 시스템에서 오일의 오염이 미치는 영향에 관해 연구가 된 바가 있으며 여러 가지 진동수에 대해 분석이 되었다. 모터에 설치된 센서로부터 가속 신호를 수집하고 분석이 되었으며 오일의 오염도에 따른 가속도를 분석하였다. 오일의 오염정도를 0, 25, 50, 75, 100% 등으로 변화시켰으며 14-15kHz 진동 성분이 오일 오염에 의한 것으로 진단하고 있다. 그리고 펌프의 nominal frequency인 0-0.5 kHz도 오염에 따라 증가한다고 보고하였다.[2]

Y, H, Lee 등은 원자층 증착 장치에 사용되는 드라이 펌프에 대한 모니터링을 위한 사물인터넷에 대해 보고한 바가 있으며 data acquisition, 웹 기반 모니터링과 데이터 진단을 위한 Azure 플랫폼 등의 세 부분으로 구성이 되었다. 반도체 공정 중에서 발생하는 부산물들이 펌프에 유입되고 이들 부산물들이 펌프를 손상 시키며 원자 층 증착 장치로 TiN을 증착할 때 발생하는 TiO₂ 분말들이나 NH₄Cl 등에

의해 펌프 내부 부품의 손상을 유발하게 되어 장기 신뢰성에 영향을 주게 되며 이러한 손상을 방지하기 위하여 부산물의 용점 이상으로 가동하며 이로 인한 가스 상태의 부산물이 cold trap으로 포집이 되도록 하고 있다. 그러나 비정상 작동을 감지하고 제조 중에 펌프의 작동 중지를 예방하는 것이 필요하며 이러한 모니터링 시스템을 구축하는 방안을 제시하였다. 주파수 영역에서의 진동 분석은 가장 보편적으로 사용되는 진단 방법이며 진폭, 시간적 변위, 충격파, 파형의 대칭성, 진폭이나 픽투픽 변위의 확률밀도 함수 등의 분석 항목들이 있다.[3]

송풍 및 환기를 담당하는 회전체 기계 설비의 모터에서 수집한 데이터를 이용하여 상태를 판별 예측하는 딥 러닝 모델이 제안 보고 된 바가 있으며 입력 신호의 특징을 CNN (Convolutional Neural Network) 으로 추출하고 이것을 LSTM (Long Short Term Memory)에 적용하는 CNN-LSTM을 기반으로 적합한 압력 신호의 길이를 탐색하였다.[4]

2. 연구내용

오일을 사용하는 로터리 펌프는 오일의 관리가 중요하다. 오일의 적정량 유지 및 오일의 오염도 관리가 필요하다. 이를 위해 그림1과 같이 로터리 펌프에 진동 센서를 부착하고 이를 신호취득 및 전송 저장하여 분석에 이용하였다. 그림 1에서 파란 화살표는 진동 센서를 빨간 화살표는 온도센서를 나타낸다. 온도 센서는 장비에서 발생하는 이상 마찰에 의한 발열을 모니터링 할 수 있도록 하며 진동과 함께 장비의 이상 여부를 잘 보여 준다.



그림 1. 진동 센서 및 온도센서의 부착

펌프에 부착된 진동센서의 데이터는 일정 간격으로 측정 분석이 되며 저장된다. 그림 2는 저장된 데

이터를 엑셀데이터 형식으로 불러오고 이의 진동 그래프를 보여 주고 있다. 진동 데이터는 FFT (Fast Fourier Transform)을 통하여 주파수 대역에서 분석을 할 수 있으며 주파수 스펙트럼에서 나타나는 특정 파장에서의 픽 변화를 통하여 장비의 이상 현상을 관찰 할 수 있다.

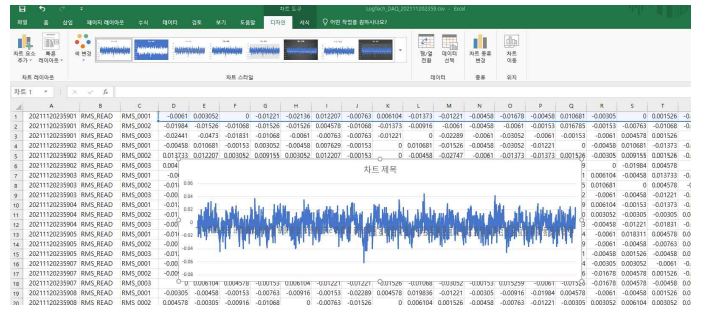


그림 2. 측정된 진동 데이터

그림 3은 오일량에 따른 주파수 스펙트럼 분포이며 305Hz 근처의 주파수를 확대하여 각 오일량에 대해 같이 그렸다. 305 Hz 근처의 주파수를 확대하여 각 오일량에 대해 같이 그렸으며 파란색이 오일이 100%, 녹색이 50%, 빨간색이 10%일 때이다.

그래프에서 확인이 되듯이 오일이 줄어들수록 305Hz 특정 주파수에서 픽이 증가하고 있어 이 주파수 대역을 펌프 오일의 양에 대한 표시자로 사용할 수 있음을 보여 준다.

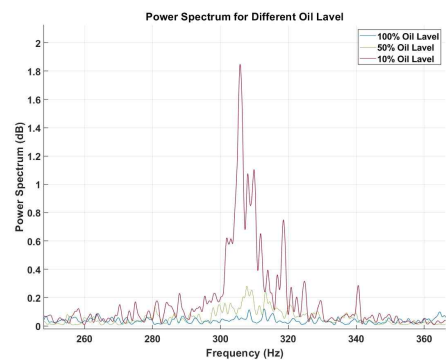


그림 3. 오일양에 따른 스펙트럼 변화

3. 요약 및 향후 연구

본 연구에서는 로터리 펌프의 예지 보전을 위한 데이터 분석을 위해 펌프에 진동센서 및 온도 센서

를 부착하고 데이터를 수집 분석 하였다.

일반 로터리 펌프의 오일량을 체크 하고 오일이 바닥 일 때, 중간 일 때 그리고 정상적으로 오일이 들어 있을 때 등 오일의 높이를 조절하며 진동의 변화를 측정하였다. 오일의 높이는 유량게이지를 통해서 확인 하였으며 진동센서의 신호는 DAQ를 거쳐 PC로 수집을 하여 저장 및 분석을 진행하였다.

오일의 양은 각 동작 부위의 마찰에 큰 영향을 미치며 이러한 마찰의 증가는 특정 진동의 증가로 나타나기 때문에 Fourier Transform을 활용하여 주파수 스펙트럼의 변화를 관찰 하였다.

오일량의 변화나 오일의 오염도에 따른 변화를 관찰 분석하고 예지보전에 활용할 수 있도록 한다. 오일량에 따른 진동 변화는 푸리에 변화를 통하여 특정 주파수에서의 변화로 나타났으며 온도의 변화와 함께 분석하여 장비의 이상 징후를 조기에 발견할 수 있도록 한다.

사 사

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2023-2018-0-01417)

참고문헌

- [1] 최현식 외, “원심펌프 다중 고장유형 분류 및 해석을 위한 딥 러닝 모델링”, 대한기계학회 논문집, A권47, 제3호, pp. 263-272, 2023.
- [2] O. Yilmaz et al., Electronics, Vol. 11, No. 10, 11101549 pp.1-17, 2022.
- [3] Liu et al., A Review. Mater. Today Proc. Vol 4, pp. 2659-2664, 2017.
- [4] 김민기, “시분할CNN-LSTM기반의시계열진동데이터를이용한회전체기계설비의이상진단”, 멀티미디어학회 논문지, 제25권, 제11호, pp. 1547-1556, 2022.