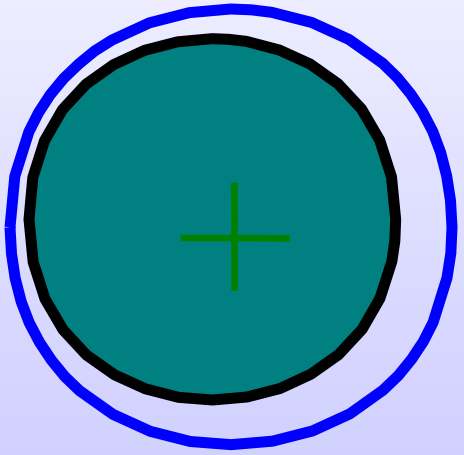
DAY 1

- Introduction to the Technology
- Maintenance Philosophy
- ISO Standard
- Technique and Definition
- Frequency, Amplitude and Unit
- Phase
- How Bearing Fault in basic
-3 Types of Vibration Sensor

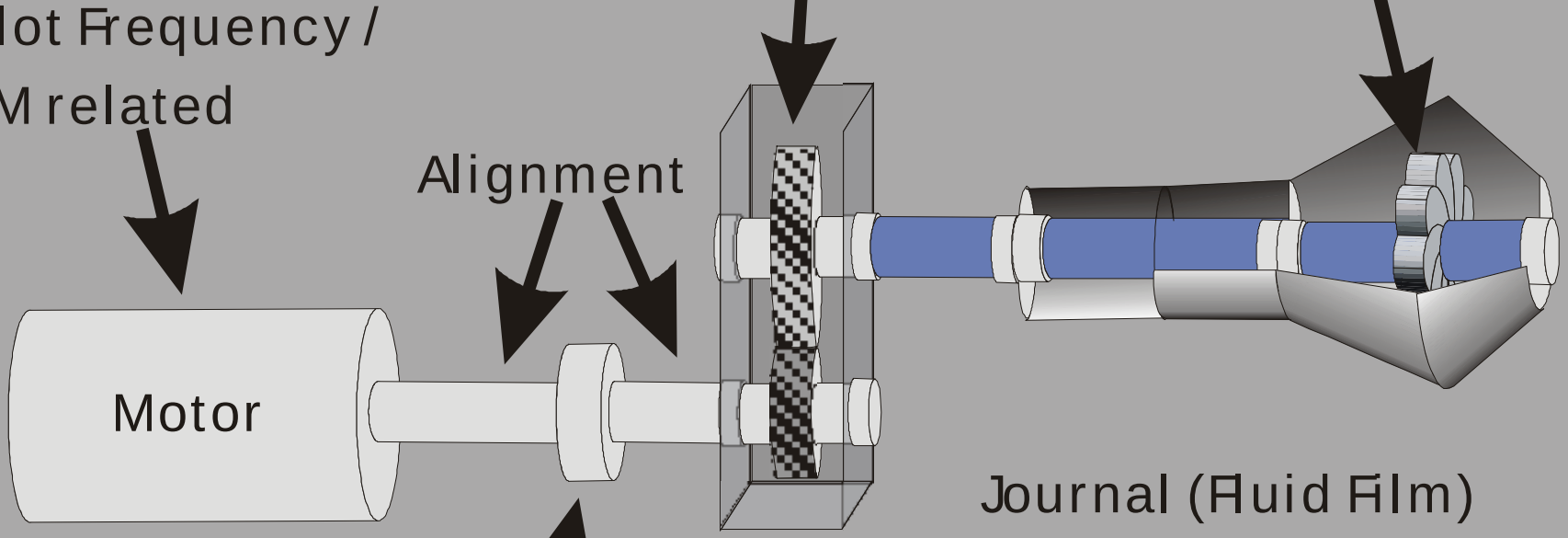
What is Vibration?

- Vibration is the motion of a body about a reference point caused by an undesirable mechanical force.

Shaft vibration caused by the shaft moving about the centerline of a journal bearing.



Vibration Excitation Sources



Mechanical Looseness

Bent Shaft

Unbalance

Blade Pass / Fluid Related

Gears

Slot Frequency / EM related

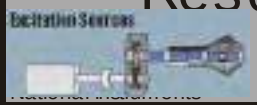
Alignment

Journal (Fluid Film) Bearings

Rolling Element Bearings

Mechanical Resonances

Couplings



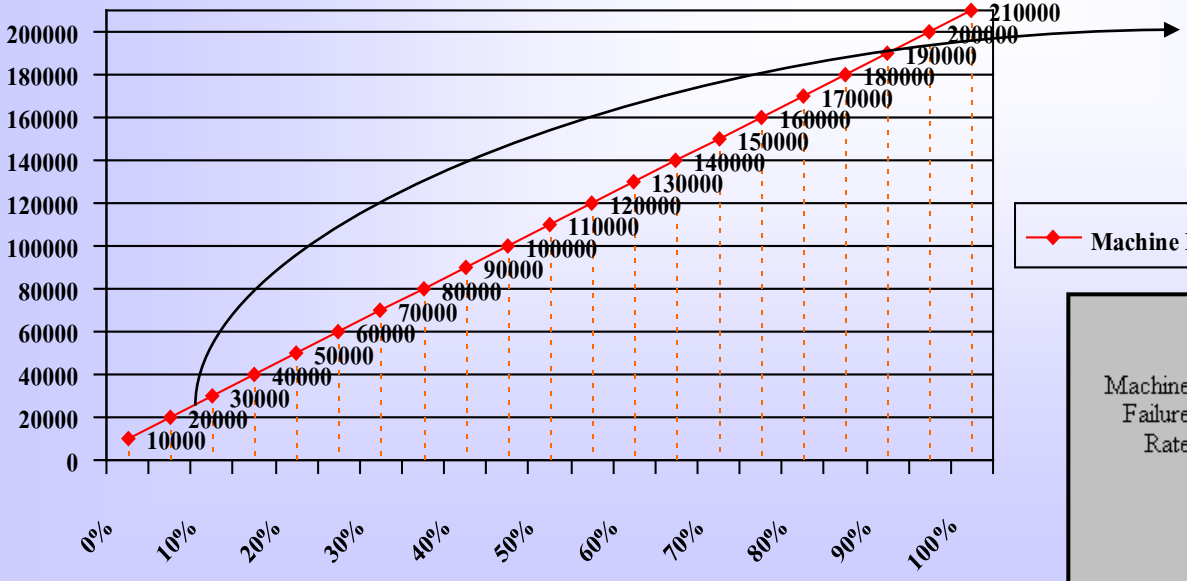
Vibration vs. Machine Life

$$L_{10}\ \text{Life (Hours)} = \frac{16{,}666}{\text{RPM}} \times \left(\frac{\text{Rate}}{\text{Load}}\right)^{3}$$

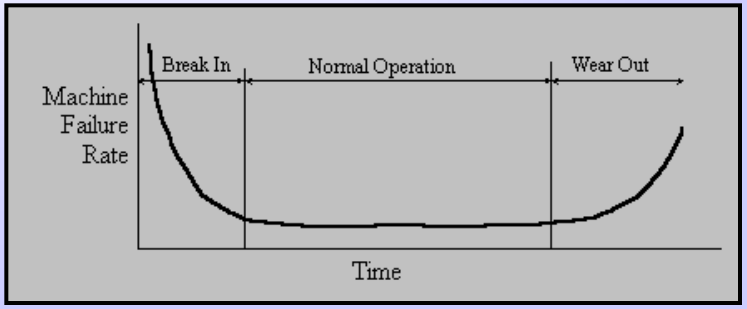
RPM = ความเร็วรอบของเครื่องจักร

Rate = Load ที่แนะนำจากผู้ผลิตลูกปืน

Load = Load ที่เกิดขึ้นจริง



L_{10} = 25,000 Hrs.



การคำนวณอายุของลูกปืน จาก Rotor Weight

$$L_{10} = \left[\frac{\text{Rate}}{\text{Load}}\right]^{3} \times \left[\frac{16{,}666}{\text{RPM}}\right]$$; L_{10} = Bearing Life Time in Running hours.

For Example; Centrifugal Fan Rotor

Blade Diameter = 1100 mm.

Rotor Load = 500 Kgs.

Speed = 1485 RPM

Rated Bearing Capacity = 10000 Kgs..

$$L_{10} = \left[\frac{10000}{500}\right]^{3} \times \left[\frac{16{,}666}{1485}\right]$$

From the above Equation,
the expected life time is about 89,787 Hours

การคำนวณอายุของลูกปืน จาก Dynamic Load หรือ Vibration

Example ; เกิด Unbalance ขนาด 30 g ที่ตำแหน่งนอกสุดของเพลา

30 g at 550 mm. = 16,500 g-mm.=1,650 g-cm.

$$W = \frac{mr\omega^2}{g} = \frac{mr \times (2\pi f)^2}{9.81}, \quad f = \text{Frequency in Hz.,}$$ **(next page for detail)**

$$= \frac{mr}{9.81}\left[\frac{2 \times 3.14 \times rpm}{60}\right]^2$$

$$= 0.01\ mr\ (\ rpm / 1000\ )^2$$

$$W = 0.01 \times 1{,}650\ (\ 1485 / 1000\ )^2$$

$$= 36.38\ kg$$

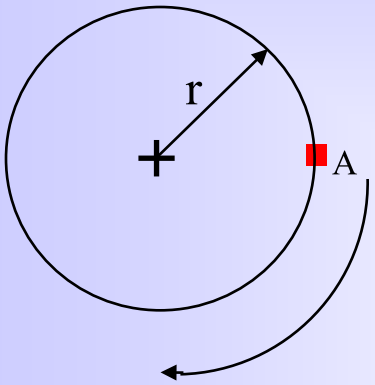
From the previous Equation

$$L_{10} = \left[\frac{\text{Rate}}{\text{Load}}\right]^{3} x \left[\frac{16{,}666}{\text{RPM}}\right]$$

$$L_{10} = \left[\frac{10000}{500+36.38}\right]^{3} x \left[\frac{16{,}666}{1485}\right]$$

the expected life time is about 72,686 Hours
= 20 % lost in Life Time

ที่มาของสูตร



ระยะทางของเส้นรอบวงจาก A มาถึง A = $2\pi r$

$v = \omega r$, $a = \omega v$

$$F = mr\omega^2 ; \omega = \frac{2\pi}{t} = 2\pi f$$

$F = ma$, F = Newton, m = kg_{Mass} , $a = m/s^2$

Force 1 N can make mass 1 kg. have acceleration 1 m/s^2

$$W = \frac{mr\omega^2}{g} ; w = \frac{2\pi}{t} = 2\pi f$$

$W = mg$, $W = Kg_{Force}$ $m = kg_{Mass}$ $g = 9.81\ m/s^2$

Mass 1 Kg Force can make mass 1 kg. have acceleration 1 g.

CbM Program Advantages:

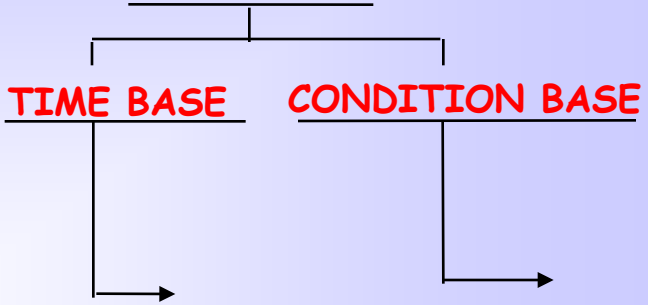
- Minimizes machine damage and allows scheduling of downtime, labor, materials
- Helps eliminate costly trial and error approaches to solving problems
- Allows machines in good operating condition to continue to run
- Eliminates unnecessary overhauls
- Improves safety and quality performance
- Facilitates Root Cause Analysis
- Assists in redesigns or modifications
- Increased overall knowledge for decision makers
- Properly schedules Preventive Maintenance (PM) activities

MAINTENANCE

BREAKDOWN

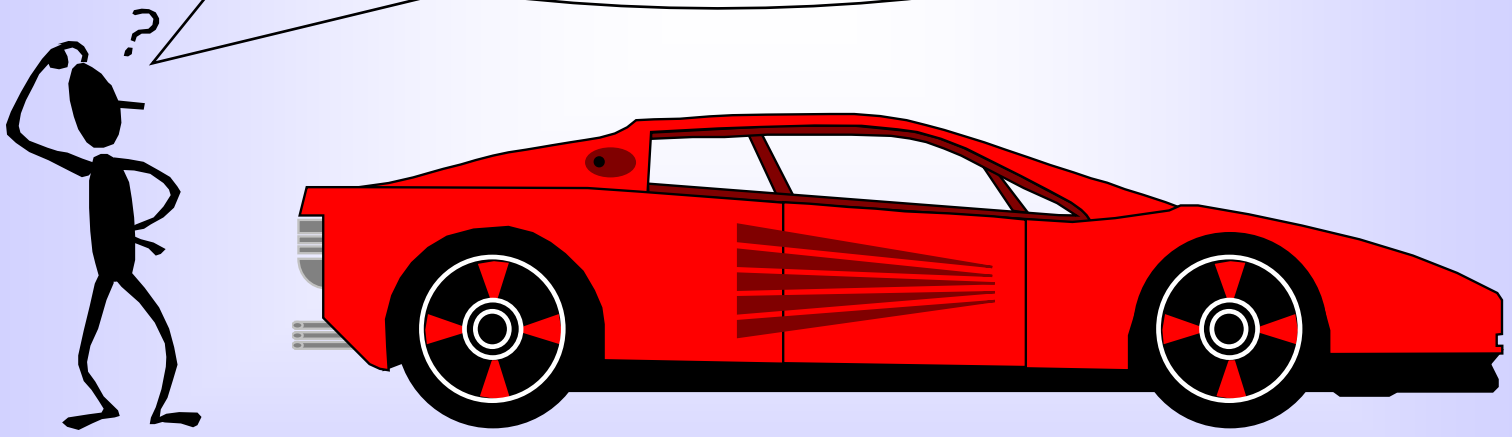
- รออะไหล่และต้องซื้อแพงเพราะเป็นกรณีเร่งด่วน
- ขาดกำลังคนที่มีความสามารถในทันทีที่เกิดการเสียหาย เนื่องจากมีงานประจำหรืองานซ่อมเครื่องอื่นอยู่
- ส่งผลเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ คือ
  - เสียเวลาการผลิตเพราะต้องรออะไหล่และกำลังคน
  - ผลผลิตเสียทั้งในแง่คุณภาพและปริมาณเนื่องจากไม่ได้คุณภาพจนต้องลดความเร็วในการผลิต
- อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเนื่องไปยังส่วนอื่นๆของเครื่องจักร เช่น pump vane ไม่ balance ส่งผลให้มีการขัดสีที่ journal babbit ส่งผลให้เพลาเกียร์ตก เกิด gearmesh
- อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ทำงาน
- โดยรวมแล้วเวลาทั้งหมดที่ต้องใช้ในงานซ่อมบำรุงต่อปีจะประมาณ 30% ของเวลาในการผลิตทั้งหมด

PREVENTIVE



BREAKDOWN Case Study

จะไปจองหุ้นไทยออยล์ แต่รถดันมาเสียกลางถนน
ทิ้งไว้ตรงนี้ก็ไม่ได้..ไม่หายก็ต้องโดนเฉี่ยว..หรืออาจโดนปรับอาน
...รอช่างก็ไม่ทันแถมอาจโดนลากเข้าไปโขกสับแน่นอน
...ถ้านั่งแทกซี่ไปเลย...กำไรหุ้นจะคุ้มกับรถหาย
หรือทำสีรถใหม่มั้ยเนี่ย...ทำไงดีหว่า ?



PREVENTIVE

TIME BASE

- ต้องใช้ระยะเวลานาน ในการเก็บบันทึกข้อมูลเป็นสถิติ
- เครื่องจักรและลูกปืนแต่ละตัวจะมีอายุการใช้งานที่ต่างกันขึ้นกับ
  - -การประกอบติดตั้ง, การบำรุงรักษา เช่นเปลี่ยนถ่ายจารบีหรือ Lube Oil
  - - ชั่วโมงการเดินเครื่องจักร, รอบเครื่อง และ LOAD
  - - สภาพลูกปืนและเครื่องจักรจากทางผู้ผลิตเอง ซึ่งมีผลให้

* มีการเปลี่ยนลูกปืนหรือ Overhaul ก่อนที่จะเกิดการเสียหายจริงทำให้สิ้นเปลืองทั้งเวลาและอะไหล่ โดยใช่เหตุ ทั้งยังอาจทำให้มีปัญหามากขึ้นหรือก่อให้เกิดปัญหาอื่นขึ้นมาแทน

* ลูกปืนหรือเครื่องจักรเกิดการเสียหายก่อนที่จะถึงระยะเวลากำหนดการเปลี่ยนลูกปืนหรือ Overhaul ซึ่งจะทำให้เกิดการ Breakdown เช่นเดียวกับการบำรุงรักษาแบบ CORRECTIVE

-โดยรวมแล้วเวลาที่ต้องการใช้ในการซ่อมบำรุงต่อปีจะตกประมาณ 15% ของเวลาการผลิตทั้งหมด

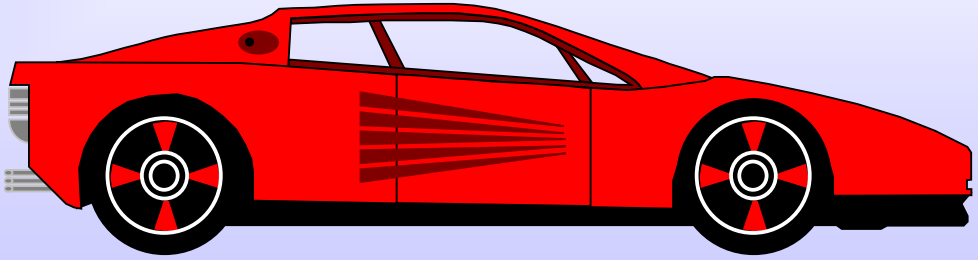
PREDICTIVE

SUBJECTIVE

OBJECTIVE

Time Base Case Study (ก่อนซ่อม)

รถคุณพี่วิ่งมาถึงระยะ 100,000 กิโล
แล้วครับ ถ้าจะให้ปลอดภัยไปซื้อหุ้นไทยออยล์ทัน
ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ต่อไปนี้ทั้งหมดตามระยะทาง...มีสายพาน
คอมพ์แอร์, สายพานราวลิ้น, ลูกปืนล้อ, ลูกปืนคอมพ์, ยางแท่นเครื่อง,
ปั๊มติ๊ก, หม้อน้ำ, หม้อพัก, ยอยล์คันชัก, ยอยล์คันส่ง, บูชปีกนก,
หัวเทียน, น้ำมันเครื่อง, กรองเครื่อง, กรองอากาศ, ชุดเกียร์ขับ,
น้ำมันเบรค, โชคอัพ, จานเบรค,
แบตเตอรี่, ไดชาร์ท, ไดสตาร์ท



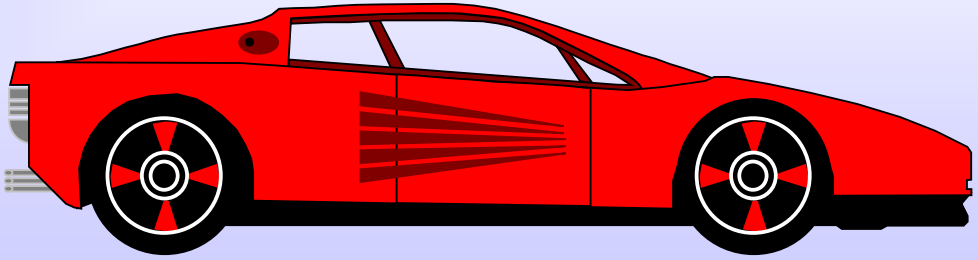
รถผมไม่เคยมีปัญหาเลยนะไม่
เคยมีเครื่องสะดุด...ไม่เคยมีเสียง
ผิดปกติไม่ว่าเครื่องเย็นหรือเครื่อง
ร้อน...แถมไม่เคยมีกลิ่น
แปลกๆ...สตาร์ทก็
ติดทันที

3 Days After Changing everything...

Time Base Case Study (หลังซ่อม)

โอ้ย! คุณขันแคลมพ์คลอบยางคลุม
เพลาขับไม่แน่น...จารบีลูกปืนรั่วหมดเลย, แถมมีประแจ
ทิ้งไว้ในดุมล้อข้างในเกือบทำให้ปีกนกผมบิด...เปลี่ยนลูกปืน
คอมพ์แล้ว...ตอนถ่ายน้ำยาแอร์ก็ไม่ใส่น้ำมันหล่อลื่นให้...เปลี่ยนลูกปืน
คอมพ์คุณใช้ใครทำ...ใช้สามขาหรือเปล่าหรือใช้ตอกเอาดื้อๆ...
มีเสียงหอนที่คอมพ์น่าจะพังแล้วเนี่ยเสียงดังมาก...ตั้งสายพาน
คอมพ์แอร์ก็หย่อนเสียงหอนมาก...ท่อหม้อน้ำก็แตกเพราะคุณ
ถอดแคลมพ์รัดแล้วมันกรอบก็ต้องแตกแน่นอน,
ทำไมไม่เปลี่ยนท่อด้วย!

ทั้งหมดแสนห้า...จ่ายมา
เถอะน่า ไอ้ที่บอกมาน่ะ...มันเสีย
อยู่แล้วทั้งหมดแหละ...เดี๋ยว
ตีราคาให้ใหม่ว่าต้อง
ซ่อมอะไรอีก



PREDICTIVE

SUBJECTIVE

- ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบซึ่งโดยปกติแล้วมักจะมีงานที่สำคัญกว่ารออยู่
- จุดตรวจวัดบางตำแหน่งอันตรายมาก
- ไม่ทราบสาเหตุที่แท้จริงของการเสียหาย ซึ่งจะทำให้เราสามารถแก้ไขได้ตรงจุดประหยัดทั้งเวลา กำลังคนและวัสดุ
- ไม่ทราบแนวโน้ม ซึ่งอาจแก้ไขได้ก่อนการเสียหาย
- อาจเกิดความผิดพลาดเพราะเสียงต่าง ๆ ของเครื่องจักรรอบข้าง
- เวลาที่ต้องเสียทั้งหมด ค่อนข้างดีเท่ากับ OBJECTIVE แต่ต้องสูญเสียเวลาของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งปกติแล้วจะต้องเป็นผู้ที่ทำงานอื่นได้ดีด้วย

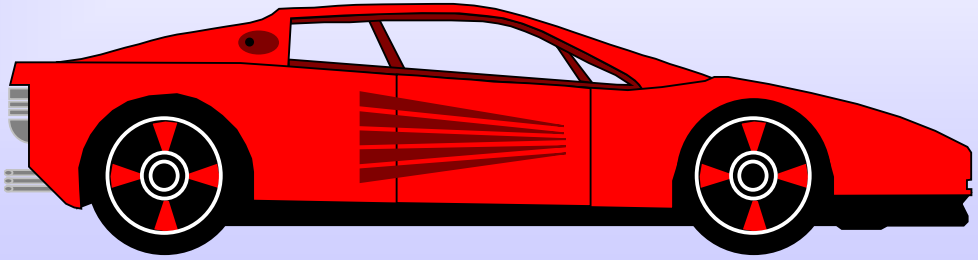
OBJECTIVE

- สามารถทราบตลอดเวลาว่าเครื่องจักรอยู่ในสภาพไหน ซึ่งทำให้ง่ายต่อการวางแผน
- ต้องการเพียงผู้ใช้เครื่องเป็นโดยใช้เวลาในการเรียนรู้ไม่กี่นาที ต่างกับเวลาที่ต้องใช้ในการเรียนรู้กว่าจะเป็นผู้เชี่ยวชาญในการวัดแบบ SUBJECTIVE

Subjective Maintenance Case Study

ช่าง..เปลี่ยนลูกปืนล้อหน้าขวาให้ด้วย...เสียงหอนของ
ลูกปืนมาจากด้านหน้าขวา...เวลาล้อไม่เคลื่อน...เร่งความเร็วรอบ
เท่าไหร่ก็ไม่ดังแสดงว่าเมื่อทุกส่วนทำงานยกเว้นล้อมันไม่มีเสียงดัง
...ดังนั้นเป็นที่ล้อแน่นอน...แล้วมันก็ดังขึ้นเรื่อยๆตามความเร็วของรถ
...แถมตอนนี้เริ่มดังที่ความเร็วรอบต่ำลงเรื่อยๆ...ชัวร์ป้าบ...เป็นที่ลูกปืน
ล้อแน่นอน...นี่ดีนะที่ผมเผอิญมาใช้รถ...ปล่อยให้ลูกน้อง
ใช้ตั้งนานไม่มีใครเอะใจมาบอกเลย...เกือบจะต้องเสีย
น้อยเสียยากเสียมากเสียง่ายซะแล้ว!

ทำไมไม่เปลี่ยนเองซะเลยฟะ!
จะชาร์ทอย่างอื่นด้วย
ก็เลยไม่ได้เลย



Example
Reduction cost for each Maintenance Philosophies

Electric Power Research Institute study on annual costs of the three philosophies

- Breakdown = $17-18 / HP
- Preventive = $11-13 / HP
- Predictive = $7-9 / HP

OBJECTIVE TOOLS

-Machinery Vibration

-Lube Oil Analysis / Wear Particle Analysis

-Ultrasonic testing

-Motor Current Analysis

-Infrared Thermography

-Bearing Temperature

-Sound Meter and etc.

Vibration CbM Program

Condition Monitoring consists of four steps:

Detection

Analysis

Correction

Feedback/Root Cause

ค่า Vibration ที่ยอมรับได้
(Criteria Acceptance)

ISO 2372 Criteria

Limit, mm/s, rms	Class I	Class II	Class III	Class IV	Class V
71	D	D	D	D	D
45.0 - 71.0	D	D	D	D	D
28.0 - 45.0	D	D	D	D	D
18.0 - 28.0	D	D	D	D	C
11.2 - 18.0	D	D	D	C	C
7.1 - 11.2	D	D	C	C	B
4.5 - 7.1	D	C	C	B	B
2.8 - 4.5	C	C	B	B	A
1.8 - 2.8	C	B	B	A	A
1.12 - 1.8	B	B	A	A	A
0.71 - 1.12	B	A	A	A	A
0.3 - 0.71	A	A	A	A	A
0 - 0.3	A	A	A	A	A

Remark : 1) Amplitude in mm/s
2) Detection type in rms.
3) Band Pass Filter as 10-1000 Hz.

ISO 10816 Part 3

Industrial Machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 rpm and 15,000 rpm when measured insitu

Velocity	Pumps > 15 kW				Medium Size Machines		Large Machines	
10 -1000 Hz, r > 600 rpm	Radial , Axial, Mixed Flow				15 kW < Power < 300 kW		300 kW < Power < 50 MW	
2 - 1000 Hz, r < 600 rpm	Group 4		Group 3		Group 2		Group 1	
	Integrated Driver		External Driver		160 mm < Motor Height < 315 mm		315 mm < Motor Height	
Limit, mm/s, rms	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible
> 18.0	D	D	D	D	D	D	D	D
11.0 - 18.0	D	D	D	D	D	D	D	D
7.1 - 11.0	D	D	D	C	D	D	D	C
4.5 - 7.1	D	C	C	B	D	C	C	B
3.5 - 4.5	C	B	B	B	C	B	B	B
2.8 - 3.5	C	B	B	A	C	B	B	A
2.3 - 2.8	B	B	B	A	B	B	B	A
1.4 - 2.3	B	A	A	A	B	A	A	A
0.7 - 1.4	A	A	A	A	A	A	A	A
0.0 - 0.7	A	A	A	A	A	A	A	A

	Newly Commissioned
	Unrestriced long-term operation
	Restriced long-term operation
	Vibration causes damage

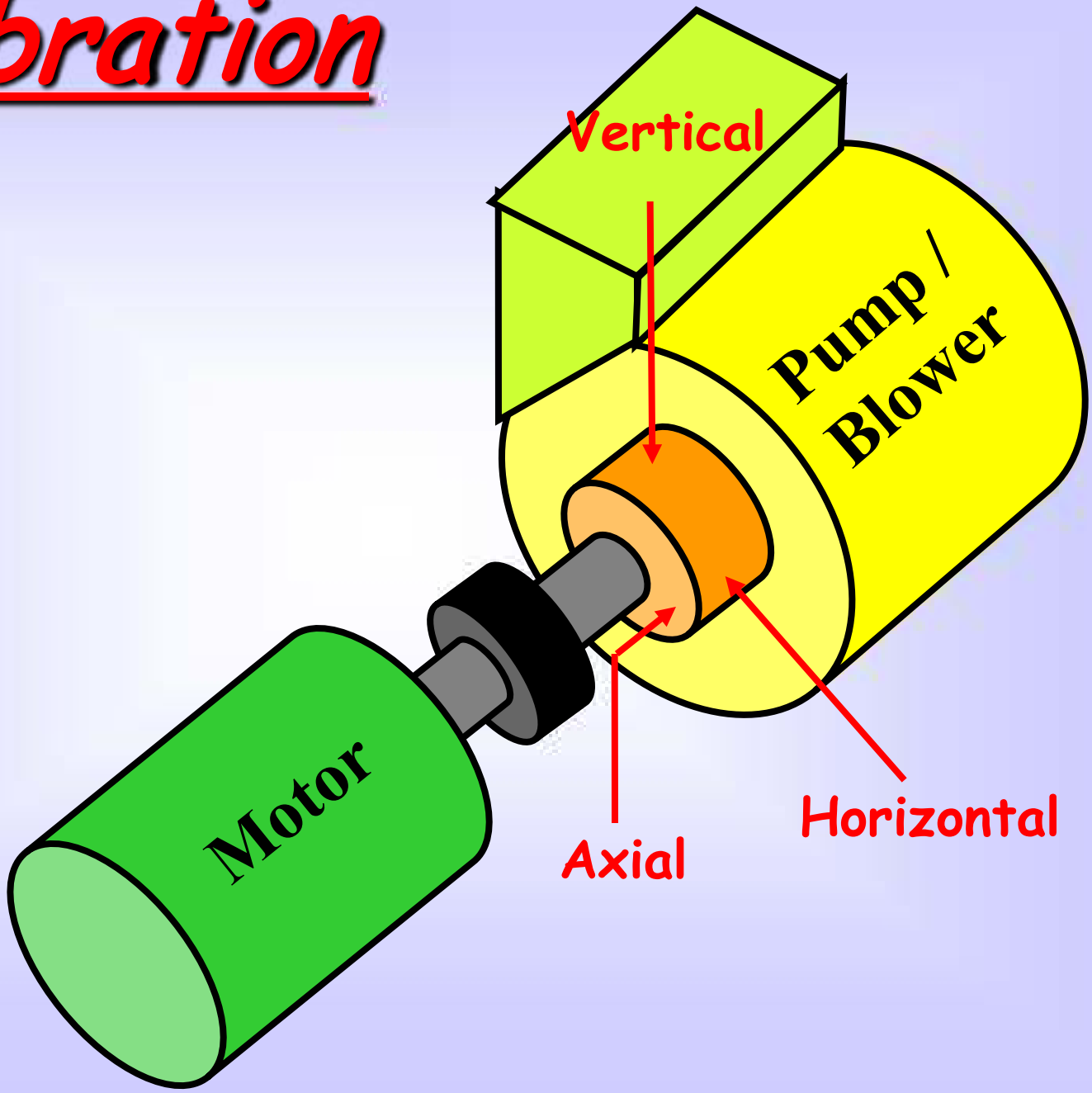
ISO 10816 Part 3

Industrial Machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 rpm and 15,000 rpm when measured insitu

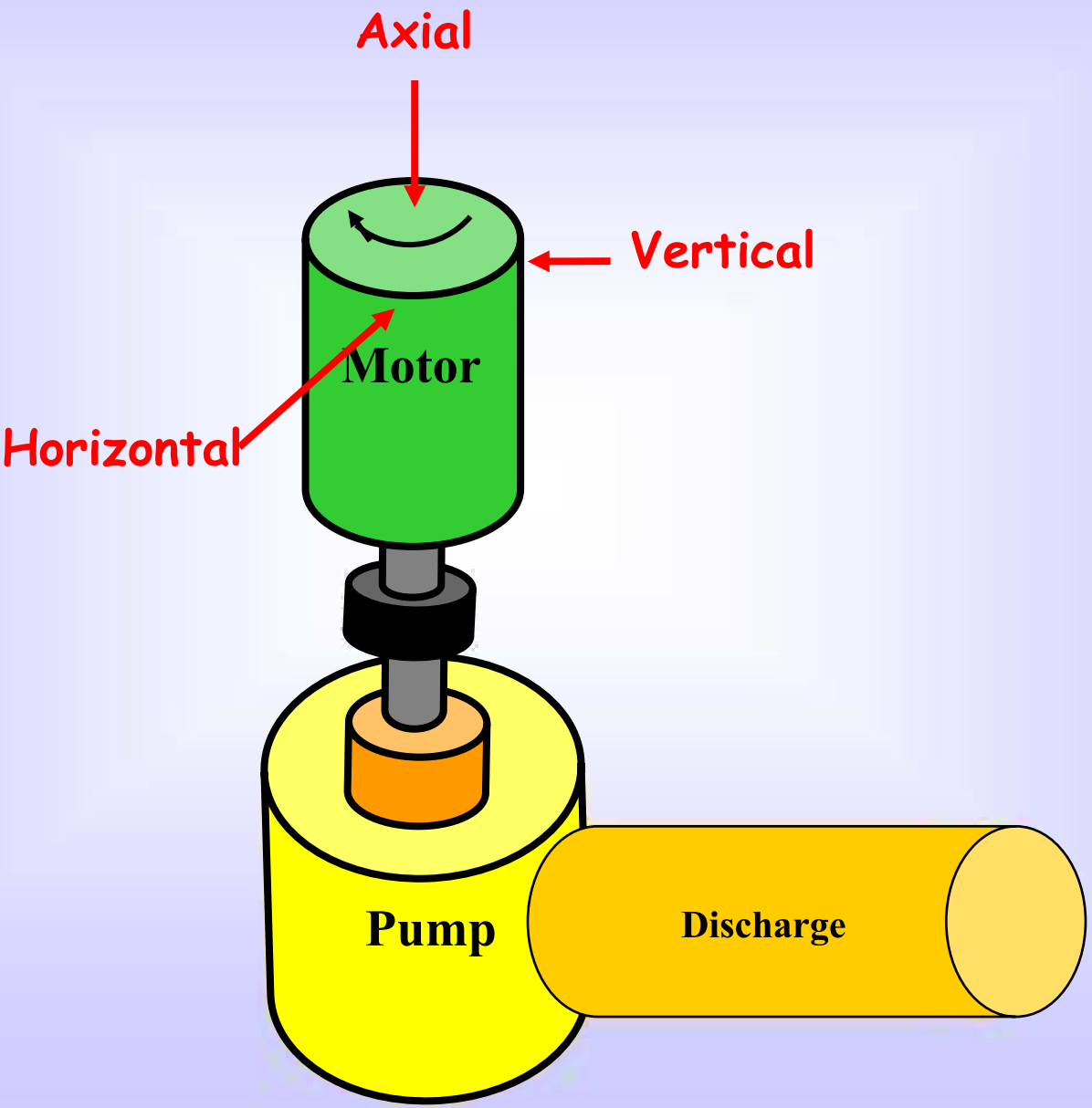
Displacement	Pumps > 15 kW				Medium Size Machines		Large Machines	
10 -1000 Hz, r > 600 rpm	Radial , Axial, Mixed Flow				15 kW < Power < 300 kW		300 kW < Power < 50 MW	
2 - 1000 Hz, r > 120 rpm	Group 4		Group 3		Group 2		Group 1	
	Integrated Driver		External Driver		160 mm < Motor Height < 315 mm		315 mm < Motor Height	
Limit, micron, rms	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible
> 140	D	D	D	D	D	D	D	D
113 - 140	D	D	D	D	D	D	D	C
90 - 113	D	D	D	D	D	C	D	C
71 - 90	D	D	D	C	D	C	C	B
56 -71	D	D	D	C	C	B	C	B
45 -56	D	C	C	B	B	B	B	B
36 -45	D	C	C	B	B	B	B	A
28 -36	C	B	B	B	B	A	B	A
22 -28	C	B	B	A	B	A	A	A
18 -22	B	B	B	A	A	A	A	A
11 -18	B	A	A	A	A	A	A	A
0 - 11	A	A	A	A	A	A	A	A

	Newly Commissioned
	Unrestriced long-term operation
	Restriced long-term operation
	Vibration causes damage

จุดวัด Vibration

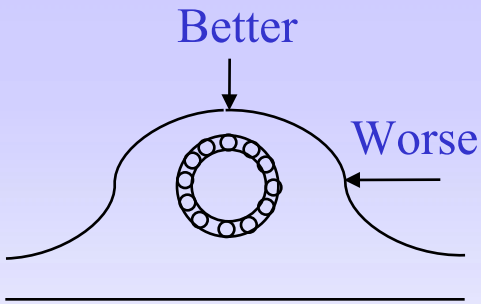


Vertical Pump Case

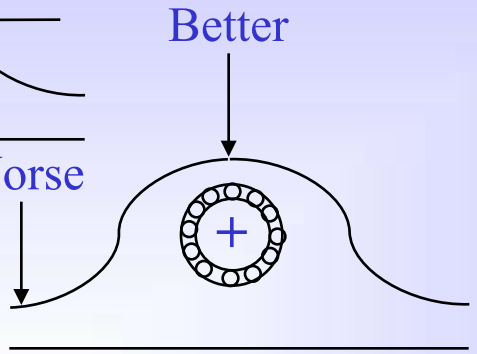


จุดวัดที่เหมาะสม

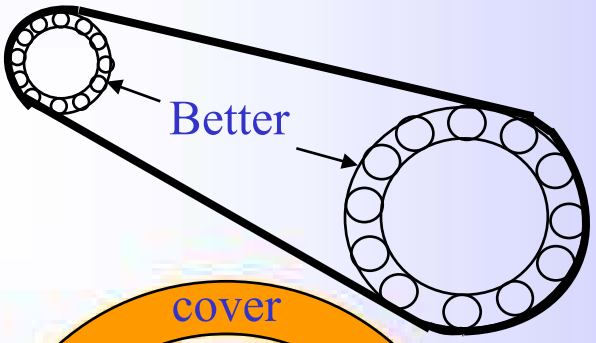
1) จุดที่ใกล้ลูกปืนมากที่สุด



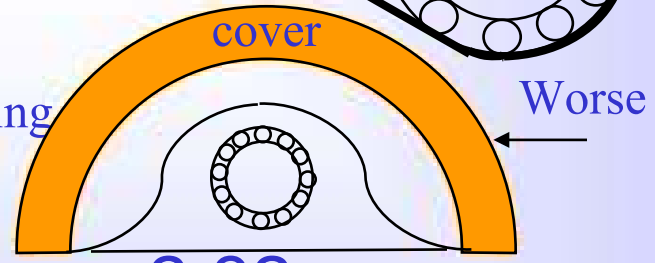
2) จุดที่ตรงเข้าสู่ศูนย์กลางลูกปืน



3) จุดที่รับภาระ (Load) มากที่สุด

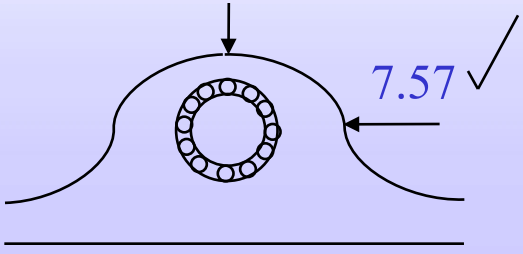


4) จุดที่เป็นเนื้อเดียวกันกับ Bearing Housing

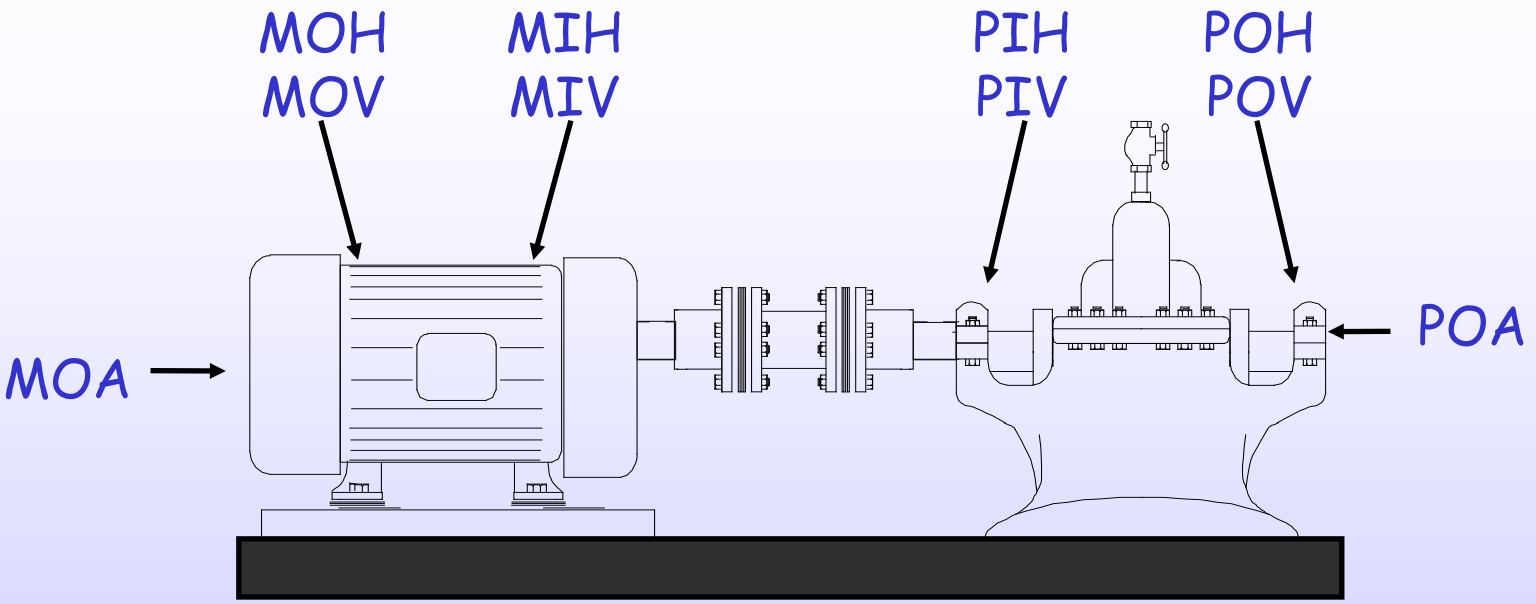


2.03

5) จุดที่ให้สัญญาณ Vibration แรงที่สุด

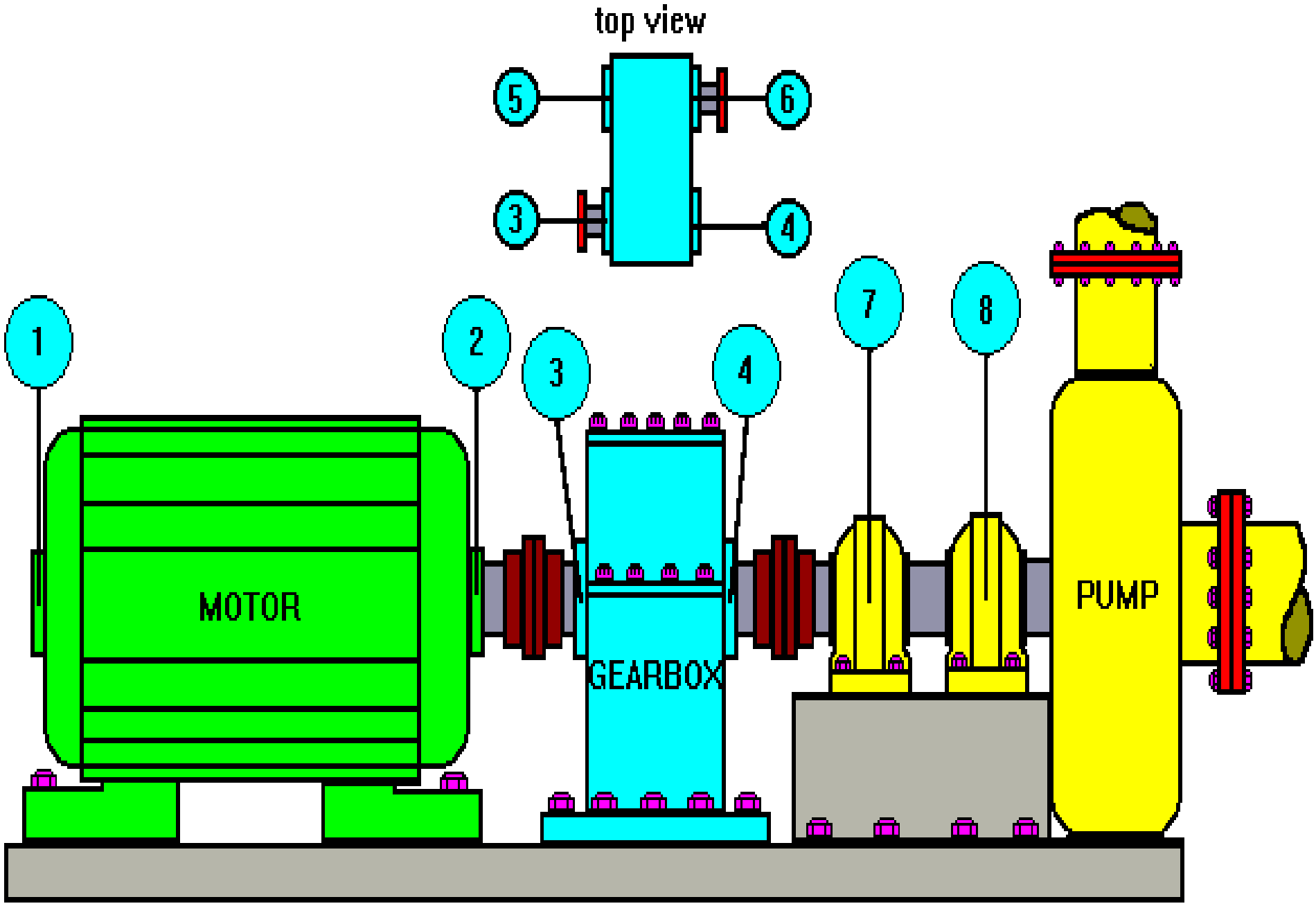


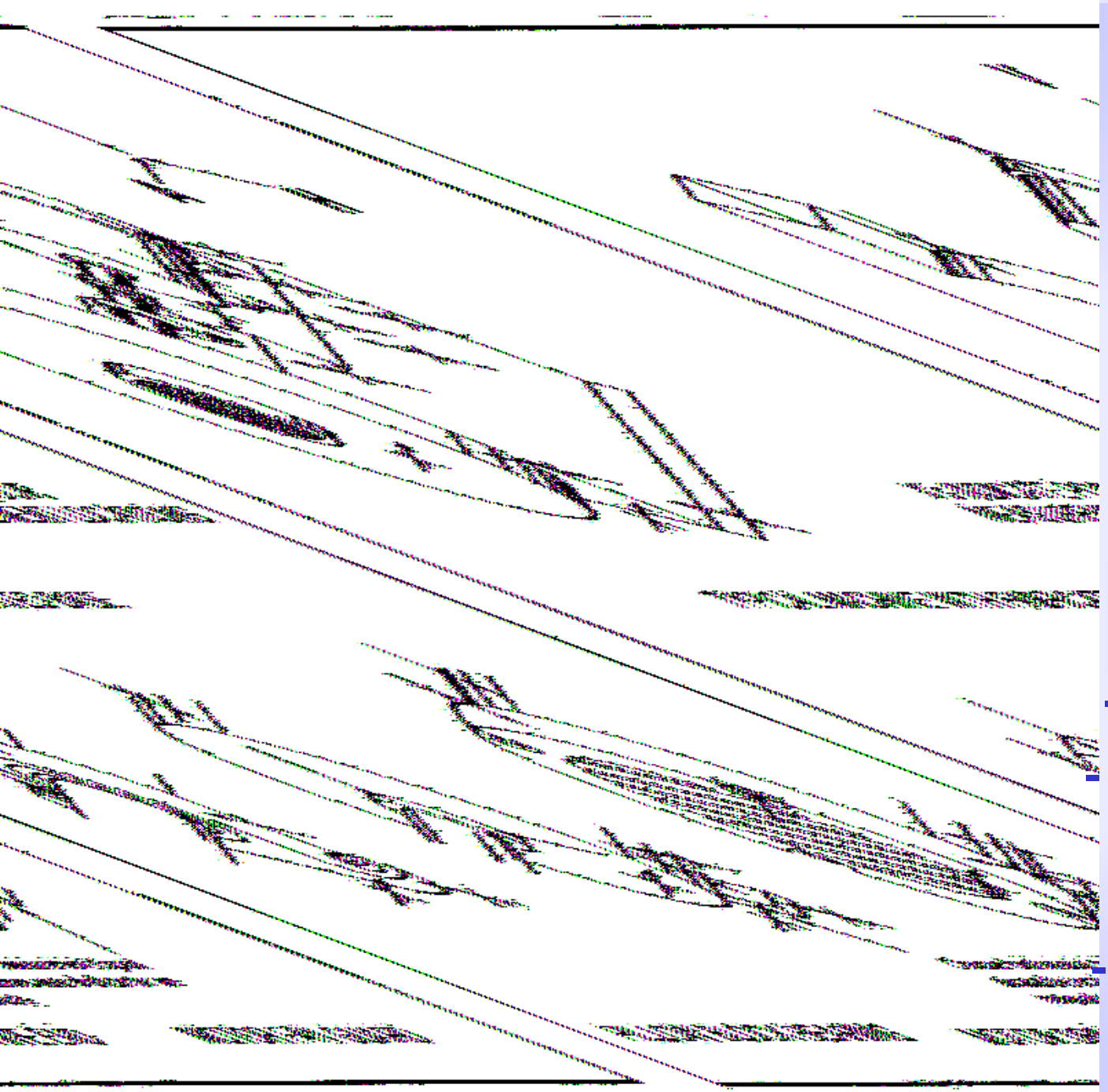
Measurement Point Locations



2 per bearing + 1 axial measurement per shaft

OB=TDS=NDE
IB=DS=DE


top view
5
6
3
4
1
2
3
4
7
8
MOTOR
GEARBOX
PUMP



ตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสมในการเก็บค่า Vibration ที่ไม่เหมือนกันเมื่อเงื่อนไขเปลี่ยนไป

การเก็บข้อมูลที่ดี

- ทิศทางเดิมเช่น H, V, A
- ตำแหน่งเดิมเช่น V ตรงจุดไหน ก็ต้อง V ตรงจุดเดิมในครั้งหน้า
- วิธีจับยึดหัววัดต้องแบบเดิม

หน่วยของการวัด Vibration

Vibration Amplitude

1) Displacement
2) Velocity
3) Acceleration
    3.1) General G
    3.2) G Spike Energy (Demodulation for Bearing Detection)

4) dB , $dB = 20 \text{ Log } \frac{R}{R \text{ ref}}$

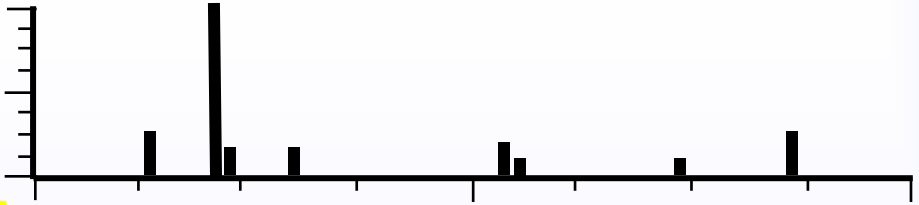
R = ค่าที่อ่านได้จริง
R ref = ค่าที่นับให้เป็น Noise Vibration

Amplitude Units – What You See

Displacement

mils (0.001 inch)

µm (0.001 millimeter)

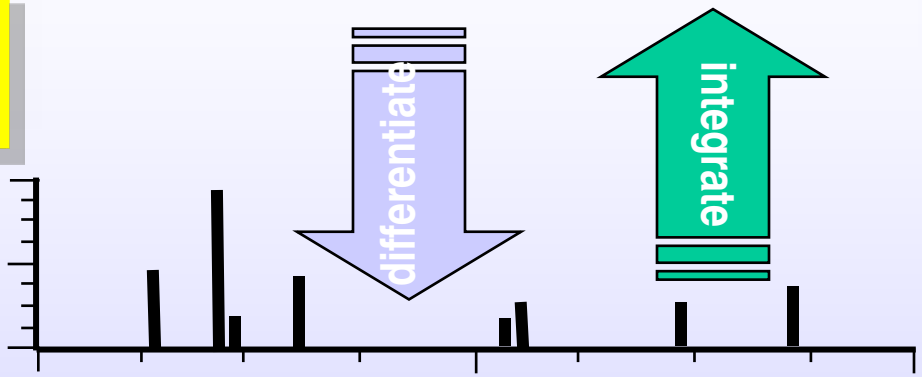


The units are all mathematically related such that…

Velocity

ips (inches/sec)

mm/s (millimeters/sec)

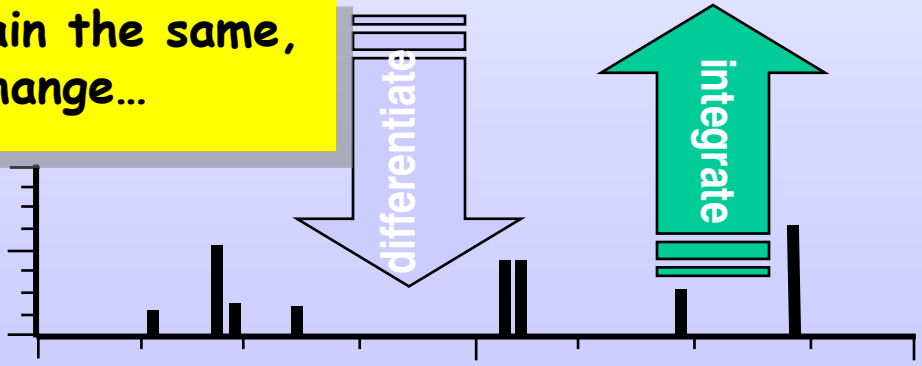


The frequencies remain the same, but the amplitudes change…

Acceleration

g's

m/s^2(meters/sec^2)



UNIT CONVERSION

$A = 64\ fV \times 10^{-5}$

$A = 202\ f^2 D \times 10^{-8}$ G, Pk

$V = 1562 \frac{A}{f}$

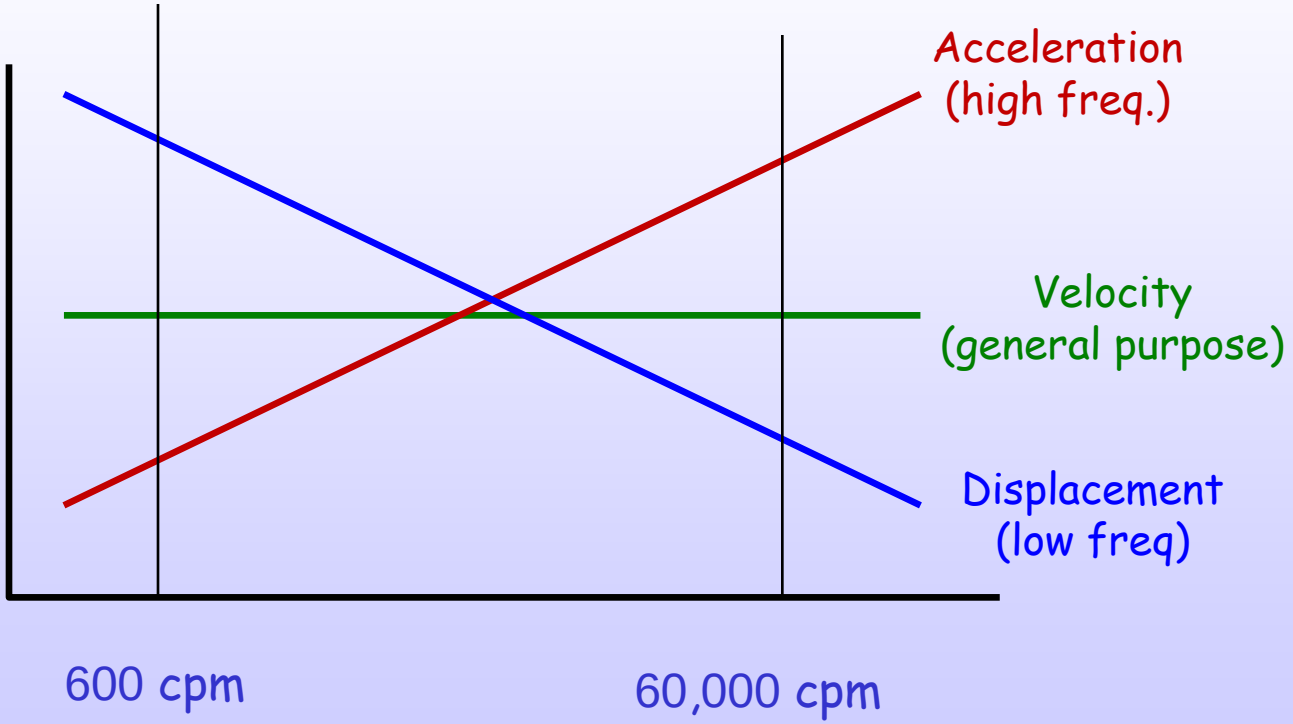
$V = 315\ f\ D \times 10^{-5}$ mm/s, Pk

$D = 495050 \frac{A}{f^2}$

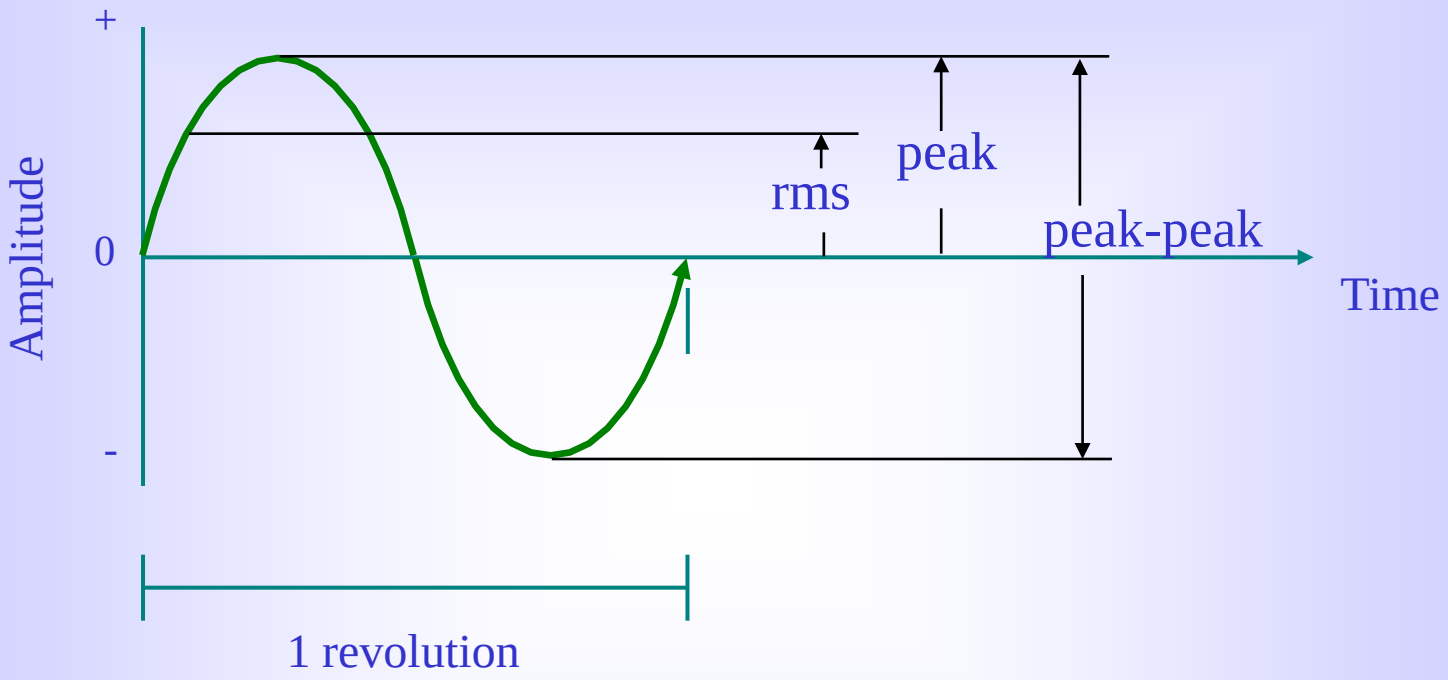
$D = 317 \frac{V}{f}$ Micron, Pk-Pk

What's the difference? Acceleration, Velocity, & Displacement

- The frequency range of interest



Type of measurement



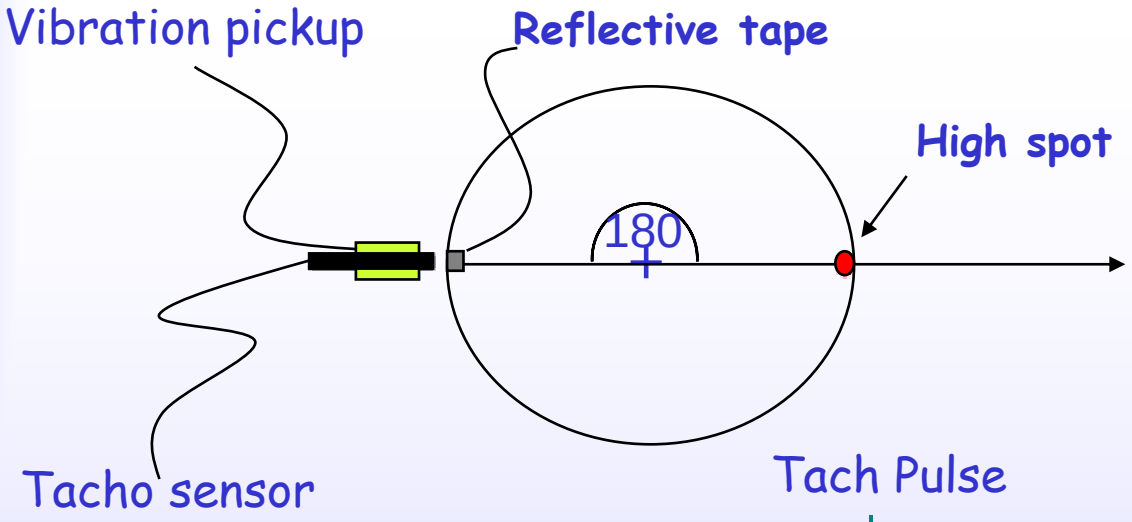
For Pure Sine Wave Form

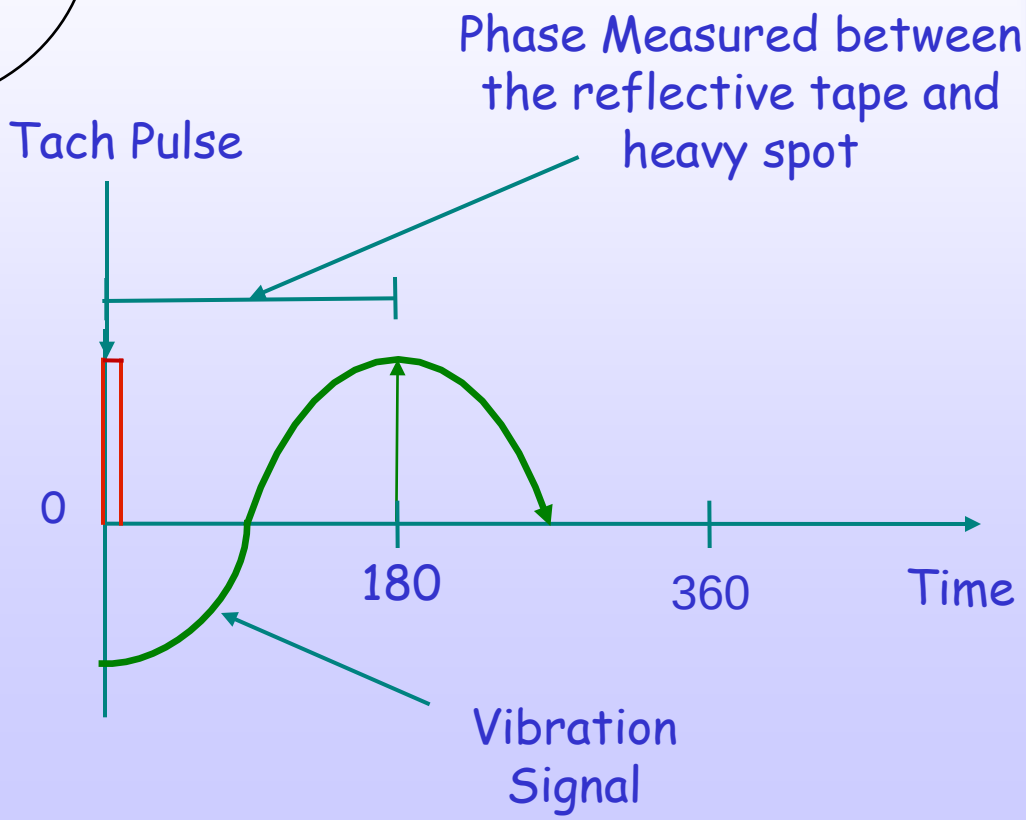
peak-peak = 2 peak

= 2 x 1.414 rms

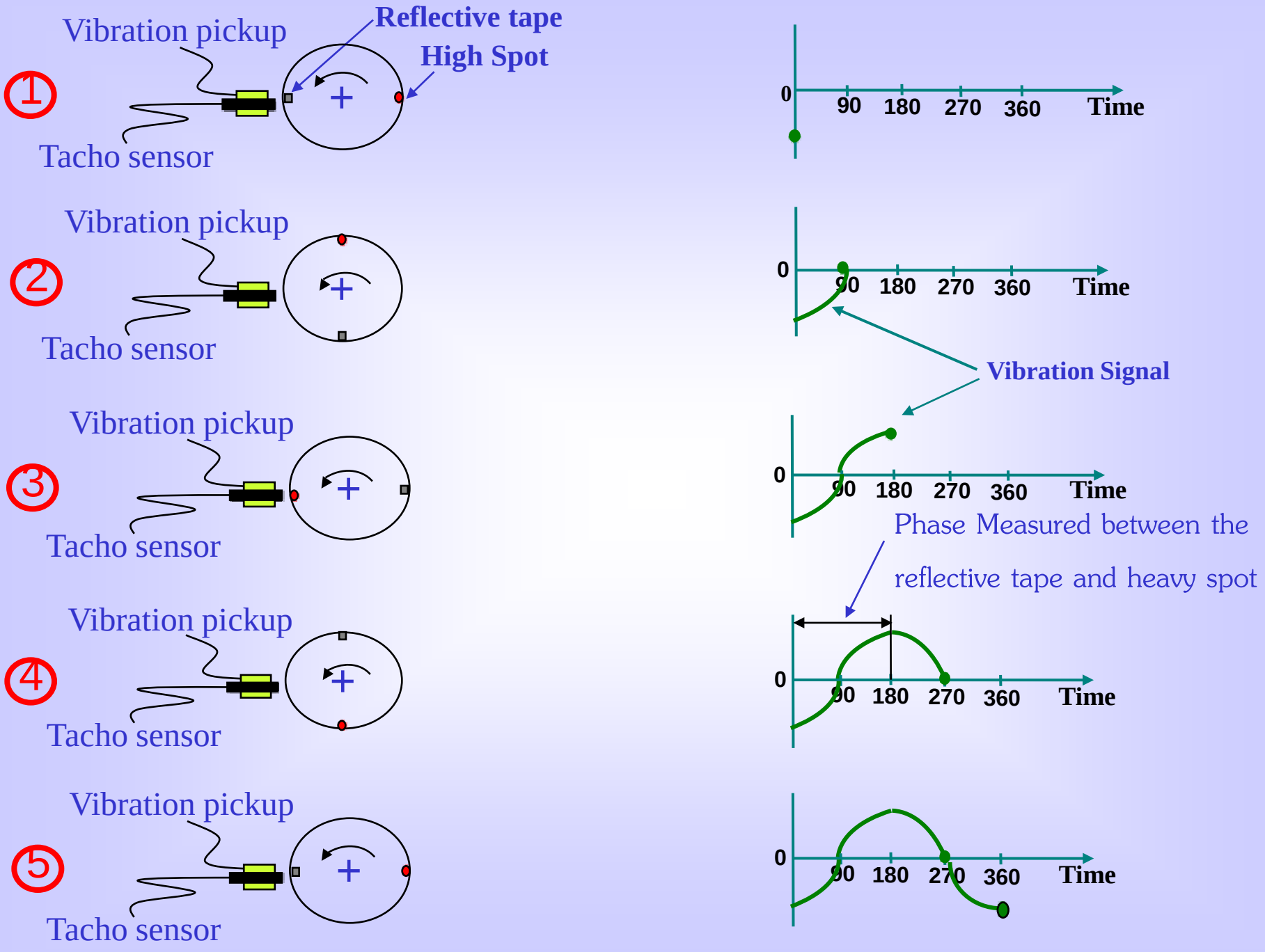
Avg = 0.637 Peak

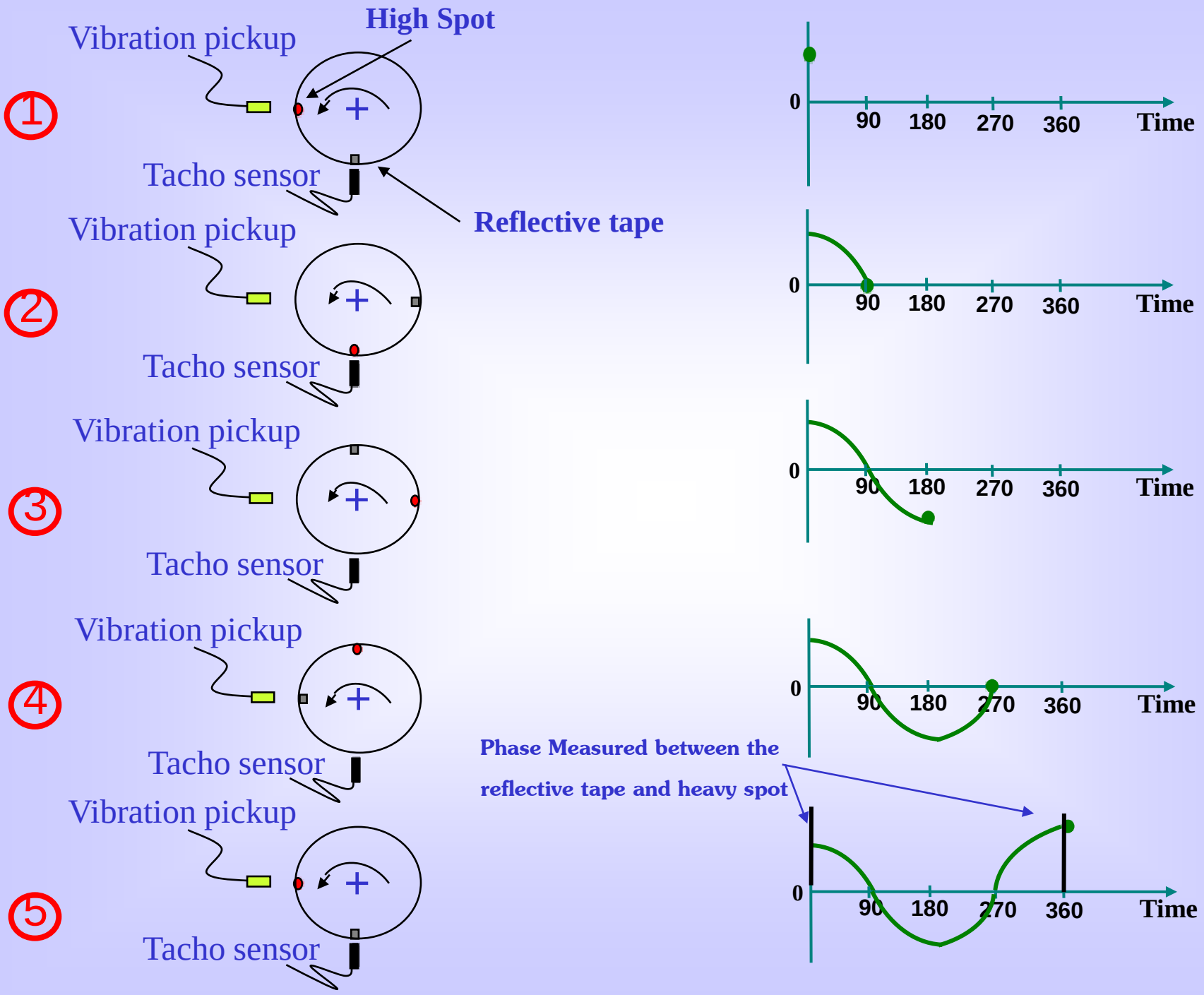
Phase Measurement





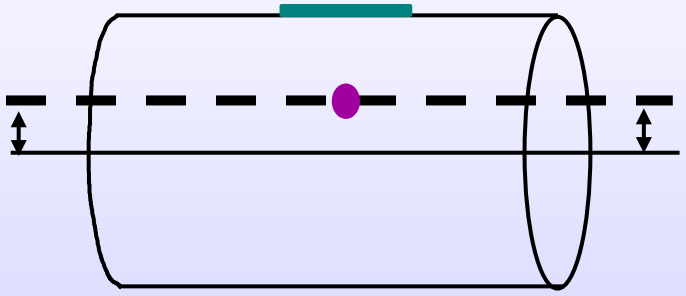
The Tacho signal get when the vibration is - Peak


Vibration pickup
Reflective tape
High Spot
1
Tacho sensor
0
90
180
270
360
Time
Vibration pickup
2
Tacho sensor
0
90
180
270
360
Time
Vibration Signal
Vibration pickup
3
Tacho sensor
0
90
180
270
360
Time
Phase Measured between the
reflective tape and heavy spot
Vibration pickup
4
Tacho sensor
0
90
180
270
360
Time
Vibration pickup
5
Tacho sensor
0
90
180
270
360
Time

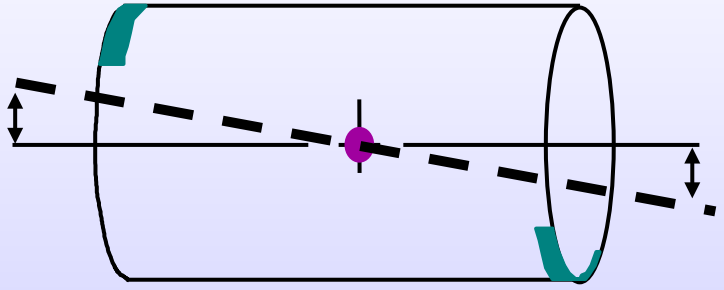

High Spot
Vibration pickup
Tacho sensor
Reflective tape
Vibration pickup
Tacho sensor
Vibration pickup
Tacho sensor
Vibration pickup
Tacho sensor
Vibration pickup
Tacho sensor
0
90
180
270
360
Time
0
90
180
270
360
Time
0
90
180
270
360
Time
0
90
180
270
360
Time
Phase Measured between the
reflective tape and heavy spot
0
90
180
270
360
Time

Phase Comparison

In Phase:

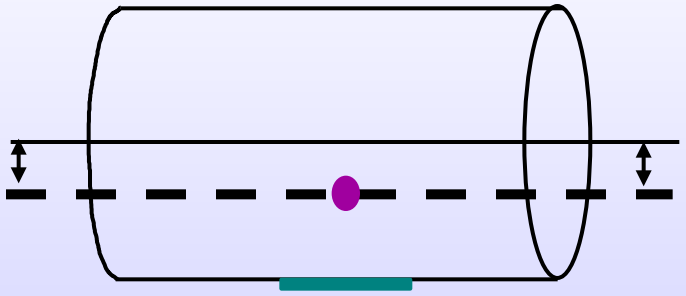


180° Out of Phase:

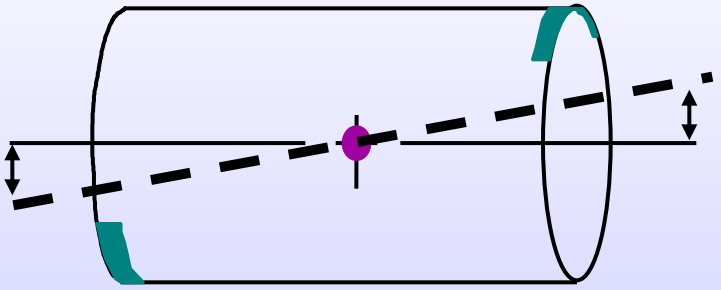


Phase Comparison

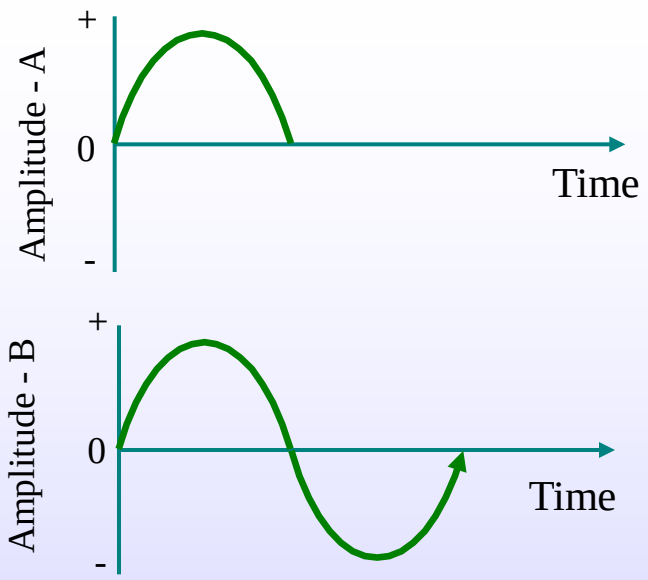
In Phase:

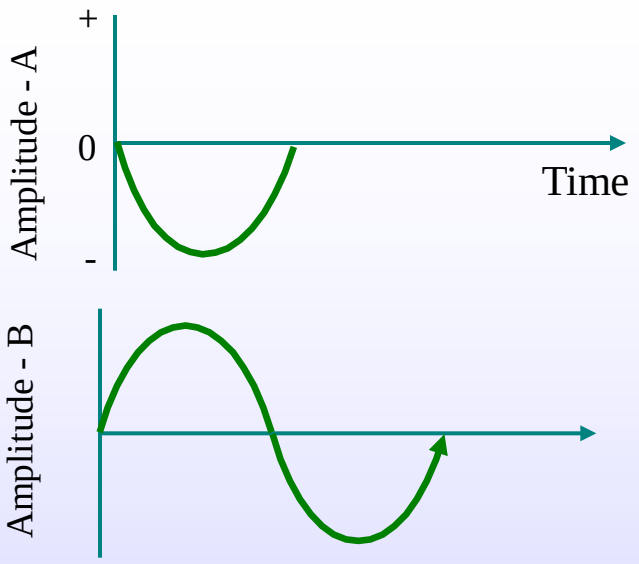


180° Out of Phase:

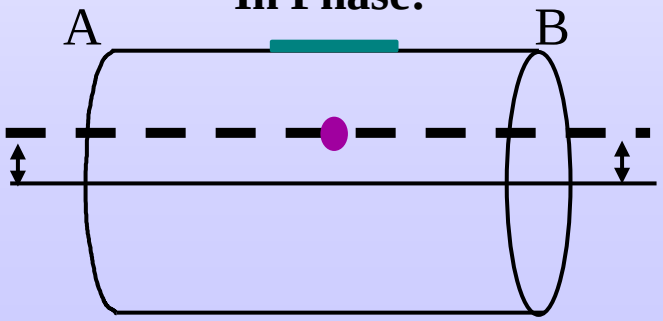


Phase Comparison

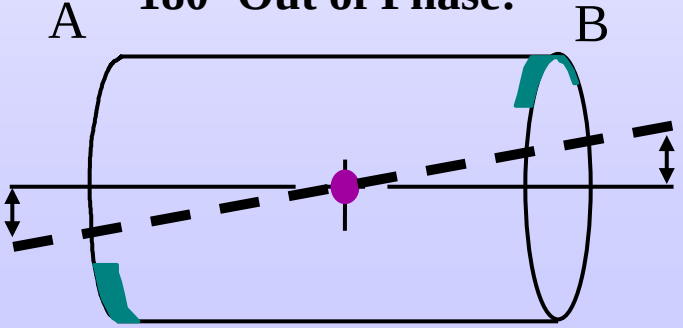




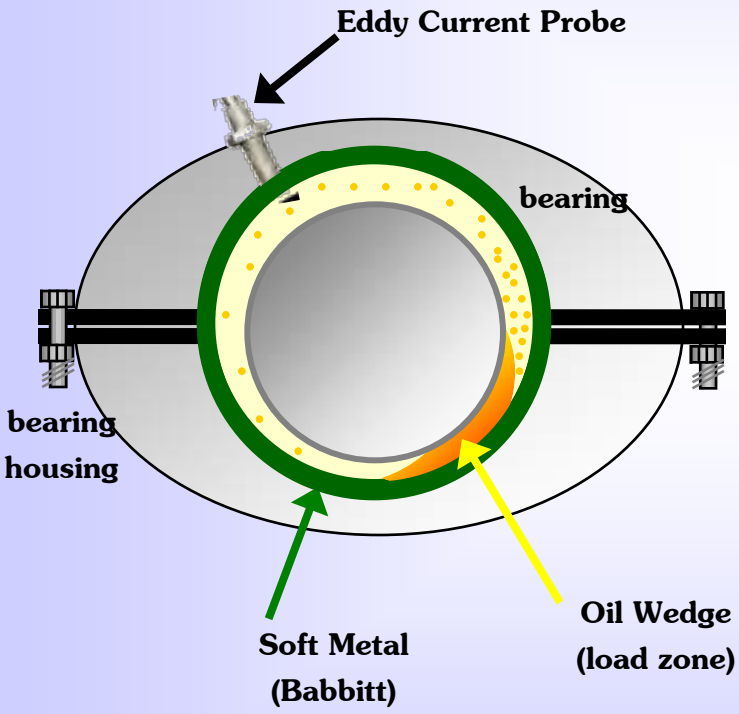
In Phase:

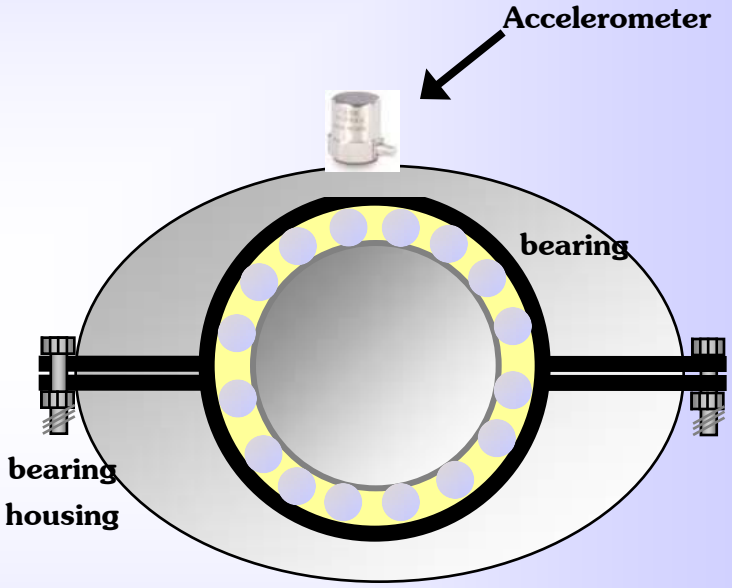


180º Out of Phase:



The vast majority of bearings are one of two types: Rolling Element, or "Anti-Friction" Bearings and Fluid Film Bearings



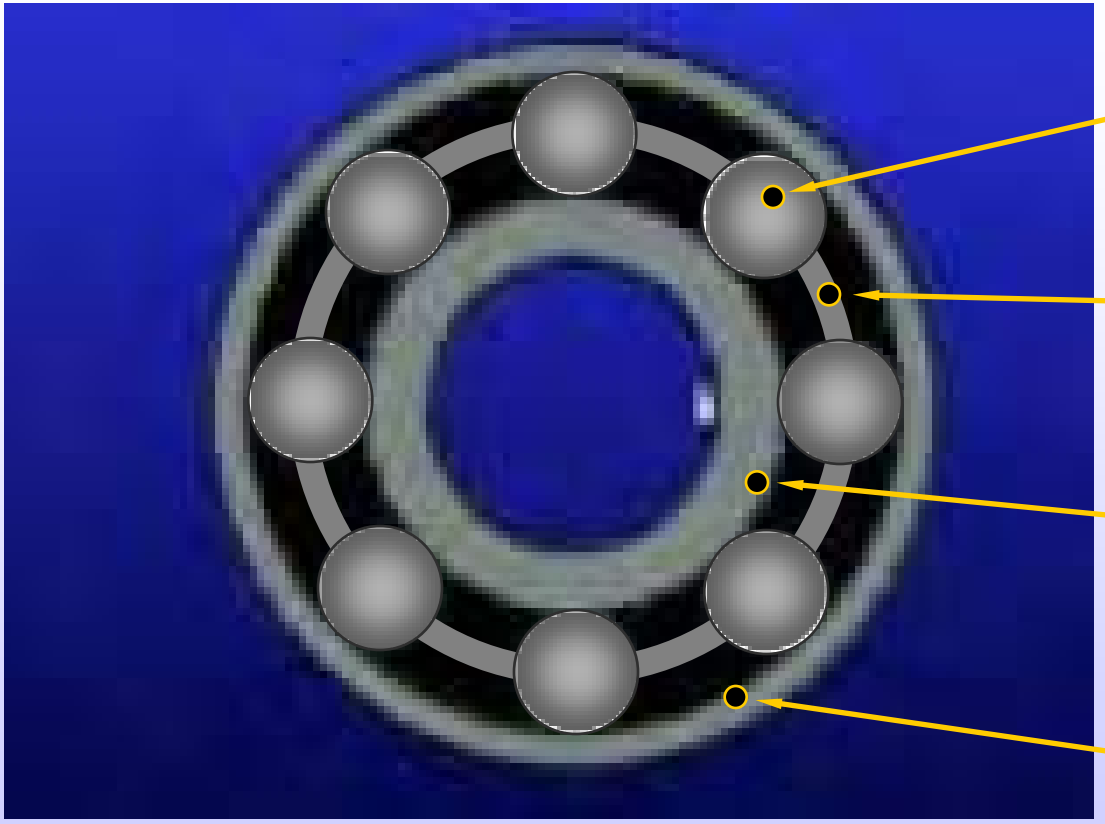


Fluid Film: Capable of supporting very high loads, high temperatures, high speed. Expensive and associated rotor dynamics are very complex.

Rolling Element: Low cost, simple to apply. But are capable of only moderate speeds and relatively light loads. Rotor dynamics aren't bad but diagnostics can be complex due to all those spinning balls!

Roller Bearing Faults

Four different bearing frequencies



Ball Spin Frequency
(BSF)

Fundamental Train
Frequency
(FTF)

Ball Pass Frequency
Inner Race
(BPFI)

Ball Pass Frequency
Outer Race
(BPFO)

Bearing Problems at Turning Speed Harmonics

1) Internal Clearances
2) Loose Bearing Mounts
3) Bearing Loose in Housing
4) Slipping on the Shaft
5) Misaligned Bearing

Lubrication Problems

1) Lack of Lubrication

2) Excessive Lubrication

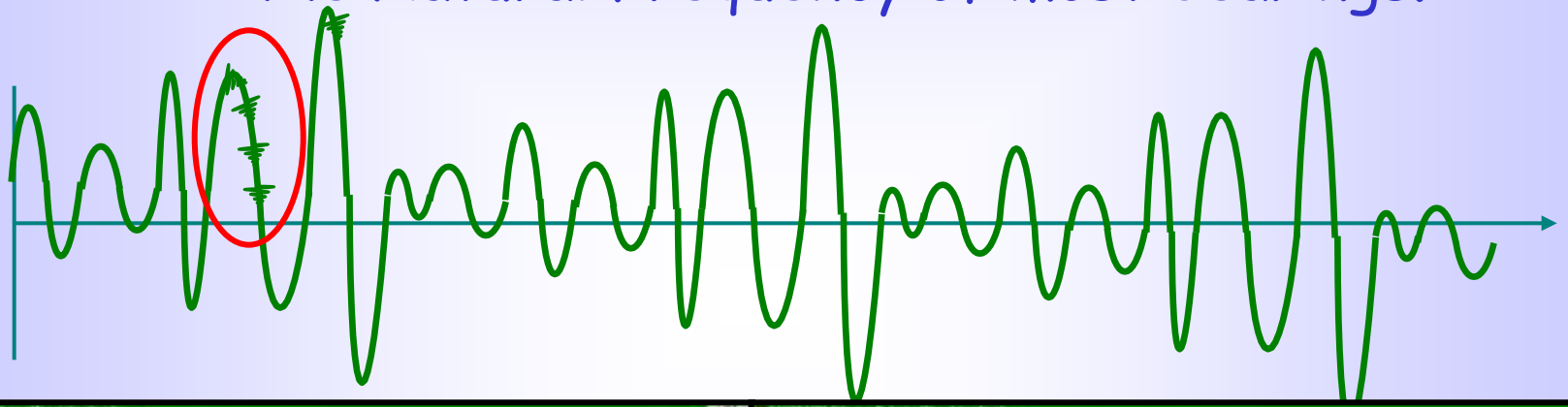
3) Dirty Lubrication

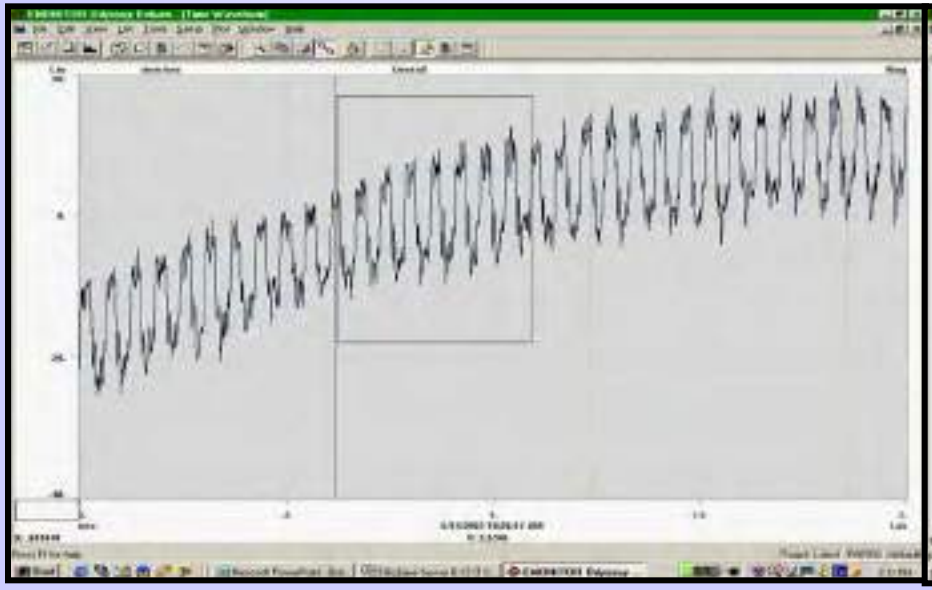
Other Causes of Bearing Failure

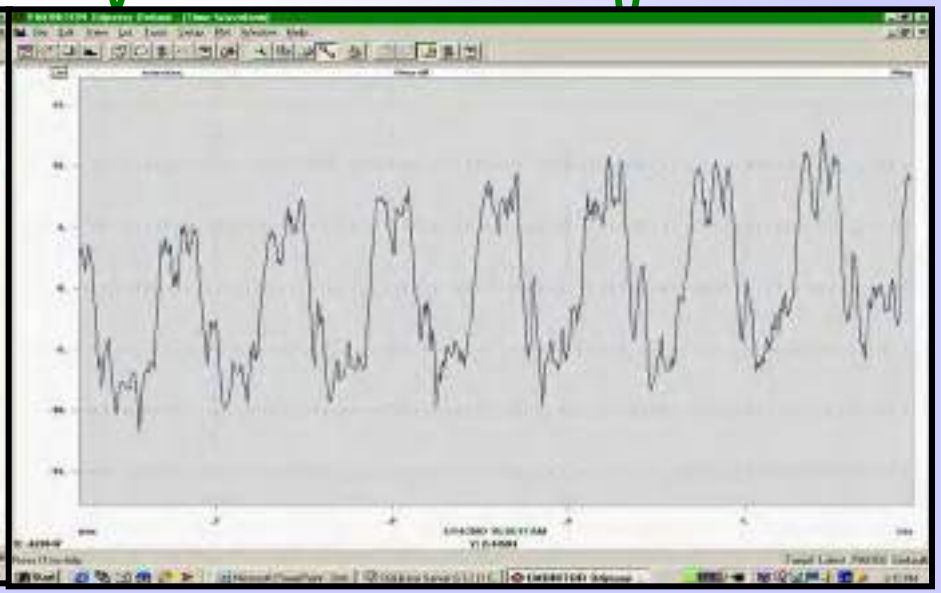
1) Improper Application
2) Manufacturing Defects
3) Brinelling

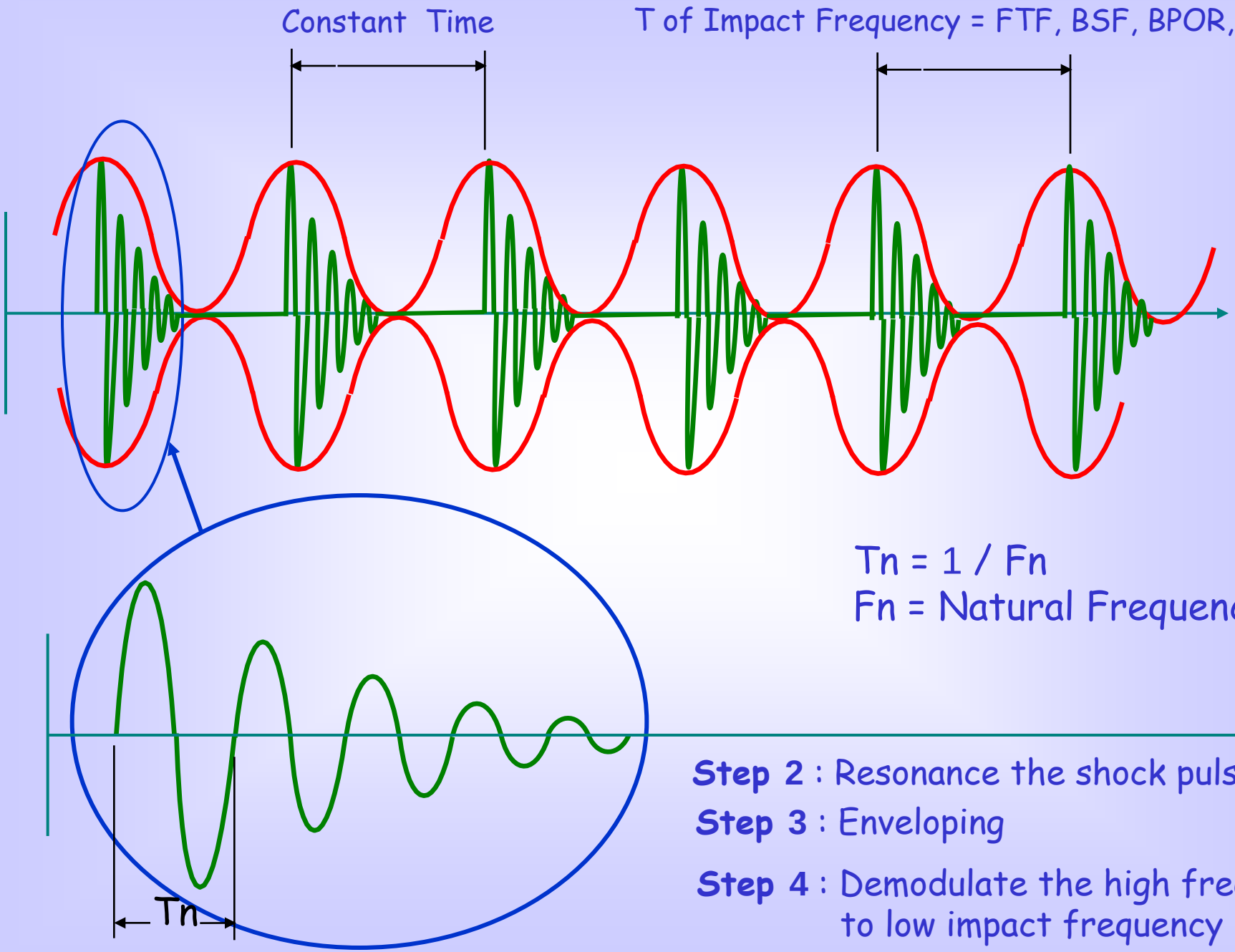
How Demodulating Technique work

Step 1: High Pass Filter at 0.5 - 2.5 kHz which is the Natural Frequency of most bearings.









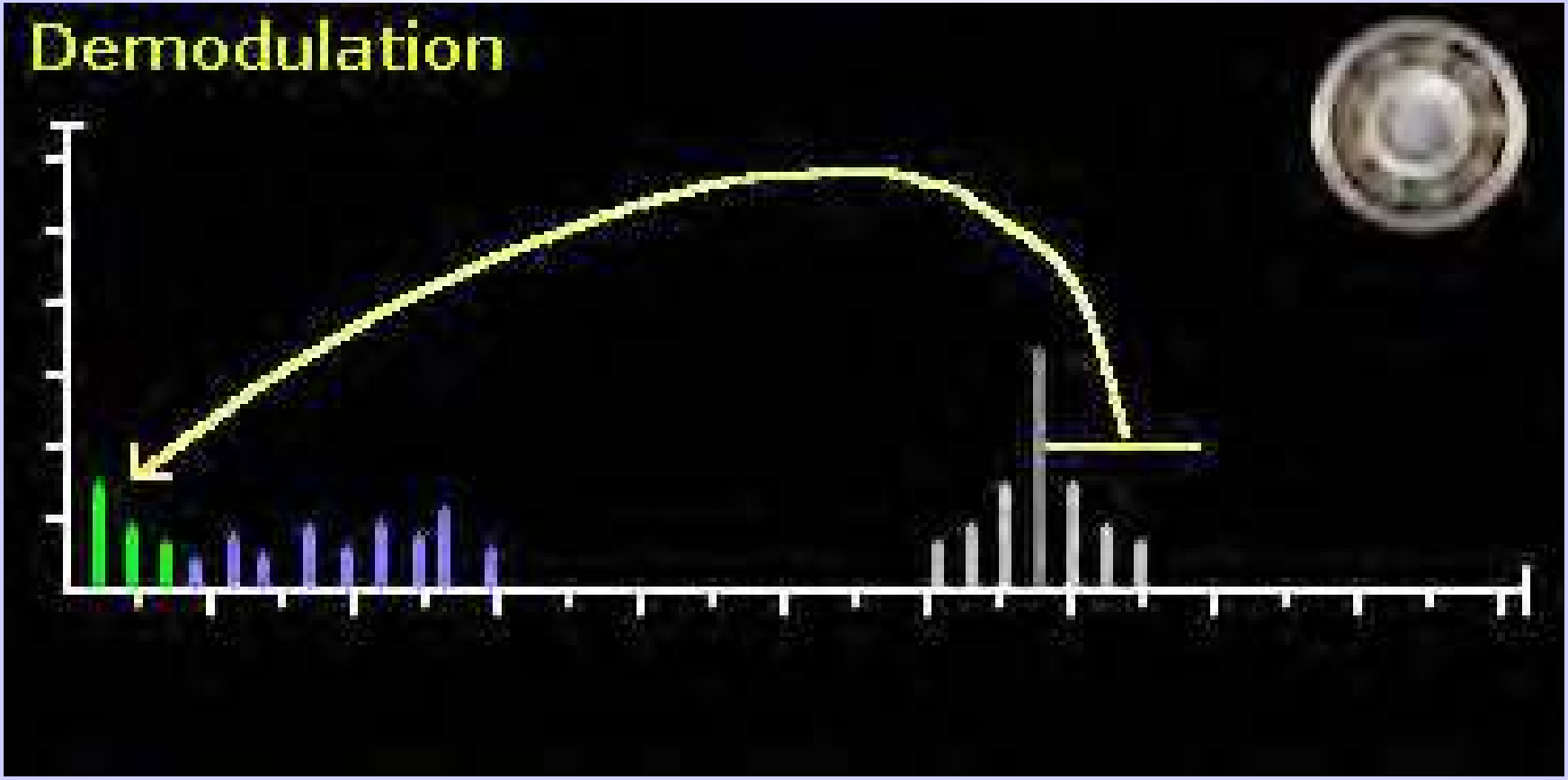
Tn = 1 / Fn
Fn = Natural Frequency

Step 2 : Resonance the shock pulse

Step 3 : Enveloping

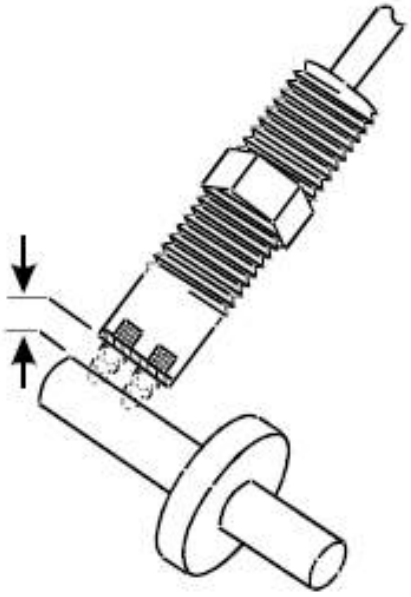
Step 4 : Demodulate the high freq. to low impact frequency

ภาพรวมของการทำ DEMODULATION

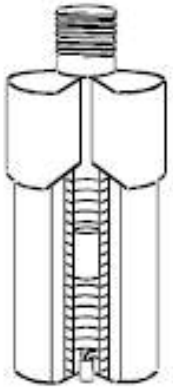


ประเภทของหัววัด Vibration

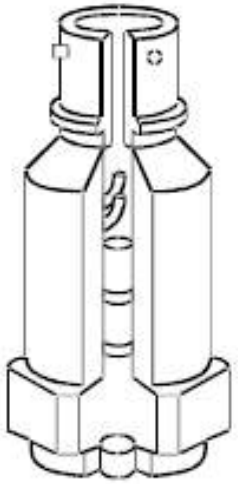
Basic Vibration Sensors



Noncontacting
Displacement
Transducer



Electrodynamic
Velocity Transducer



Accelerometer

All sensors are designed to measure one of the three Sensors & Units

Displacement

mils (0.001 inch)

μm (0.001 millimeter)

Eddy Current Probes

Velocity

ips (inches/sec)

mm/s (millimeters/sec)

Velometers & Integrating Accelerometers

Acceleration

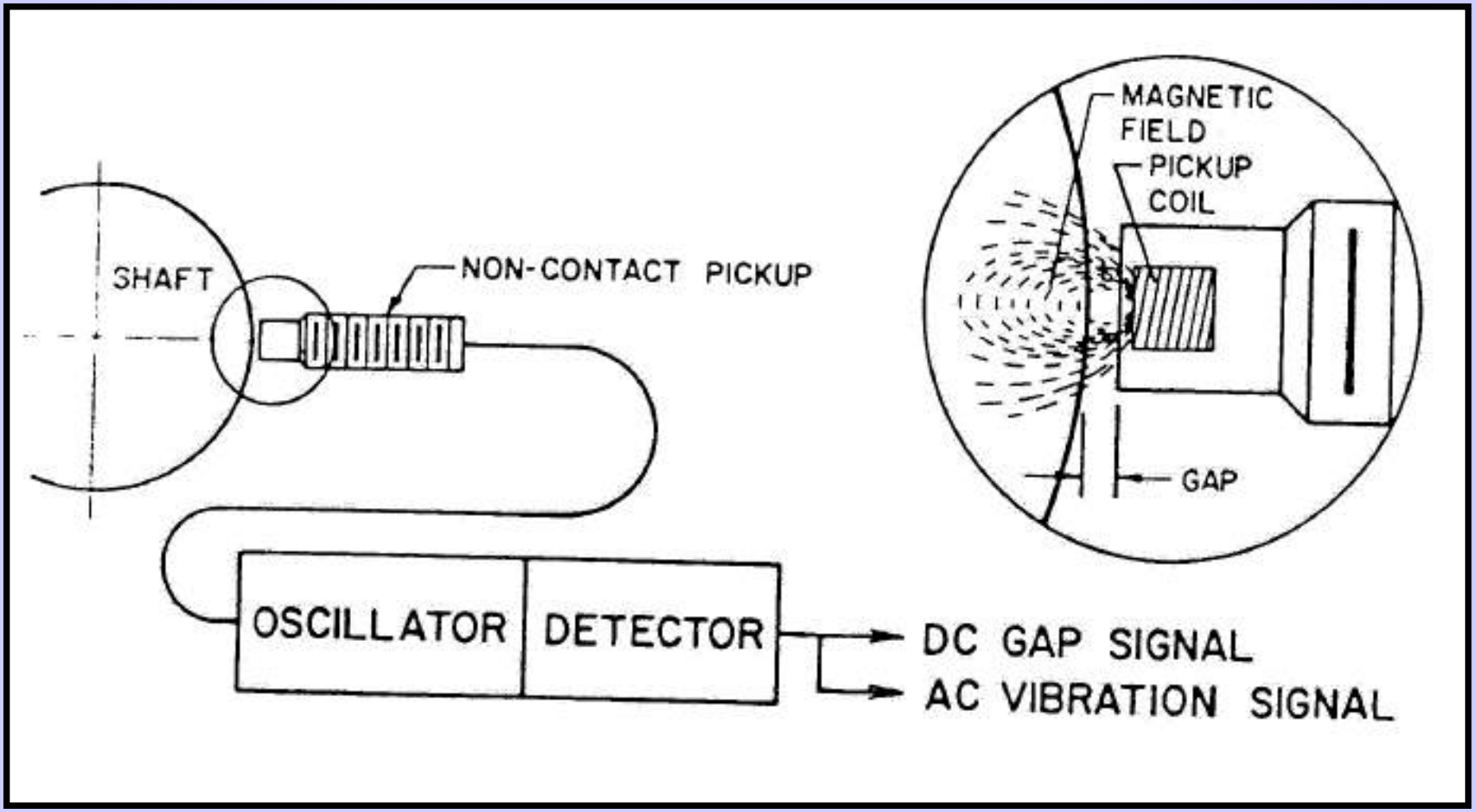
g's

m/s^2 ($meters/sec^2$)

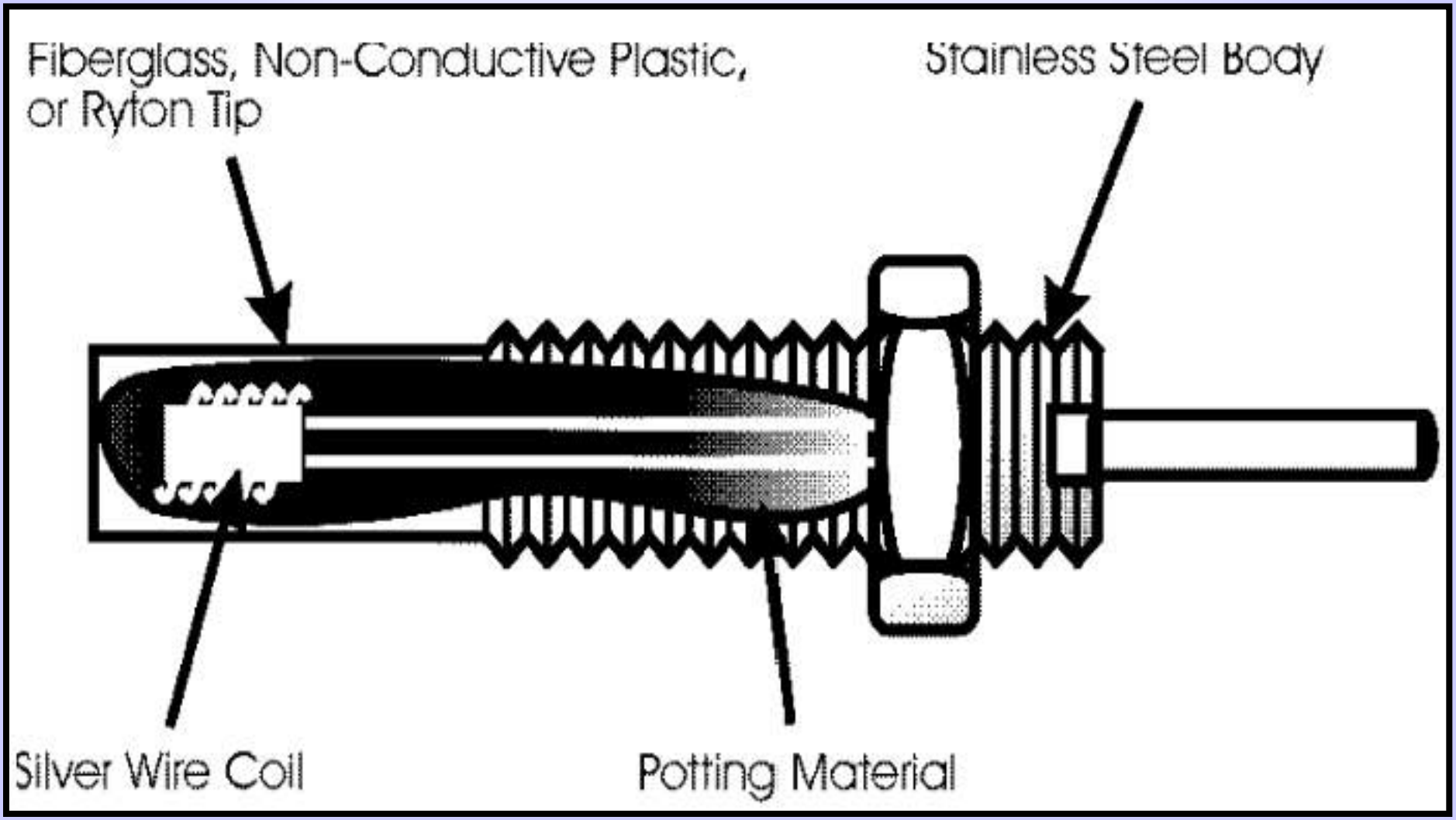
Accelerometers

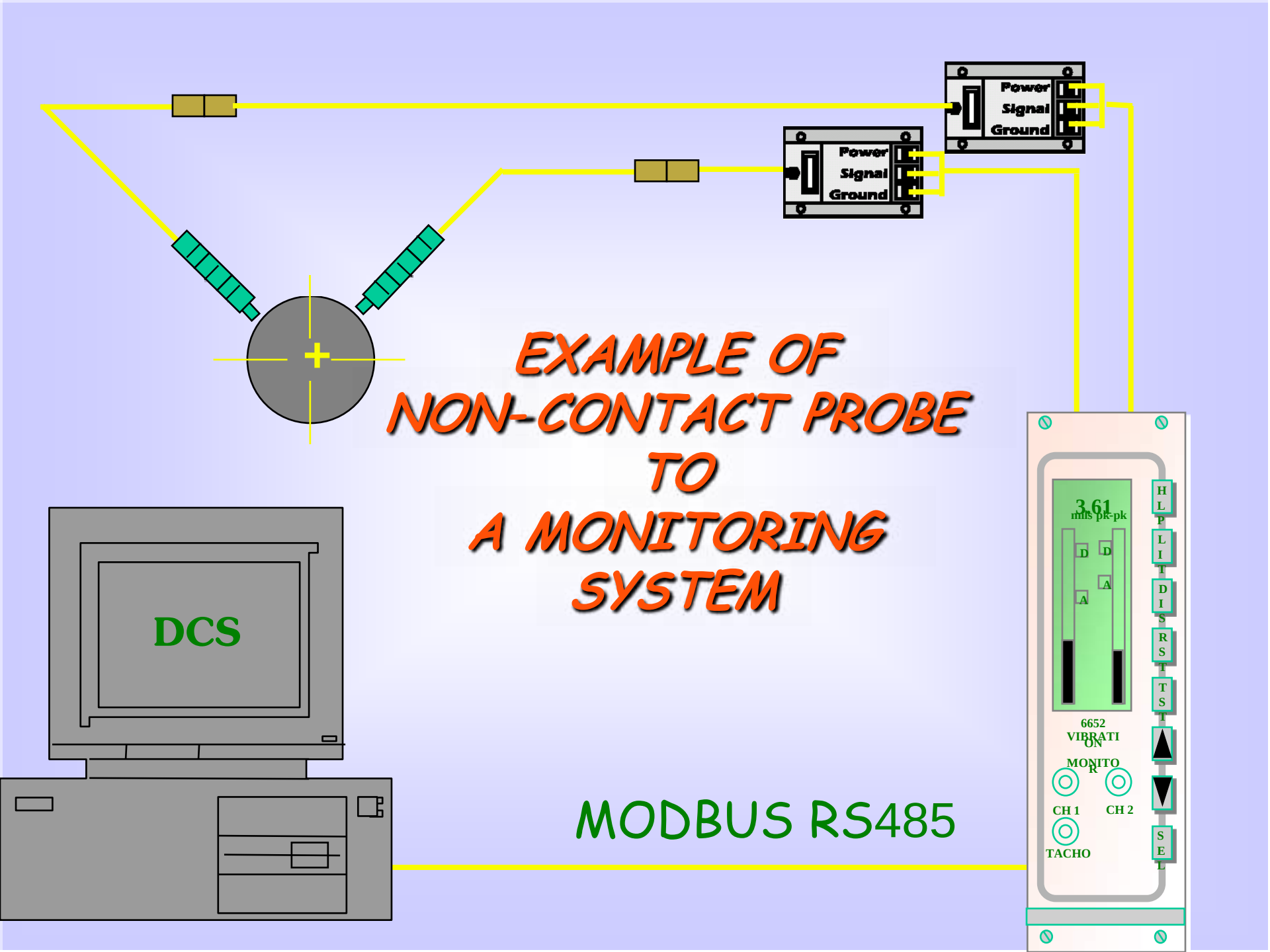
หัววัดแบบไม่สัมผัส, NCPU (Non Contact Pickup Unit) หรือ Eddy Current Probe

Displacement = The Distance the machine moved , Normal Output is 200 mV/ mil, Pk-Pk

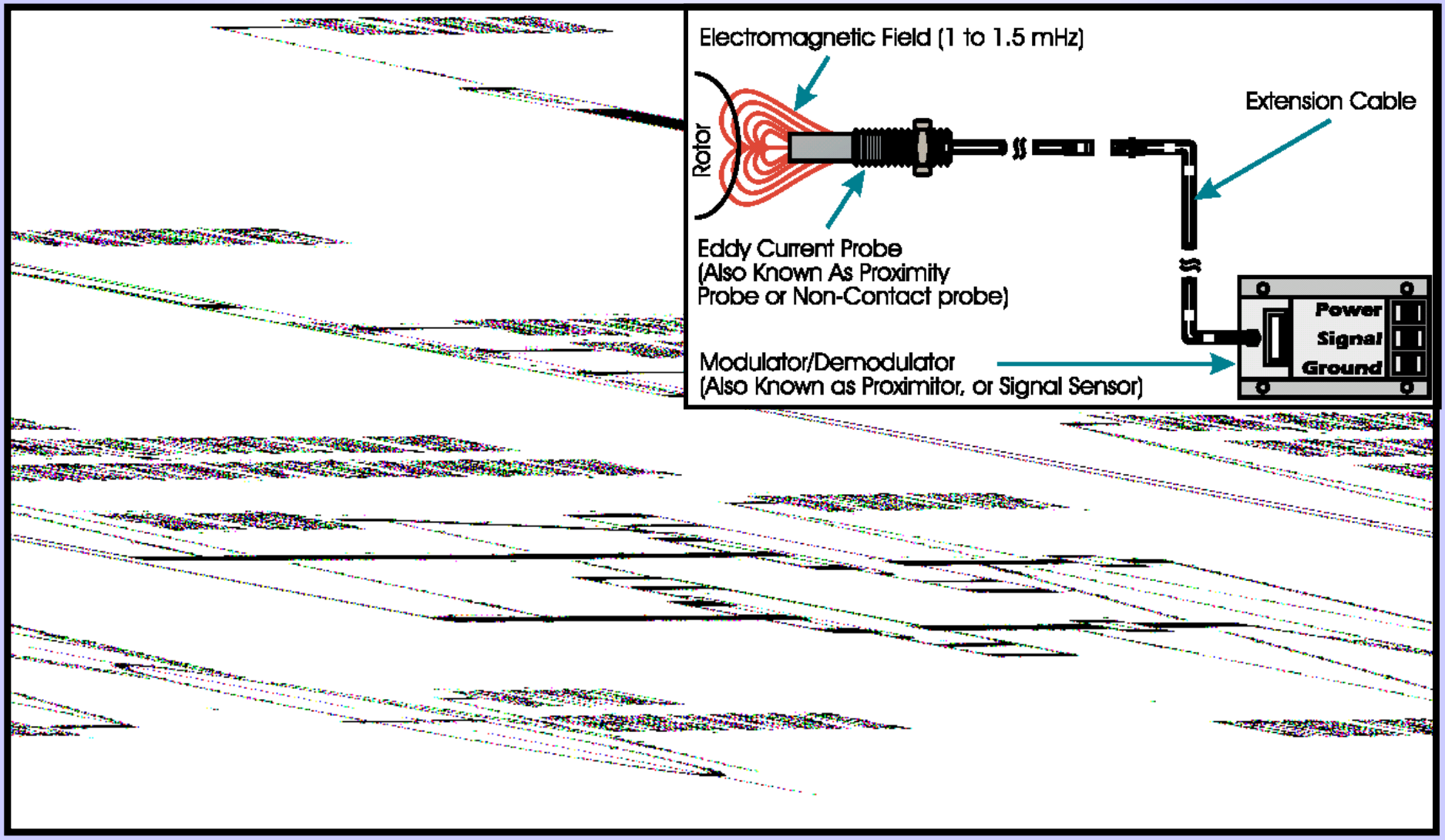


โครงสร้างภายใน Eddy Current Probe




Power
Signal
Ground
Power
Signal
Ground
EXAMPLE OF
NON-CONTACT PROBE
TO
A MONITORING
SYSTEM
DCS
MODBUS RS485
3.61
mils pk-pk
D
D
A
A
6652
VIBRATION
MONITOR
CH 1
CH 2
TACHO
H
L
P
L
I
T
D
I
S
R
S
T
T
S
T
S
E
L

ตัวอย่างการต่อแบบครบวงจรของการ Monitor ค่าการเคลื่อนตัวของเพลาใน Turbine, Compressor, Gearbox, Pump, ฯลฯ ชนิดที่ใช้ลูกปืนแบบ Journal/Plane Bearings เพื่อวิเคราะห์หาค่าความกลม, การ Unbalance, Misalignment, Centerline, Rubbing, Looseness และอื่นๆ ของ Rotor นั้นๆ



UNIT IN RELATIVE VIBRATION

Display in Microns, 1/1000 mm. Or in Mils , 1/1000 inch.
Analyze in ORBIT or Phase analysis as Nyquist/Polar
Or Bode Plot.

89%

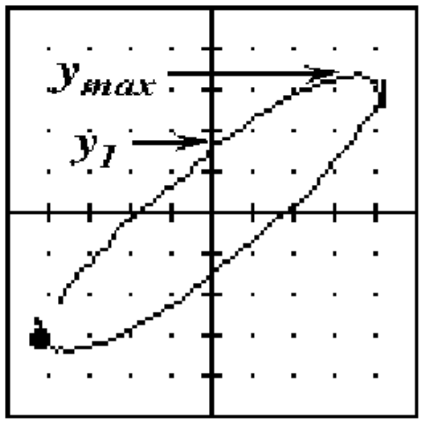
12:18:47

277.8

Orbits:1X

Channel 1
Horz 20.0
34.84 Pk to Pk

Channel 2
Vert 20.0
27.71 Pk to Pk



Example of Certification of Calibration

Format No. 36FE0125 Rev.B

MODEL E2108 TEST DATA

1/1

Job No. 030A080 Date Nov.14.2003 Room Temp. 25 C deg.

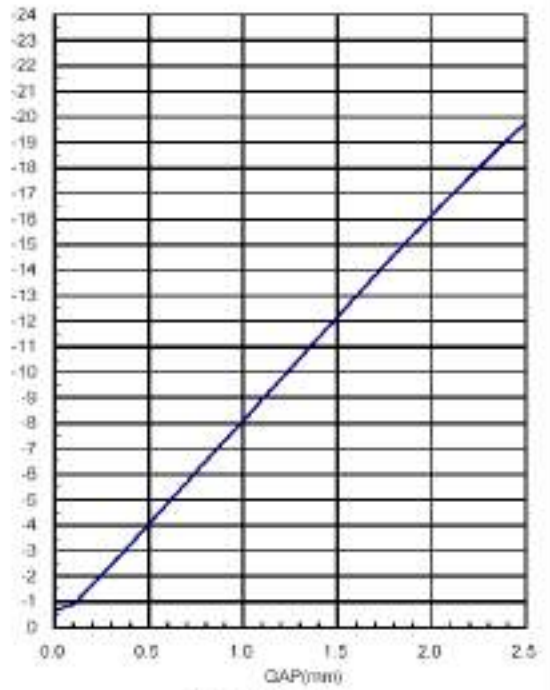
Sensor	MODEL	E2109/30/05/1/10		SER.No	CA08022
	TAG No.	–	ID.No.	–	
Extension cable	MODEL	STD		SER.No	–
	TAG No.	–	ID.No.	–	
Driver	MODEL	STD		SER.No	–
	TAG No.	–	ID.No.	–	

Target Material JIS SCM440(AISI 4140 equivalent) FLAT

Static characteristics data

GAP (mm)	Output (V)	SCF Error (%)
0.0	-0.671	-70.1
0.1	-0.907	-4.0
0.2	-1.663	-1.3
0.3	-2.440	1.4
0.4	-3.238	3.2
0.5	-4.050	3.9
0.6	-4.883	4.0
0.7	-5.685	3.2
0.8	-6.497	2.2
0.9	-7.301	2.2
1.0	-8.105	2.6
1.1	-8.912	3.7
1.2	-9.728	3.6
1.3	-10.543	3.2
1.4	-11.355	3.1
1.5	-12.166	3.1
1.6	-12.977	3.0
1.7	-13.787	1.7
1.8	-14.587	-0.2
1.9	-15.373	-2.2
2.0	-16.143	-3.9
2.1	-16.900	-5.4
2.2	-17.645	-6.4
2.3	-18.382	-6.2
2.4	-19.105	-17.1
2.5	-19.758	-

Output(V)



Static characteristics

SPECIFICATIONS	ACTUAL		RESULT
2.0mm or more within ±3% refered to Scale Factor Error Scale Factor : 0.787V/100μm	Range 0.1mm to 2.3mm	Max -6.2% at 2.3mm	

Overall Evaluation _____ Approved by _____ Calibrated by _____

Format No. 36FE0125 Rev.B

MODEL E2108 TEST DATA

1/1

Job No. 030A083 Date Nov.19.2003 Room Temp. 25 C deg.

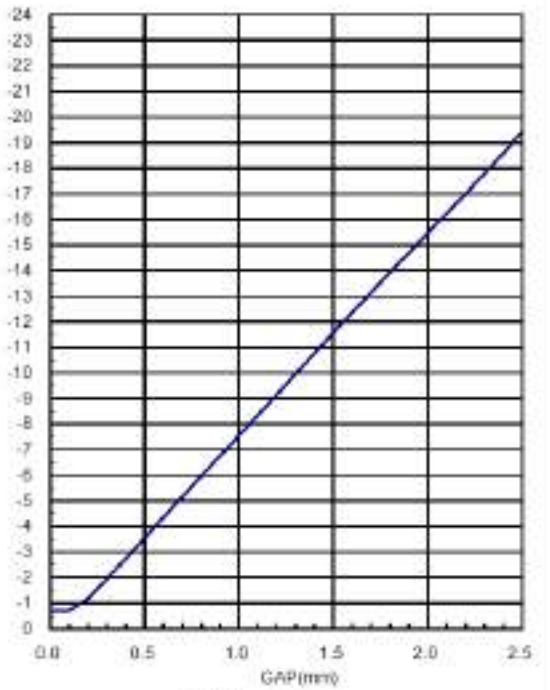
Sensor	MODEL	STD		SER.No	–
	TAG No.	–	ID.No.	–	
Extension cable	MODEL	STD		SER.No	–
	TAG No.	–	ID.No.	–	
Driver	MODEL	E2108/5/001		SER.No	CA08319
	TAG No.	–	ID.No.	–	

Target Material JIS SCM440(AISI 4140 equivalent) FLAT

Static characteristics data

GAP (mm)	Output (V)	SCF Error (%)
0.0	-0.712	-100.0
0.1	-0.712	-41.0
0.2	-1.177	-2.2
0.3	-1.947	0.4
0.4	-2.737	2.1
0.5	-3.540	3.0
0.6	-4.350	3.0
0.7	-5.160	2.3
0.8	-5.955	1.1
0.9	-6.760	0.2
1.0	-7.548	0.0
1.1	-8.339	2.5
1.2	-9.145	3.5
1.3	-9.959	3.2
1.4	-10.771	2.0
1.5	-11.573	0.6
1.6	-12.384	-0.4
1.7	-13.148	-1.2
1.8	-13.926	-1.8
1.9	-14.689	-2.3
2.0	-15.469	-3.0
2.1	-16.232	-2.5
2.2	-17.000	-0.6
2.3	-17.783	2.0
2.4	-18.588	3.9
2.5	-19.405	-

Output(V)



Static characteristics

SPECIFICATIONS	ACTUAL		RESULT
2.0mm or more within ±3% refered to Scale Factor Error Scale Factor : 0.787V/100μm	Range 0.2mm to 2.4mm	Max 3.9% at 2.4mm	

Overall Evaluation _____ Approved by _____ Calibrated by _____

Report Example

EDDY PROBE CALIBRATION REPORT

Machine: P201B

Date of Test: 16/09/02

Calibrated Probe P/N: 1909/30/05/1/05

Probe position: G-DEX

Calibration Equipment : TK3

Probe Resistance(Ohm) : 4.2 Ohm

Probe with Extension Cable : 12.2 Ohm

Calibrated with standard Extension Cable S/N: 8.5C

Standard Driver S/N: STDDRV_22-9.0D

System Cable Length: 9 m.

Target Material: 4140 Steel

Supply with load: -16.70 Vdc

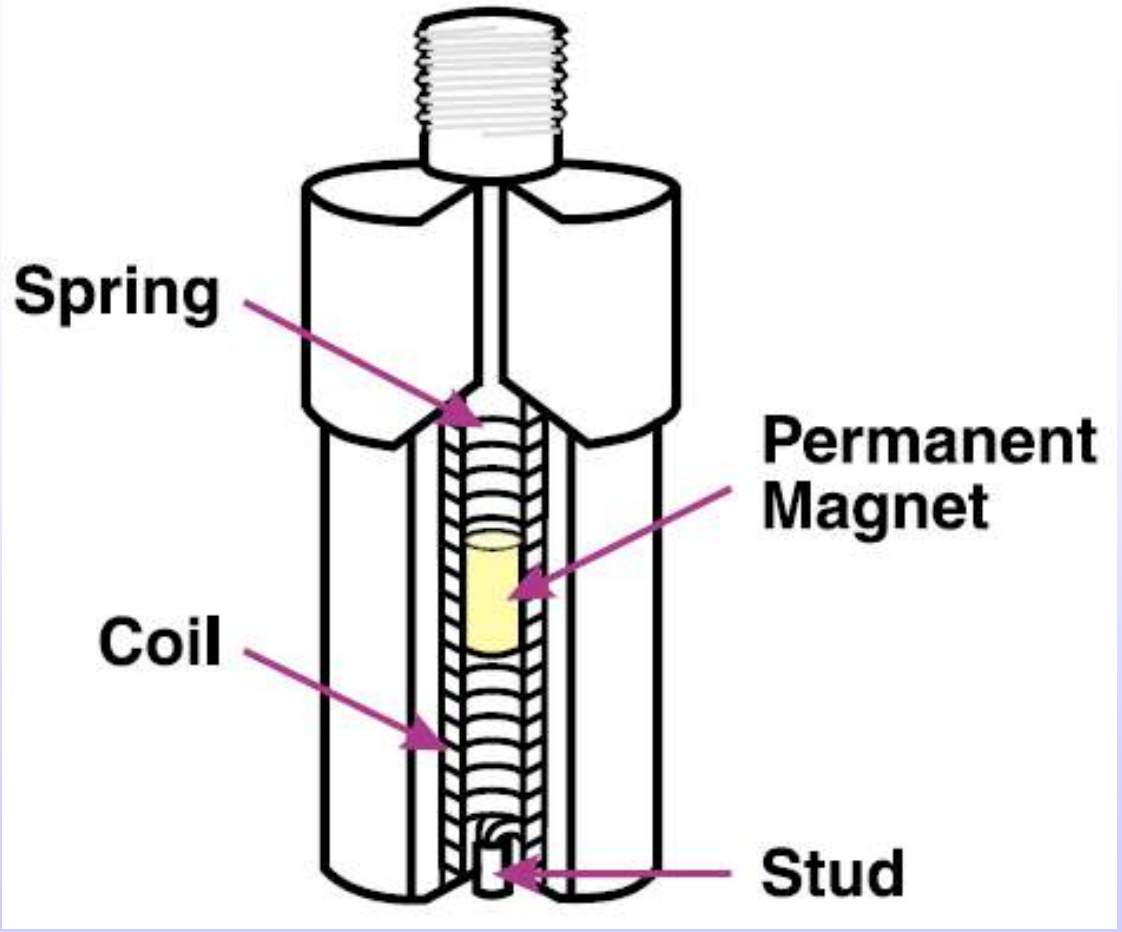
Output per one mils of Gap = 1.633 Volts

Supply without load: -19.76 Vdc

GAP (inches)	VOLTAGE	STANDARD	DEVIATION	SLOPE
0.00	0.720	2.00	1.28	N/A
0.01	0.718	2.00	1.282	N/A
0.02	2.017	3.63	1.616	129.9
0.03	3.570	5.27	1.696	155.3
0.04	5.321	6.90	1.578	175.1
0.05	7.168	8.53	1.364	184.7
0.06	8.984	10.17	1.181	181.6
0.07	10.627	11.80	1.171	164.3
0.08	12.301	13.43	1.130	167.4
0.09	13.916	15.06	1.148	161.5
0.10	15.183	16.70	1.514	126.7

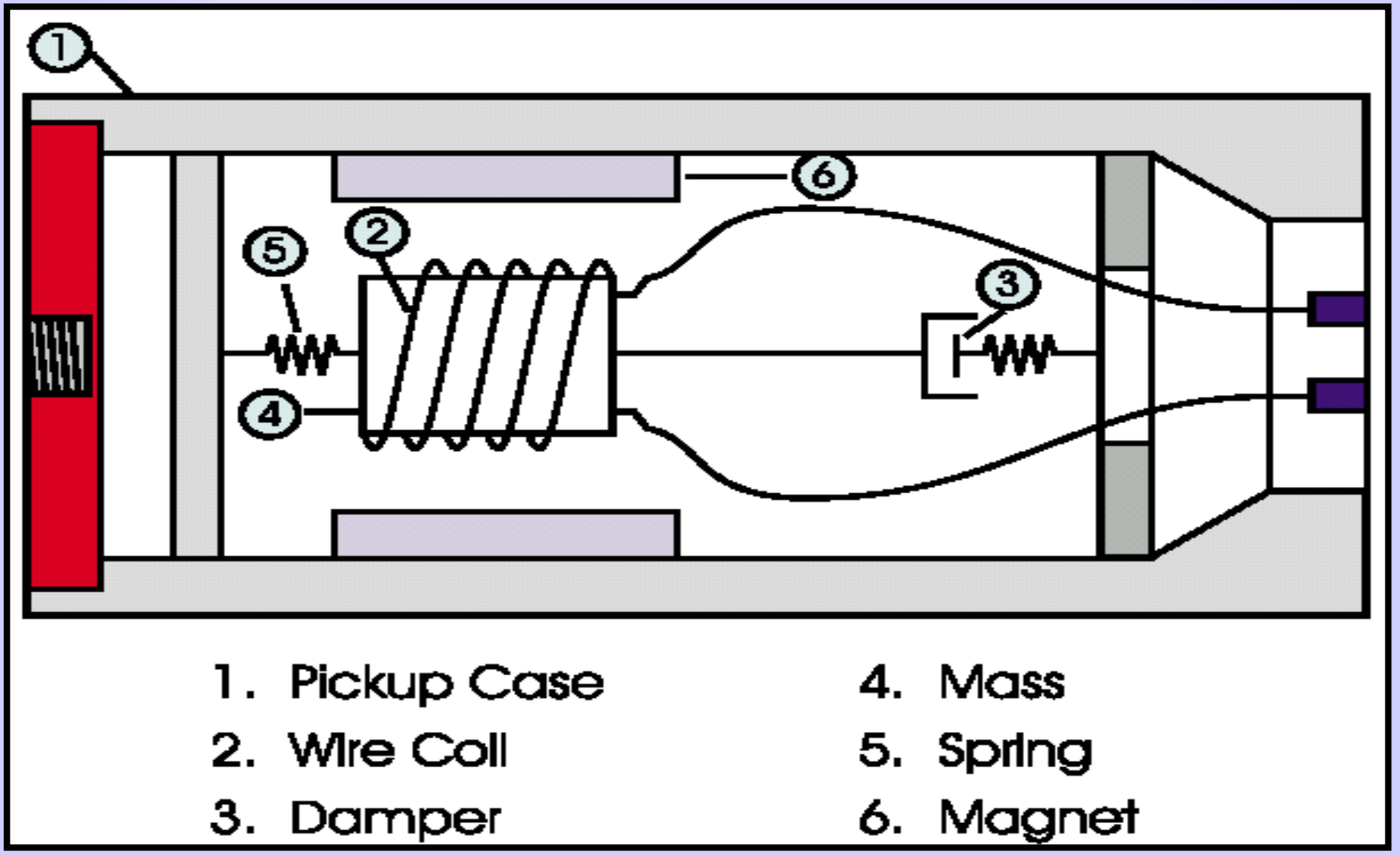
หัววัดแบบ Seismic Velocity

Velocity = The Displacement Per Time, Normal Output is 100 mV/inch/sec, Pk



ชนิดแม่เหล็กอยู่ใน Center เพื่อเป็นตัวเคลื่อน

ชนิดขดลวดอยู่ใน Center เพื่อเป็นตัวเคลื่อน

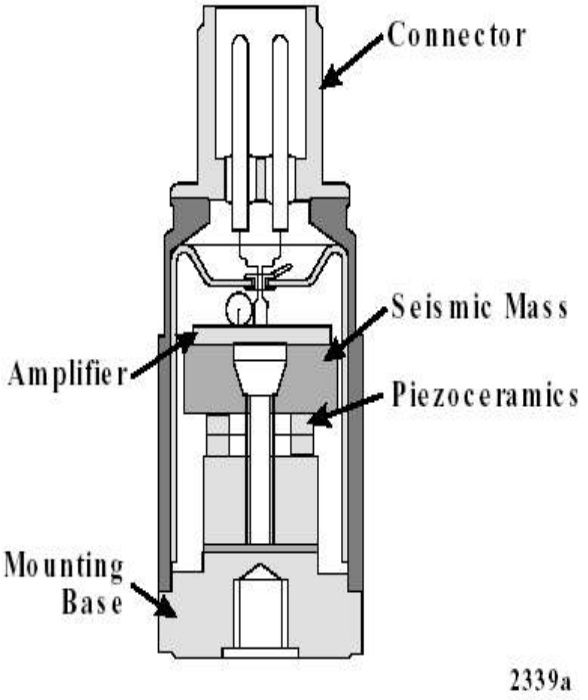


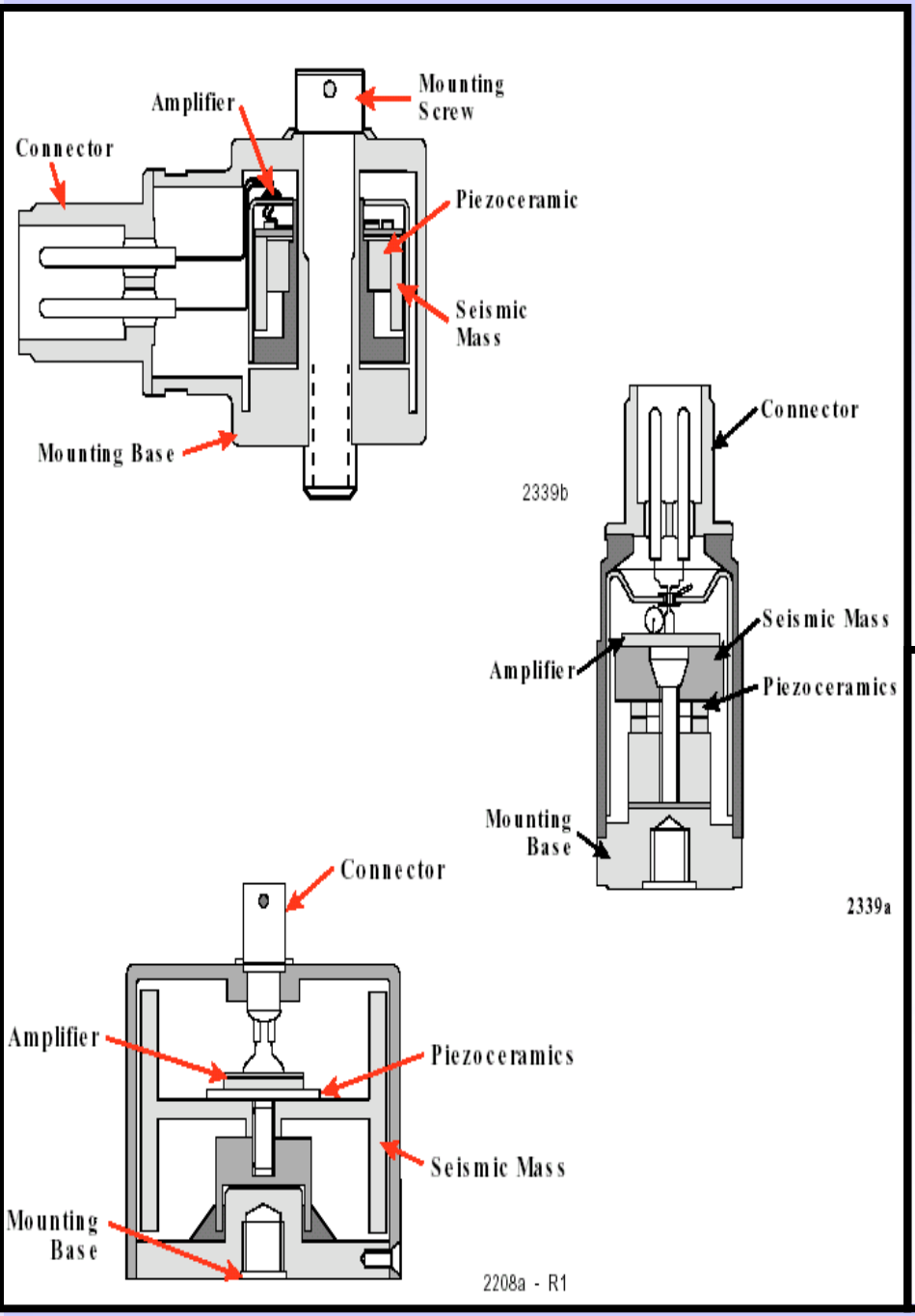
1. Pickup Case
2. Wire Coil
3. Damper
4. Mass
5. Spring
6. Magnet

หัววัดแบบความเร่ง (Accelerometer)

Acceleration = The Rate of Change of Velocity, Normal Output is 100 mV/G, Pk

- Piezoelectric material (sensing element) is placed under load using a mass
- As 'stack' vibrates, crystal is squeezed or released
- Charge output is proportional to the force (and acceleration)
- Electronics convert charge output into voltage output





โครงสร้างภายในหัววัดความเร่ง ออกด้านบน (Top Exit), ออกด้านข้าง (Side Exit), และ Connector ต่างๆ

Power supply ที่ Accelerometer ต้องการ และค่า Bias Voltage (Voltage drop ที่หัววัด) ที่แสดงค่าหัววัดที่ดี

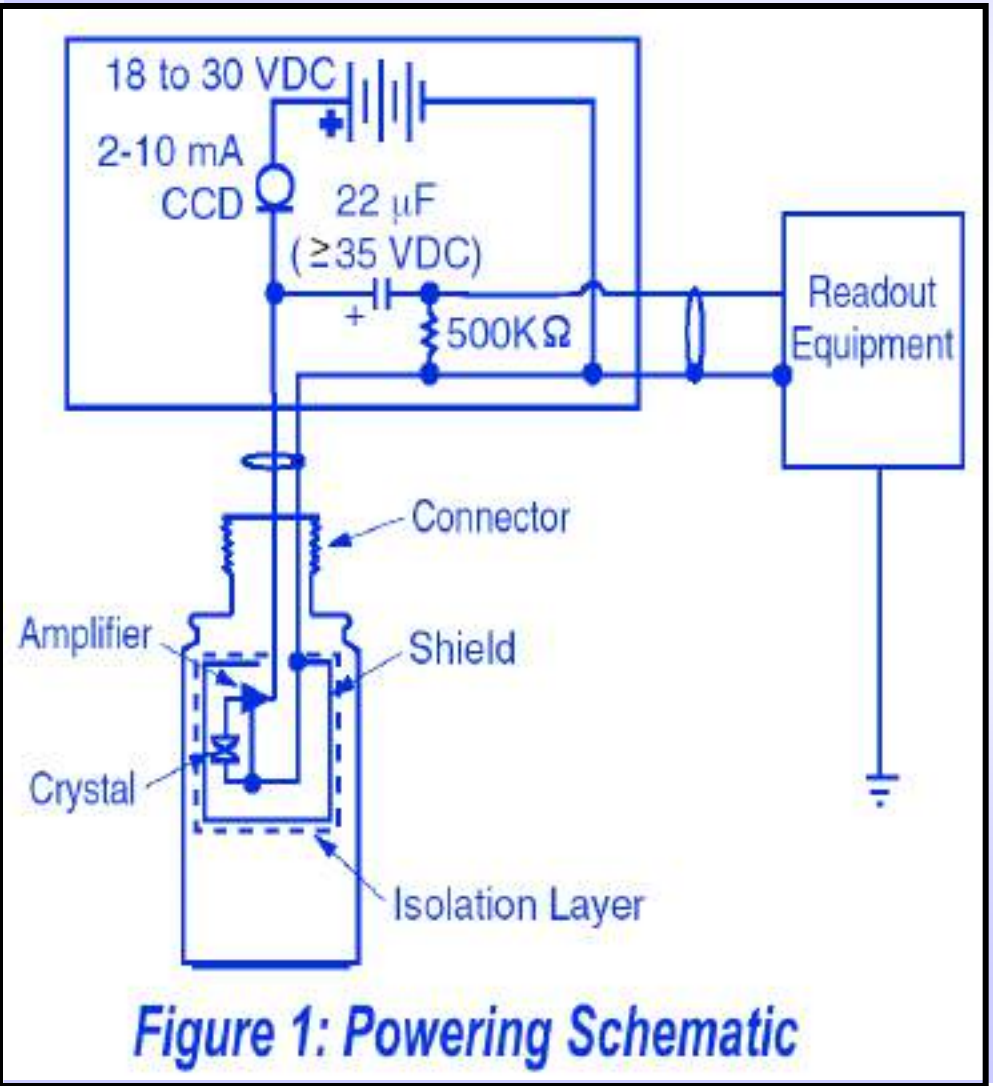
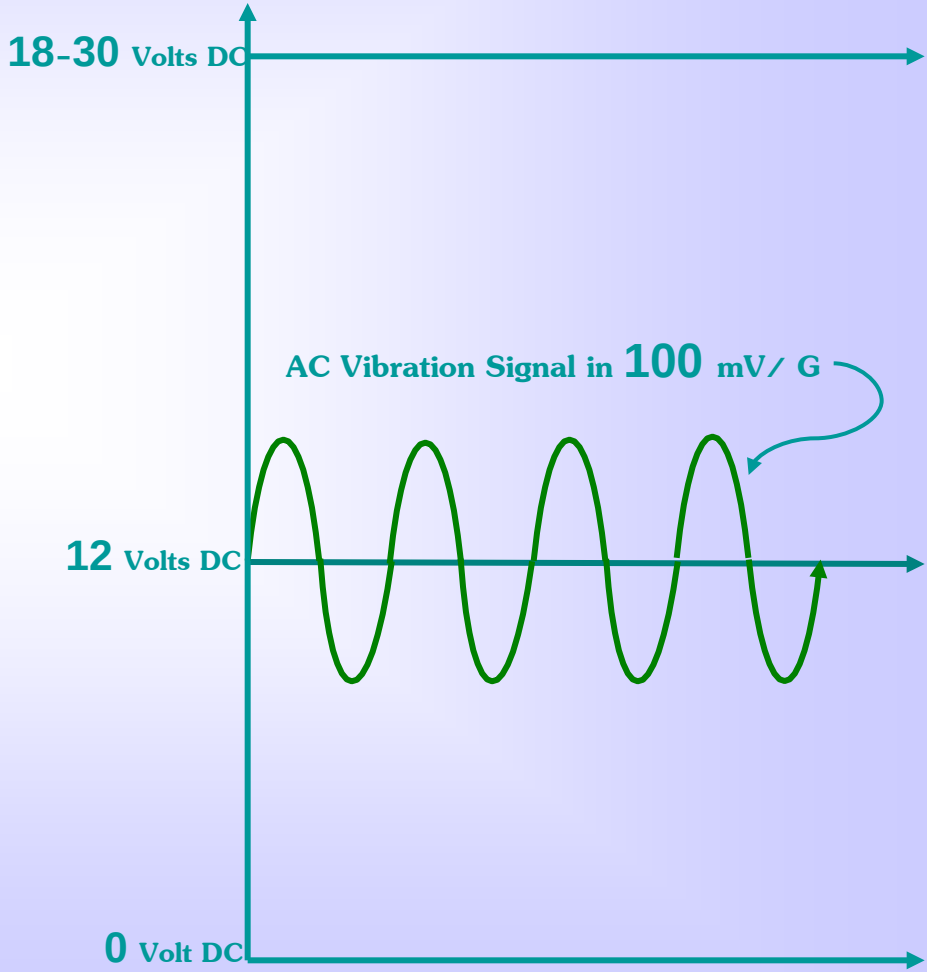


Figure 1: Powering Schematic



ย่าน Amplitude ที่เหมาะสม ที่ Accelerometer สามารถอ่านค่าได้ดี

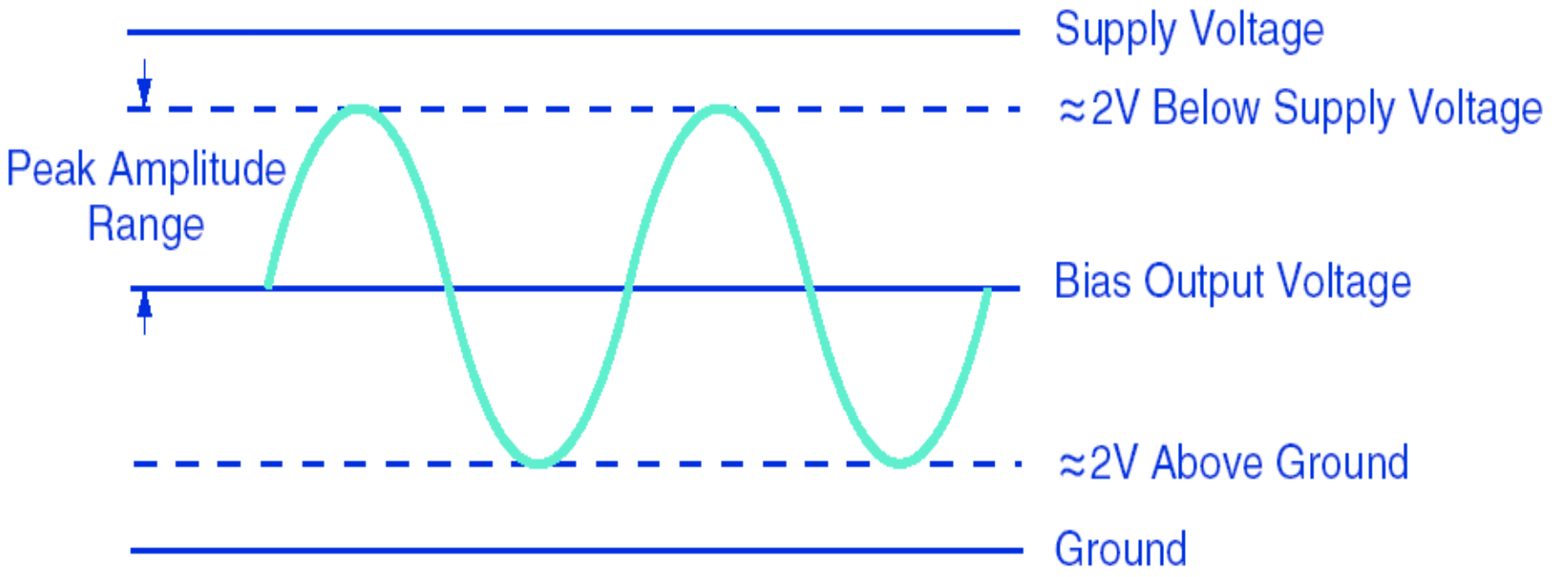
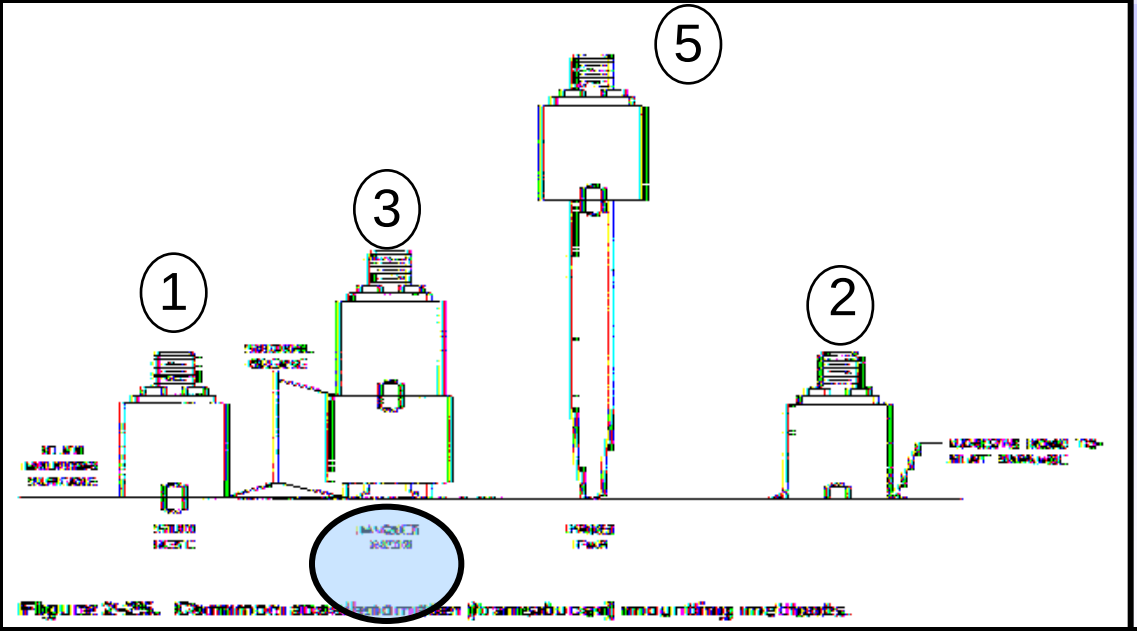


Figure 2: Range of Linear Operation



ชนิดของการยึดหัววัด

Vibration

Typical Recommended maximum frequency ranges for common accelerometer mounting methods

TRANSDUCER MOUNT USABLE FREQUENCY RANGE FOR THE WILCOXON 726T (Ref. 9)

ACCELEROMETER MOUNTING	MAXIMUM ACCEPTABLE FREQUENCY (CPM)	MOUNTING NATURAL FREQUENCY (CPM)
1) Stud Mount	975,000	1,900,000
2) Adhesive Mount with Hottinger Baldwin Messtechnik X60	540,000	None Observed
3) Stud Mount on Rare Earth Magnet	450,000	724,500
4) Mounted on Quick Connect Stud Mount	360,000	609,000
5) Hand-held Mount Using a 2" Probe	48,000	88,500