

승강기 부품결함에 따른 진동분석을 활용한 예측진단 Predictive Maintenance using vibration analysis of elevator's parts fault

*#송태복¹, 최경현¹

*#Tae-Bok Song(marine98x@kesi.or.kr)¹, Kyung-Hyun Choi¹

¹ 제주대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Vibration Analysis, Predictive Maintenance, Elevator, Gear Faults, Bearing Faults, Resonance

1. 서론

현재 국내 승강기의 정비 방식은 예방정비라 할 수 있다. 예방정비라 함은 설비상태와 고장 유무와는 관계없이 수행하는 정비로서, 전혀 이상이 없는 부품을 교체한다거나 정비를 함으로써 경제적인 손실을 가져올 뿐만 아니라 주기적인 정비에도 불구하고 갑작스런 기계 고장의 위험성은 항상 존재하고 있다. 승강기 부품의 실제 수명은 설치, 운행환경 등에 따라 광범위하게 변화한다. 따라서, 불필요한 정비작업, 수명기간이 남아있는 부품의 교체 등을 예측정비를 통하여 최소화 할 수 있다. 이러한 예측정비는 승강기의 운전 중에 발생하는 이상 진동을 주로 측정하여 그에 따른 원인, 부위 또는 정도를 조기에 발견하여 심각한 고장 또는 사고를 미연에 방지함에 있다. 하지만, 현재 국내의 대부분의 점검자는 법에 근거한 주기적인 자체점검을 하여 육감적으로 느껴지는 이상 진동이 발생하면 그 진동이 발생하는 원인분석은 하지 않고, 기존 경험에 근거하여 진동만을 억제하려 하기 때문에 근본적인 진동의 원인을 해소하지 못하고 있으며 오히려, 그에 따른 노동력 낭비 및 불필요한 부품교체가 발생하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 승강기에서 발생하는 이상 진동의 원인을 분석하여, 진동을 발생시키는 부품의 결함 원인을 파악하여, 부품의 교체 또는 조정을 할 수 있도록 진단하는데 있다.

2. 부품의 결함에 따른 진동의 특성 및 분석

PMT사의 EVA-625(소음진동측정기)를 사용하여 측정하였으며, 측정방법은 소음진동센서를 전동기 반부하측에 설치하여 일정한 속도로 승강기가 상승 및 하강하는 상태로 Table 2와 같이 5가지에 대한 부품 결함이 발생되었을 때를 가정하여 진동 데이터를 측정하였다.

진단기법으로는 PMT사에서 제공하는 'EVA Vibration Analysis Tools' 을 사용하였으며, 측정된 원 데이터를 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 하여 진동의 주파수(수평축) 및 진폭(수직축)의 특성을 분석하였다.

실험에 사용된 권상기의 사양은 Table 1과 같다.

Table 1 실험 권상기(Traction Machine) 사양

Type	Traction Machine
Power	5.5 kw
Voltage	170 V
Current	26.2 A
Decelerator	웁기어, 2줄나사
Rotating Speed	1430 rpm
Pole	4 p
Bearing-Drive	#6310
Bearing-NonDrive	#6308

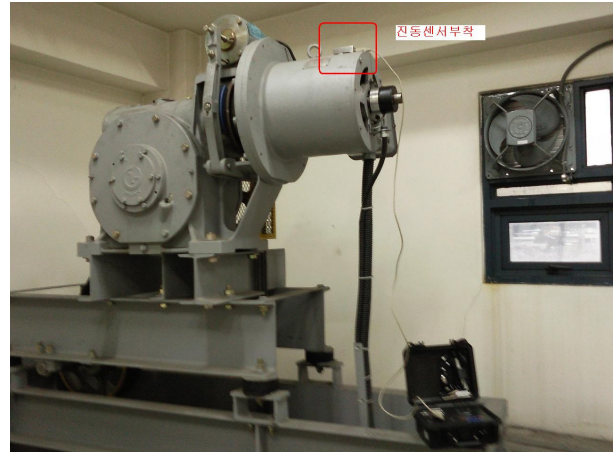


Fig. 1 진동소음계(eva-625) 측정

Table 2 부품의 결함에 따른 진동 특성

부품의 결함	진동 특성
정상 상태 (Normal Condition)	1×RPM, 2× RPM, GMF 와 sideband 모든 주파수의 크기가 미세함
질량 불평형 (Mass Unbalance)	1×RPM에서 고진동 발생
정렬 불량 (Misalignment)	1×, 2×, 3×RPM, 과도한 경우 2×RPM 성분 강함
기어 결함 (Gear Faults)	1×, 2× GMF(Gear Mesh Frequency)
베어링 결함 (Bearings Faults)	FTF(케이지 주파수), BPFI(내륜 주파수), BPFO(외륜 주파수), BSF(전동체 주파수)
공진 (Resonance)	질량 불평형, 정렬 불량, 기어 결함, 베어링 결함 등이 증폭되어 높은 진폭의 진동이 발생

2.1 질량 불평형(Mass Unbalance)

질량 불평형은 회전체의 질량중심과 기하학적인 중심이 일치하지 않음을 말한다. 이는, 질량중심과 기하학적인 중심 간의 거리 및 회전속도의 정도에 따라 원심력이 증가하여 진동을 발생시키며, 이러한 진동은 회전체, 베어링 등의 수명을 단축시킨다. 불평형으로 인한 힘은 기하학적 중심에서 질량중심까지의 거리에 비례하고 회전속도의 제곱에 비례하므로, 작은 불평형이라도 회전체가 고속일수록 상당한 원심력을 발생시킴을 알 수 있다.

질량 불평형에 따른 진동의 스펙트럼 분석은 Fig. 2와 같다.

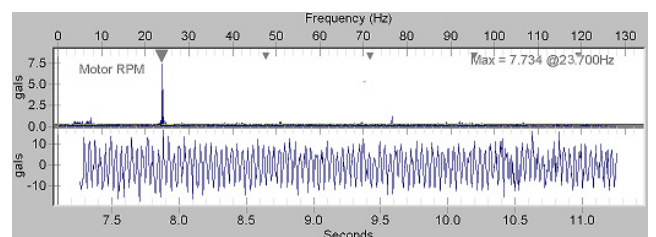


Fig. 2 질량 불평형으로 인한 진동의 스펙트럼 분석

1×RPM에서 7.7 gal의 고진동이 발생하고, 그 진폭은 전체 진동의 80% 이상을 차지함을 알 수 있다.

2.2 정렬 불량(Misalignment)

승강기에서는 구동부인 전동기와 피동부인 권상기(웬기어)와의 연결부분에 키플링을 대체로 사용한다. 이 과정에서 전동기 축과 권상기 웬축이 정렬이 불량하였을 때 높은 진동이 발생한다. 전동기 축과 웬기어 축의 정렬 불량으로 인한 진동의 스펙트럼 분석은 Fig. 3과 같다.

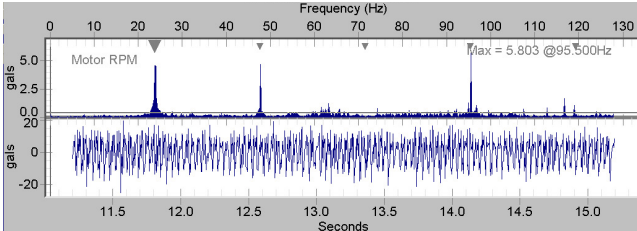


Fig. 3 정렬 불량으로 인한 진동의 스펙트럼 분석

1×RPM, 2×RPM, 4×RPM 주파수 성분이 발생하였으며, 진폭이 크기는 대체로 일정함을 알 수 있다.

2.3 기어 결함(Gear Faults)

기어의 결함은 사용수명 초과로 인한 강도약화, 기어의 가공불량(치합 및 가공 정밀도), 기어재질 불량(화학성분 미달), 오버벨런스(카운터웨이트의 무게는 카의 자중에 정격하중의 절반가량을 더한 무게임)의 부적절, 권상기오일 점도 약화로 인하여 치면 점식(피팅)이 발생하는 경우이다. 특히, 승강기에 일반적으로 사용되는 두줄나사 웬기어에서 가장 많이 진동이 발생한다. 웬기어의 웬휠 부위에 점식(Fitting)이 발생한 경우의 스펙트럼 분석은 Fig. 4와 같다.

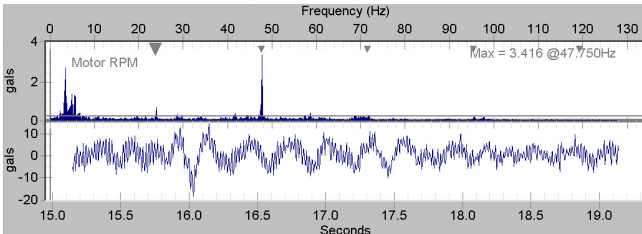


Fig. 4 기어 결함으로 인한 진동의 스펙트럼 분석

두줄나사 웬기어이기 때문에 전동기 주파수의 두 배인 GMF(Gear Mesh Frequency = 47.7Hz)가 3.416 gal의 크기로 발생되었음을 알 수 있다.

2.4 베어링 결함(Bearings Faults)

승강기에서 베어링은 일반적으로 전동기축과 감속기(웬기어인 경우)의 웬축에 설치되어 하중을 지지하고 있다. 결함 원인으로서는 부적절한 윤활, 부적절한 설치, 부적절한 베어링 선정 또는 과도한 진동, 정상적인 마모에 해당된다. 결함 유형으로는 외륜 손상, 내륜 손상, 케이지 손상 등이 있다. 하지만 베어링의 어느 부위가 손상되었는지는 중요하지 않고 다만, 기계 손상을 막기 위해서 언제 베어링을 교체해야 하는냐가 중요하다.

베어링의 케이지가 손상되었을 때의 진동의 스펙트럼 분석은 Fig. 5와 같다.

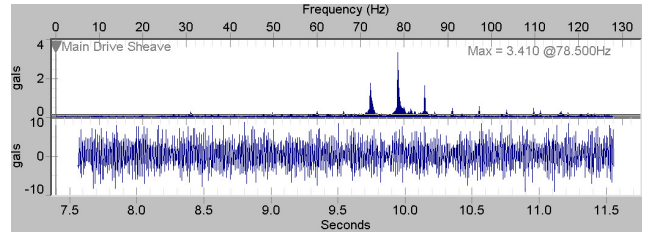


Fig. 5 베어링 결함으로 인한 진동의 스펙트럼 분석

베어링 결함주파수(78Hz) 주위에 기본열 주파수(6Hz) 간격으로 측대역 성분이 발생함을 알 수 있다.

2.5 공진(Resonance)

공진이란 가진 주파수가 하나 이상의 고유 진동수와 일치할 때 발생하는 상태이다. 가진 주파수는 질량 불평형(1×RPM), 정렬 불량(2×RPM), 기어 결함(기어 이빨수×RPM) 등과 같은 근원으로부터 발생된다. 또한, 승강기인 경우 도르래의 수직 불량 또는 기계대의 수평 불량 등으로 인하여 로프의 진동이 발생되는데, 이 로프 진동이 증폭되어 발생하는 경우가 있다.

도르래의 질량 불평형으로 인한 로프 공진이 발생한 경우의 스펙트럼 분석은 Fig. 6과 같다.

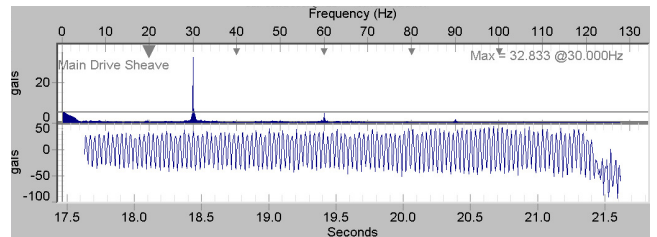


Fig. 6 공진으로 인한 진동의 스펙트럼 분석

로프 공진으로 인하여 진동이 증폭되어 높은 진폭(32.833 gal)의 진동이 발생함을 알 수 있다.

3. 결론

로프 공진으로 인하여 진동이 증폭되어 높은 진폭(32.833 gal)의 진동이 발생함을 알 수 있다.

본 연구에서는 승강기에서 발생하는 진동의 유형을 스펙트럼 분석을 통하여 질량 불평형, 정렬 불량, 기어 결함, 베어링 결함, 공진에 대하여 확인하여, 고장 및 사고를 미연에 방지할 수 있는 예측진단 기법을 제시하였다. 이러한 과학적인 점검 및 분석을 통하여 기존의 오감에 의한 진단이 아닌 정확한 진단이 가능할 것이며, 앞으로도 승강기 이용자의 안전을 확보할 수 있는 여러 가지 예측진단 기술의 연구가 이루어질 것으로 본다.

앞으로는 승강기의 진동 상태를 항상 감시하여, 진동의 원인을 분석하여 점검자에게 결함을 알려주는 시스템에 대한 연구가 필요하리라 본다.

참고문헌

1. 이병준, "회전기계의 진동 및 정비 핸드북", 1998
2. 한국승강기안전관리원 안전교육팀, "진단기술교육", 한국승강기안전관리원, 2008
3. 이선순, "승강기용 유도전동기의 결함분석", 부경대 대학원 박사학위 논문, 2006