

회전 설비 이상 패턴 분석

시험 유형

시험 유형

객관식 문제, 주관식 문제

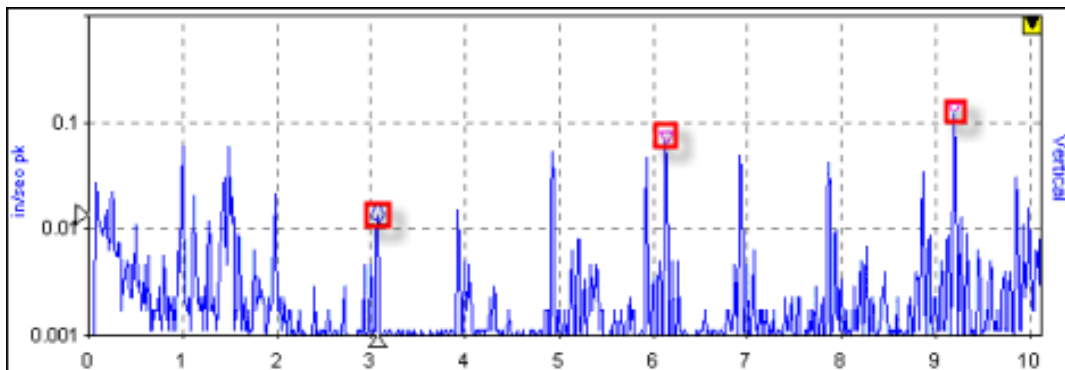
Subjective questions,
multiple choice questions

시험 유형

스펙트럼에서 강조 표시한 피크에 대한 가장 있을 법한 원인은 무엇인가 ?
(이것은 로그 스펙트럼이다. 그래프는 1X RPM으로 차수화 하였다. 진폭 단위는 무시한다.)

What is the most likely cause for the peaks highlighted in this spectrum?
(This is a logarithmic spectrum. The graph is order normalized to 1X RPM. Ignore the amplitude units.)

- A 회전 헐거움(Rotating looseness).
- B 외부 진동(External vibration).
- C 모터 열적 회전자 뒹(Motor thermal rotor bow).
- D 구름 요소 베어링 결함(Rolling element bearing fault).

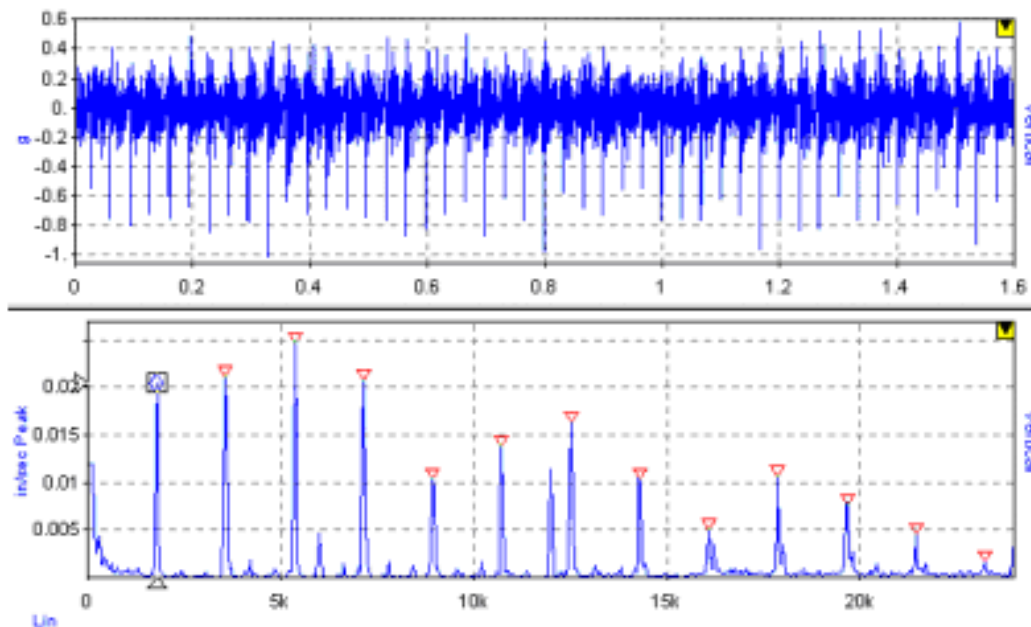


시험 유형

아래 데이터에서 나타내는 가장 있을 법한 결함 상태는 무엇인가 (1X RPM 조화 파에 마크되어 있다)?

What is the most likely fault condition represented by the data below (the markers are on 1X RPM harmonics)?

- A 손상된 회전자 바(Broken rotor bars).
- B 회전 헐거움(Rotating looseness).
- C 축정렬 불량(Misalignment).
- D 마모된 기어 이(Worn gear teeth).



시험 유형

완전한 문장 만들기: 공진은...

Complete the sentence: Resonances...

- A 구조물의 고유 주파수에서 진동이 증가한다.
- B 기계의 성공적인 운전에 심각한 영향을 미칠 수 있다.
- C 진동 스펙트럼에서 진단 할 수 있다.
- D 위에 나열된 내용 모두 해당.

- A Are increased vibration at the natural frequency of a structure.
- B Can severely affect the successful operation of a machine.
- C Can be diagnosed from the vibration spectrum.
- D All of the above.

공진이 무엇인지 서술 하시오!

Describe what resonance is!

시험 유형

공진 문제로 고통받고 있는 기계에서, 강성(stiffness)을 증가시키면, 그 자신이 가지고 있는 고유 주파수와 진동 특성에 어떤 영향을 미치느냐?

For a machine suffering a resonance problem, if the stiffness was increased, what effect will this have on the natural frequencies and vibration characteristics?

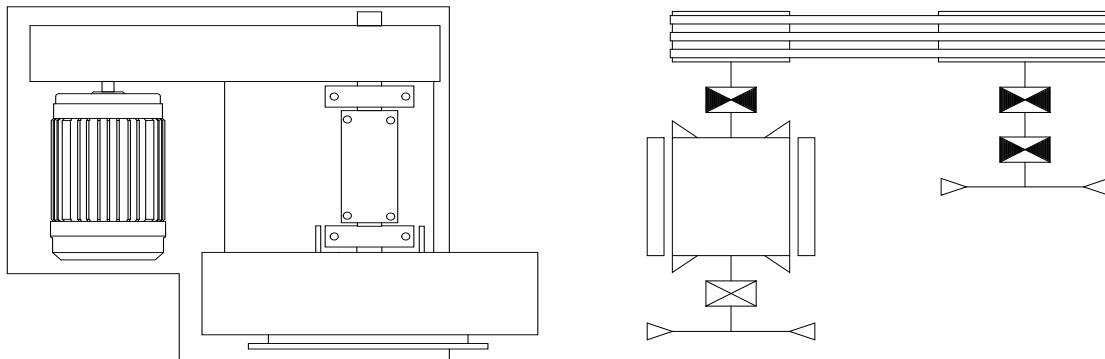
- A 구조물의 고유 주파수가 증가한다.
- B 진동의 각각 모드의 주파수가 낮아졌다.
- C 진폭이 극적으로 줄어 들었다.
- D 위에 나열된 내용 모두 해당.

- A The natural frequency of the structure will be increased.
- B The frequency of each mode of vibration is lowered.
- C The amplification will be reduced dramatically.
- D All of the above.

시험 유형

여기에 벨트로 구동되는 모터 - 팬이 있다. 팬의 속도가 모터의 속도에 반($1/2$) 이다. 날개 통과 주파수가 모터 속도의 6배에서 나타난다. 그러면 팬의 날개는 몇 개인가? Here we have a fan driven by a motor driven via a belt drive. If the speed of the fan was half the speed of the motor, and blade pass frequency appeared at six times the speed of the motor, how many blades must there be on the fan?

- A 6 날개 (6 blades)
- B 12 날개 (12 blades)
- C 8 날개 (8 blades)
- D 말 할 수 없다. – 정보가 불충분하다.
You can't tell - there is insufficient information



시험 유형

스펙트럼에서 구름 요소 베어링 손상(결함) 주파수가 존재하면 :

- A 베어링 내부에 마모가 존재한다는 것을 증명한다.
- B 마모가 존재하거나, 베어링이 부적절하게 설치 되었거나, 베어링 부적절하게 부하를 받거나, 불 충분하게 윤활 되고 있다는 것 중에서 어느 것이든 의미할 수 있다.
- C 어떤 문제인지를 나타낼 필요가 없다. 왜냐하면 구름 요소 베어링은 항상 읽을 수 있을 정도인 손상 주파수를 발생시킨다.
- D 질 낮은 베어링이 설치되었고 구름 요소와 외륜 사이의 내부 간극(clearance)이 너무 크다 라는 것을 증명한다.

The presence of rolling element bearing defect frequencies in a spectrum:

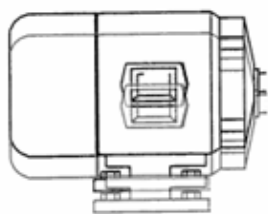
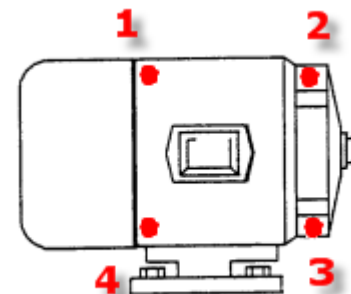
- A Proves that wear is present within the bearing.
- B Can either mean that wear is present, the bearing was improperly installed, the bearing is improperly loaded or that it has insufficient lubrication.
- C Does not necessarily indicate any problem since rolling element bearings always generate defect frequencies which can be readily seen.
- D Proves that a low quality bearing was installed and has too much internal clearance between the rolling elements and the outer raceway.

시험 유형

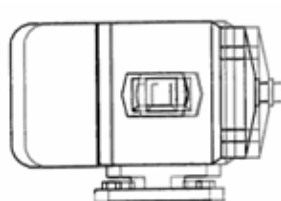
아래 표는 이 모터에서 수집한 측정 값이다. 이 모터가 어떻게 움직이고 있다는 것을 가장 잘 설명하는 모드 형태(mode shape)를 A, B, C에서 선택하라.

If the listed measurements were taken on this motor, select from A, B, and C for the mode-shape diagram which best illustrates how this motor must be moving.

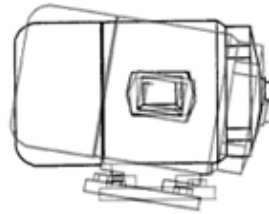
Position	Axis	Amplitude	Phase
1	V	1 mm/sec rms 0.056 in/sec pk	23°
1	H	0.5 mm/sec rms 0.028 in/sec pk	60°
1	A	0.75 mm/sec rms 0.042 in/sec pk	24°
2	V	1 mm/sec rms 0.056 in/sec pk	203°
2	H	0.5 mm/sec rms 0.028 in/sec pk	60°
2	A	0.75 mm/sec rms 0.042 in/sec pk	33°
3	V	1 mm/sec rms 0.056 in/sec pk	203°
3	H	0.5 mm/sec rms 0.028 in/sec pk	60°
3	A	0.75 mm/sec rms 0.042 in/sec pk	43°
4	V	1 mm/sec rms 0.056 in/sec pk	23°
4	H	0.5 mm/sec rms 0.028 in/sec pk	60°
4	A	0.75 mm/sec rms 0.042 in/sec pk	31°



A



B



C

시험 유형

만약 모터가 질량 불평형 상태라면, 모터 DE(drive end)에서 측정한다면, 어느 측정 방향이 가장 높은 진동 진폭을 가질 것 같은가?

If the motor was out of balance, which measurement axis is most likely to have the highest vibration amplitude if measured at the motor drive end?

- A 수직 방향(In the vertical direction).
- B 수평 방향(In the horizontal direction).
- C 축 방향(In the axial direction).
- D 수평과 수직 방향이 같을 것이다.(Both the vertical and horizontal would be the same).



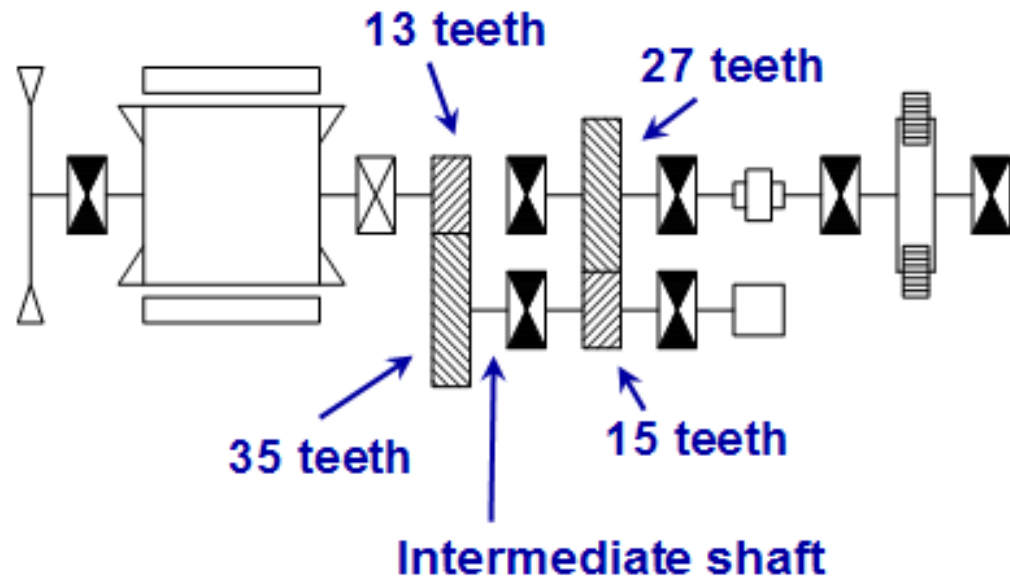
시험 유형

아래 모터 - 기어박스의 정보를 기준으로, 기어박스 중간(intermediate) 축의 개략적인 속도는 얼마인가 ? 그리고 개략적인 기어박스의 출력 속도는 얼마인가 ?

Based on the following motor-gearbox information, what is the approximate speed of the intermediate shaft of the gearbox? And what is the approximate output speed of the gearbox?

- A 455 CPM
- B 371 CPM
- C 206 CPM
- D 2692 CPM

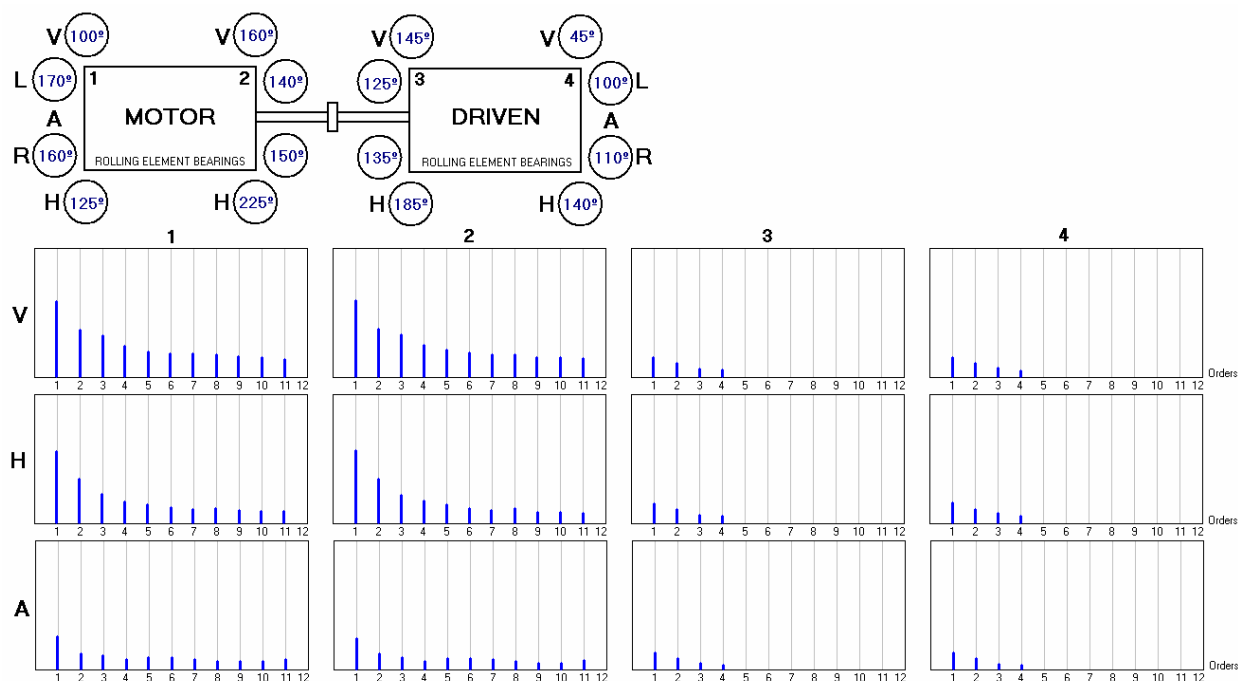
Motor RPM = 1000 CPM



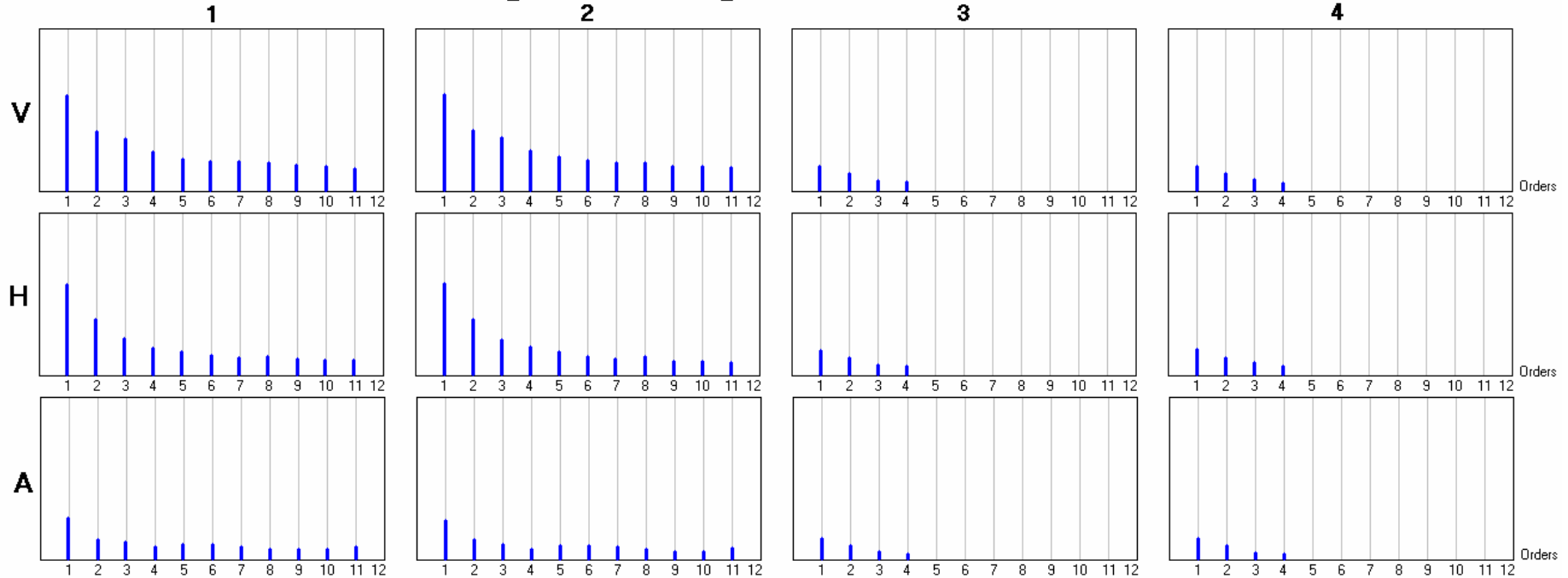
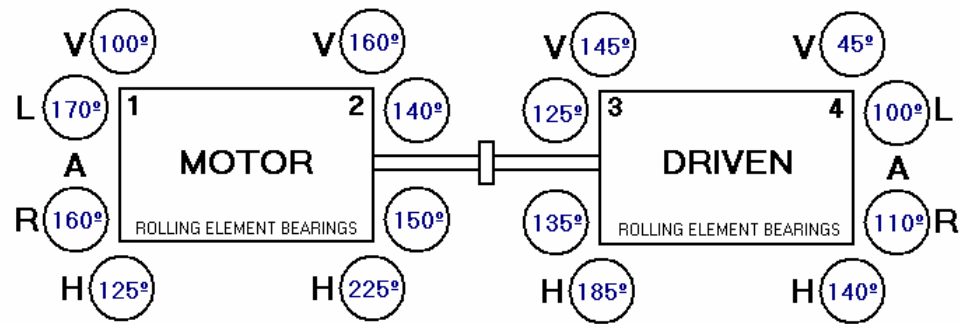
시험 유형

아래 스펙트럼과 위상 값을 기준으로, 가장 가능성 있는 결함 상태를 선택하라:
Based on the spectra and phase readings below, select the most probable fault condition:

- A 모터의 회전 헐거움(Rotating looseness on the motor)
- B 모터의 전기적 문제(Electrical problems in the motor)
- C 모터 질량 불평형(Motor unbalance)
- D 조기 모터 베어링 마모(Early motor bearing wear)



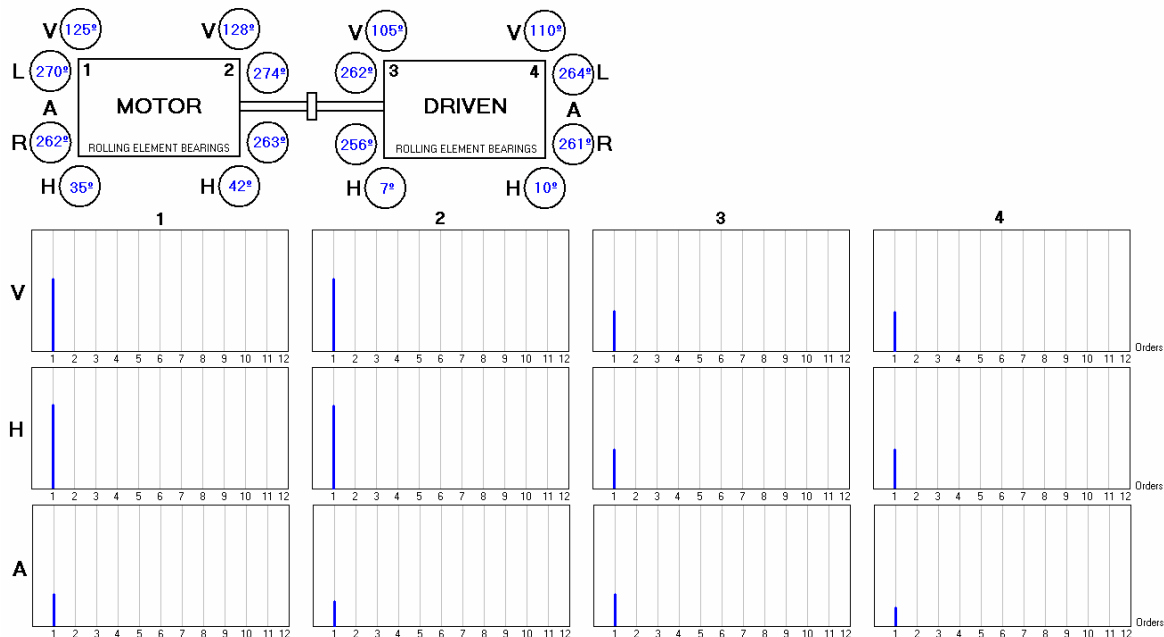
시험 유형



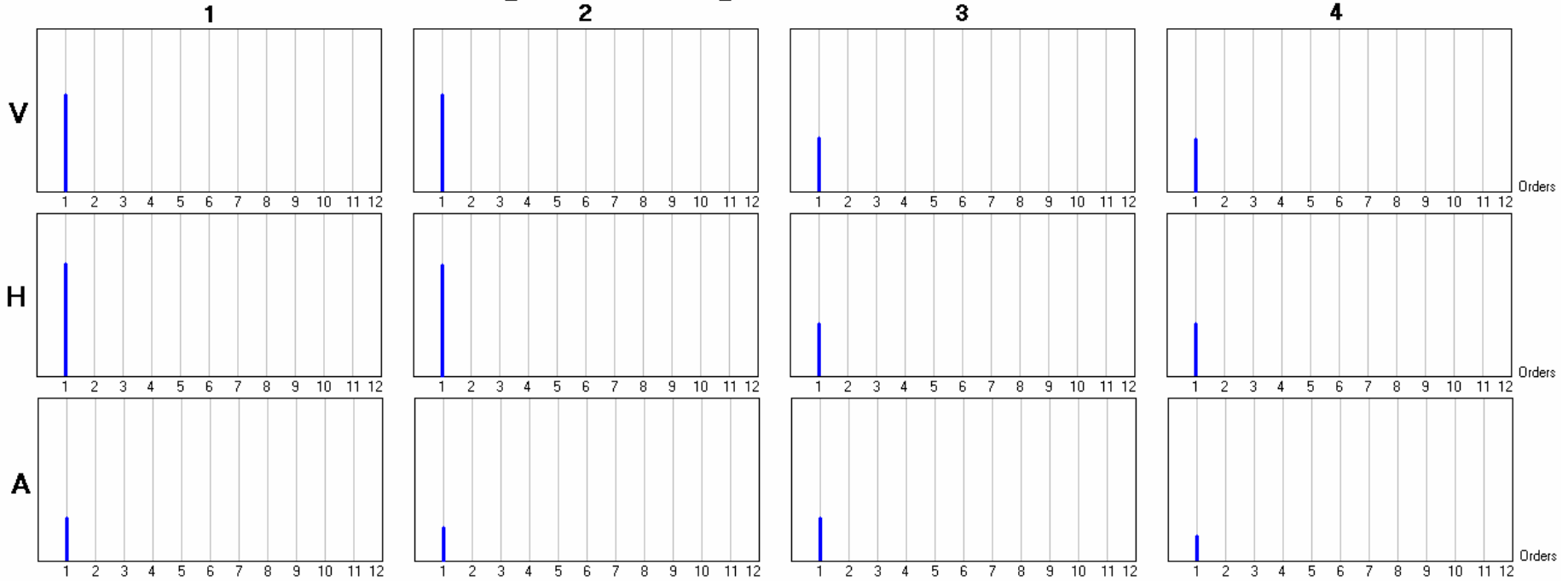
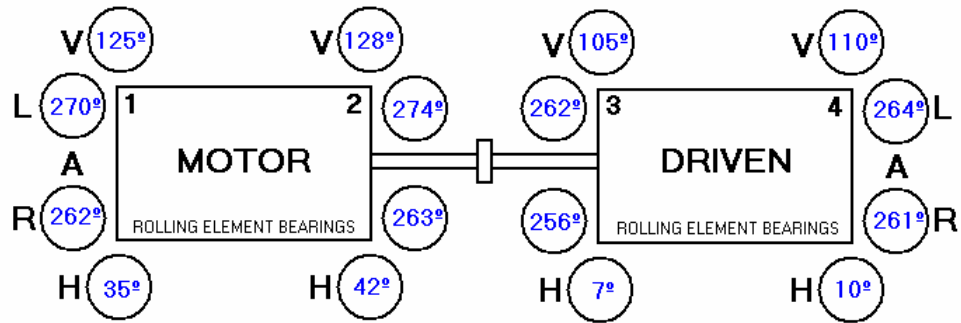
시험 유형

아래 스펙트럼과 위상 값을 기준으로, 가장 가능성 있는 결함 상태를 선택하라:
Based on the spectra and phase readings below, select the most probable fault condition:

- A 편각 축정렬 불량(Angular misalignment)
- B 편심 축정렬 불량(Parallel misalignment)
- C 모터 질량 불평형(Motor unbalance)
- D 피동부 축 휨(Driven unit bent shaft)



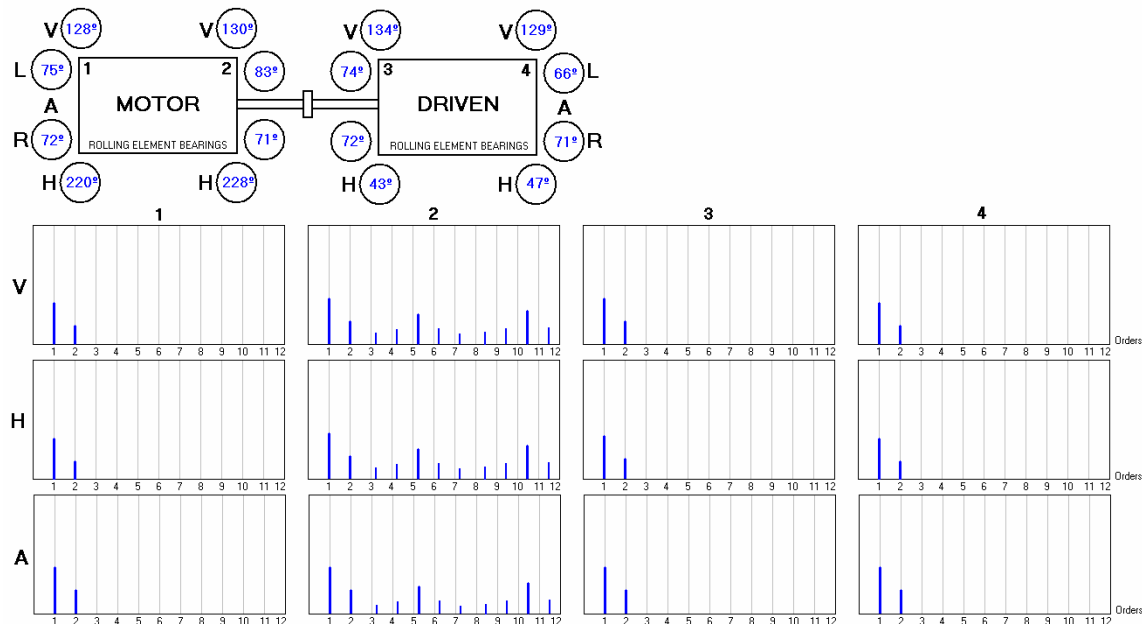
시험 유형



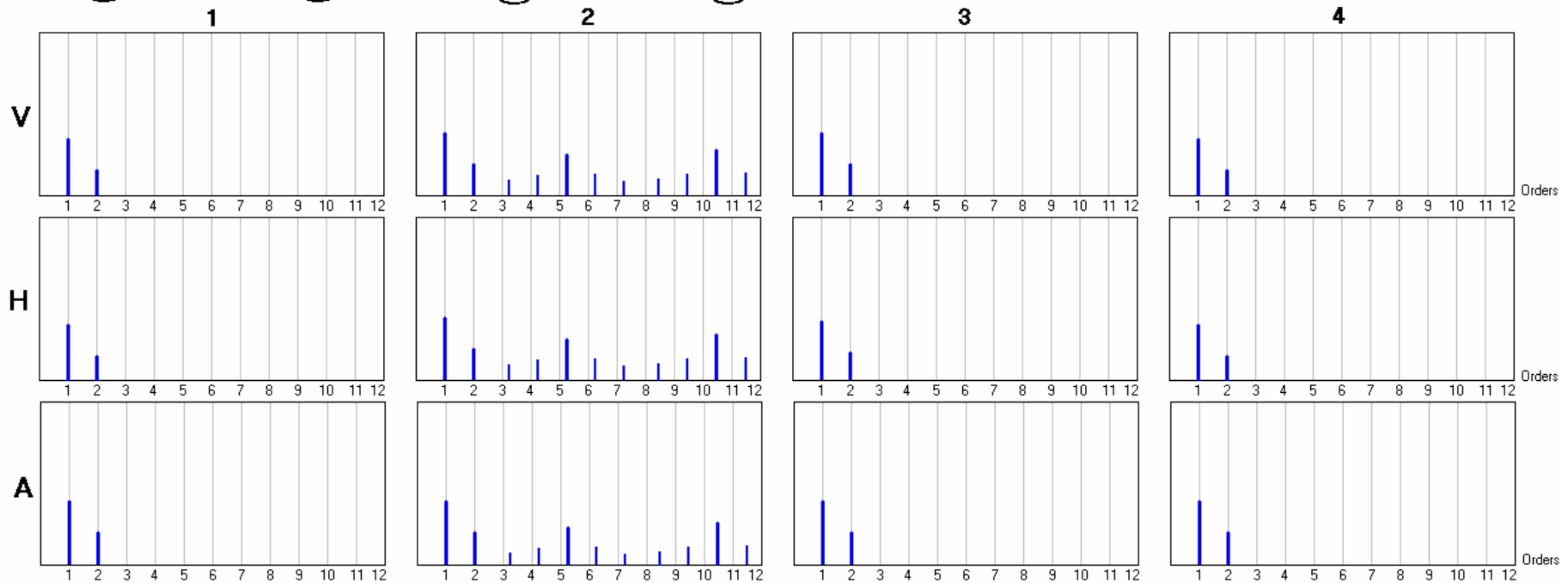
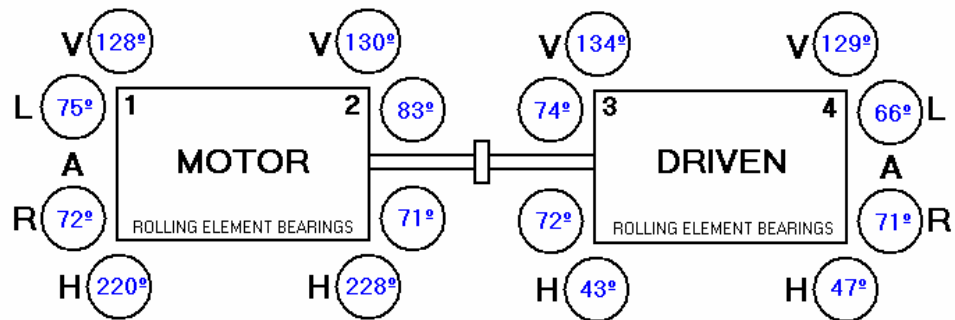
시험 유형

아래 스펙트럼과 위상 값을 기준으로, 가장 가능성 있는 결함 상태를 선택하라:
Based on the spectra and phase readings below, select the most probable fault condition:

- A 모터 질량 불평형(Motor unbalance)
- B 피동부 축 휨(Driven unit bent shaft)
- C 베어링 2에서 가능한 베어링 결함(Possible bearing problem at bearing 2)
- D 편각 축정렬 불량(Angular misalignment)



시험 유형



시험 유형

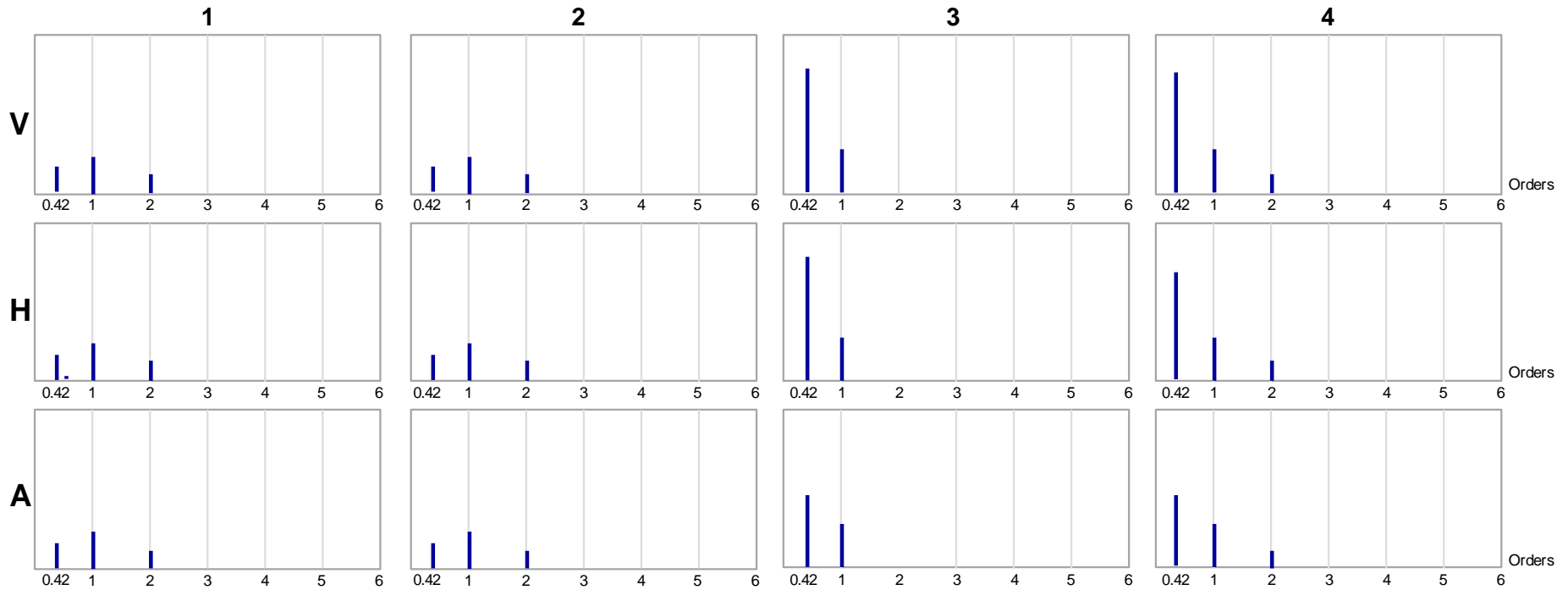
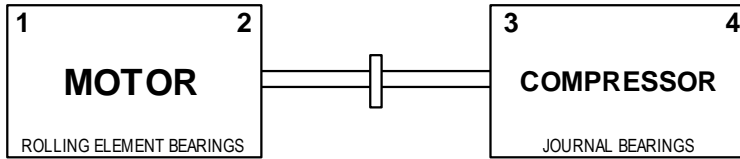
아래 스펙트럼을 기준으로 하여(그래프의 최대 스케일 진폭은 10mm/sec rms이다), 가장 가능성이 높은 결함을 선택하세요:

Based on the spectra (the graph full scale amplitude is 10 mm/sec rms), select the most probable fault condition:

- A 압축기 내에서 축의 마찰(Shaft rub).
- B 압축기 내의 회전 헐거움(Rotating looseness).
- C 베어링 케이지(Bearing cage) 결함.
- D 저어널 베어링의 오일 선회(oil whirl)

- A Shaft rub in the compressor.
- B Rotating looseness in the compressor.
- C Bearing cage fault
- D Journal bearing oil whirl

시험 유형

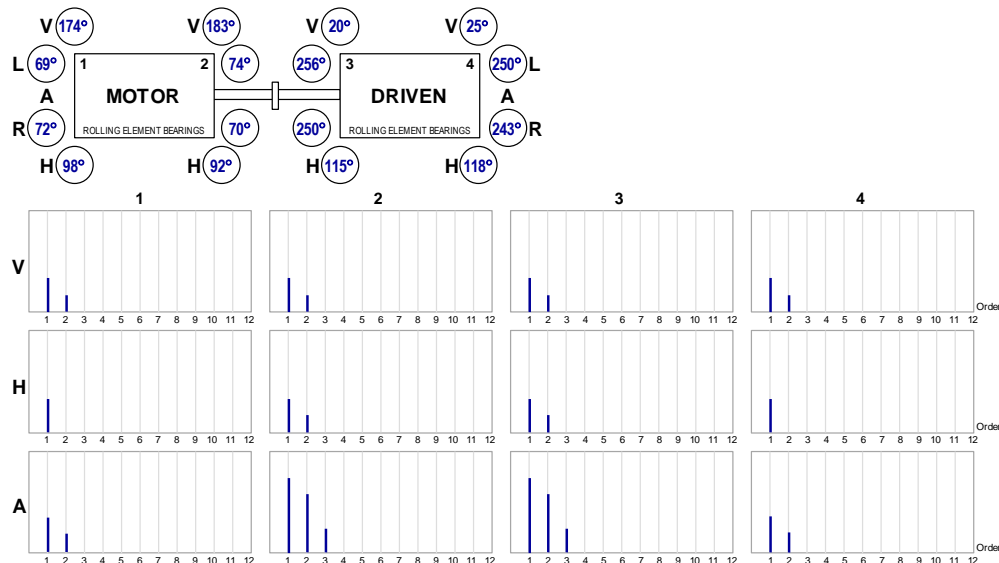


시험 유형

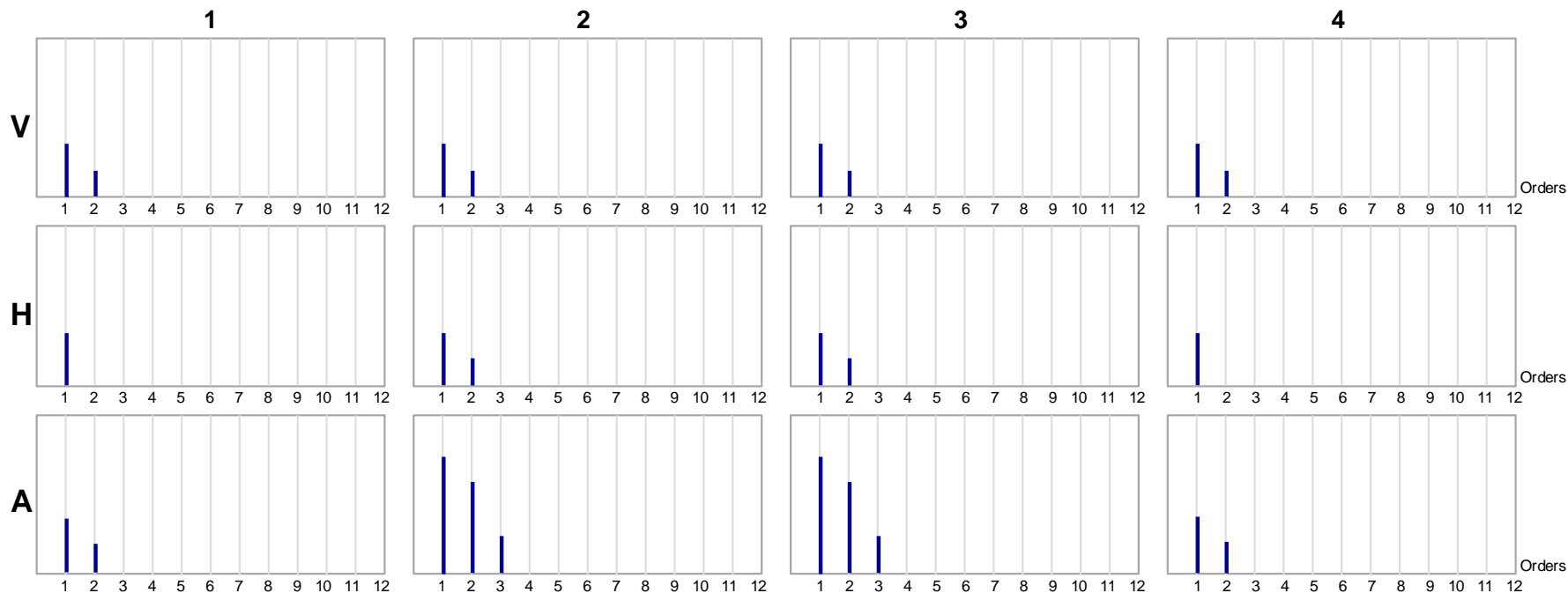
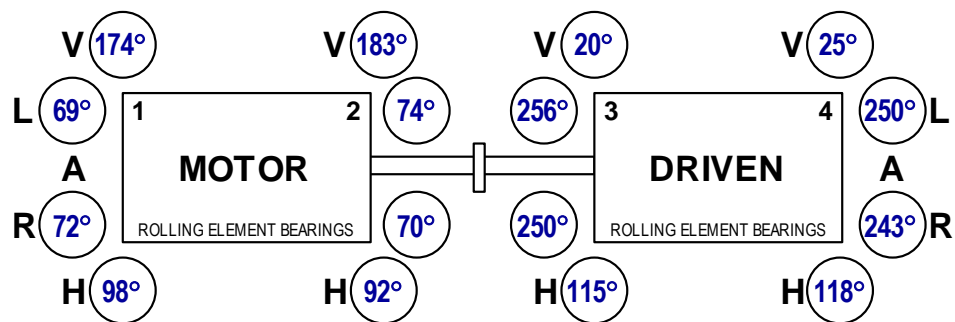
아래 스펙트럼과 위상 값을 기준으로 하여, 가장 가능성이 높은 결함을 선택하세요:

Based on the spectra and phase readings below, select the most probable fault condition:

- A 모터 질량 불평형(Motor unbalance)
- B 편각 축정렬 불량(Angular misalignment)
- C 피동 부 축 휨(bent shaft)
- D 모터 회전자 마찰(Motor rotor rub)



시험 유형



시험 유형

회전 설비의 진동을 800 라인 스펙트럼으로 데이터를 수집하였다면, 이 스펙트럼과 관련되는 시간 파형에서 샘플은 몇 개로 저장 되어 있을까요?

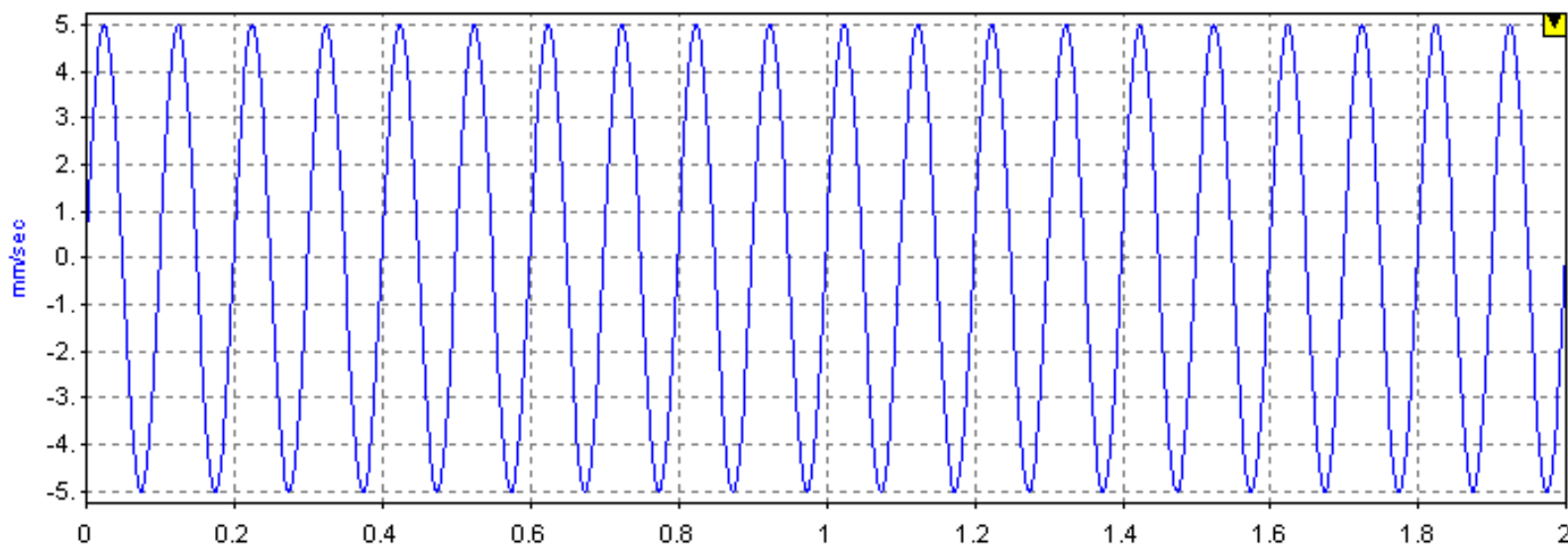
If an 800 line spectrum is collected from a machine, how many samples would be stored in the associated time waveform?

- A 1024 샘플 (samples)
- B 2048 샘플 (samples)
- C 4096 샘플 (samples)
- D 8192 샘플 (samples)

시험 유형

아래 시간 파형은 질량 불평형이 예상되는 기계로부터 획득한 것이다. 아래 시간 파형에서, 기계의 운전 속도는 얼마인가? (주: x 축 단위는 초(*seconds*)이다) The time waveform came from a machine that was suspected to be out of balance. From this time waveform, what is the running speed of the machine? (Note: The x-axis units are *seconds*.)

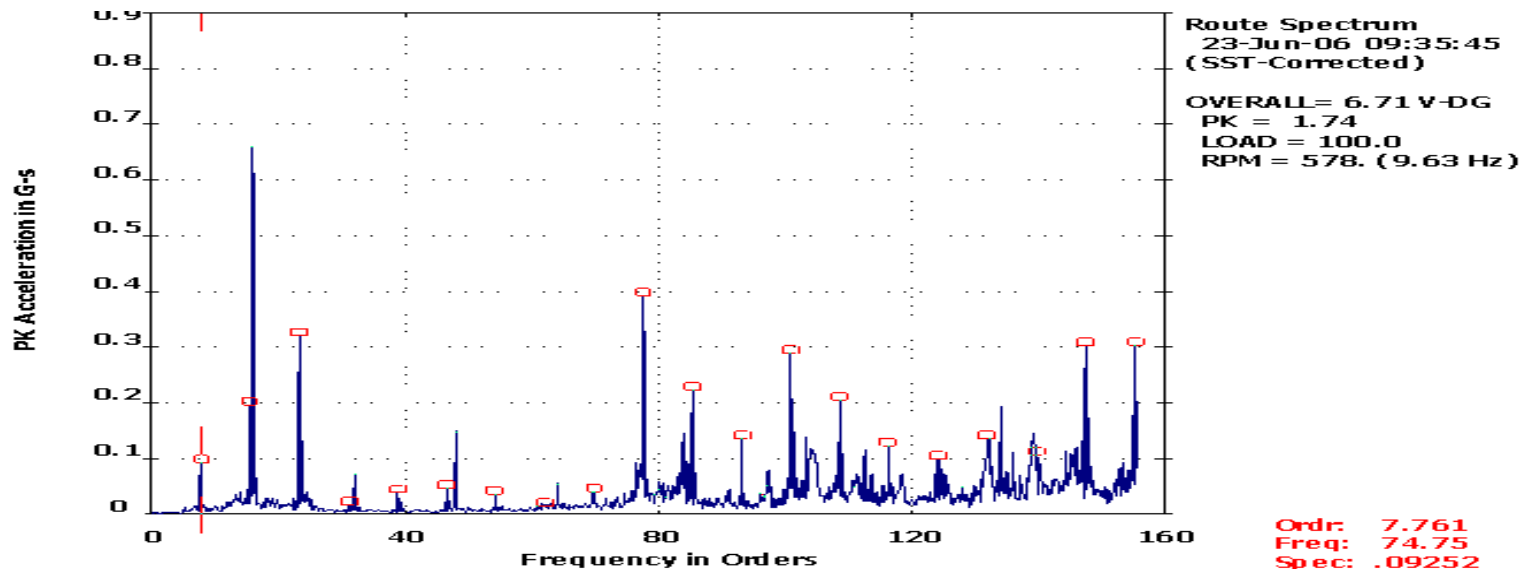
- A 운전 속도 (running speed) = 10 Hz
- B 운전 속도 (running speed) = 5 Hz
- C 운전 속도 (running speed) = 25.6 Hz
- D 운전 속도 (running speed) = 20 Hz



시험 유형

아래 스펙트럼은 제지 설비(paper mill) 내의 진공 펌프(vacuum pump)에서 수집되었으며, Drive end 베어링에서 수집된 데이터이다. 이 데이터를 근거로 할 때, 가장 유사한 결함 상태이라고 생각되는 것을 선택하시오. The following spectrum came from a vacuum pump in a paper mill. The spectrum was collected from the drive end bearing. Based on this data, what do you believe is the most likely fault condition?

- A. 회전 헐거움(Rotating looseness)
- B. 축정렬 불량(Misalignment)
- C. 베어링의 외륜 결함(A defect on the outer race of the bearing)
- D. 베어링의 내륜 결함(A defect on the inner race of the bearing)



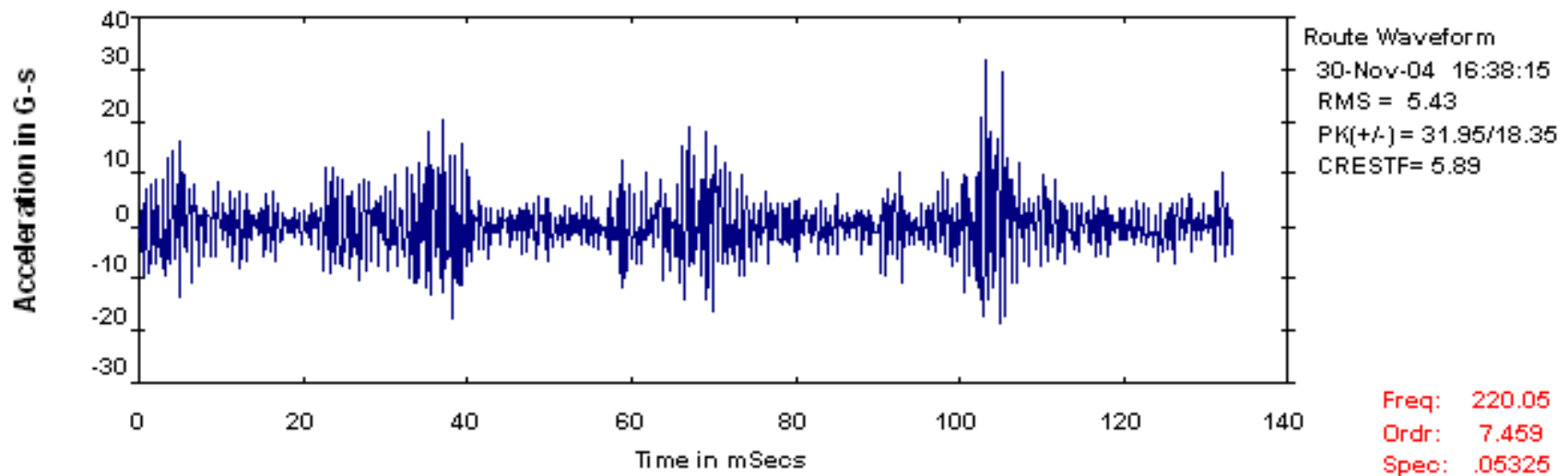
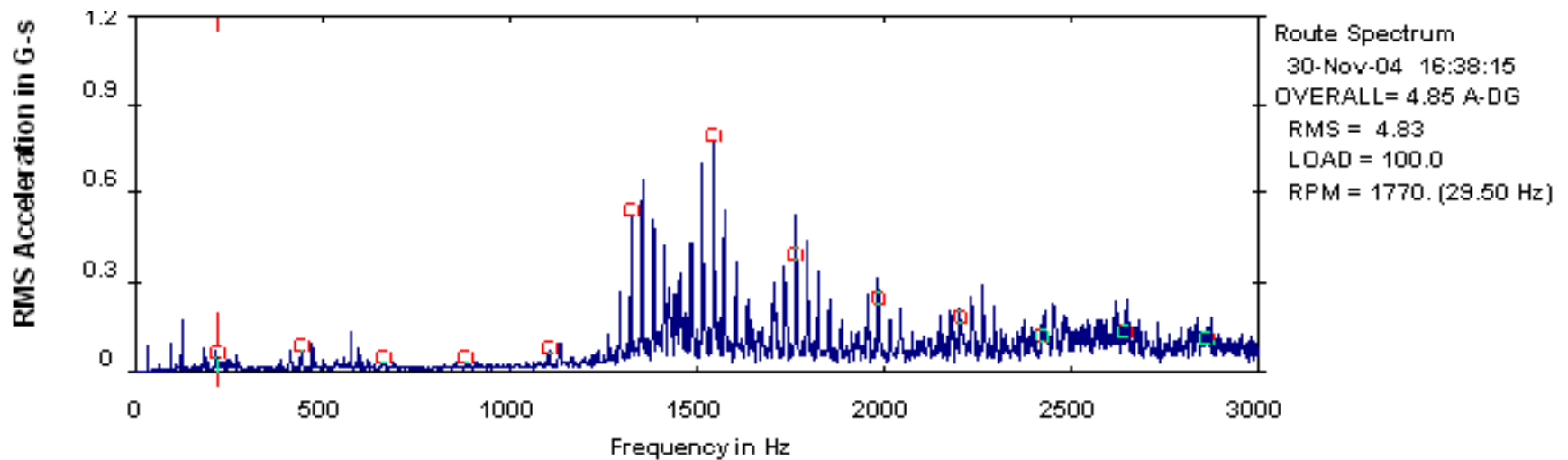
시험 유형

아래에 나타낸 스펙트럼과 시간 파형은 컨베이어(conveyor)의 구름 요소 베어링(rolling element bearing)에서 측정되었다. 운전 속도는 29.50 Hz (1770 RPM)이고, 조화파의 기본 주파수 (fundamental of the harmonics)가 220Hz로 마크되었다. 이 정보를 근거로 볼 때, 어떤 종류의 문제(결함)를 나타내고 있는냐?

The spectrum and time waveform shown below came from a rolling element bearing on a conveyor. The turning speed is 29.50 Hz (1770 RPM). The fundamental of the harmonics marked is 220 Hz. Based on this information, what type of problem is indicated?

- A. 기계적인 헐거움(Mechanical looseness)
- B. 베어링 내의 과도한 클리어런스(간극)(Excessive clearance within the bearing)
- C. 베어링의 내륜 결함(A defect on the inner race of the bearing)
- D. 베어링이 외륜 결함(A defect on the outer race of the bearing)

시험 유형



시험 유형

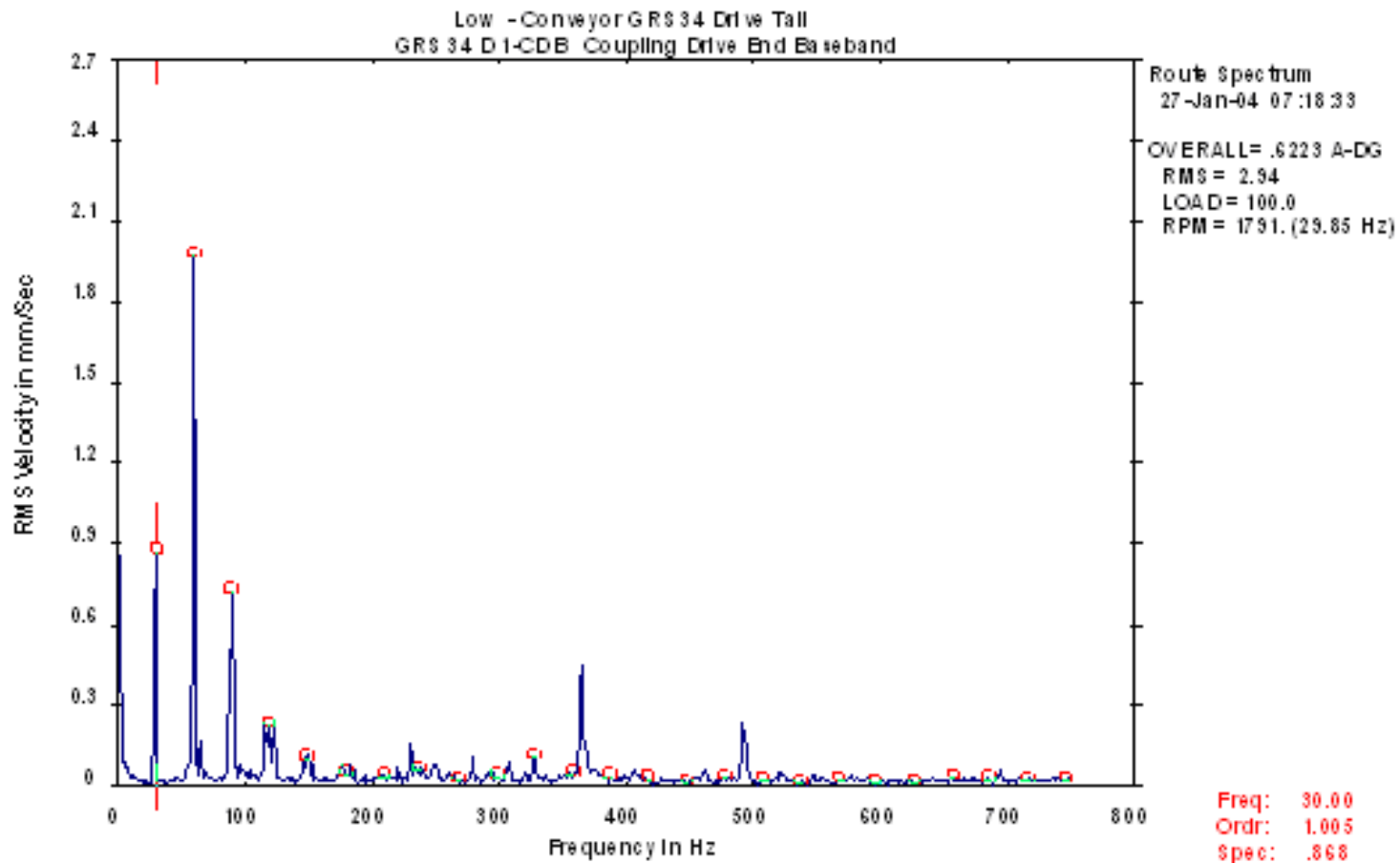
아래 진동 스펙트럼은 축받이 베어링 (pedestal bearing (NTN 2222 KC3))에서 취한 것이다. 데이터에서 유추할 수 있는 가장 비슷한 결함은 무엇인가, 그리고 어떤 행동을 취해야 하는가?

The following vibration spectrum was taken from a pedestal bearing (NTN 2222 KC3). What is the most likely condition indicated by the data, and what action would you take?

[주(Note): 0.9 mm/sec rms = 0.05 in/sec pk]

- A. 약한 축정렬 불량 – 지속적인 감시와 다음 기회에 정렬 작업.
- B. 심각한 축정렬 불량 – 지속적인 감시와 가장 빠른 시일 내로 정렬 작업.
- C. 베어링 내부에서 과도한 클리어런스(Excessive clearance) – 베어링 교체.
- D. 윤활 부족(Poor lubrication) – 다음 기회에 재 급지(re-grease).
- A. Slight misalignment – continue monitoring and align at next opportunity.
- B. Severe misalignment – continue monitoring and align at earliest opportunity.
- C. Excessive clearance in the bearing – replace the bearing.
- D. Poor lubrication – re-grease at next opportunity.

시험 유형

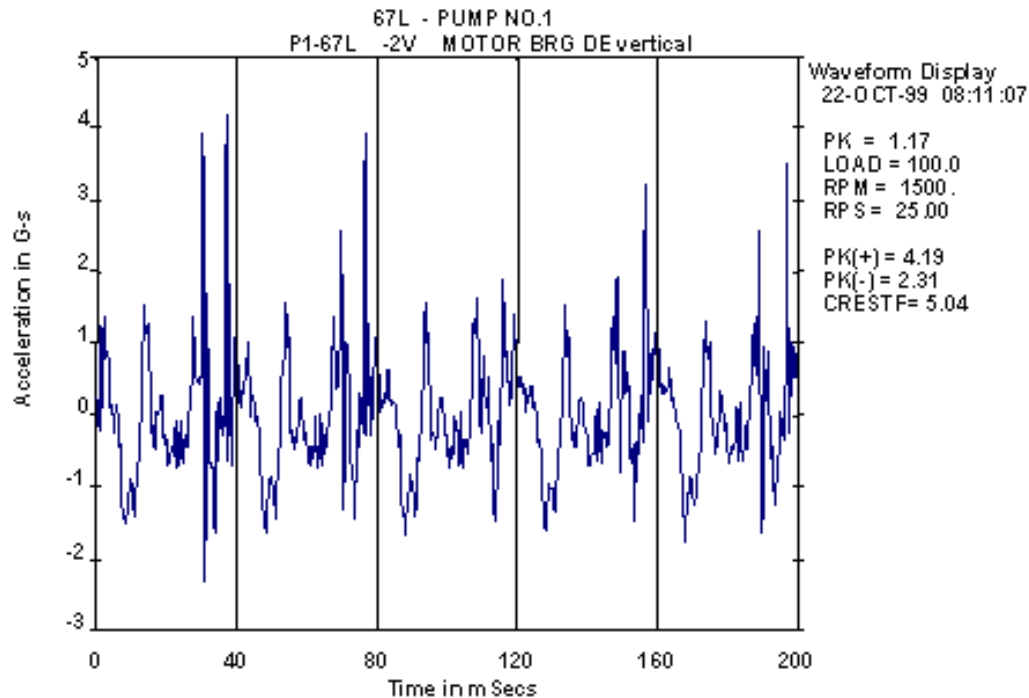


시험 유형

아래 시간 파형은 모터 DE(Drive end) 베어링에서 수직방향으로 취득한 것이다. 모터 속도는 24.82 Hz (1489 RPM) 이다. 가장 비슷한 결함 상태를 나타낸 것은 어느 것인가?

The time waveform below was taken on a motor drive-end bearing in the vertical direction. The motor speed is 24.82 Hz (1489 RPM). What is the most likely fault condition?

- A. 질량 불평형(Unbalance)
- B. 축정렬 불량(Misalignment)
- C. 헐거움(Looseness)
- D. 베어링 손상(Bearing defect)



시험 유형

데이터는 설비를 정지시킬 때 암모니아 압축기에 설치된 근접 프로브(proximity probes)로부터 수집(측정)된 것이다. "후(after)"데이터는 원래인 "전(before)" 시험을 수행한 후 1달이 지났을 때 수집한 것이다.

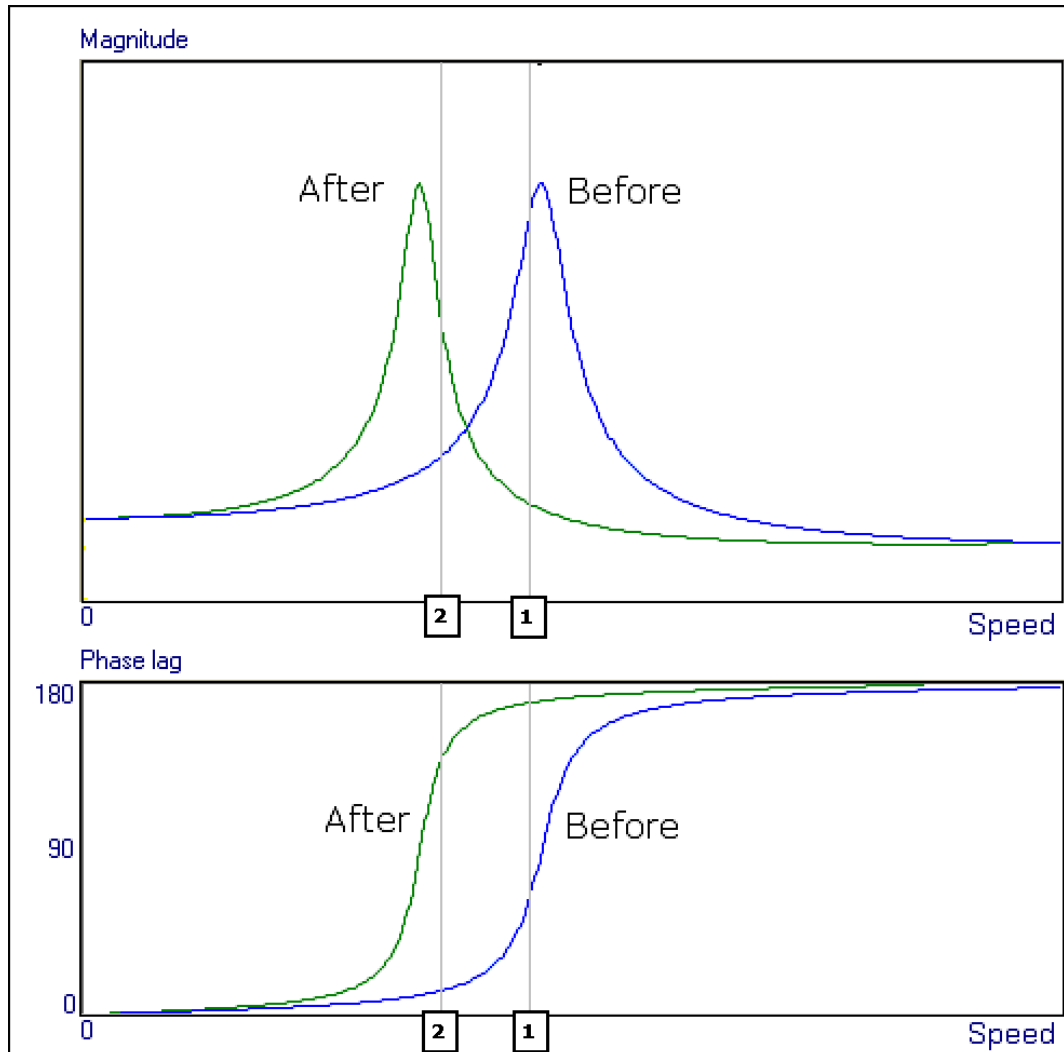
크기(진폭)와 위상 데이터에서 변화가 위와 같이 발생되었다. 압축기 내에서 발생할 수 있는 가장 *유사한* 변화는 어느 것으로 생각되느냐?

Given the change in the magnitude and phase data, what do you think is the *most likely* change that has taken place in the compressor?

- A 회전자는 정밀한 발란싱을 실시하여 회전자에 중량(weight)이 더해졌다 (부착되었다).
- B 강성(stiffness)이 변했다.
- C 감쇠(damping)가 변했다.
- D 위상 기준(phase reference)가 변했다.

- A The rotor was precision balanced thus adding weight to the rotor.
- B The stiffness has been changed.
- C The damping has been changed.
- D The phase reference has been changed.

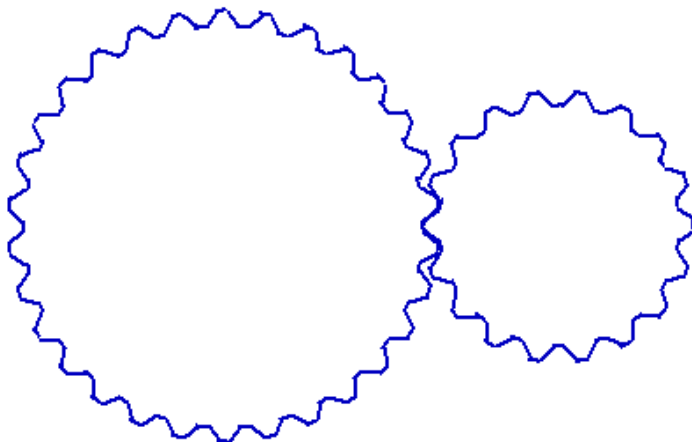
시험 유형



시험 유형

아래 기어 쌍(pair)은 30개와 18개 이(teeth)를 각각 가지고 있다. 만약에 있다면, 어떤 주파수에서 분수 기어 맞물림 주파수(fractional gear mesh frequencies)를 볼 수 있을 것으로 예상되는가? The following pair of gears has 30 and 18 teeth respectively. At what frequencies, if any, would you expect to see fractional gearmesh frequencies?

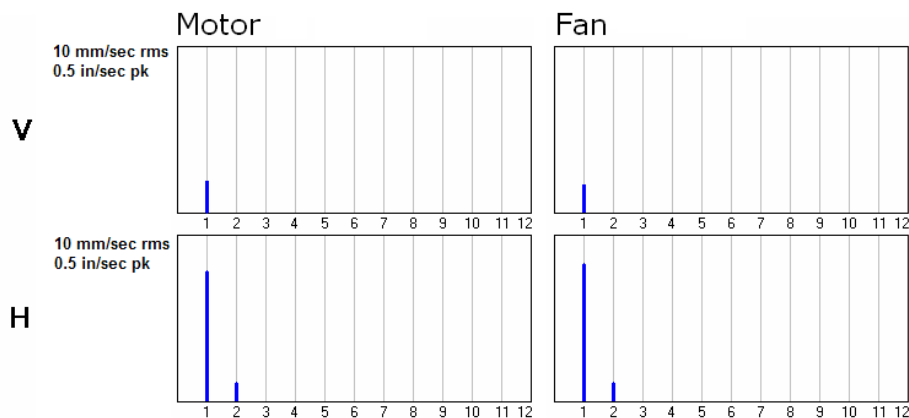
- A 분수 기어 맞물림 주파수(fractional gear mesh frequencies)는 볼 수 없다.
 - B $\text{GMF}/3$ 그리고 $2\text{XGMF}/3$ 에서 피크를 볼 수 있을 것이다.
 - C $\text{GMF}/5$, $2\text{XGMF}/5$, $3\text{XGMF}/5$, 등에서 피크를 볼 수 있을 것이다.
 - D $\text{GMF}/6$, $2\text{XGMF}/6$, $3\text{XGMF}/6$, 등에서 피크를 볼 수 있을 것이다.
- A You would not expect to see fractional gearmesh frequencies.
 - B You would expect to see peaks at $\text{GMF}/3$ and $2\text{XGMF}/3$
 - C You would expect to see peaks at $\text{GMF}/5$, $2\text{XGMF}/5$, $3\text{XGMF}/5$, etc.
 - D You would expect to see peaks at $\text{GMF}/6$, $2\text{XGMF}/6$, $3\text{XGMF}/6$, etc.



시험 유형

모터 구동 팬 (아래에 나타낸 것과 같이)은 금속 지주(struts)와 금속 판 벽(sheet metal walls)으로 구성되어 있는 속이 빈 스탠드 위에 설치 되어져 있다. 모터 DE(drive end) 베어링과 팬 DE(drive end) 베어링 위에서 수직방향과 수평방향으로 진동 값을 수집하였다. 진동 값은 아래에 나타낸 것과 같다. (x축은 차수화된 표시로 나타내었고, y축은 최대 스케일(full scale)은 10mm/sec rms 또는 0.5in/sec pk 이다). 아래 문제에 답하시오.

A motor driven fan (shown below) was mounted on a hollow stand comprised of metal struts and sheet metal walls. Vibration readings were taken in the vertical and horizontal directions on the motor drive-end bearing and the fan drive-end bearing. The vibration readings are shown below. (The x-axis is order normalized, and the y-axis full scale is 10 mm/sec rms or 0.5 in/sec pk.) Please answer the questions below.



시험 유형

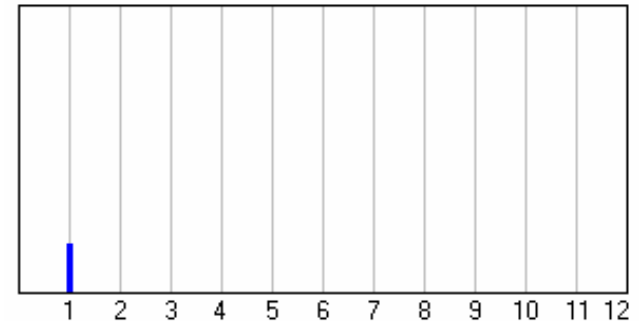
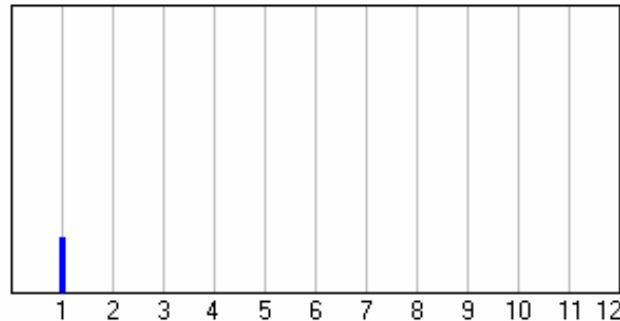


Motor

Fan

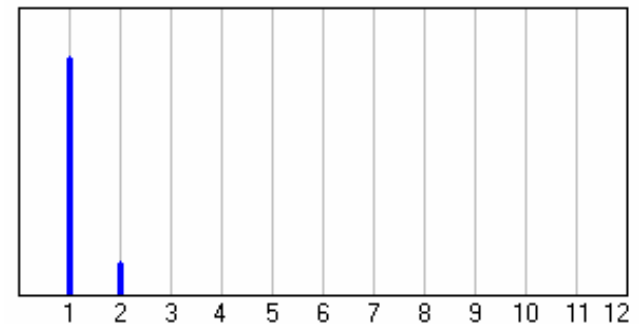
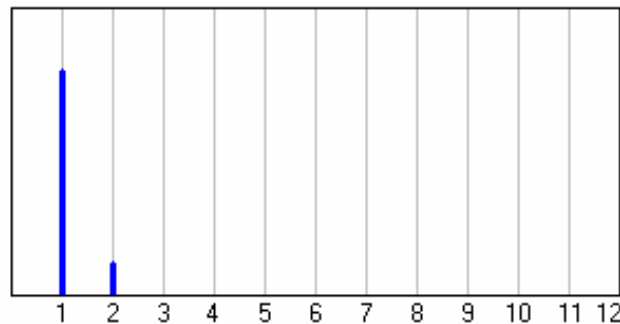
V

10 mm/sec rms
0.5 in/sec pk



H

10 mm/sec rms
0.5 in/sec pk



시험 유형

어떤 수정(개선) 조치를 취할 것인가?

What corrective action would you take?

- A 베이스의 강성을 올리기 위하여 기계 내부에 보(rib)를 추가시킴으로써 공진을 바로 잡아야 한다.
- B 날개에 달라붙은 먼지/오염 물질을 먼저 세척한 후 팬을 일면 발란싱을 수행한다. 진동 레벨이 여전히 높다면, 베이스는 측면으로 강성을 올려야 할 것이다.
- C 팬 축과 모터 축 사이의 수평방향 편심을 제거하기 위하여 축정렬 교정 작업을 실시한다.
- D 소프트 푸트(soft foot)를 점검한다. 모터에서 평탄한 베이스가 생성되도록 심을 빼거나 넣는다.

- A Correct the resonance in the base by adding ribs within the machine to stiffen the base.
- B Perform a single-plane balance on the fan after first cleaning any dirt/dust build-up from the blades. If the vibration levels were still high the base should be stiffened laterally.
- C Correct the alignment to remove the horizontal offset between the fan shaft and motor shaft.
- D Check soft foot. Add or remove shims to create a flat base for the motor.

수고 하였습니다!

swl1959@gmail.com