

Proximity에서 유도된 회전기계의 이상 진동

⁰구 재량* · 황 재현* · 김 두영* · 윤 완노* · 김 연환**

Vibration of rotating machinery due to proximity

Koo, Jae Raeyang, Hwang, Jae Hyeon, Kim, Doo Young, Yeon, Wan No, Kim, Youn Fwan

Key Words: Proximity. Glitch. Metallurgical Runout.

Abstract

Vibration of rotating machinery is a factor that is something to do with abnormal machinery. Former days, Perception of vibration at rotating machinery had used Shaft rider type. Shaft rider type was adhered to surface of shaft and detected vibration of rotating machinery. Recently, Perception of vibration at rotating machinery uses to non-contact sensor. Working principle of non-contact sensor is used of eddy current. Vibration at rotating machinery appears to deviation of eddy current. In this paper, We investigate abnormal vibration due to non-contact sensor.

1. 서 론

회전 기계 운전 상태의 이상 유무를 진동 상태로 파악하며 진동의 변화는 회전기계의 이상 유무를 파악하는데 중요한 도구로 사용 된다. 회전 기계의 진동의 감지는 예전에는 축(shaft)표면에 직접 접촉하여 축의 움직임이 축의 표면에 부착된 센서(sensor)에 의하여 기계적 운동을 전기적인 신호로 바꾸어 주는 Shaft ride 형태의 직접 접촉식 센서를 사용하였다. 오늘날 회전기계의 진동 감시용 센서는 비 접촉식 센서를 사용하는데 이 센서의 작동 원리는 와 전류(eddy current)를 이용하여 진동을 감지하는 방법으로 근래에 많이 사용하는 방법이다.

본 고에서는 이 비 접촉식 센서를 이용하여 진동을 감지하는 회전기계에서 이 센서에 의하여 기인된 회전기계의 이상 진동을 고찰하여 본다.

* 한국전력공사 전력연구원

** 정회원, 한국전력공사 전력연구원

2. 비 접촉식 진동 감시 시스템(Proximity Transducer System)

2.1 Proximity Transducer System

이 시스템은 개별적인 3가지 요소로 구성되어 있으며 이 3가지 요소는 Probe, Extension cable 과 Proximitor로 구성되어 있다.

2.1.1 Probe

회전 기계에 직접 설치되는 부분이며 이것은 Polyphenylene sulfide로 구성된 tip assembly로 스테인레스 스틸 케이스에 나사선이 있다. 삼중 케이블로 구성되어 있으며 하나의 center conductor와 두 개의 screen이 있으며 inner screen 은 코일과 접속되지만 outer screen은 케이블이 손상되었을 때 원치 않은 grounding을 방지 한다.

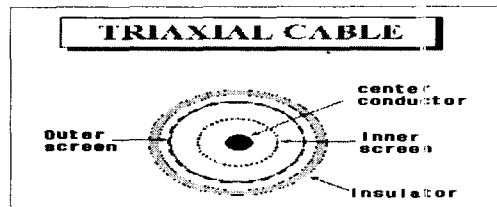


Fig. 1 Triaxial cable

2.1.2 Extension cable

Probe에 연결하여 junction box에 이르게 하는 부분이다. 이 케이블은 probe의 길이와 일치하는 triaxial cable 길이를 가진다. 케이블의 한 쪽 끝은 probe와 연결하기 위하여 connector에 연결한다. 열 수축(heat shrink) sleeve가 probe와 extension cable connector에 사용 가능하게 되어있으며 코일의 한 방향에서 원치않은 grounding을 방지한다.

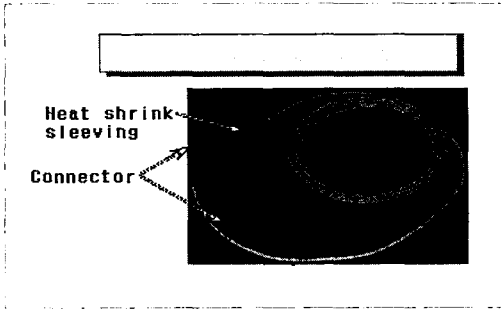


Fig. 2 Extension cable

2.1.2 Proximator

전자 장치가 포함되어 있으며, 보통 junction box에 설치된다. 오일, 솔벤트 및 화학 물질등으로부터 보호하기 위해 power grey coating된 die cast aluminum case로 덮여 있다. extension cable과 연결을 위하여 케이싱에 connector가 장착된다. Terminal strip이 proximator에 전원을 공급하고 또한 신호를 proximator로부터 공급받기 위해 장착되어 있다. proximator의 밑바닥은 probe 코일의 한 쪽으로부터 원치 않는 grounding을 방지하기 위해 격리판이 붙어 있다.

2.1.3 비 접촉식 진동 감시 시스템의 작동 원리

- (1) Proximator는 oscillator 회로를 사용하여 radio frequency(RF) 신호를 발생시키며 demodulator 회로를 사용하여 RF 신호에서 이용 가능한 데이터를 추출하는 기능을 가진 전자 장치이며 이러한 기능을 제공하기 위하여 VT와 COM 단자에서 -17.5에서 -26Vdc를 공급해야 한다.
- (2) Proximator oscillator에 전원이 공급되면 정한 주파수의 RF 신호를 발생한다. 이 주파수는 probe 코일의 INDUCTANCE(L)값과 extension 및 probe cable의 CAPACITANCE값에 좌우된

다.

- (3) RF 신호 주파수는 500kHz에서 2.0 MHz범위이다. 케이블 길이가 너무 길거나 짧아 변환기 시스템이 일치가 되지 않으면 RF 신호 주파수가 변환되어 결국 proximator 결과값이 부정확하게 된다.
RF 신호는 probe 코일로부터 전송되어 probe tip 주위에서 RF장을 형성하는데, 100mils보다 더 길게 형성될 수 있으나 선형 구간은 단지 80mils뿐이다.
- (4) 전도체가 RF장에 존재하면 그 전도체 표면에 와전류가 흐르며 와전류가 얼마나 깊이 침투하는가는 그 물질의 전도성과 투과성에 달려있다. 4140 steel의 투과 깊이는 약 3mils 정도이다.
- (5) Probe가 와전류가 흐를 정도의 전도체에 가까워지면 RF 신호는 두 가지 방식으로 영향을 받는데 첫 번째는 probe와 대상 물질 사이의 거리(gap)가 최소가 될 때 진폭은 최소가 되고 와전류는 최대로 발생하며, probe와 대상 물질 사이의 거리(gap)가 최대일 때, 진폭은 최대가 되며 와전류는 최소로 발생한다.
- (6) Proximator는 gap 변화에 따라 출력 전압이 일정하게 변화하도록 설계되었다. 이것을 Scale factor라 부르며 Proximator transducer system의 표준 Scale factor는 200 millivolts per mil(200 mV/mil)로 설정된다.

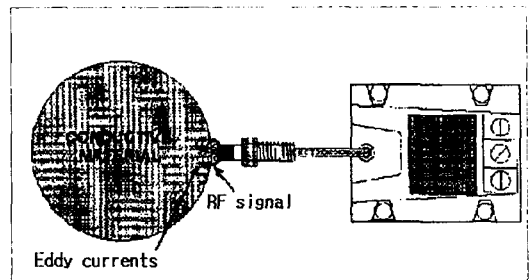


Fig. 3 Eddy current flow

3. GLITCH

3.1 Glitch의 정의

Glitch란 회전축 표면의 기계적, 전기적 오류에 의하여 측정되어 지는 모든 종류의 진동을 말하

며 전기적인 noise나 monitor 문제, 센서가 부착된 casing의 문제등은 포함되지 않는다.

Glitch에는 기계적인 원인과 전기적인 원인으로 구별된다.

3.2 기계적인 원인

축의 제작과정에서 부 적절하게 기계가공이 되면 축이 휘거나 굽게되며 비 접촉식 진동 감지 센서에 오 진동으로 나타 날 수 있다. 부 적절한 기계가공이 발생할 수 있는 원인은 선반에서 기계 가공시에 베어링이 남아거나 결함이 발생하여 중심선이 어긋나는 경우이다. 또 하나의 원인은 축의 표면에 scratch나 dent가 발생하는 것이다. 축의 제작을 위하여 크레인으로 축을 들어 올릴 때에 이러한 현상이 발생하기 쉽다.

3.3 전기적인 원인

3.3.1 잔류 자기장(Residual magnetism)

일반적으로 비 접촉식 진동 센서는 로타에 자기장이 균일하고 대칭이면 안정적인 진동 감시를 수행할 수 있으나 이와 반대일 경우에는 로타의 표면 근처에 장착되어 있는 비 접촉식 진동 센서의 감도에 영향을 준다.

3.3.2 금속 조직적 편석(Metallurgical Segregation)

비 접촉식 진동 센서의 Scale factor는 몇 가지의 변수에 의하여 좌우된다. 전형적으로 축의 제작에는 많은 필요한 합금을 사용 한다. 일반적으로 축의 제작 마지막 단계에서는 금속학적인 구성비율이 균등해야 한다. 미세조직으로 관찰 할 때 몇 개의 회전기계의 축은 합금사이에 편석이 발생하며 비 접촉식 진동 센서는 편석의 영향에 의하여 다른 전압을 출력한다.

3.3.3 잔류 응력의 집중(Residual stress concentration)

일반적으로 축의 제작 과정 중 다양한 기계 작업과 축 표면의 작업은 어느 정도 국부적인 잔류 응력이 발생 될 수 있다. 비록 이러한 국부적인 응력이 회전축의 기계적 성질에는 영향을 미치지 못하나, 전기적 성질에 영향을 줄 수 있다.

회전축의 어떠한 응력의 변화율도 비 접촉식 센서의 출력 전압에 영향을 미 칠 수 있다.

3.3.4 석출 강화(Precipitation hardening)

17-4PH 강철은 어느 정도의 전기적인 run out 문제를 가지고 있다.

3.4 Glitch의 종류와 그 대책

구분	종류	대책
기계적 원인	Non-concentric surface (shaft bow, bents)	Compensate with digital vector filter
	Surface imperfection	Re-machining
전기적 원인	Residual magnetism	Degaussing
	Metallurgical segregation	Re-machining
	Precipitation hardening	Compensate probe
	Residual stress concentration	Re-machining

Table 1. A sort of glitches and countermeasure

4. Glitch에 의한 이상진동

4.1 제어실과 현장의 진동치 차이

단위: μm

측정 위치	제어실	현장 실측치
Inboard	260	25
Outboard	260	26

제어실과 현장의 진동 실측치가 큰 차이를 나타내고 있어 비 접촉식 진동 센서를 이용하여 전기적인 Run-out 상태를 측정하였으며 표2에 나타내었다.

위치	90°별 GAP 전압(V)				최대 편차	기계적 Run-out
	A	B	C	D		
IB	10.45	11.32	11.82	10.66	1.4V (180 μ m)	10 μ m

Table 2. Measurement of electrical run-out

또한, Slow roll vector를 이용하여 4000 rpm에서의 1X의 진동값을 아래 그림에서 비교하였다. Fig. 4는 원래의 진동값을 나타내며 Fig. 5는 보정한 진동값을 나타낸다.

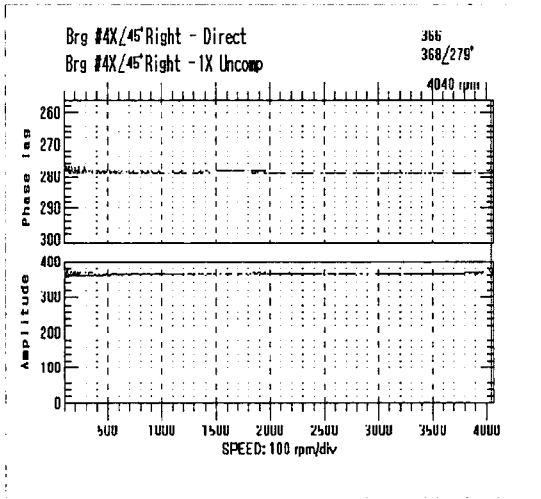


Fig. 4 Value of vibration at uncompensated.

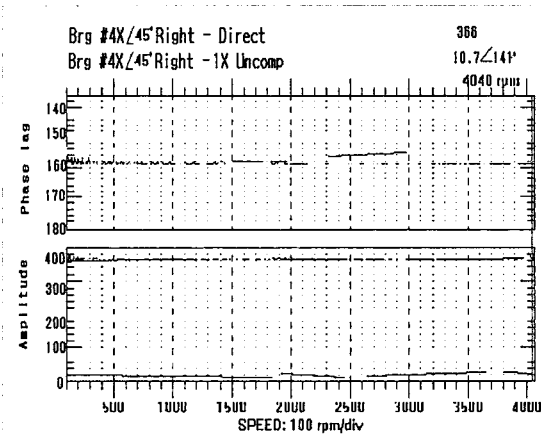


Fig. 5 Value of vibration at compensated.

전기적인 Run-out 상태와 Slow-roll vector를 이용한 해석 결과 이상 진동의 원인은 Glitch에 의

한 원인으로 판단되었다.

4.2 이상 진동해결 방법

Rotor probe track 주변을 절삭 및 다시 코팅 하였다.

4.3 가공 전후의 진동값의 비교

가공후의 Inboard의 진동값은 242 μ m에서 35 μ m로 감소하였으며 Outboard의 진동값은 125 μ m에서 25 μ m로 각각 감소하였다.

5. 결론

비접촉 진동 센서를 사용하는 회전기계에서는 기계적으로 진동 상태가 양호하여도 전기적인 진동 상태가 나쁠 수도 있으며 축의 제작 과정 중에 전기적인 Run-out 상태를 면밀히 검토해야 한다.

참고문헌

- (1) 회전 기계 진동 및 정비 핸드북, 한국전력공사 전력 연구원,1998
- (2) Application note, Bently nevada,2002
- (3) 현장 기술 지원 보고서, 한국전력공사 전력 연구원,2001