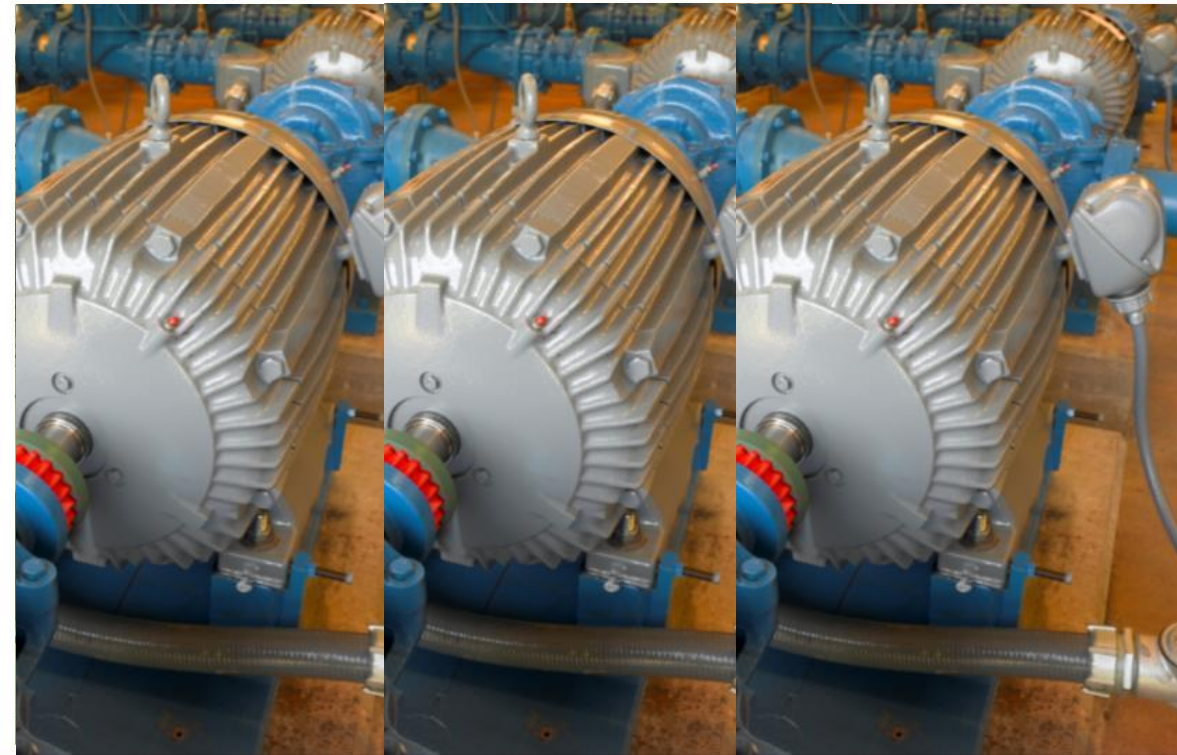


**FLUKE**®

*Seminar series*

## 진동 테스트의 효과 이해하기



- 소개 / 역사
- 진동 테스트의 장점
- 진동 테스트의 개요
- 베어링 결함
- 베어링 마모의 9단계
- 전통적인 베어링 분석
- 새로운 자동 베어링 진단법
- 진동 테스트방법의 비교
- 진동 테스트의 또 다른 타입 – 진동 스크리닝 장비
- 언제 사용하나 – 진단 테스트나 스크리닝

# Introductions / History

*Seminar series*

**FLUKE**®



# Introductions / History

*Seminar series*

**FLUKE®**



# Introductions / History

*Seminar series*

**FLUKE®**



### 수동적인 유지보수:

“실패 시까지 운전”

설비가 고장 나기 전까지 조치 안 함.



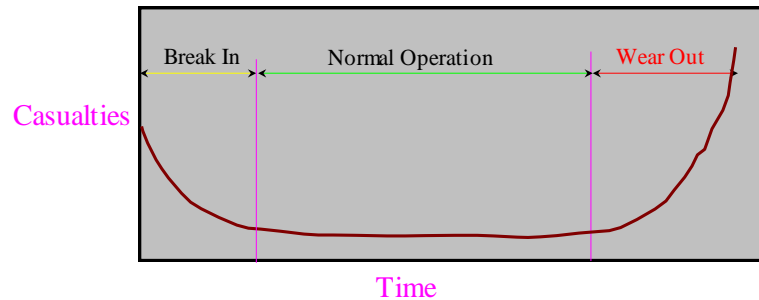
계획되지 않는 설비다운,  
높은 고용비용,  
생산감소, 높은 유지보수  
비용, 설비 운용 직원

### 예방 유지보수:

“일정기반”

실제 설비상태와 상관없이  
계획된 행동 취함.

The Bathtub Curve

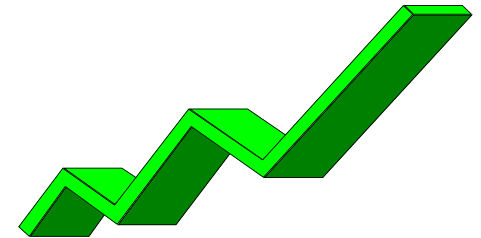


불필요하게 수리된 무결함  
설비, 높은 프로그램 비용

### 예측 유지보수:

“컨디션 기반”

장시간에 걸쳐 고장이 발견,  
모니터 된 후에 행동 취함.



필요 시 설비수리, 생산증가  
고장감소, 유지비용 감소

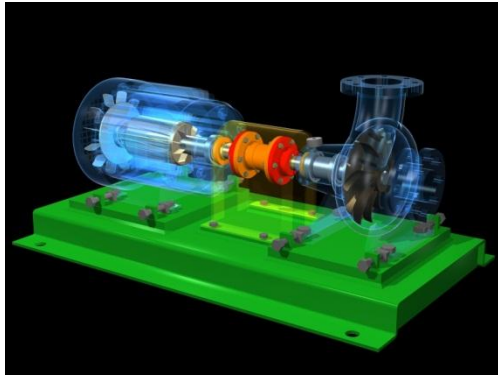
# CBM 기술(컨디션 기반 유지보수)

Seminar series

FLUKE®

## 진동분석

회전기계의 기계적인 결함을 찾기 위해.



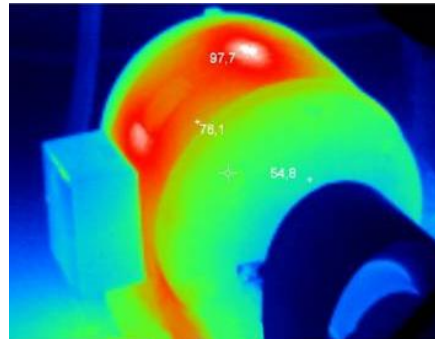
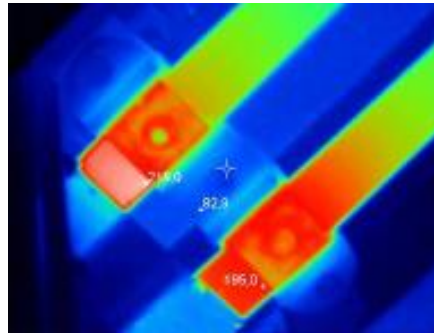
## 오일분석

윤활문제를 찾기 위해;  
기어박스과 왕복기계들



## 열화상

스위치기어나 모터제어판의  
전기적인 핫 스팟을 찾기  
위해



## 모터 측정

광범위한 모터결함을 찾기  
위해



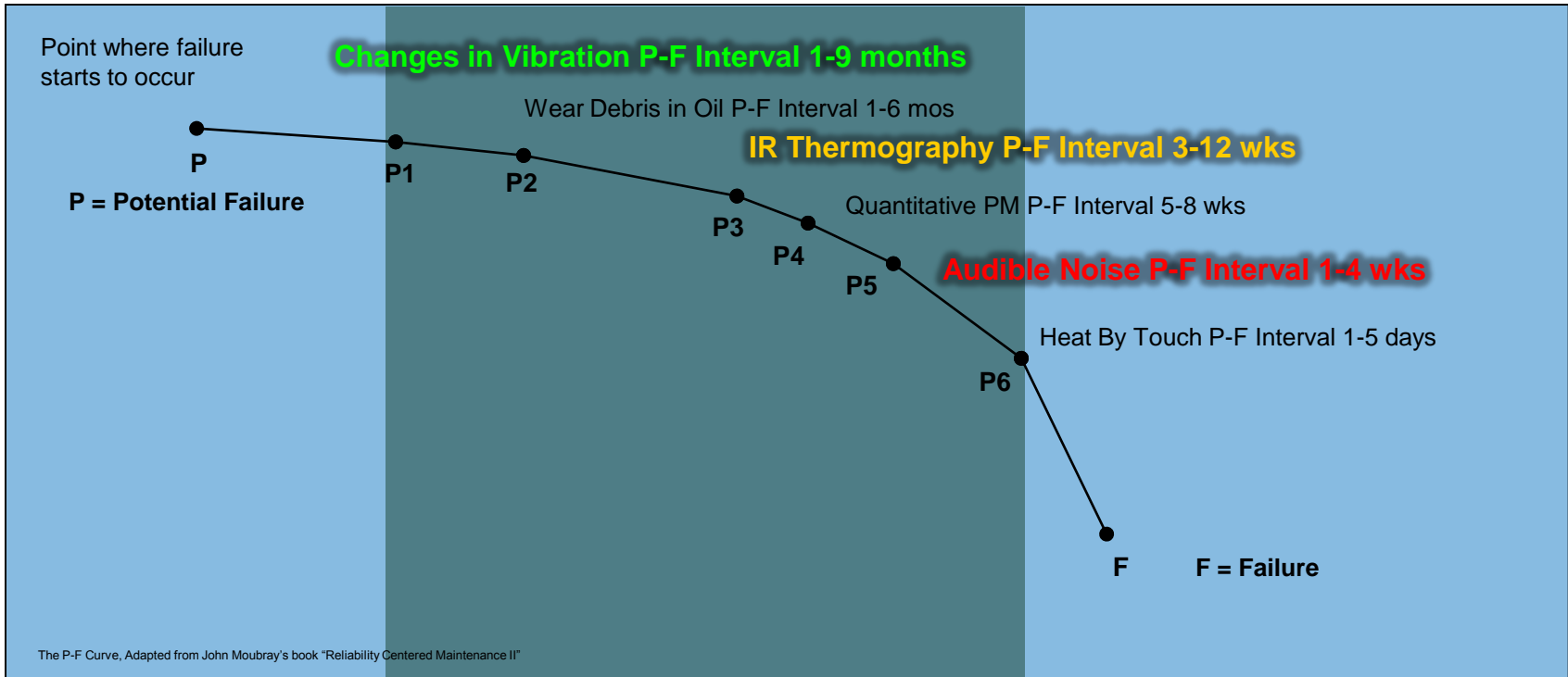
## 초음파

공기누출을 찾기 위해

- 예측: 필요수리를 계획하고 소요부품 보유하기 위한 시간을 확보할 수 있습니다.
- 안전: 위험한 상태에 도달하기 전에, 오프라인에서 고장설비를 점검할 수 있습니다.
- 비용: 예상치 못한 고장의 감소하여 생산중단을 막을 수 있습니다.
- 향상된 유지보수 기간: 장비수명이 연장되고, 유지보수가 계획될 수 있습니다.
- 신뢰성: 예상치 못하거나 중대한 고장의 감소 - 문제가 고장 전에 예측될 수 있습니다.
- 마음의 평화: 유지보수 스케줄, 예산, 생산성에 자신을 갖게 합니다.

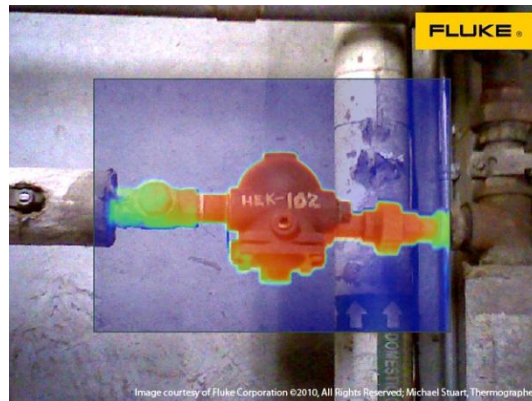


- 기계 유지보수에서 진동은 여전히 기계상태의 가장 빠른 표시계 중 하나입니다.

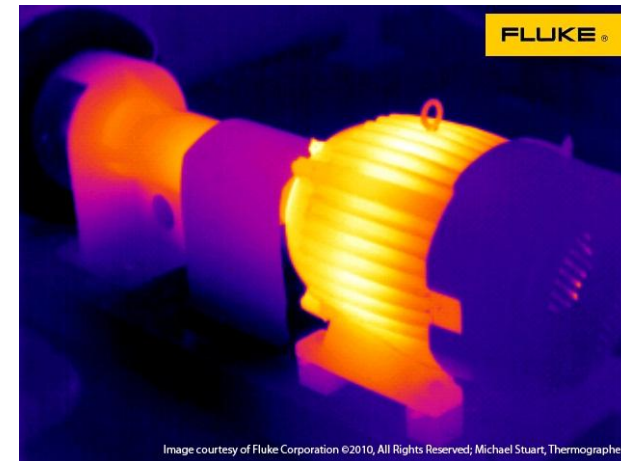
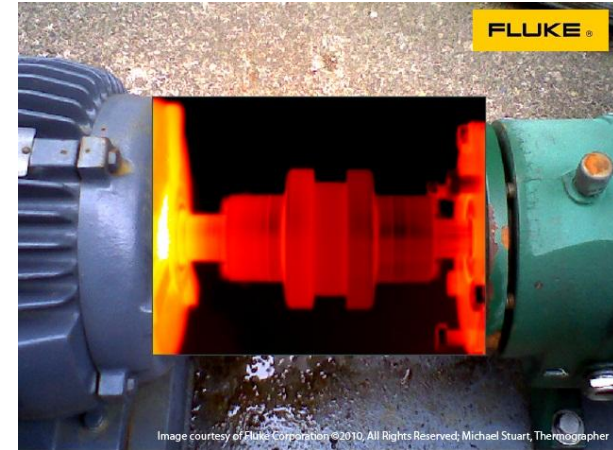


열화상은 설비상태를 표시하기 위해서 원격으로 온도를 측정하여 온도에 따라 색을 할당하는 것을 말합니다.

- 전기설비
- 전기회로
- 기계설비
- 히팅 및 쿨링설비
- 건물외피
- 전자기기
- 기타



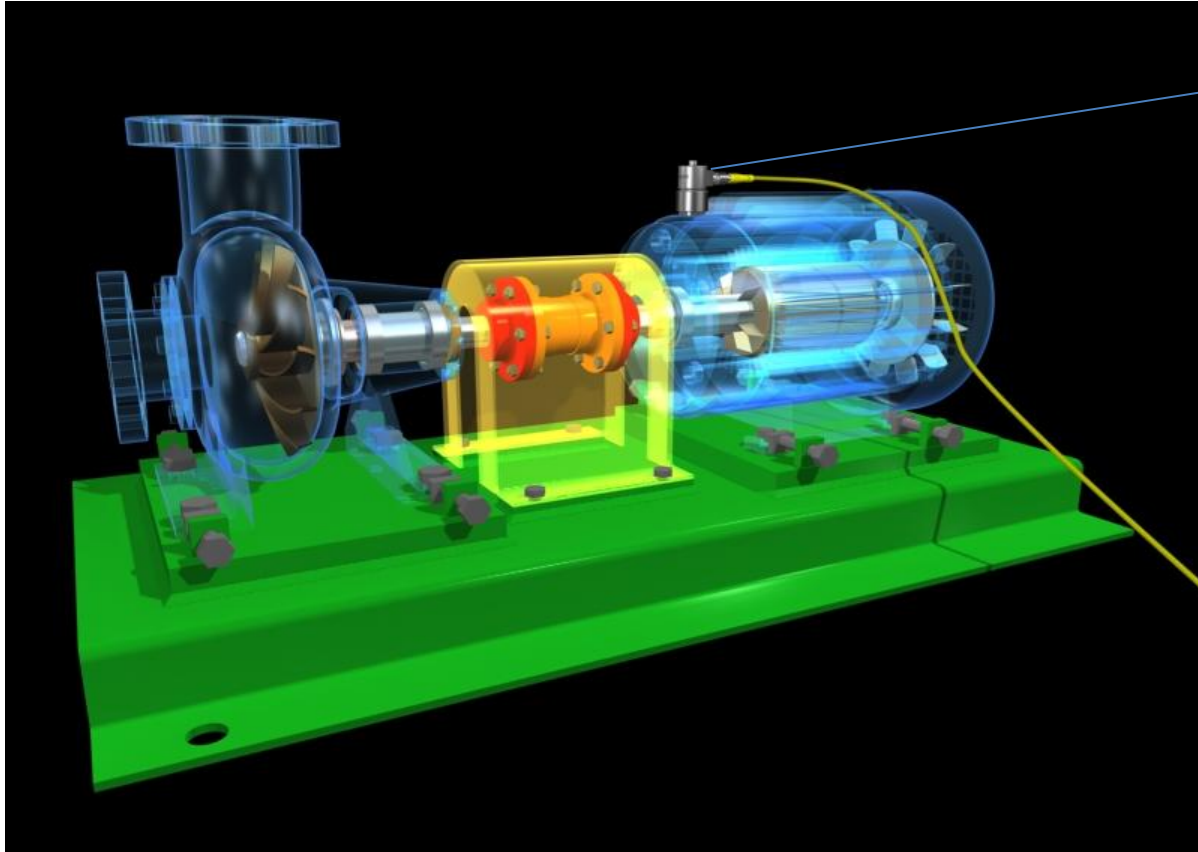
- 베어링 진단에 적외선 열화상을 사용할 수 있습니다.



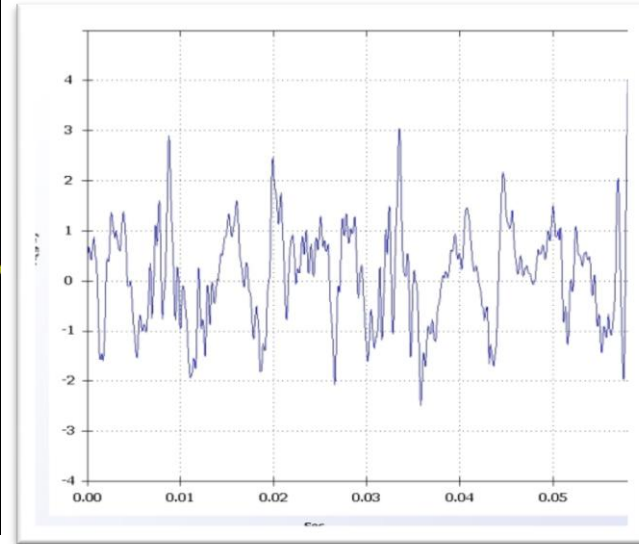
# 진동테스트의 개요

Seminar series

FLUKE®



센서는 베어링  
위치로부터  
진동신호를 수집하고  
그것들을 데이터  
수집장치에 전달한다.

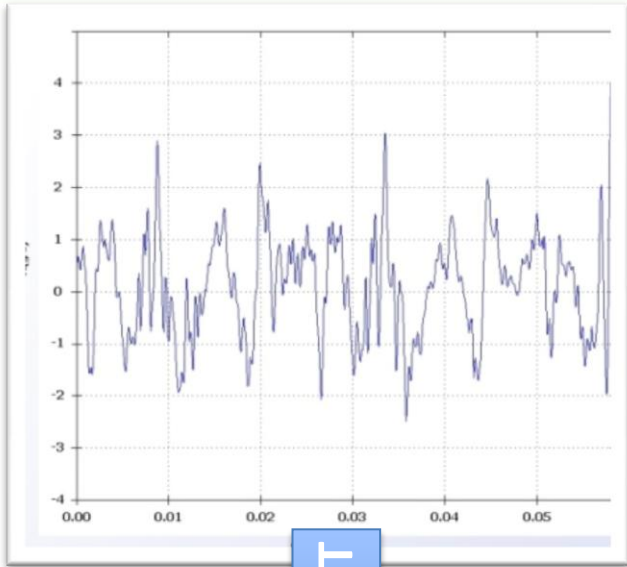


- 모든 회전설비는 특정한 진동신호나 징후를 발생한다.
- 이런 독특한 신호는 시간(x축)에 따른 크기(y축)로 연속해서 수집됩니다. 이를 시간파형이라고 부릅니다.

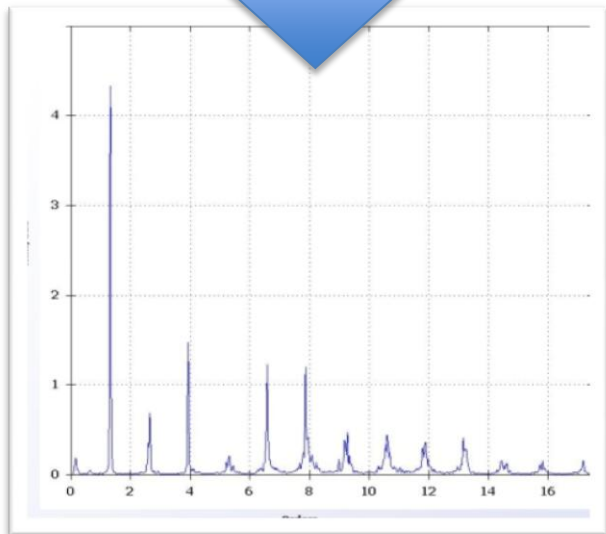
# 해석이 더 쉽도록 진동 데이터 만들기

Seminar series

FLUKE®

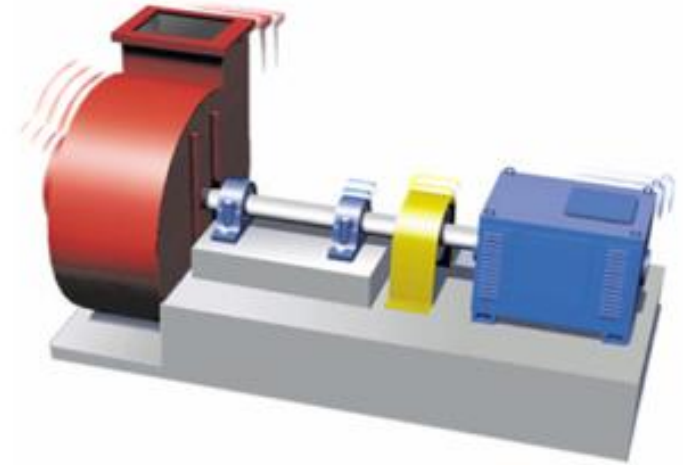


- 파형은 측정된 설비에 대한 정보를 포함합니다.
- 하지만 서로 다른 이벤트의 패턴이 뒤섞여 있습니다.



- 데이터 수집장치에 의한 주파수 분석은 파형을 간단히 합니다.
- 스펙트럼은 주파수에 대한 (x-axis) 신호의 크기(y-axis)를 표현합니다.

- 모든 기계 부품은 독특한 진동 신호를 생산합니다.
- 진동 스펙트럼에 표시된 신호들은 종종 특성 패턴을 형성한다.
- 패턴 인식은 진동분석의 중요한 부분입니다...그러나 패턴인식에는 많은 트레이닝과 경험이 필요합니다.



### 4가지 일반적인 결함:

- 불평형
- 정렬문제
- 헐거움
- 베어링 고장

# 4가지 일반적인 진동원인

Seminar series

FLUKE®

1.

베어링 결함

2.

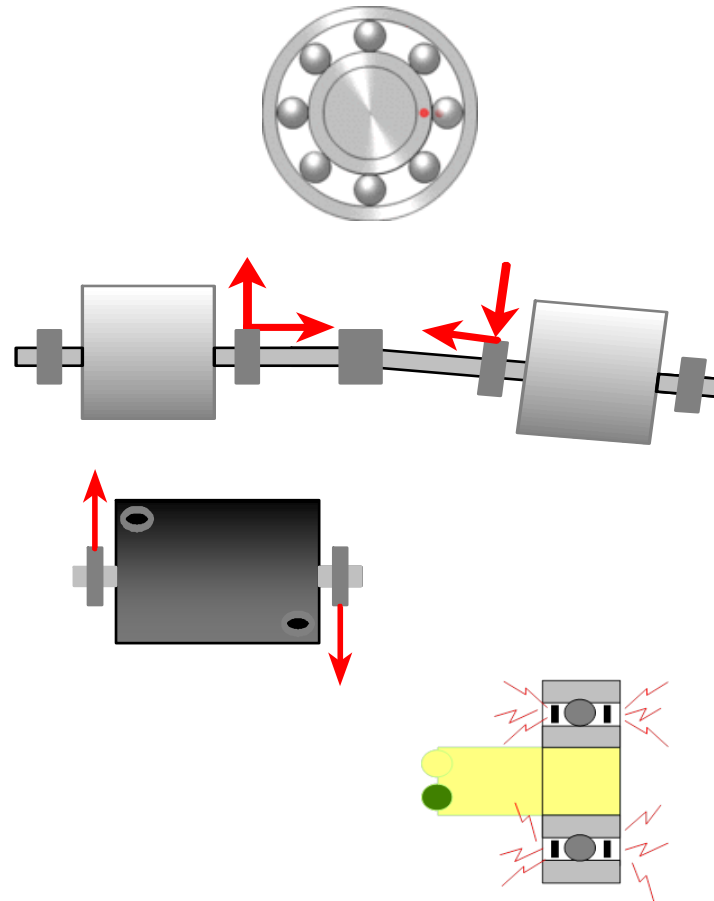
비정렬

3.

불평형

4.

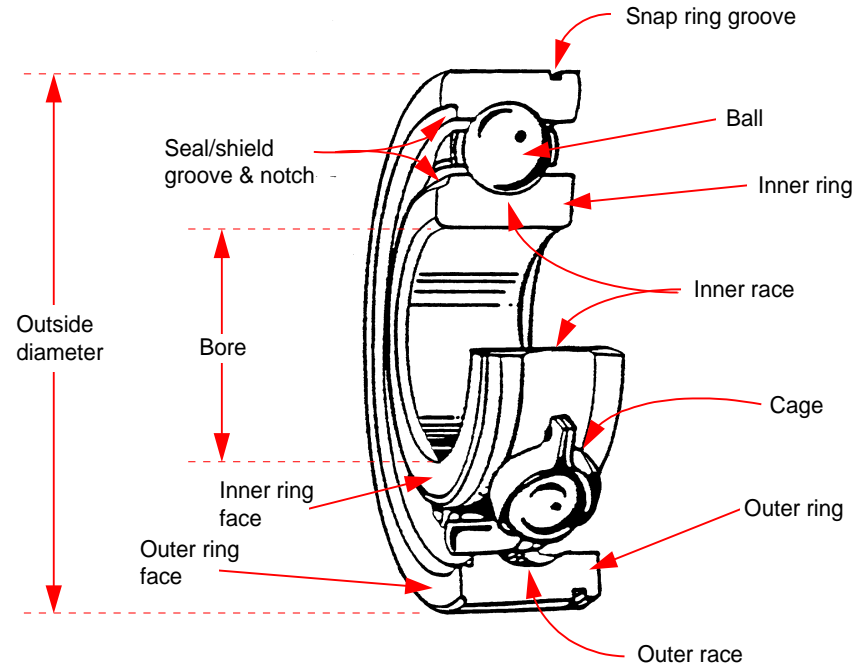
헐거움



- 스케줄이나 가동시간에 기반한 베어링 교체 => 베어링이 너무 일찍 또는 너무 늦게 교체될 수 있습니다.
- 각각 베어링 수명은 시간, 해에 따라 다릅니다.
- 베어링 결함은 기계문제의 약 60%를 차지할 정도로 중요합니다.

베어링 결함은:

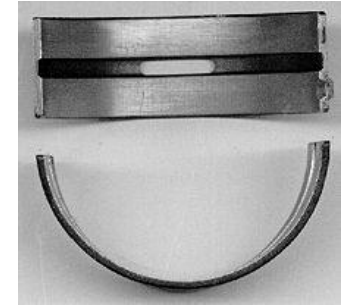
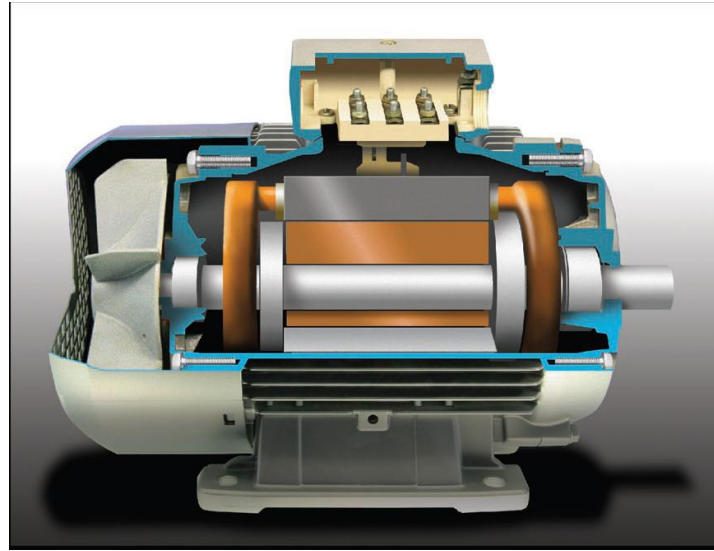
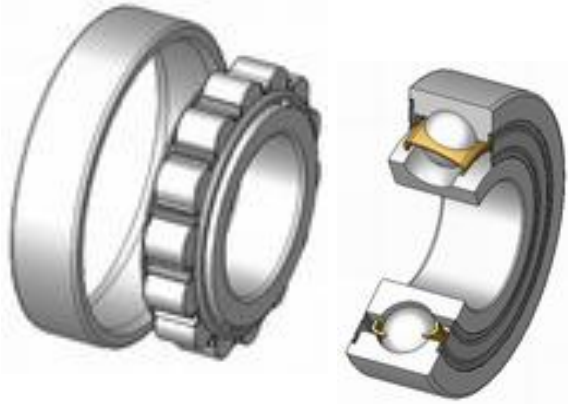
- 불량한 설치
- 불량한 윤활
- 불순물
- 마모/피로
- 그 밖에 결함



# 베어링 형태

Seminar series

FLUKE®



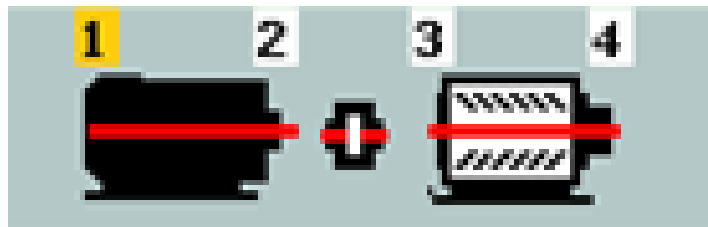
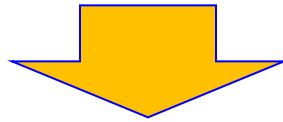
**롤러 베어링:** 회전 베어링은 2판사이의 원형 소자에 의해 부하를 전달합니다.

**저널 베어링:** 가장 작은 형태의 베어링, 베어링 표면이며 원형 소자가 없다. 저널 슬라이드가 베어링 표면을 미끄러진다.

# 설비의 어디를 측정할 것인가?

Seminar series

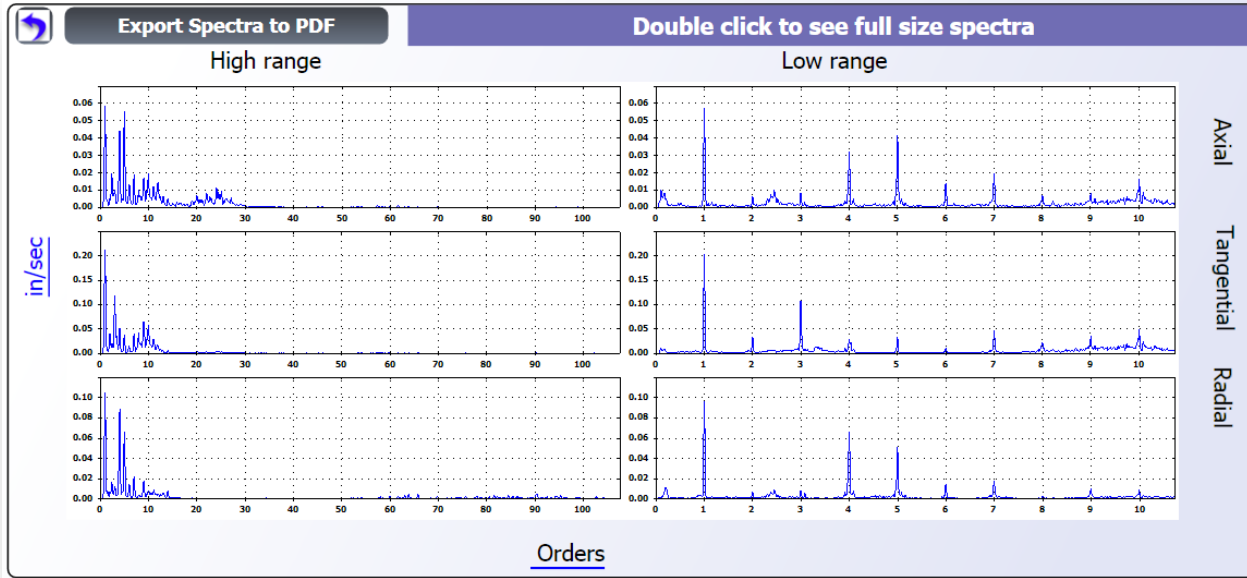
FLUKE®



# 2가지 주파수 범위

Seminar series

FLUKE®

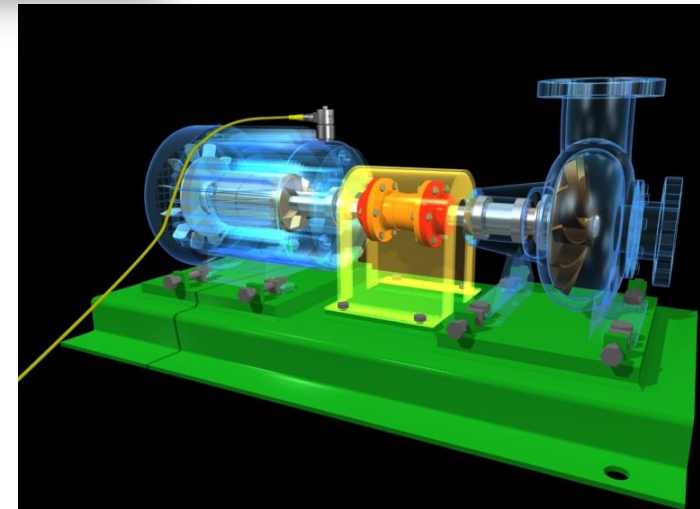


낮은 주파수 데이터

불평형, 정렬문제, 팬블레이드, 펌프임펠러,  
헐거움, 설치

높은 주파수 데이터

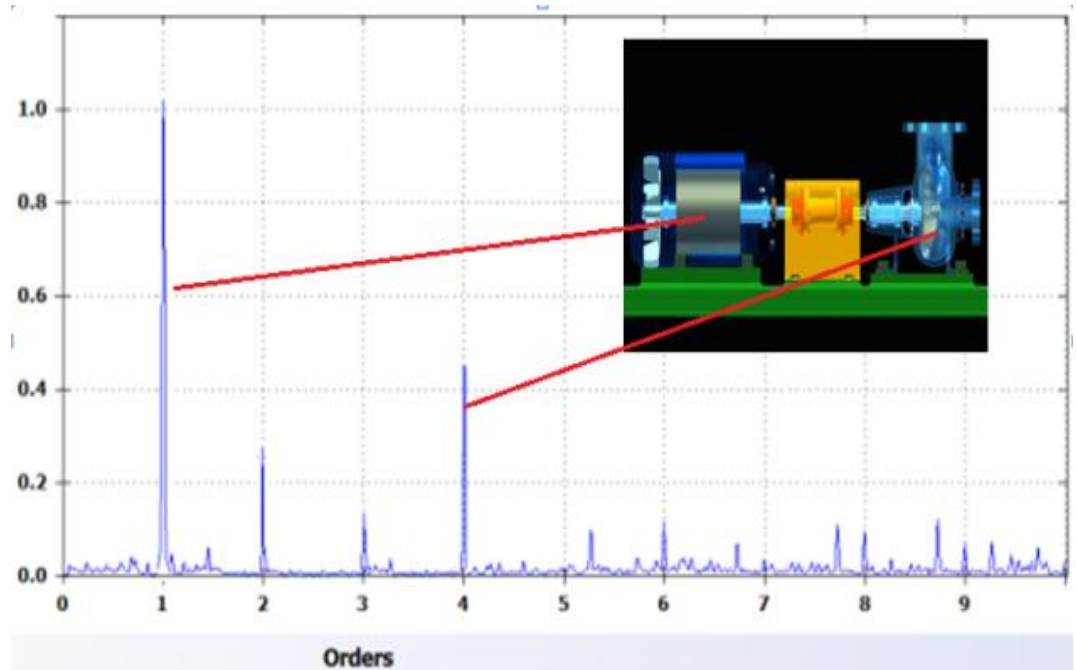
첫 베어링 결함 표시, 모터바, 기어메쉬,  
터빈 밴



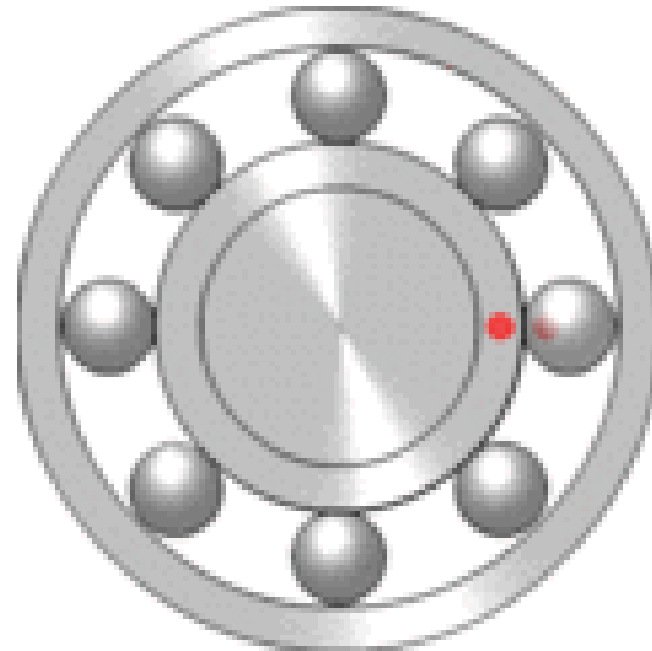
3가지 단계로 단순화 합니다:

1. 설비의 소스원과 관련된 **진동 피크를 확인**
2. 진동법칙에 기반한 데이터에서의 **패턴을 확인**
3. 결함의 심각도를 결정하는 **진동피크의 크기를 측정**

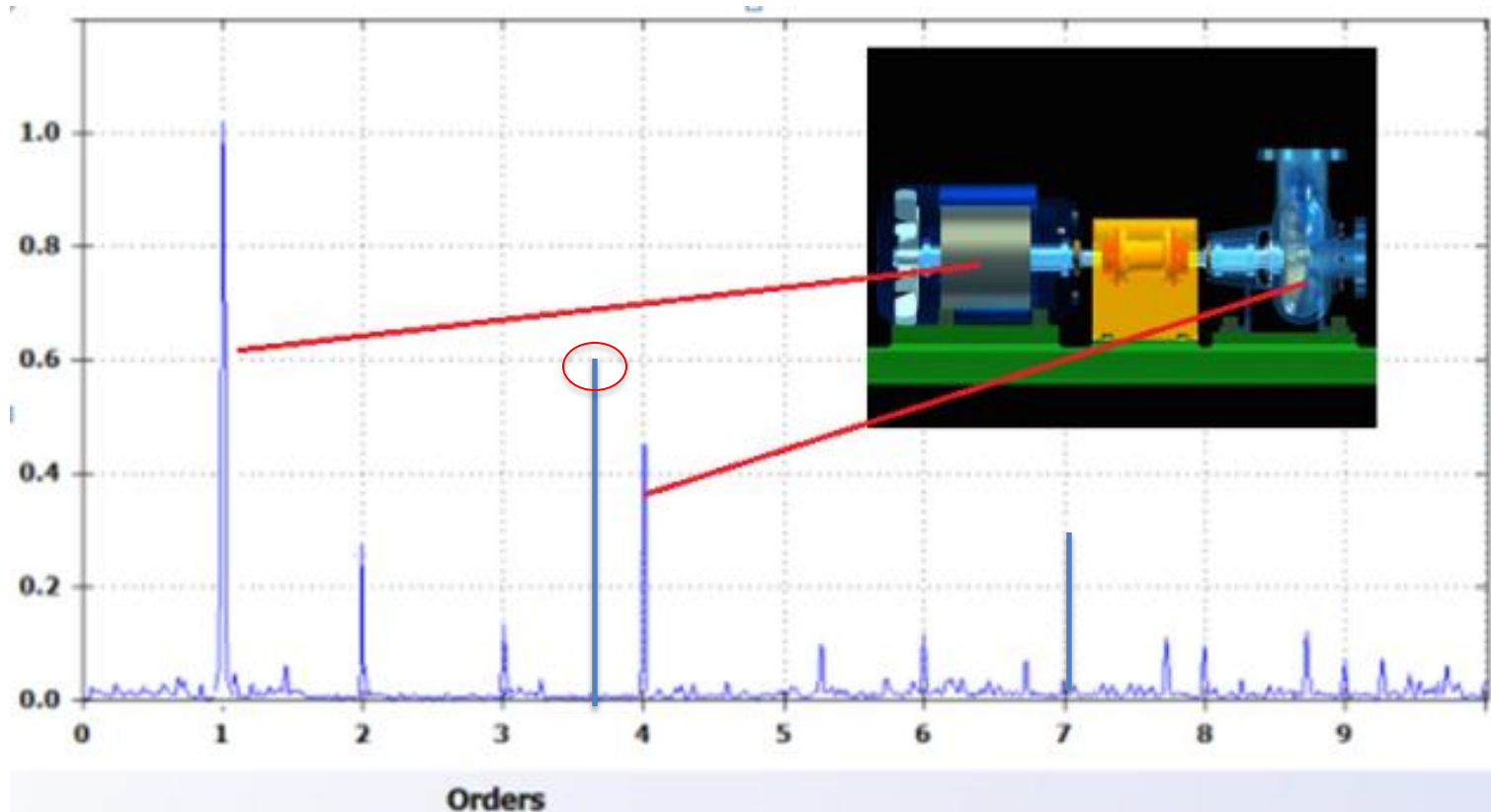
결함과 심각도가 결정되자마자, 수리가 권장되며, 명령이 내려집니다.



- 베어링 주파수는 비동조입니다.
- 볼, 케이지, 레이스의 기하학 구조는 다른 속도를 보입니다. - 샤프트 속도의 배수가 아닌
- 대부분의 경우에, 비동조 피크는 볼 베어링에 의합니다.
- 대부분의 진동 프로그램은 베어링 주파수를 사용합니다:
  1. Inner race
  2. Outer race
  3. Cage
  4. Ball Spin



- 샤프트 속도의 3.56X에서 진동 피크가 있습니다.
- 이 진동은 아마 볼 베어링에서 발생한 것으로 보입니다.



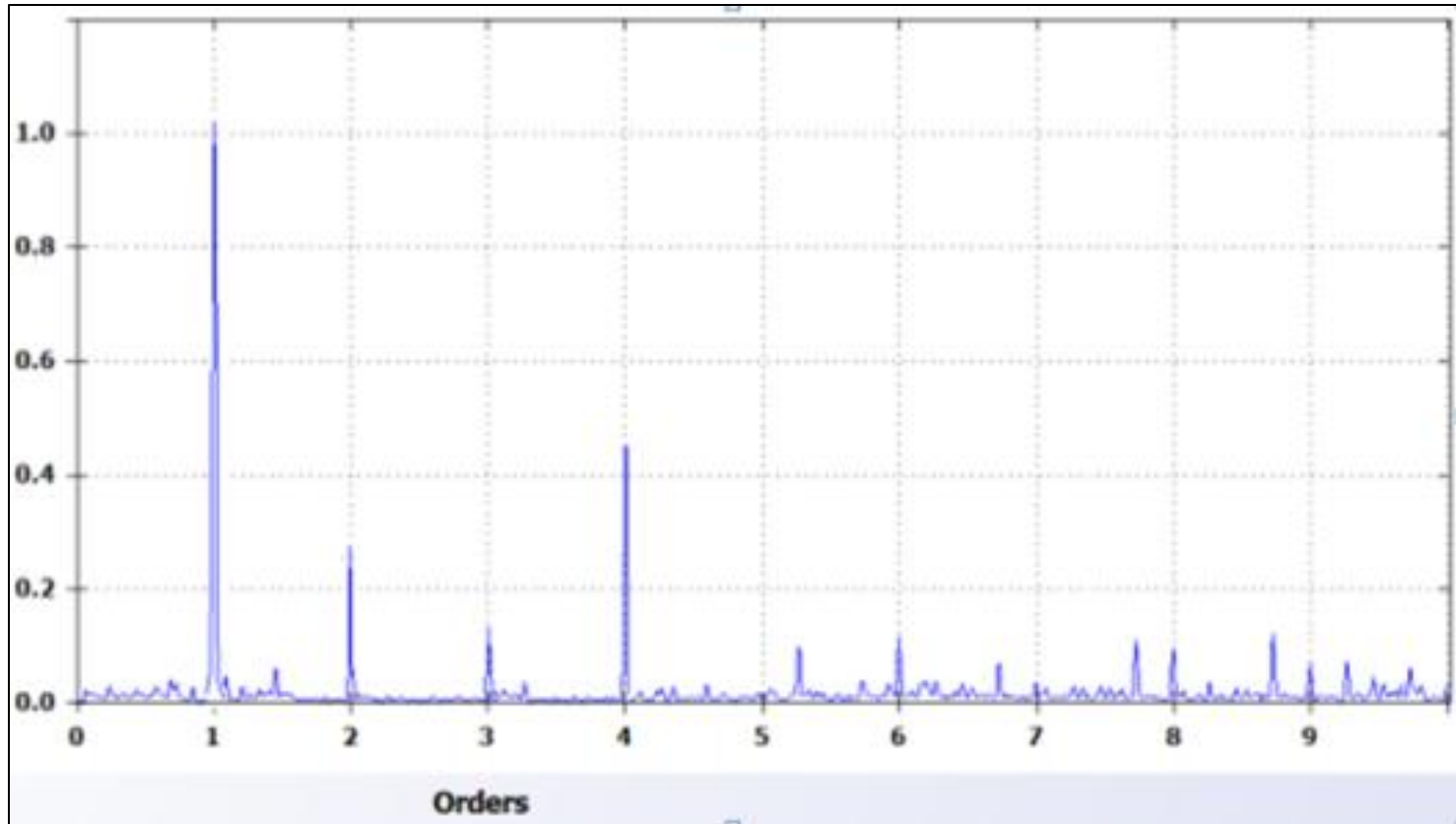
# 베어링 마모의 9단계

Seminar series

FLUKE®

- 이 큰 베어링 마모는 처음에 높은 주파수 대역에서 발견됩니다.
- 낮은 주파수에서는 아무것도 발견되지 않습니다.
- 이 데이터는 괜찮은 듯 보입니다.

## Stage 1



# 베어링 마모의 9단계

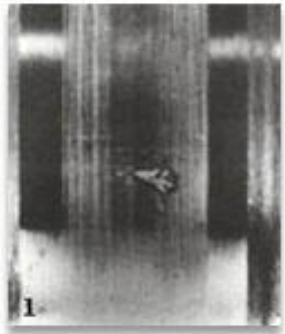
Seminar series

FLUKE®

3.1X에서 피크가 보입니다.

이것은 불평형, 정렬, 헐거움일 수 없으며, 팬블레이드와 펌프 임펠러에 의한 것도 아닙니다.

## Stage 2



Very  
small flaw



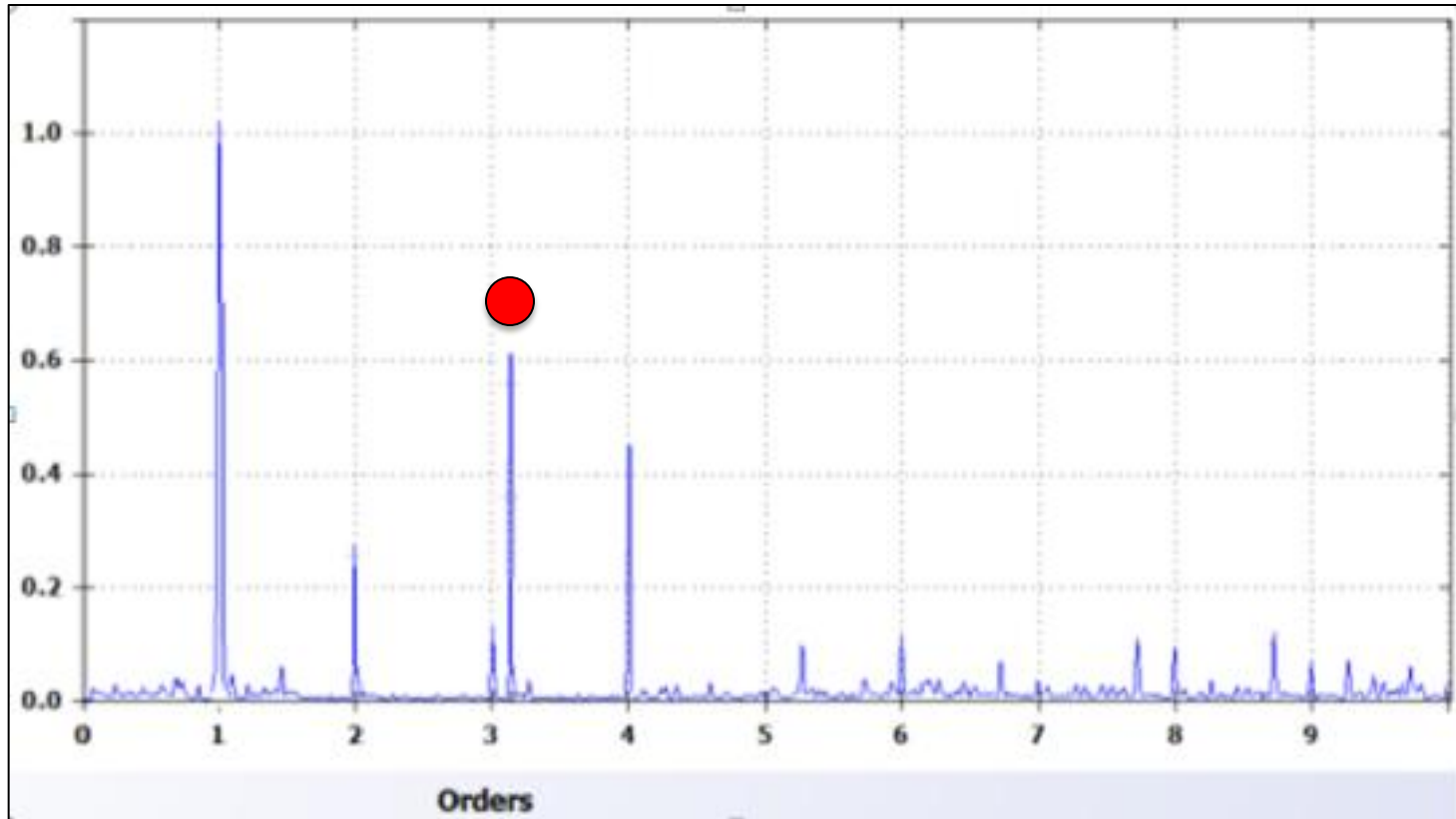
# 베어링 마모의 9단계

Seminar series

FLUKE®

- 다음에 베어링이 안 좋아지는 징조인 3.1X에서의 크기가 커집니다.

## Stage 3



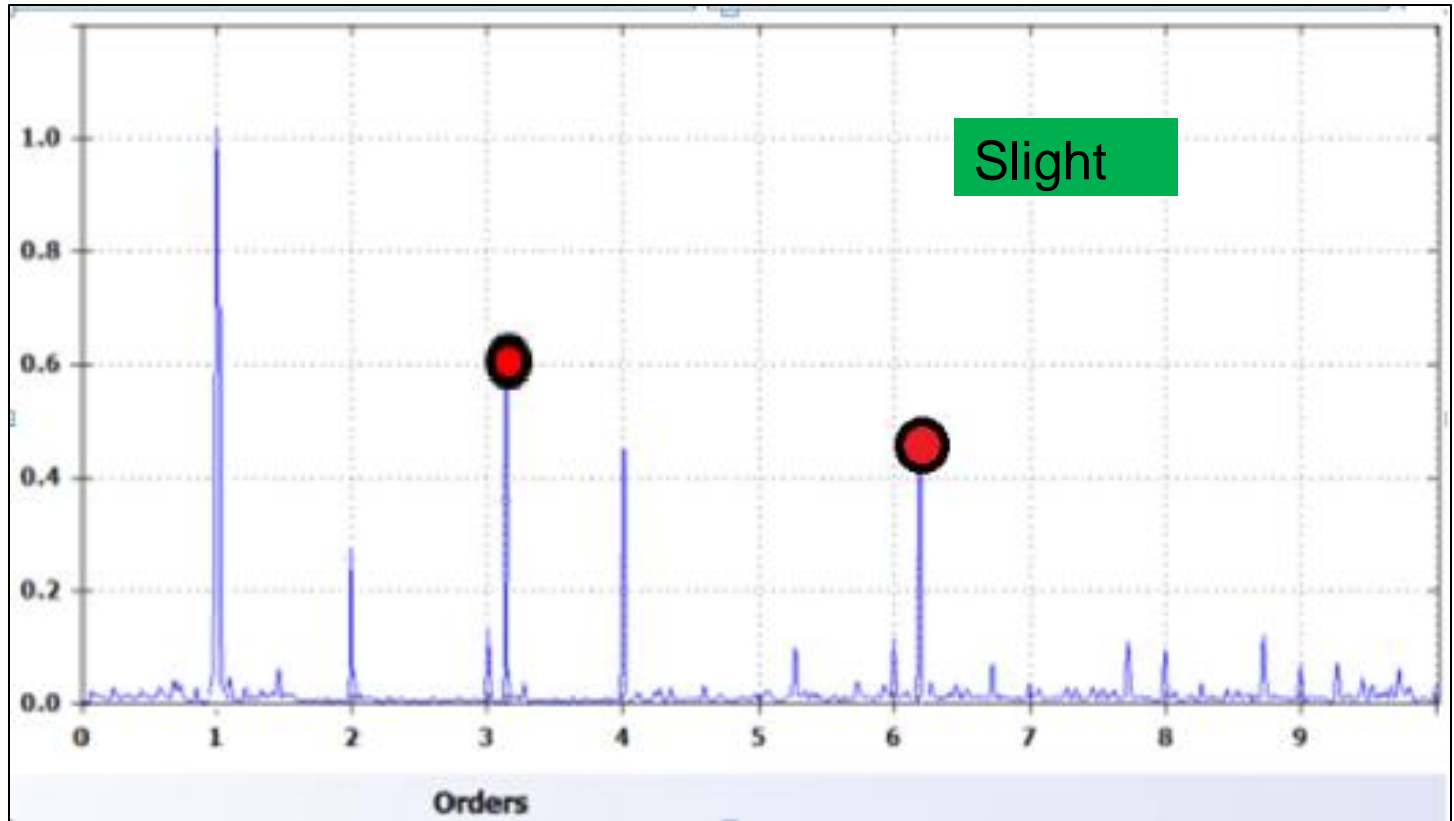
# 베어링 마모의 9단계

Seminar series

FLUKE®

- 3.1의 하모닉이 6.2에서 발견됩니다. 이는 베어링이 더 안좋아졌다는 의미입니다.

## Stage 4



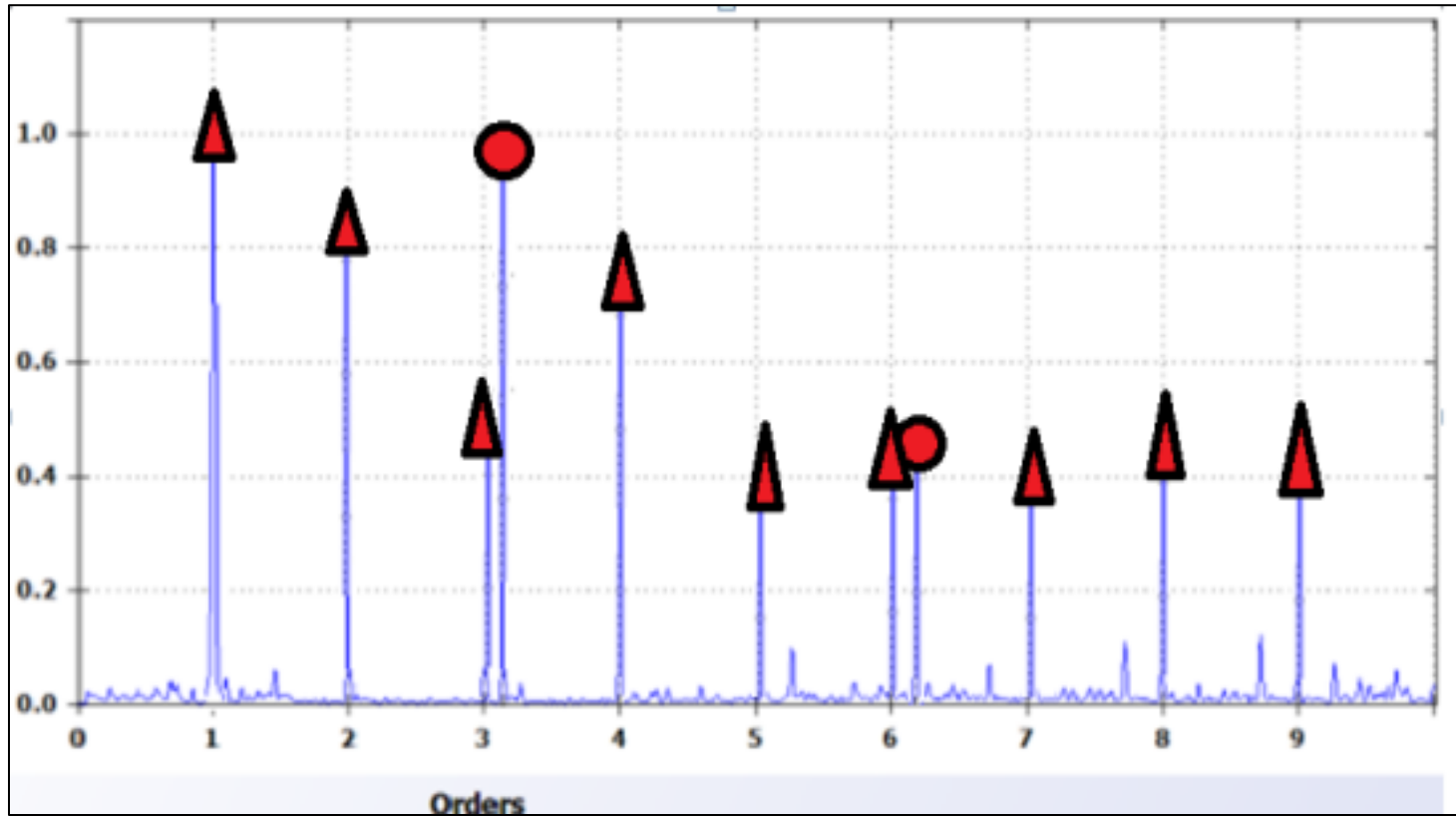
# 베어링 마모의 9단계

Seminar series



- 때때로, 베어링 마모는 증가된 하모닉 피크로 보이는 험거움을 야기할 것입니다.

## Stage 5



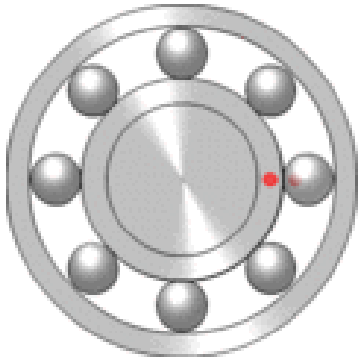
# 베어링 마모의 9단계

Seminar series

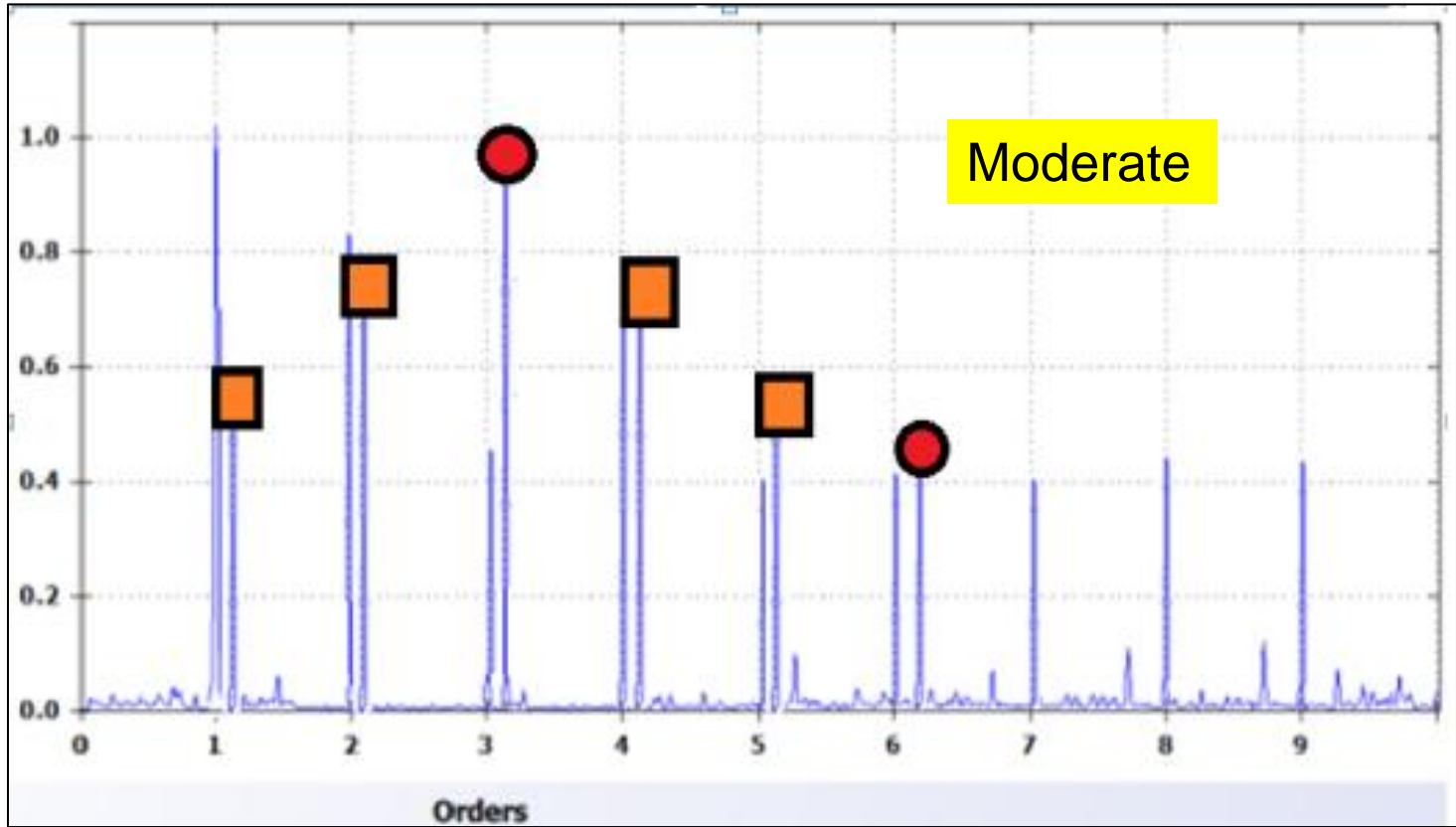


- 베어링 결함이 내부나 외부로 이동할 때, 샤프트의 변조가 1X 사이드밴드로 보여집니다.

## Stage 6



Small flaw



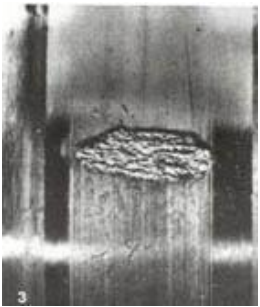
# 베어링 마모의 9단계

Seminar series

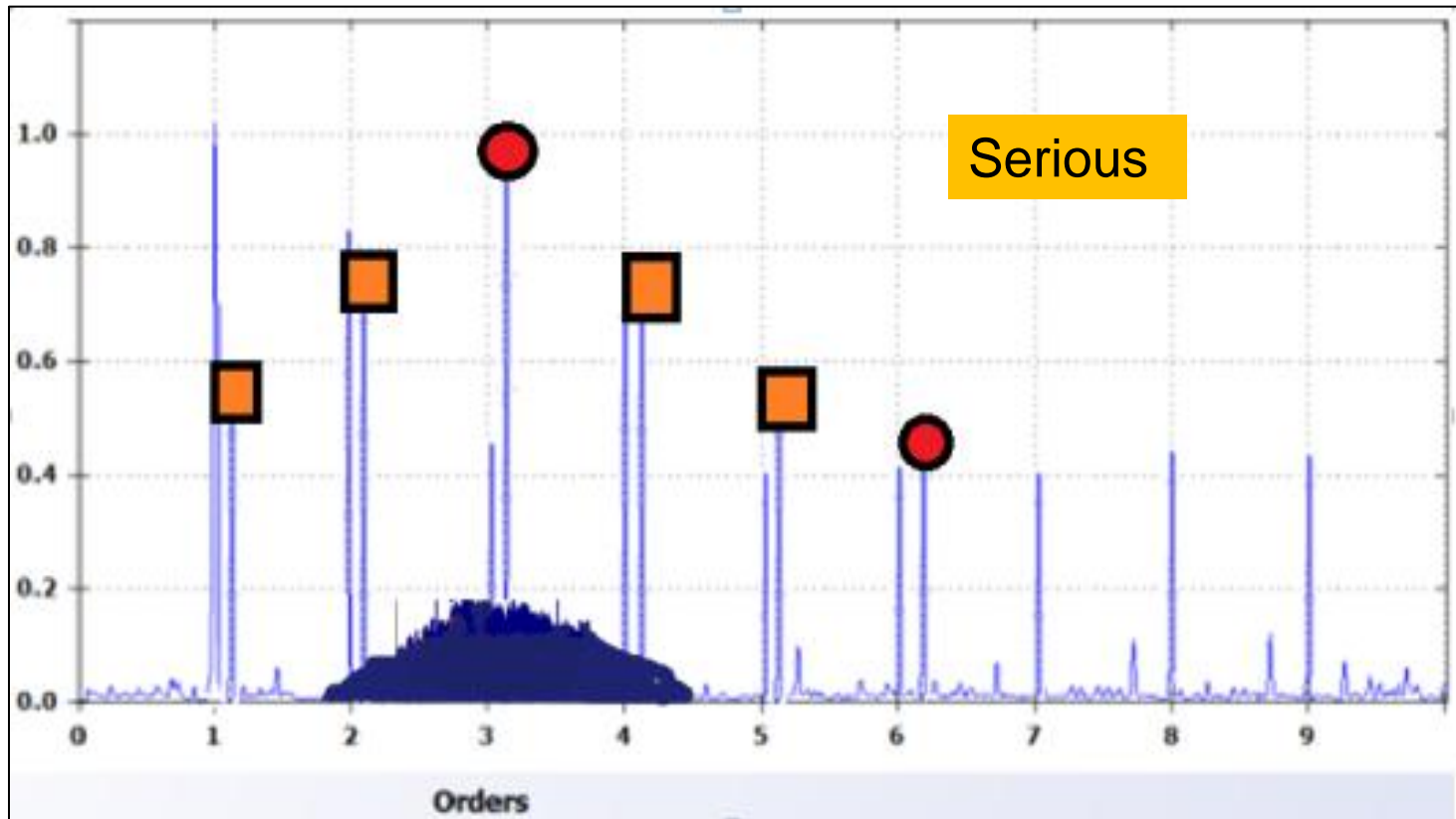
FLUKE®

- 베어링 마모 때문에 더 큰 진동과 충격이 생산됩니다. 이것은 베어링 톤의 베이스 주위에서 헤이스택이 처음 보여집니다.

## Stage 7



Medium flaw



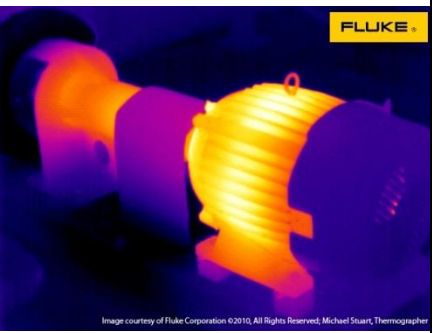
# 베어링 마모의 9단계

Seminar series



- 결과적으로 임의의 진동이 스펙트럼의 노이즈 플로어를 일으킵니다.

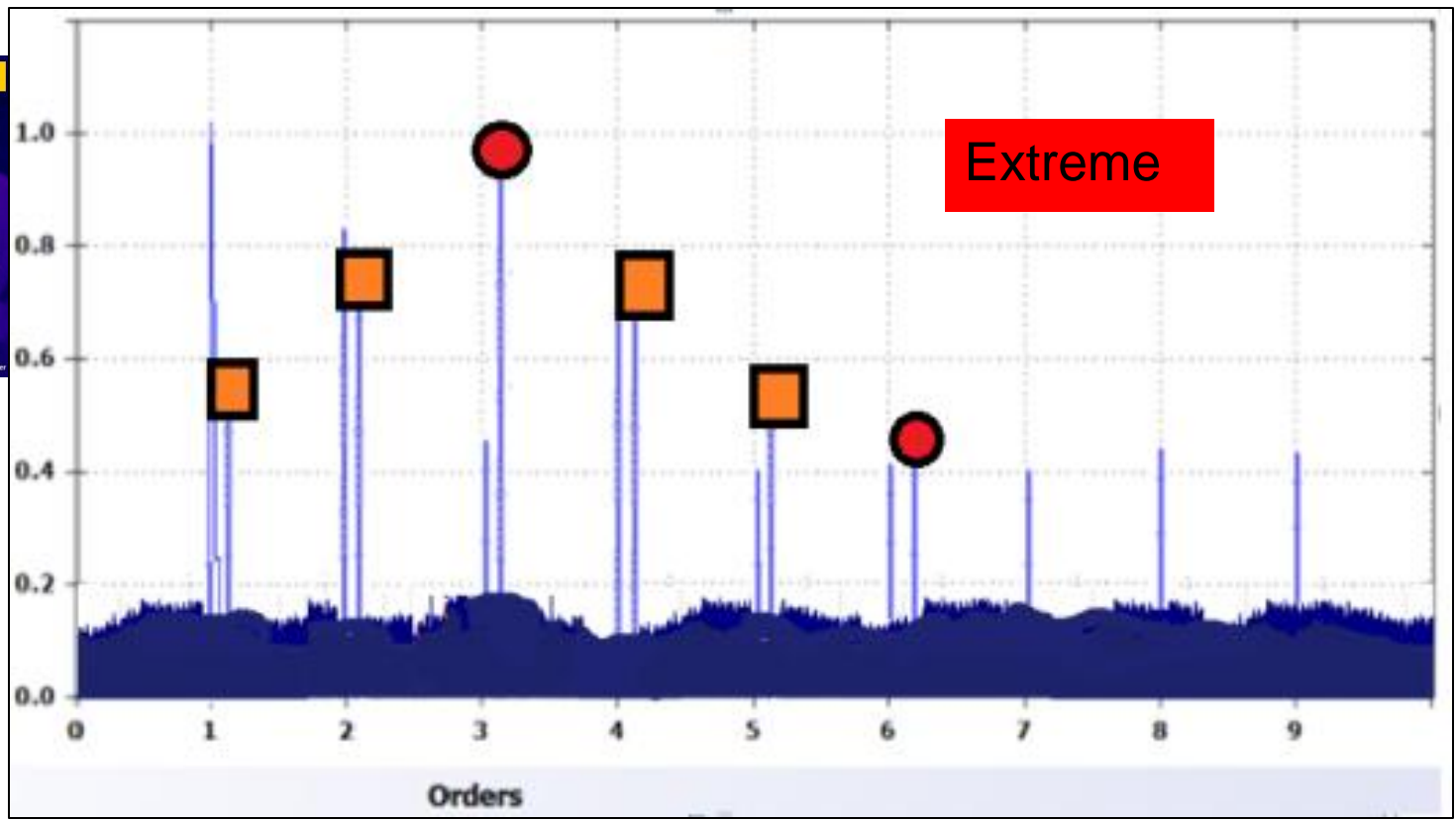
## Stage 8



Friction = heat



Large flaw



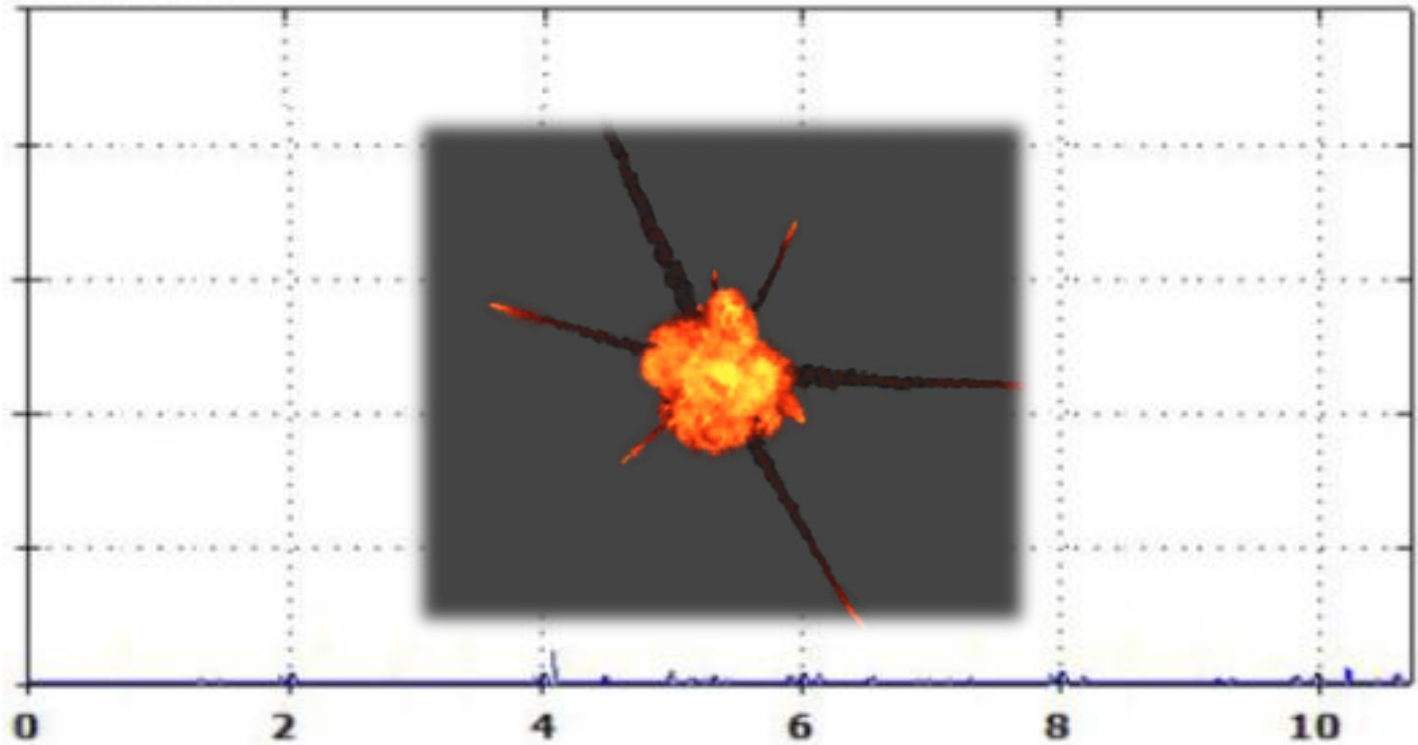
# 베어링 마모의 9단계

Seminar series

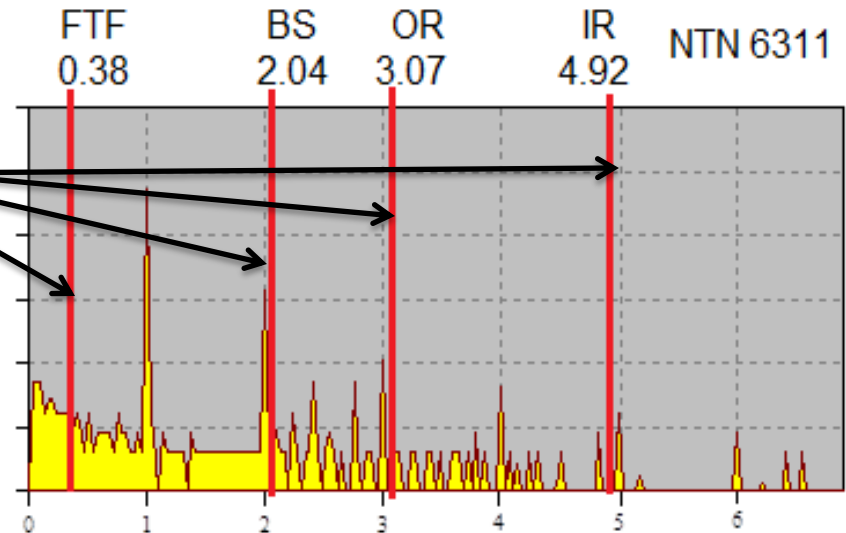
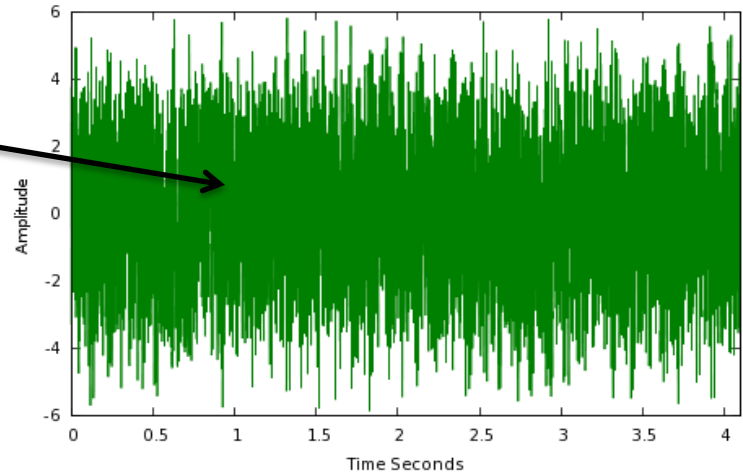
FLUKE®

- 너무 늦었습니다. - 끝!

Stage 9



- 우선 임팩트를 찾기 위해서 복잡한 시간 파형을 바라봅니다.
- 다음엔 수천 개의 베어링 데이터베이스로부터 베어링 주파수를 확인합니다.
- 그리고 나서 주파수 스펙트럼에서 가능한 베어링결함을 구분하기 위해 덮어씁니다.
- 하지만 여러분이 그것이 무엇인지 또는 추적할 수 없다면?

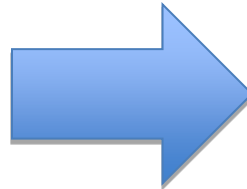
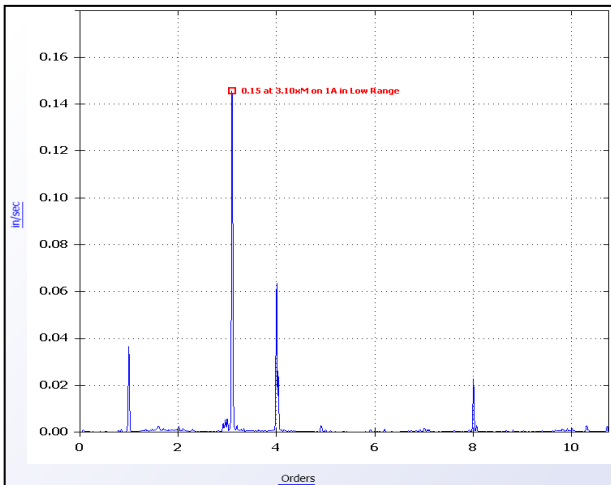
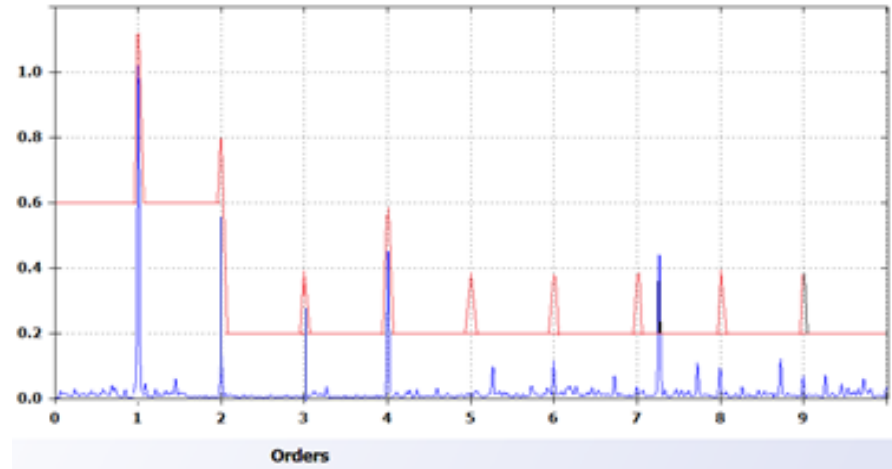


# 새로운 자동 베어링 진단법

Seminar series

FLUKE®

1. 데이터 평준화
2. 종합적인 베이스라인
3. 자동 피크 추출
4. 진단 리포트



AC-3 15/03/2010 05:48 PM

**Diagnosis: Faults**

Extreme: Motor Thrust Bearing Problem ▲

Serious: Motor Free End Bearing Wear

Moderate: Motor Drive End ▼

⚠ 1 of 4

Repair Details | History | Details | Next | Exit

# 진단엔진은 어떻게 작동하는가?

Seminar series

FLUKE®

Good

**1** SETUP

+ Good

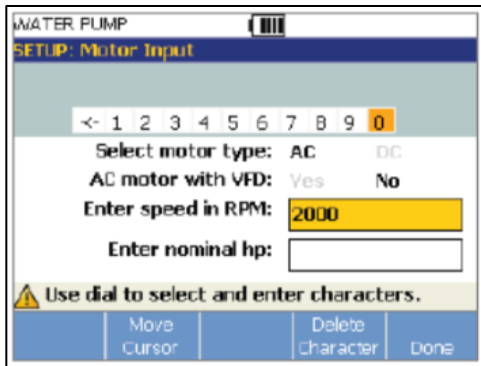
**2** MEASURE

= Good

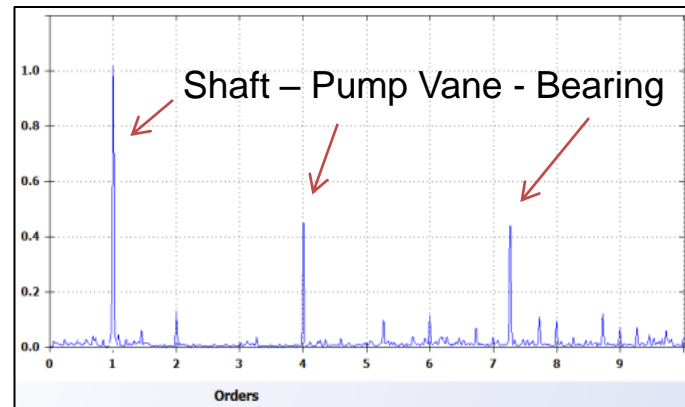
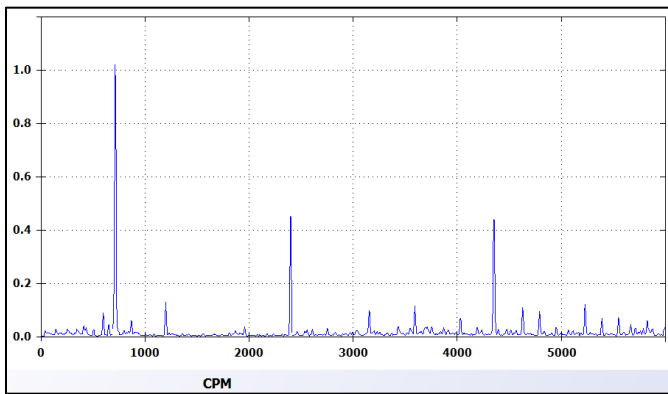
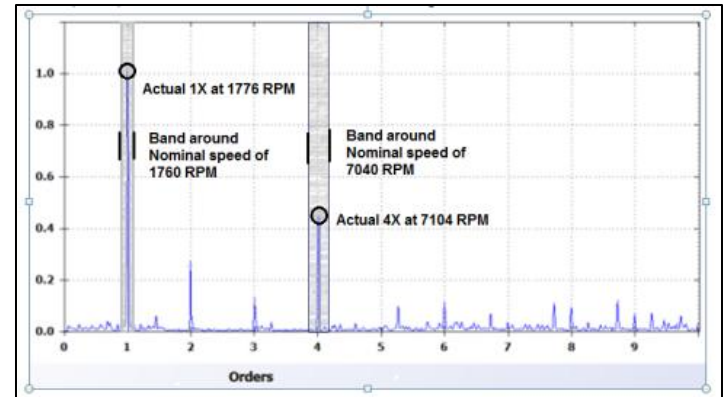
**3** DIAGNOSE

해답 뒤에 있는 기술

**Step 1** – 데이터 평준화: 사용자가 입력한 샤프트 스피드를 입력(명판 or 회전계)



- 평준화 알고리즘은 좁은 윈도우 내의 피크값을 검색
- 공칭 스피드를 설정



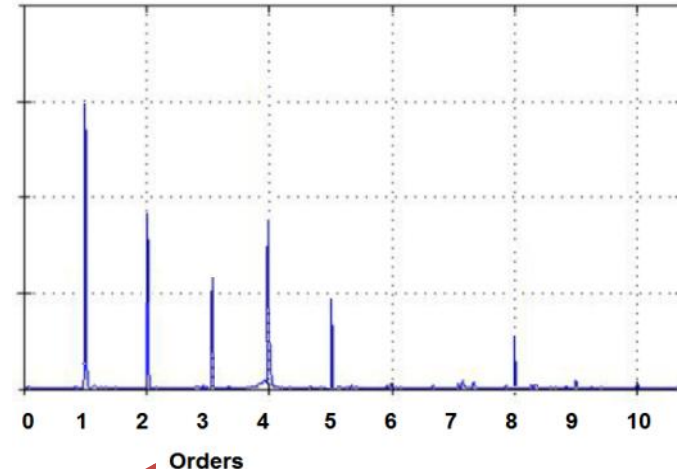
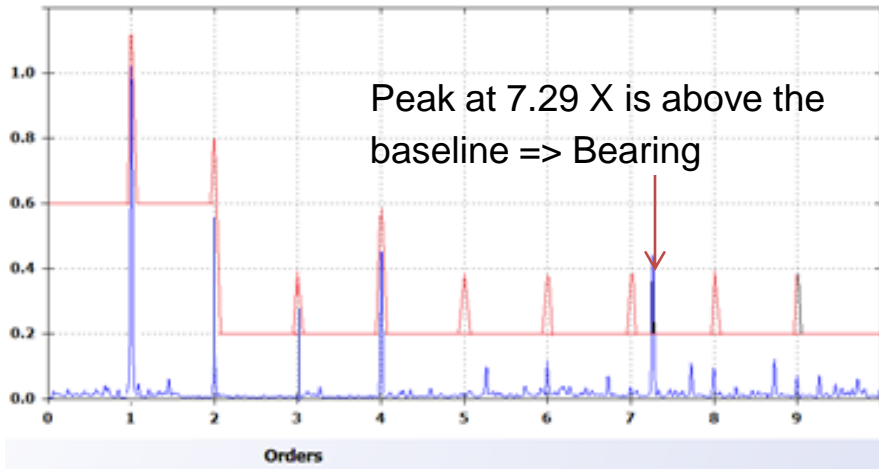
- 데이터를 RPM에서 샤프트 회전수의 배수나 차수로 리스케일
- 설비 내부의 진동소스를 확인

# 진단엔진은 어떻게 작동하는가?

Seminar series

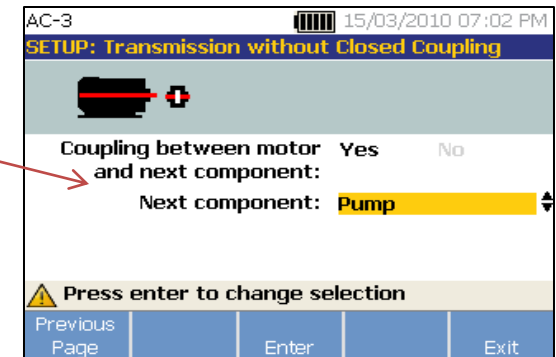
FLUKE®

## Step 2 – 종합적인 베이스라인: 수집된 데이터를 스크린



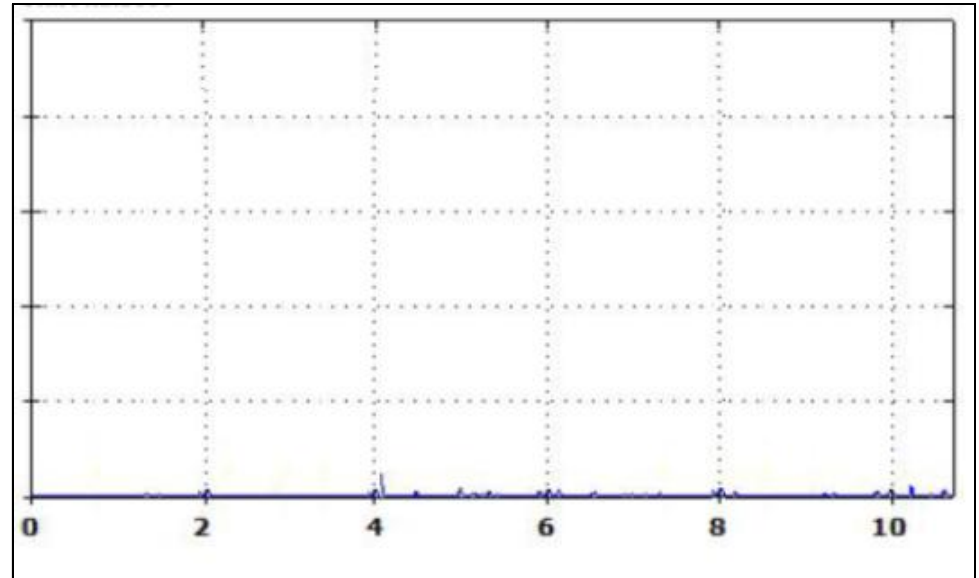
### 양호한 설비를 정의하는 기준 값을 유도

- 40년에 걸쳐 분석된 설비의 기술적인 기술 및 데이터
- 사용자가 선택한 설비유형에 따라 기준 노이즈레벨을 계산
- 샤프트 속도와 다른 구성요소로부터 다른 피크값을 분석
- 초과값은 다음 진단에 사용됨



## Step 3 – 설비고장을 결정하기 위한 패턴 인식

- 4700개가 넘는 설비 고장
- 회전 기계에서 보여지는 패턴분석에 근거
- 가장 흔한 결함은 불평형, 정렬문제, 헐거움, 볼베어링 문제이다.
- Example:  
**9단계의 볼베어링 마모**

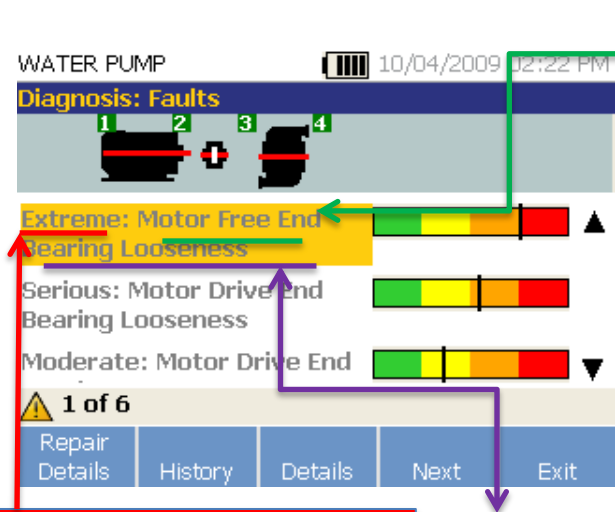


# 진단엔진은 어떻게 작동하는가?

Seminar series



## Step 4 – 고장 / 심각도 / 위치 / 권고내역으로 진단



어디가 문제인가?

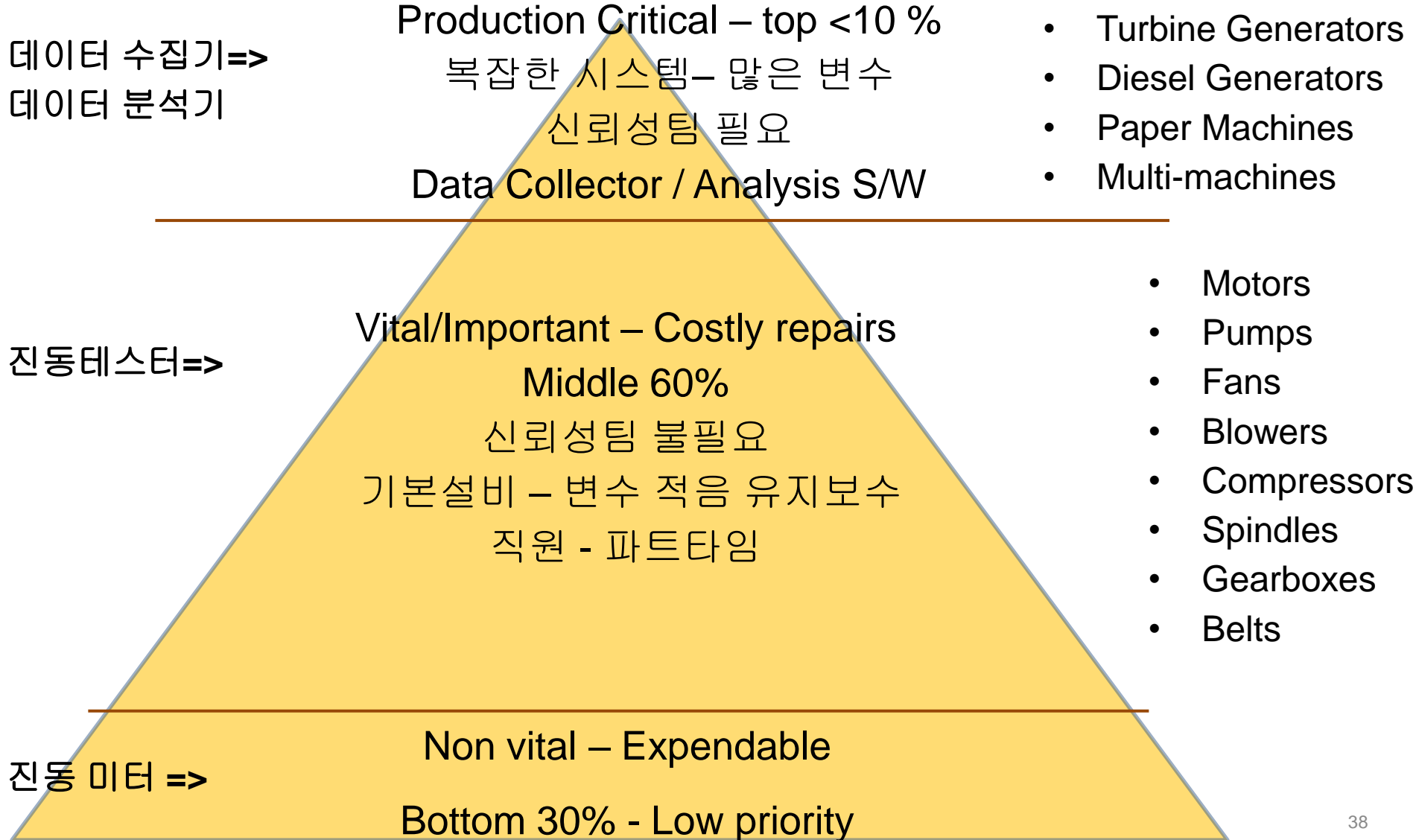
- Motors (AC/DC, ¼ HP+)
- Fans and Blowers
- Belts and Chain Drives
- Gearboxes and Couplings
- Pumps (Centrifugal, Piston, Sliding Vane, Propeller, Screw, Rotary Thread/Gear/Lobe )
- Compressors (Piston, Centrifugal, Screw)
- Closed Coupled Machines and Spindles

문제가 얼마 심각한가?

무슨 문제인가?

Bearing Wear	Imbalance	200 Different Fault Calls
Misalignment	Looseness	

<b>Slight</b>	No repair action is recommended. Retest the machine and monitor the condition after maintenance.
<b>Moderate</b>	(Months, even up to a year) – No immediate repair action is required. Increase the frequency of measurements and monitor the condition of the machine.
<b>Serious</b>	(Weeks) – Take maintenance action during the next planned downtime or maintenance period.
<b>Extreme</b>	(Days) – Immediate action is required. Consider shutting down the equipment and taking repair action now to avoid failure.



# 트렌드와 보고서의 차이점

Seminar series

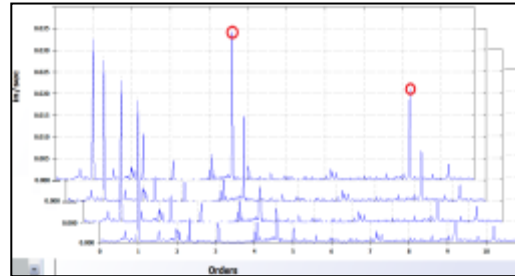
FLUKE®

데이터 수집기 =>  
데이터 분석기

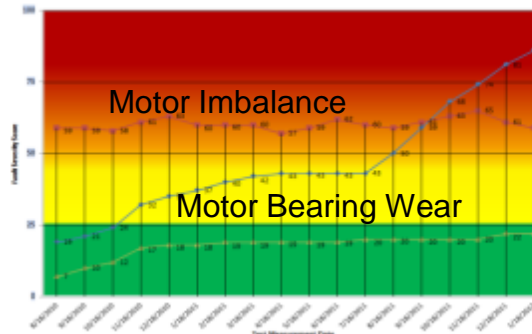
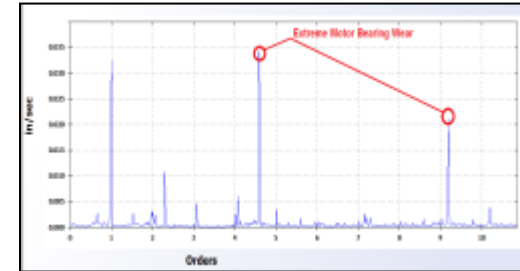
진동 테스터 =>

진동미터 =>

## Trending



## Report



Sample trend plot using the Fluke 805 trending template.

Vibration Severity Per ISO 10816-1						
Vibration Velocity Vrms	Machine		Class I	Class II	Class II	Class III
	In/s	mm/s	Small Machines	Medium Machines	Large Rigid Foundation	Large Soft Foundation
0.01	0.25					
0.02	0.45					
0.03	0.71			GOOD		
0.04	1.12					
0.07	1.80					
0.11	2.80			SATISFACTORY		
0.16	4.00					
0.25	7.10			UNSATISFACTORY		
0.44	11.20					
0.70	18.00					
1.10	28.00			UNACCEPTABLE		
1.77	45.90					

### 간단한 진동테스트: 전체진동/베어링상태

- 진동 스크리닝 장비는 설비상태의 빠른 피드백을 제공합니다.
- 스펙트럼을 이용한 깊은 진동 측정 대신 문제가 있는지를 이해하기 위해 하나의 숫자로 전체진동을 표현합니다.
- 설비 진동이나 노이즈가 높으면, 이 값이 증가할 것입니다.
- 미리 설정된 알람크기, **ISO기준(ISO 10816)**과 비교, 장시간에 걸친 추이를 확인하여 설비의 가동 여부를 빠르게 결정하기 위해 진동 스크리닝 장비를 사용합니다.

Vibration Severity Per ISO 10816-1

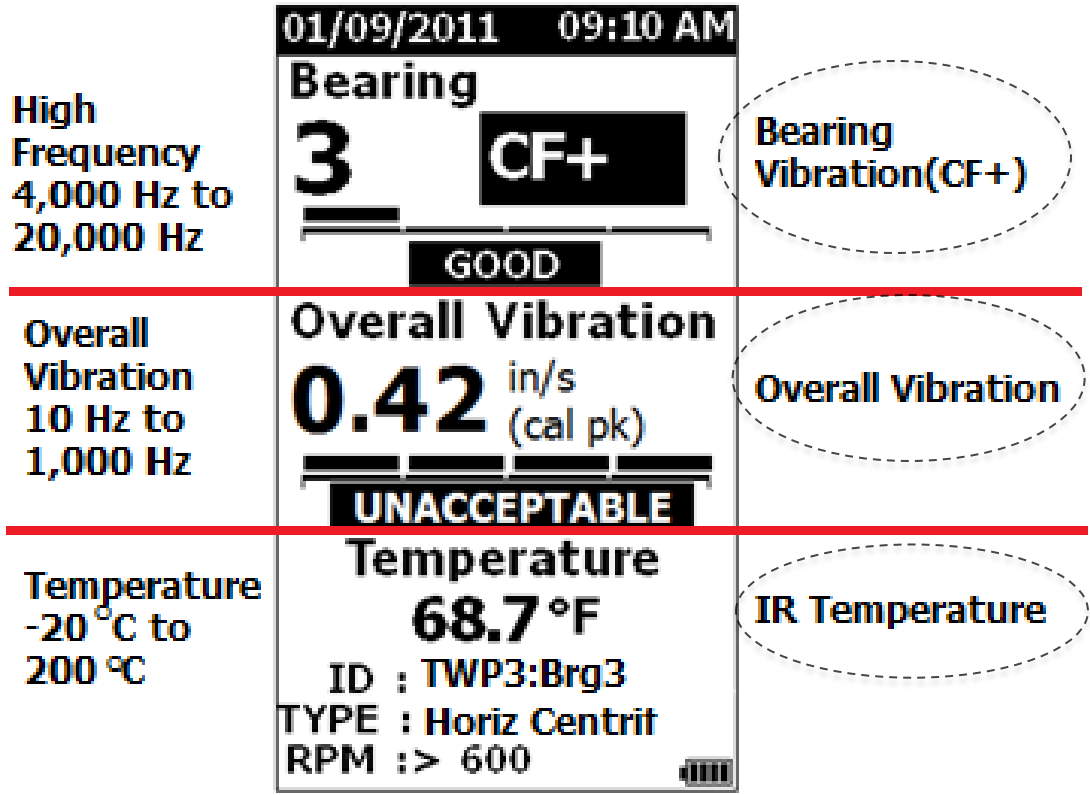
Machine	Class I Small Machines		Class II Medium Machines		Class II Large Rigid Foundation		Class III Large Soft Foundation		
	In/s	mm/s							
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28							
	0.02	0.45							
	0.03	0.71			GOOD				
	0.04	1.12							
	0.07	1.80							
	0.11	2.80		SATISFACTORY					
	0.18	4.50							
	0.28	7.10		UNSATISFACTORY					
	0.44	11.20							
	0.70	18.00							
	1.10	28.00		UNACCEPTABLE					
	1.77	45.90							





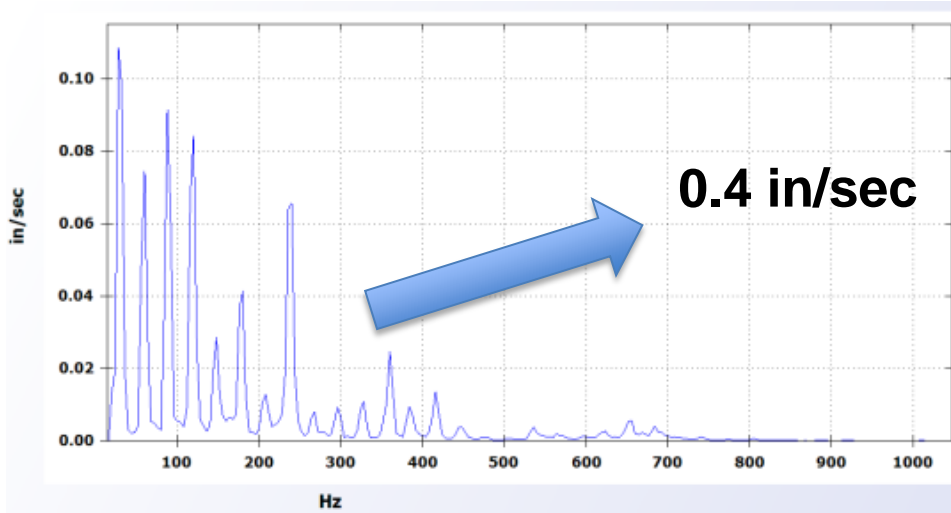
## 최전선의 기계유지보수 팀이 필요합니다:

- 현재 상황에 맞는 빠른 스크리닝 장비
- 회전설비의 가동 여/부를 결정할 수 있는 신뢰성 있고 재현성있는 측정
- 비정상적인 값이 발견될 때 신뢰성팀에 전달할 수 있는 장시간에 걸친 측정값 기록기능
- 수리여부와 수리설비를 결정하기 위한 전체설비와 베어링상태의 빠른 이해

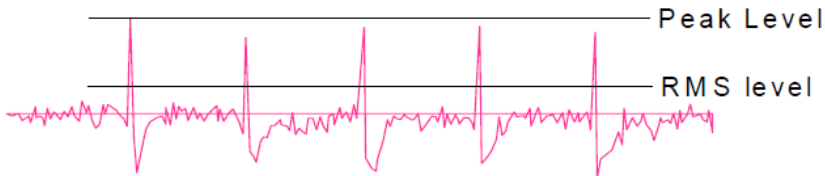


805 진동계는 Fluke의 다기능 진동계입니다.

- 베어링상태, 전체진동, 온도를 정량화할 수 있는 값으로 제공합니다.
- 심각도 스케일에 따라 심각도를 평가합니다.
- 추세파악을 위해 데이터를 PC로 업로드할 수 있습니다.



$$\text{Crest Factor} = \frac{\text{Peak}}{\text{RMS}}$$



### Severity Scale



No repair action is recommended.



No immediate repair action is required. Increase the frequency of measurements and monitor the condition of the machine.



Have a knowledgeable vibration technician conduct more advanced testing at the earliest opportunity. Consider taking maintenance action during the next planned downtime or maintenance period.



Have a knowledgeable vibration technician conduct more advanced testing as soon as possible. Consider immediate shutdown of the machine to make repairs and prevent failure.

## **Chiller (refrigeration)**

- Reciprocating • Centrifugal

## **Fans**

- Belt-driven • Direct drive
- Vacuum blowers • Shaft-mounted integral
- Large forced and induced draft fans
- Axial flow fans (belt or direct drive)

## **Cooling tower drives**

- Long, hollow drive shaft • Belt drive
- Direct drive

## **Centrifugal Pumps**

- Vertical pumps • Horizontal pumps
- Boiler feed pumps

## **Positive Displacement Pumps**

- Piston pumps • Gear pumps

## **Air compressors**

- Reciprocating • Rotary screw • Centrifugal

## **Blowers**

- Lobe-type rotary blowers
- Multi-stage centrifugal blowers

## **Generic gearboxes**

- Single stage gearbox

## **Machine tools**

- Spindles



# 진동계를 이용한 추세파악의 효과

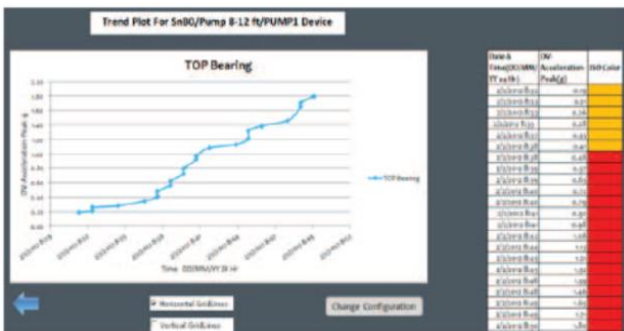
Seminar series

FLUKE®

## Export Data



- 전체진동, CF+, 적외선온도 값들을 엑셀 서식으로 추출
- 전체진동이나 베어링상태 값을 단일 값으로 확인하는 것은 유용하지 않을 지도 모릅니다.
- 어떤 값이 정상이고 무엇이 문제인가?
- 이 한계를 극복하기 위해, 805 사용자는 심각도 척도와 추세기능을 사용합니다.



Sample trend plot using the Fluke 805 trending template.

# 진동계를 이용한 추세파악의 효과

Seminar series



- 데이터를 수집 후, 미리 설정된 엑셀 그래프로 추세파악하고 ISO기준과 비교합니다.(10816-1, -3, -7)
- 비정상적인 점이 발견되면 추세차트를 사용하여 확인할 수 있습니다.
- 사용자는 바뀌는 베어링 상태 값과 악화되는 설비상태를 분명한 그림으로 확인할 수 있습니다.



Sample trend plot using the Fluke 805 trending template.

## Vibration Severity Per ISO 10816-1

Machine		Class I Small Machines	Class II Medium Machines	Class II Large Rigid Foundation	Class III Large Soft Foundation
In/s	mm/s				
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71	GOOD		
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80	SATISFACTORY		
	0.18	4.50			
	0.28	7.10	UNSATISFACTORY		
	0.44	11.20			
	0.70	18.00			
	1.10	28.00	UNACCEPTABLE		
	1.77	45.90			

## Fluke-805, 진동미터

- 유지보수 팀은 문제가 더 크기 전에 문제부위를 찾아서 문제를 해결할 필요가 있습니다.
- 가장 좋은 방법은 매일 체크하고 장기간에 걸쳐 추이를 확인하는 것입니다.
- 이제 여러분은 베어링 상태를 변화시키고 설비의 상태를 악화시키는 분명한 그림을 가집니다.
- 설비가 괜찮나요? 더 상위 측정기가 필요한가요?



Vibration Severity Per ISO 10816-1

Machine	Class I Small Machines		Class II Medium Machines	Class II Large Rigid Foundation	Class III Large Soft Foundation
	In/s	mm/s			
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71	GOOD		
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80	SATISFACTORY		
	0.18	4.50			
	0.28	7.10	UNSATISFACTORY		
	0.44	11.20			
	0.70	18.00			
	1.10	28.00	UNACCEPTABLE		
	1.77	45.90			

## Fluke-810 진동테스터

- 설비 상태에 대한 해답을 얻기위해 아주 많은 설정, 트렌딩, 분석, 현장 전문가가 필요하지 않다
- 설비 상태를 진단하기 위해서 월별 또는 분기별로 측정
- 구체적인 설비고장, 심각도, 수리내역을 확인
- 설비 고장의 심각도 트렌드를 확인 - 설비를 중지하고 모터 베어링을 교체할 시기가 도래



WATER PUMP 10/04/2009 02:22 PM

**Diagnosis: Faults**

**Extreme: Motor Free End Bearing Looseness** ▲

**Serious: Motor Drive End Bearing Looseness**

**Moderate: Motor Drive End** ▼

⚠ **1 of 6**

Repair Details	History	Details	Next	Exit
----------------	---------	---------	------	------

## Fluke 810 Vibration Tester



## Fluke 805 Vibration Meter



자세한 정보는 [www.fluke.co.kr/](http://www.fluke.co.kr/) 에서 확인할 수 있습니다.