

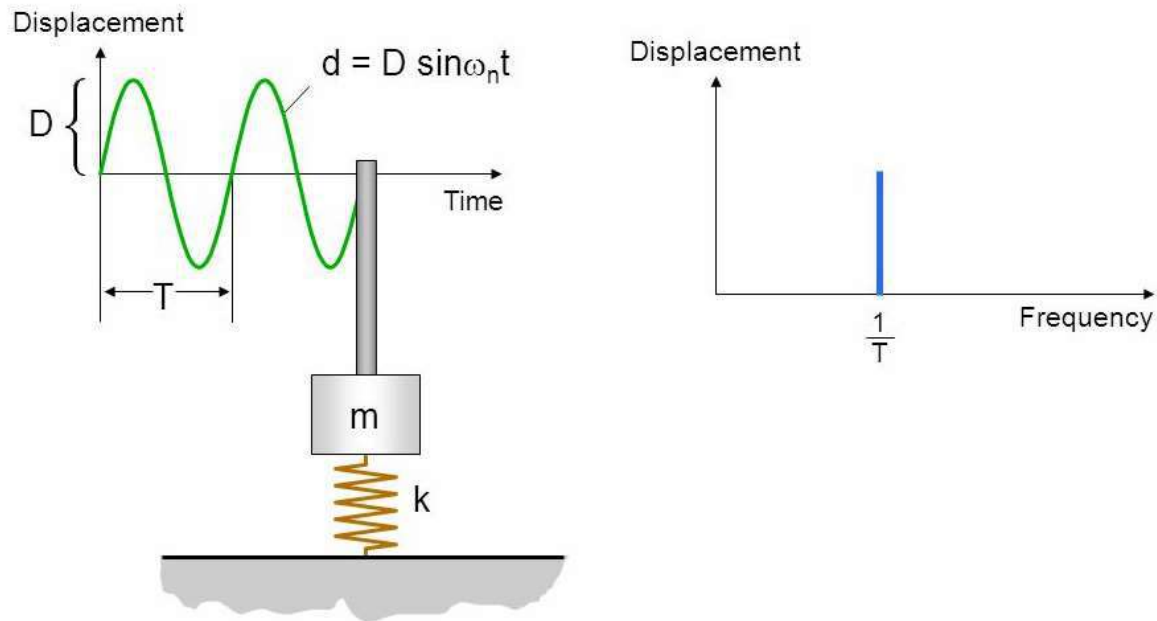
شرکت تجهیزات اندازه گیری و ابزار دقیق بهروز

عنوان آموزش: تست ارتعاش در موتورهای الکتریکی

دپارتمان آموزش

ارتعاش: ارتعاش به نوعی از حرکت در سیستم های دورانی و دینامیکی گفته می شود که به صورت نوسانی بوده و در یک سیکل تکرار می شود.

Simplest Form of Vibrating System



ویژگی ها و پارامترهای حرکت ارتعاشی :

۱- دامنه (Amplitude)

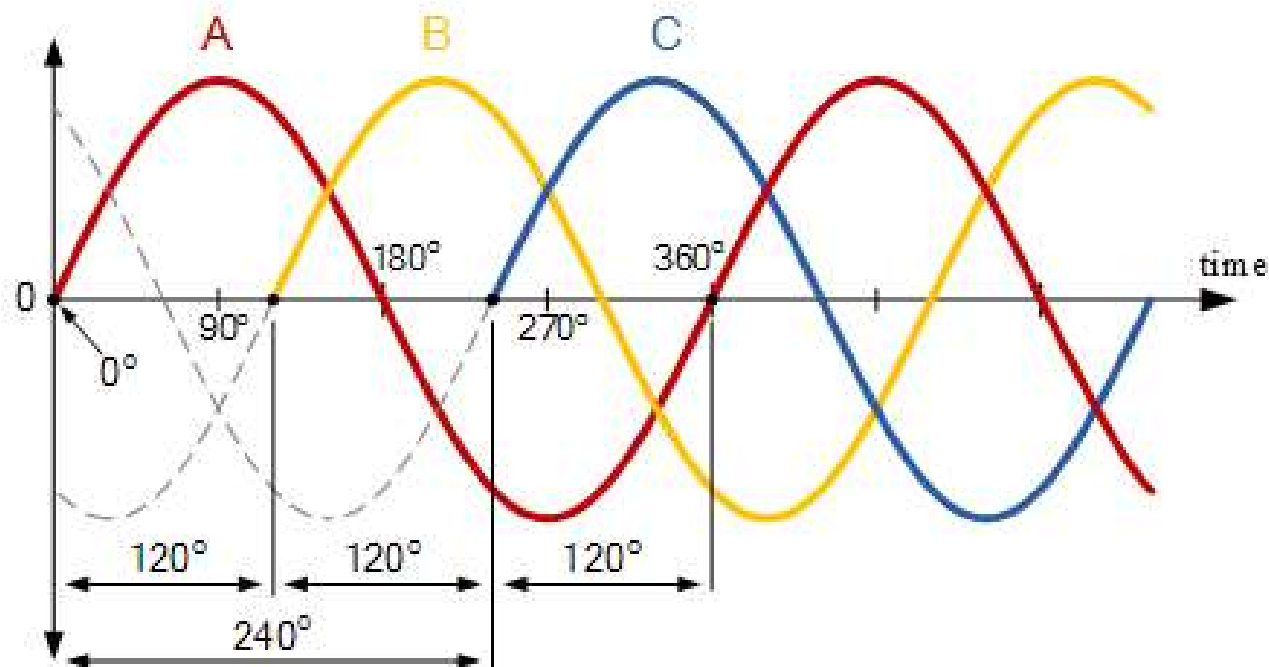
۲- فرکانس (Frequency)

۳- سرعت (Velocity)

۴- شتاب (Acceleration)

۵- میزان جابجایی (Displacement)

۶- فاز و زاویه اختلاف فاز (Phase difference angle)

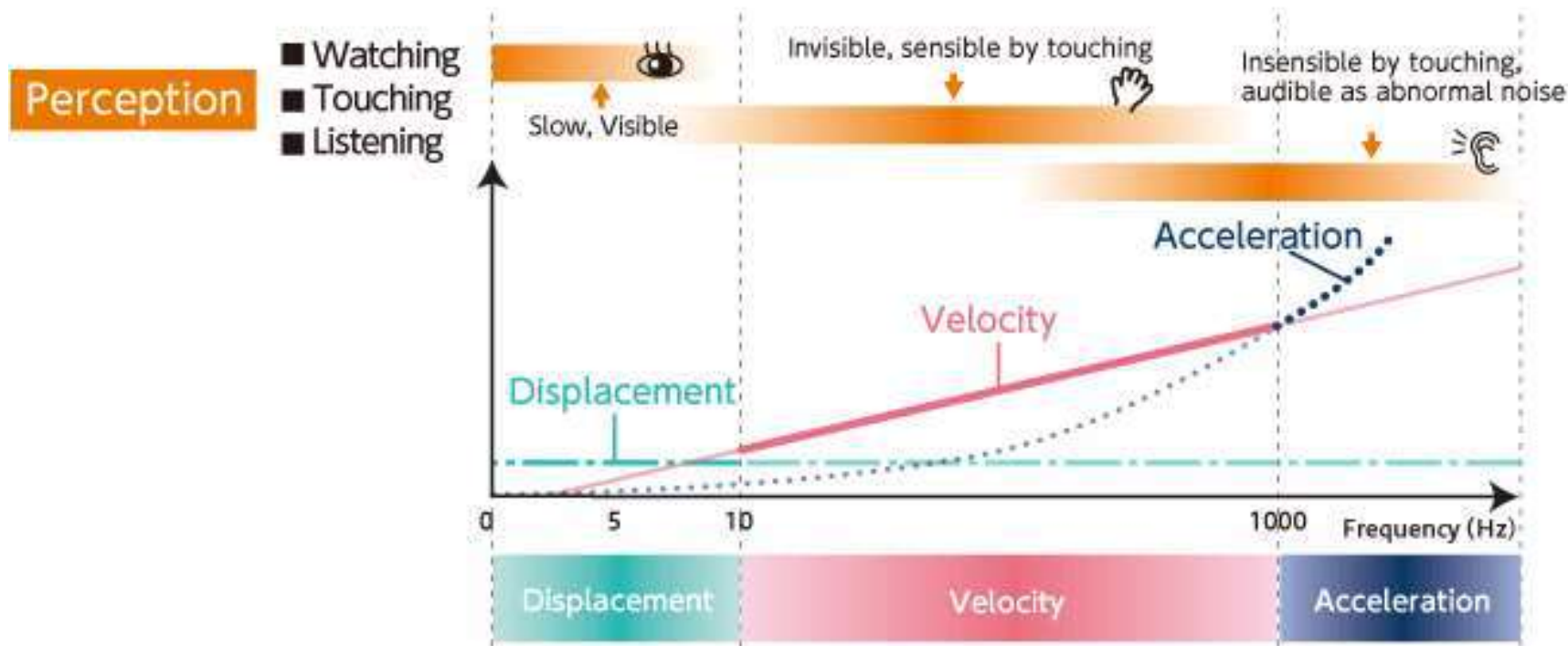


حرکت ارتعاشی بر اساس درک هر فرد:

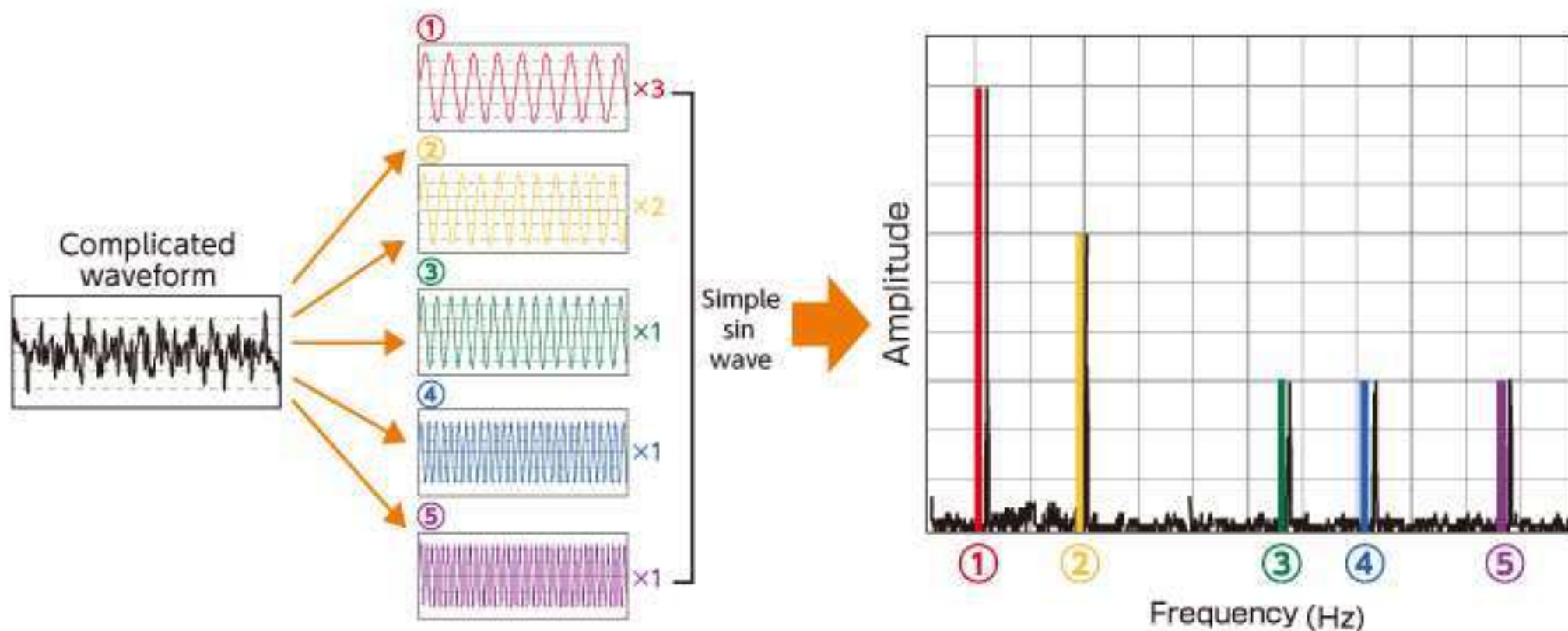
۱- حرکت ارتعاشی آهسته و قابل دیدن

۲- حرکت ارتعاشی غیر مرئی اما قابل لمس

۳- حرکت ارتعاشی غیر مرئی و غیر قابل لمس اما قابل شنیدن به عنوان صدای غیر عادی



ارتعاش موتورهای الکتریکی معمولاً ترکیبی از چند سیگنال می باشد که جهت تحلیل آن از بسط سری فوریه یا تحلیل FFT استفاده می نماییم.



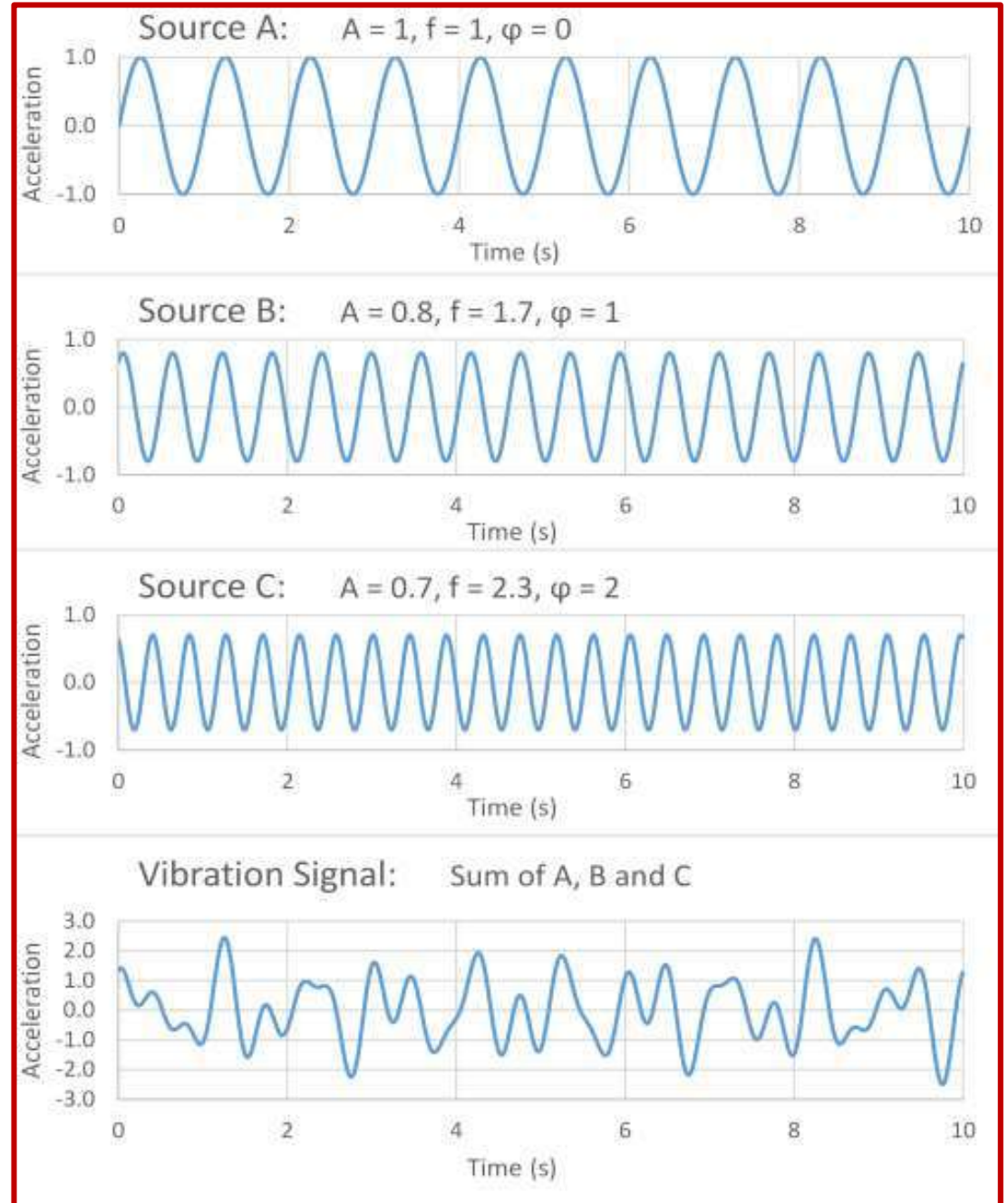
Fourier Series - The Fourier Coefficients

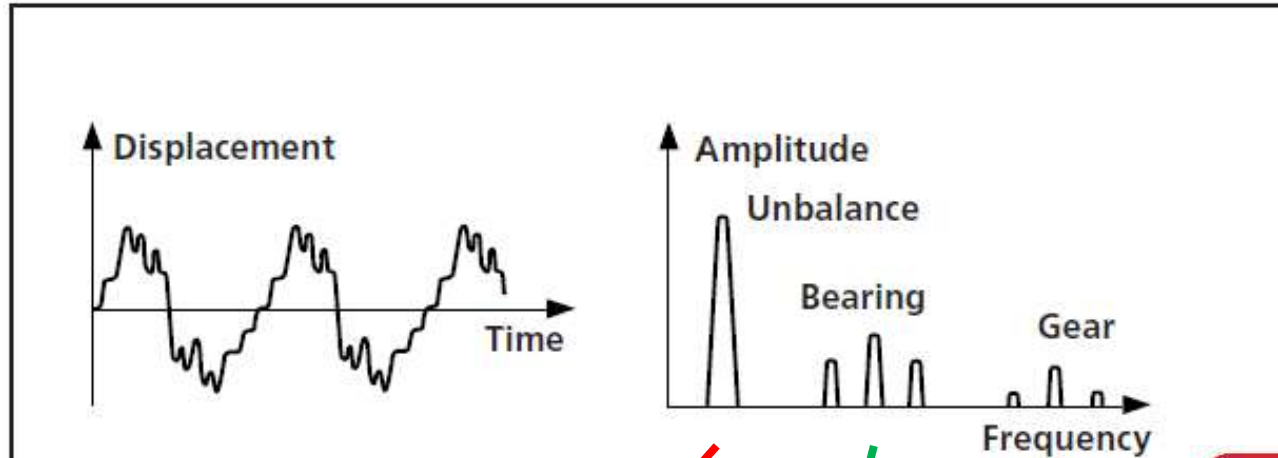
$$g(t) = a_0 + \sum_{m=1}^{\infty} a_m \cos\left(\frac{2\pi mt}{T}\right) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right)$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$$a_m = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos\left(\frac{2\pi mt}{T}\right) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) dt$$

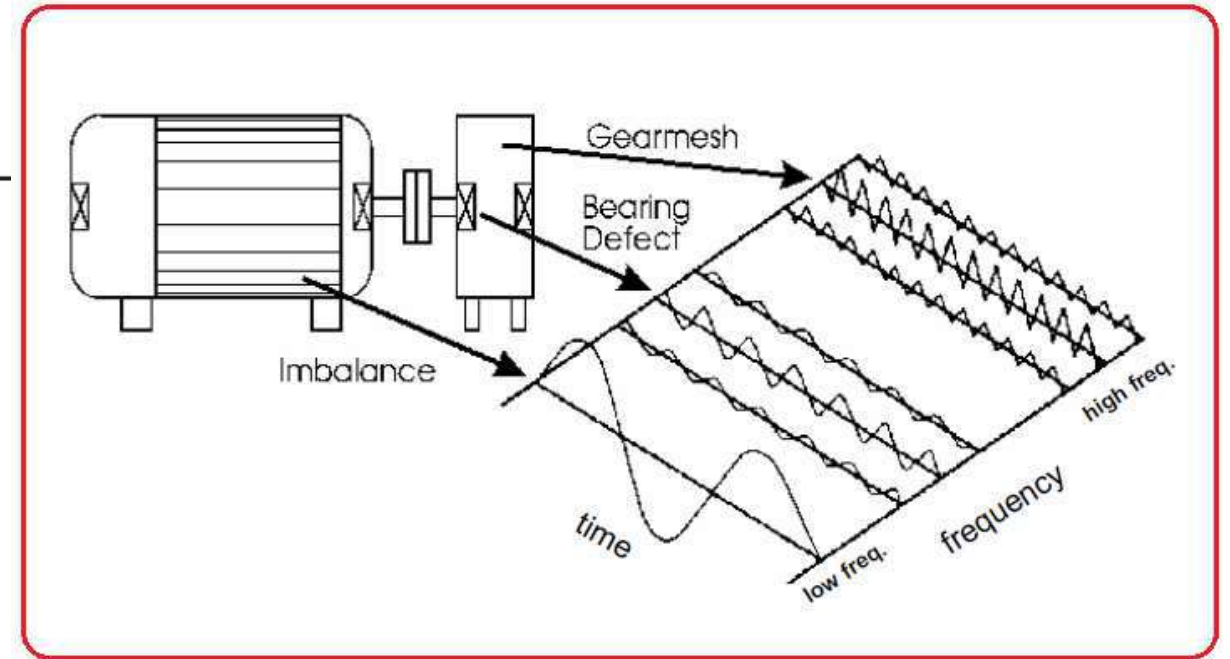


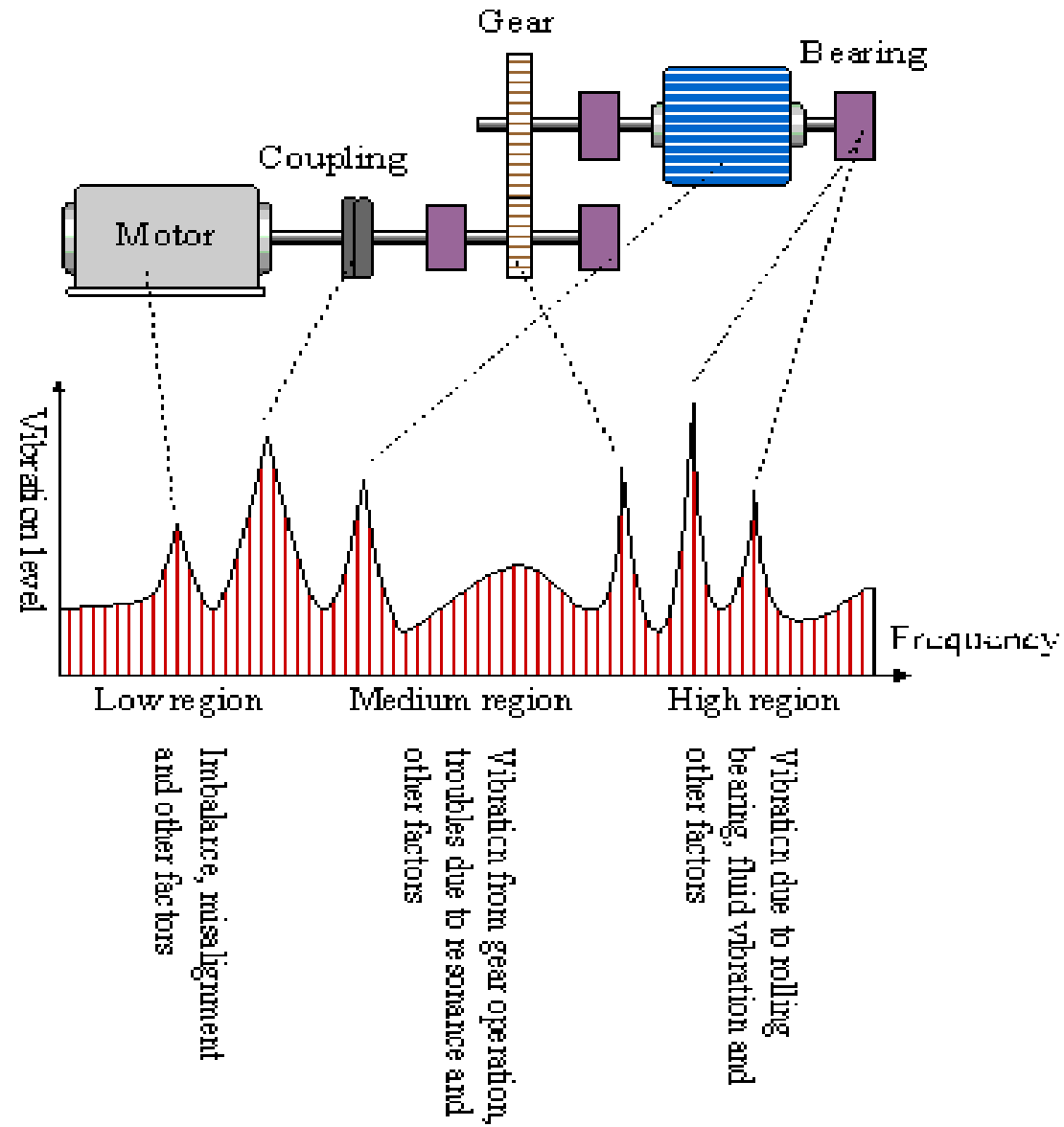


Low frequency

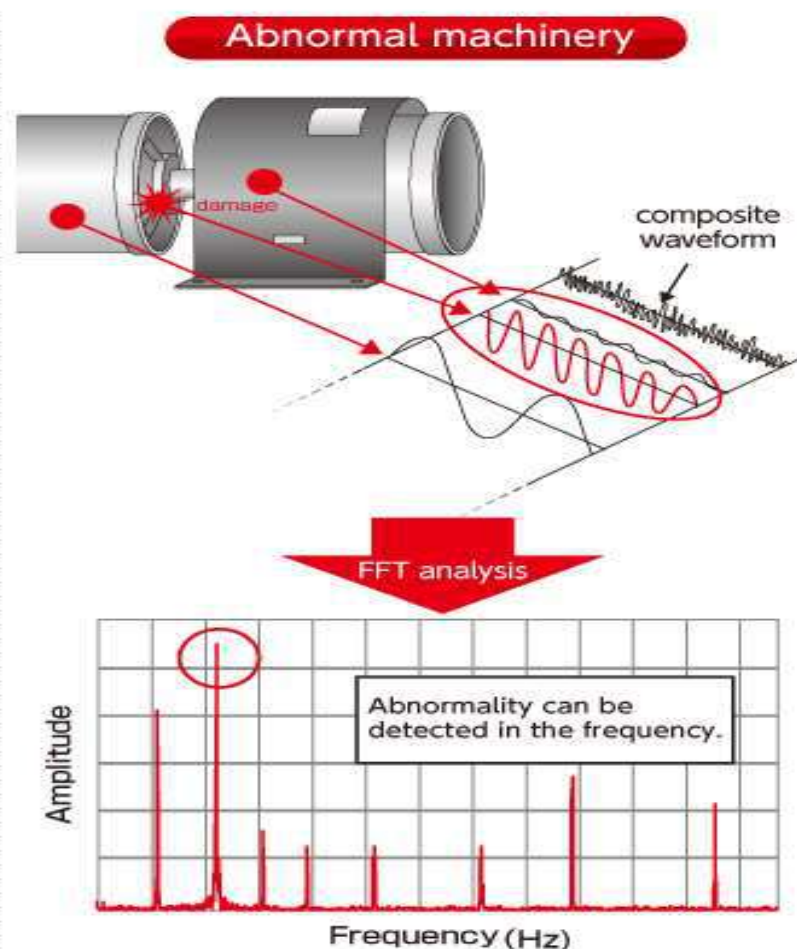
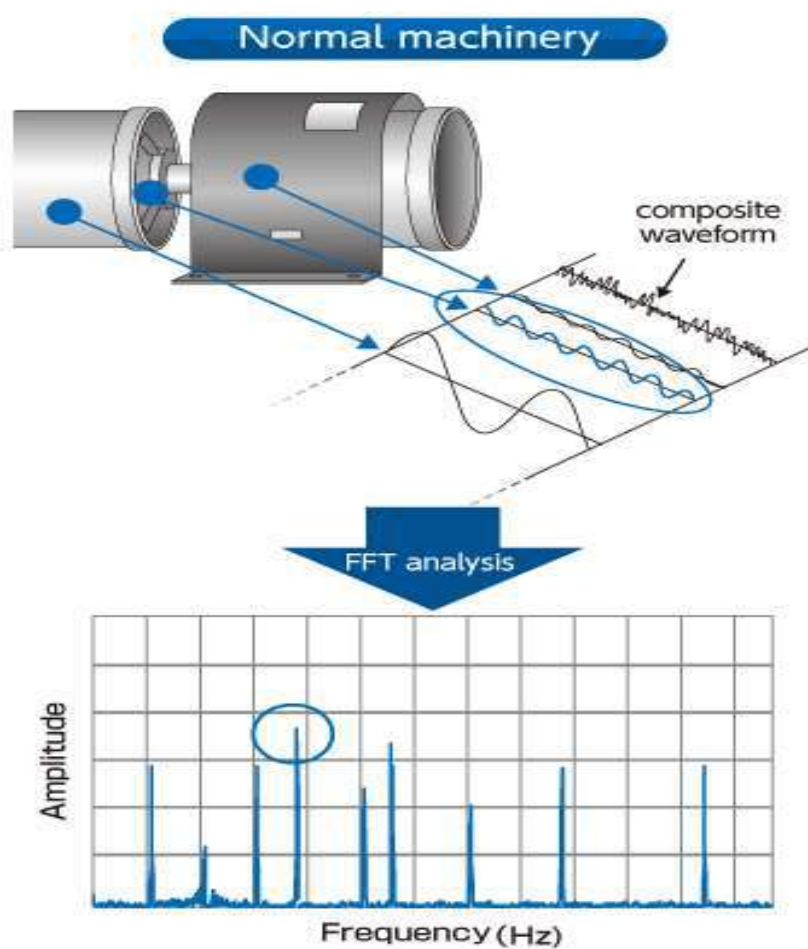
Medium frequency

High frequency





هنگامی که یک ماشین به طور غیرعادی کار می کند، به عنوان مثال به دلیل عدم تعادل یا آسیب یا تاقان، ارتعاشات مختلفی ایجاد می کند که با استفاده از FFT قابل تشخیص است.





پارامترهای مورد سنجش در تست ارتعاش:

۱- سرعت (Velocity)

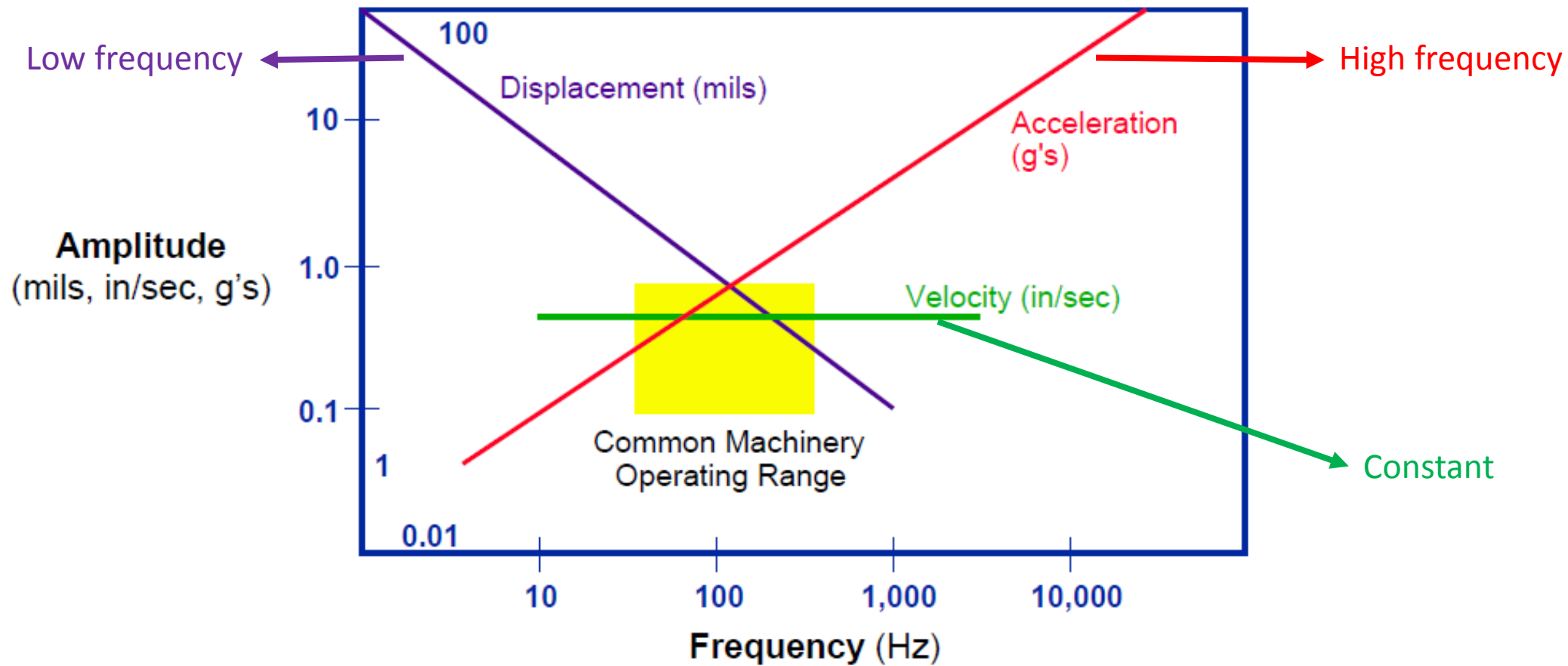
mm/s - inch/s - m/s

۲- شتاب (Acceleration)

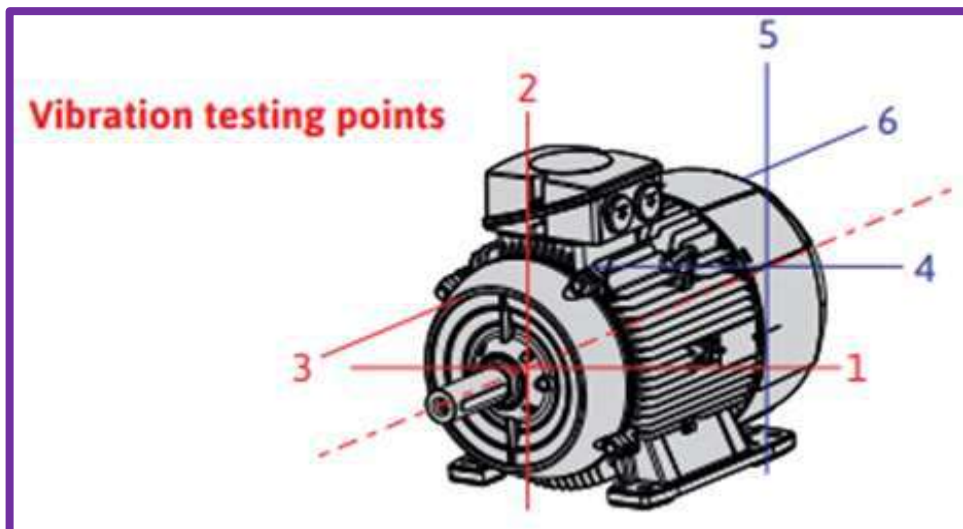
mm/s² - inch/s² - m/s²

۳- میزان جابجایی (Displacement)

mm-cm-inch



نکات و دستور العمل های انتخاب موقعیت محل سنسور دستگاه تست ارتعاش:



۱- نصب سنسور در روی خط مرکزی محوری شفت

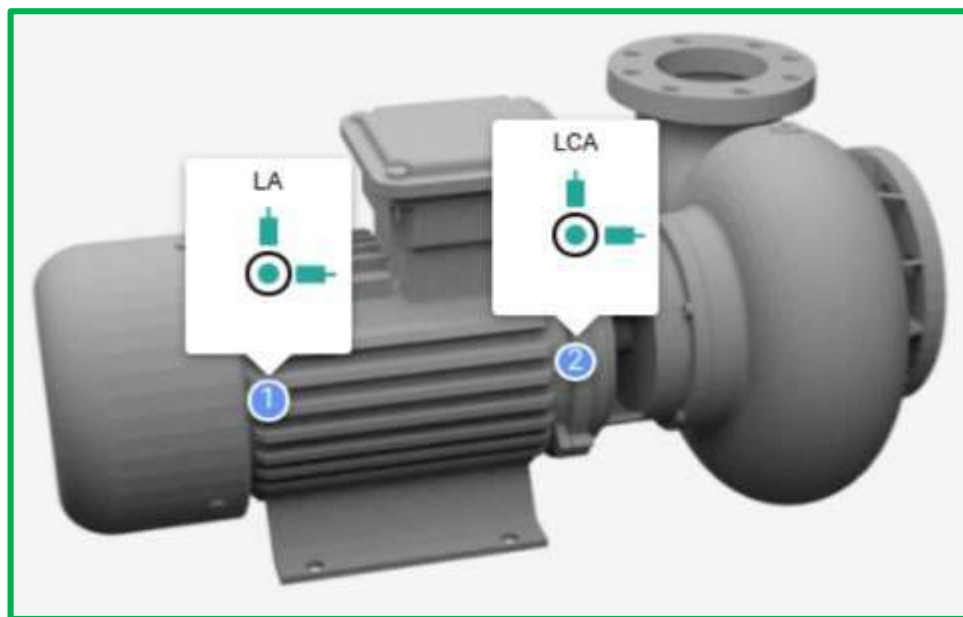
۲- اندازه گیری در روی محور افقی بلبرینگ ویاتاقان

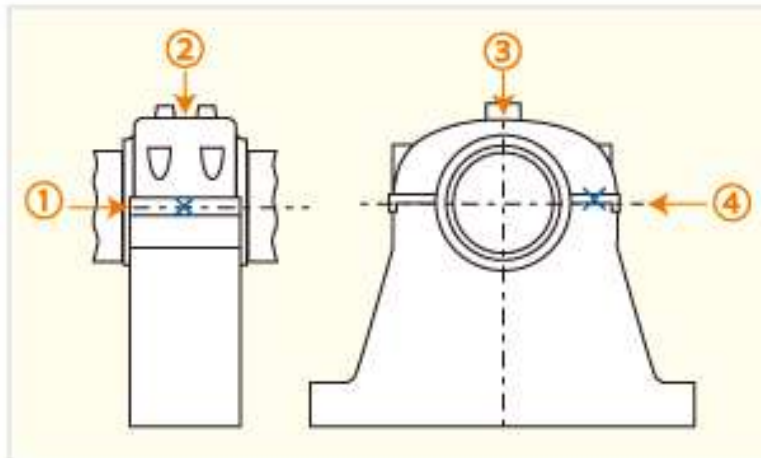
۳- اندازه گیری در روی محور عمودی بلبرینگ ویاتاقان

۴- حداقل تاثیر از شرایط خارجی

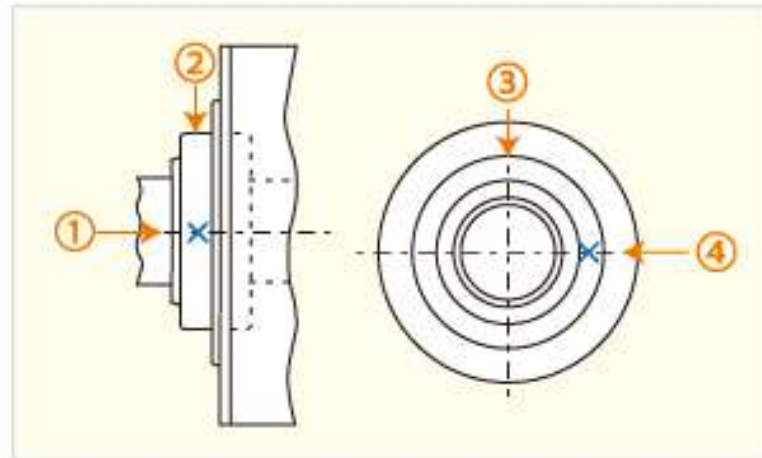
۵- حداکثر تاثیر پذیری به شرایط غیر طبیعی

۶- حداقل تضعیف سیگنال اندازه گیری شده (تلهانس سیستم)

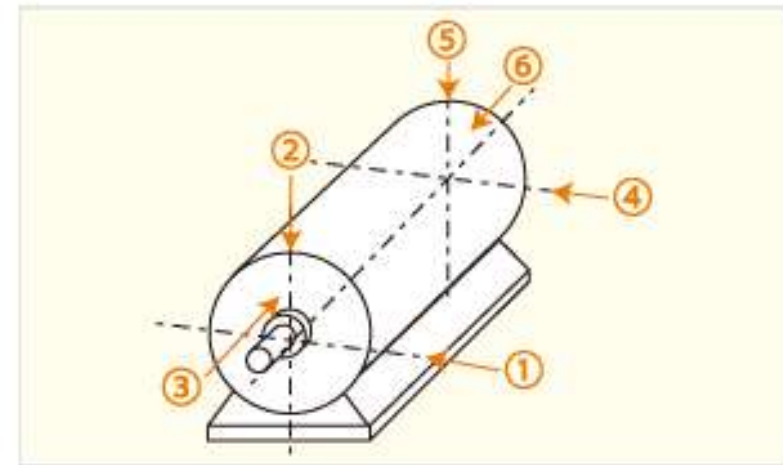




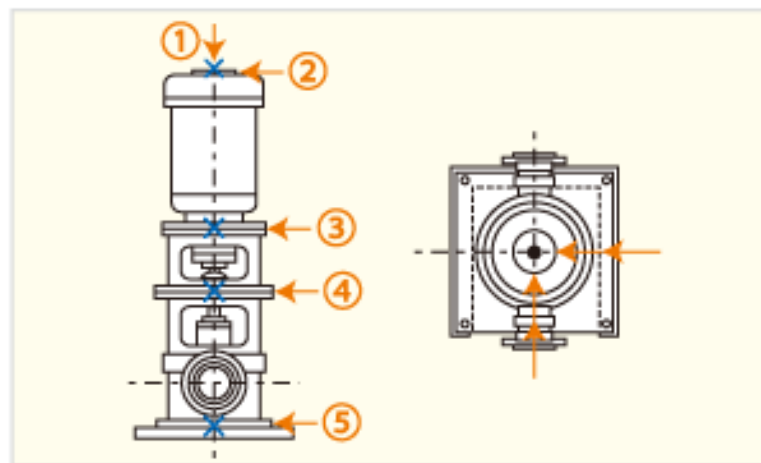
Measuring point of bearing stand



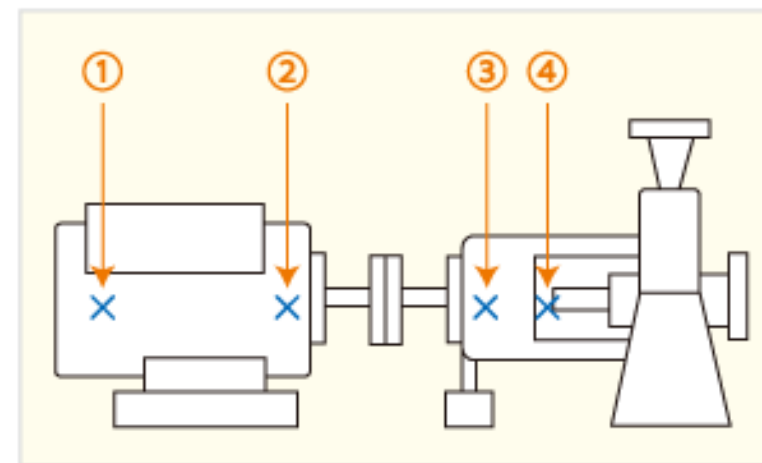
Measuring point of built-in bearing



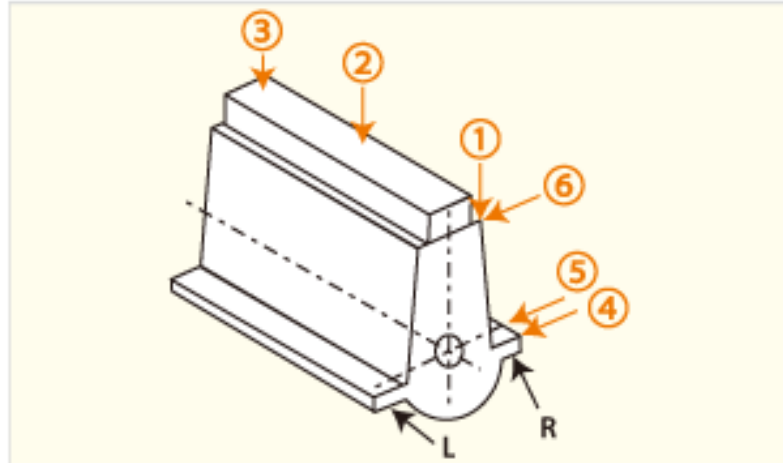
Measuring point of small electric equipment



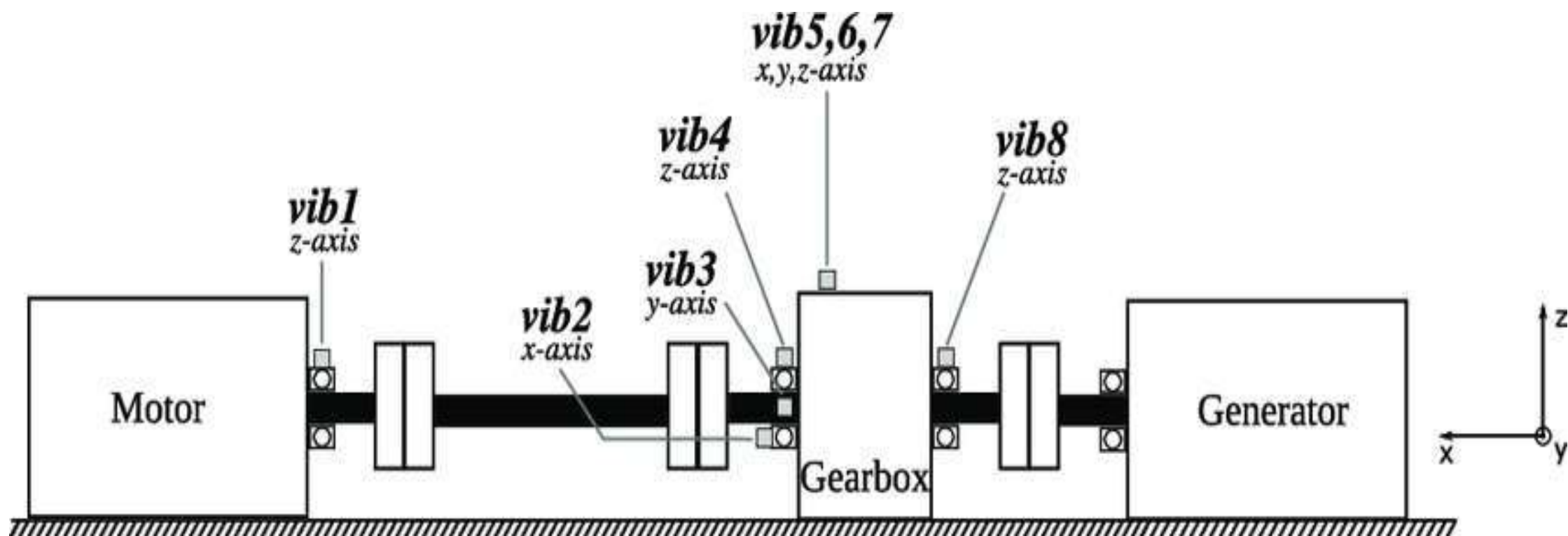
Measuring point of vertical machine



Measuring point of cantilever type pump



Measuring point of reciprocating engine



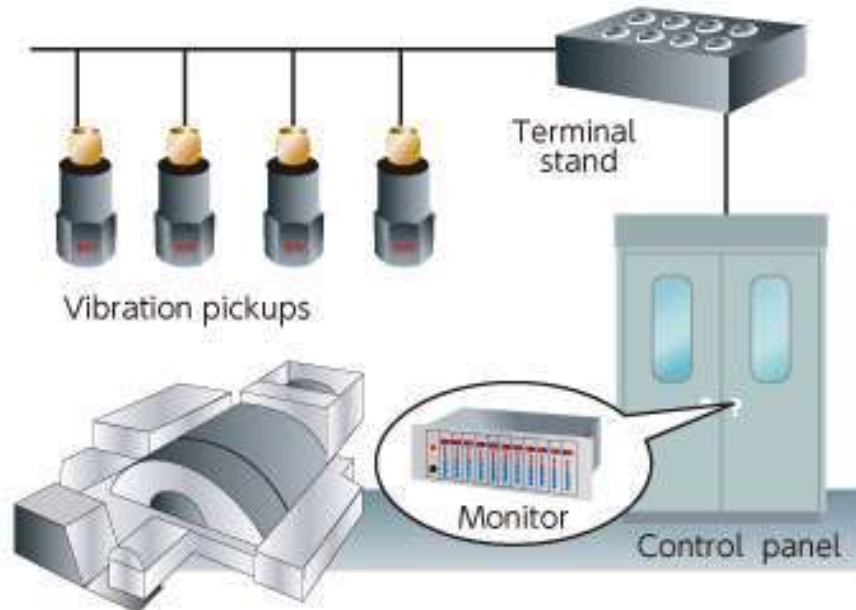
سیستم پایش وضعیت تست ارتعاش به دو صورت زیر انجام می شود:

۱- پایش وضعیت آفلاین

۲- پایش وضعیت آنلاین

Permanent online vibration monitoring system

- Machinery that :
- is important
 - operates constantly
 - cannot be approached
 - deteriorates quickly



Portable off-line monitoring system

- Machinery that :
- is minimal impact from breakdown
 - is easy to be measured
 - deteriorates slowly



عیوب متداول در موتورهای الکتریکی قابل تشخیص با تجزیه و تحلیل تست ارتعاش

۱- عدم تعادل

*عدم نصب صحیح و بالانس الکتروموتور

*مشکل انجام فوندانسیون، شکستگی و تخریب آن

*تغییر شکل رتور بدلیل گرمای بیش از حد

*ساییدگی یا شکستگی کوپلینگ

*فرسودگی، شکستگی و یا عدم نصب صحیح فن خنک کننده

هنگامی که عدم تعادل در موتور الکتریکی تشخیص داده شود، اقدامات زیر توصیه می شود:

*مرور چک لیست تعمیر ونگه داری (تاریخ، نوع الکتروموتور، تعویض و....)

*بررسی کوپلینک و فن خنک کننده

*بررسی داخلی تغییر شکل رتور و شفت محور

*انجام مجدد کالیبراسیون موتور و شفت الایمنت (هم محوری)

۲- عدم هم محوری (عدم الایمنت)

*انجام مجدد هم محوری والایمنت لیزری

*شکستگی پایه های الکترو موتور ویا تخریب فوندانسیون

*انبساط حرارتی بیش از حد

*ساییدگی یا شکستگی و فرسودگی کوپلینگ

اقدامات توصیه شده:

تست مجددهم محوری والایمنت وتأثیر انبساط حرارتی

تست پایه ها وفوندانسیون

تست کوپلینگ

۳- مشکلات بلبرینگ

*مونتاز و نصب غیر صحیح

*بارگزاری بیش از حد موتور و یا فرسودگی

*روان کاری نامناسب

*ایجاد ولتاژ در روی شفت وعدم اتصال صحیح به سیم زمین یا رینگ عایق

اقدامات توصیه شده:

نصب بلبرینگ و خوردگی،سایش آن را بررسی کنید

فرآینده روان کاری وروغنکاری را بررسی کنید

سیم ارت و رینگ عایق را بررسی کنید

۴- مشکلات الکتریکی

*شکاف هوایی نامناسب بین رتور واستاتور

*شکستگی وتغییر فرم میله های رتور(قفس سنجابی) یا قطعی سیم پیچهای وجاروبک ها آن(رتورسیم پیچی)

*کیفیت پایین توان(عدم تعادل ولتاژها،وجود هارمونیک زیاد،خرابی اینورتور،قطعی فاز،اتصالات الکتریکی نامناسب)

*مشکلات عایقی سیستم

اقدامات توصیه شده:

کیفیت توان را با دستگاه های اندازه گیری صحیح بررسی کنید

فاصله هوایی رتور واستاتور وپارامترهای رتور را بررسی کنید

تست عایقی موتور را با میگر انجام دهید

Velocity Test

				45
		unacceptable		28
				18
				11
				7
		unsatisfactory		4.5
				2.8
		satisfactory		1.8
				1.1
				0.7
		good		0.45
				0.28
Class I	Class II	Class III	Class IV	

Table Vibration Severity - ISO 10816-1

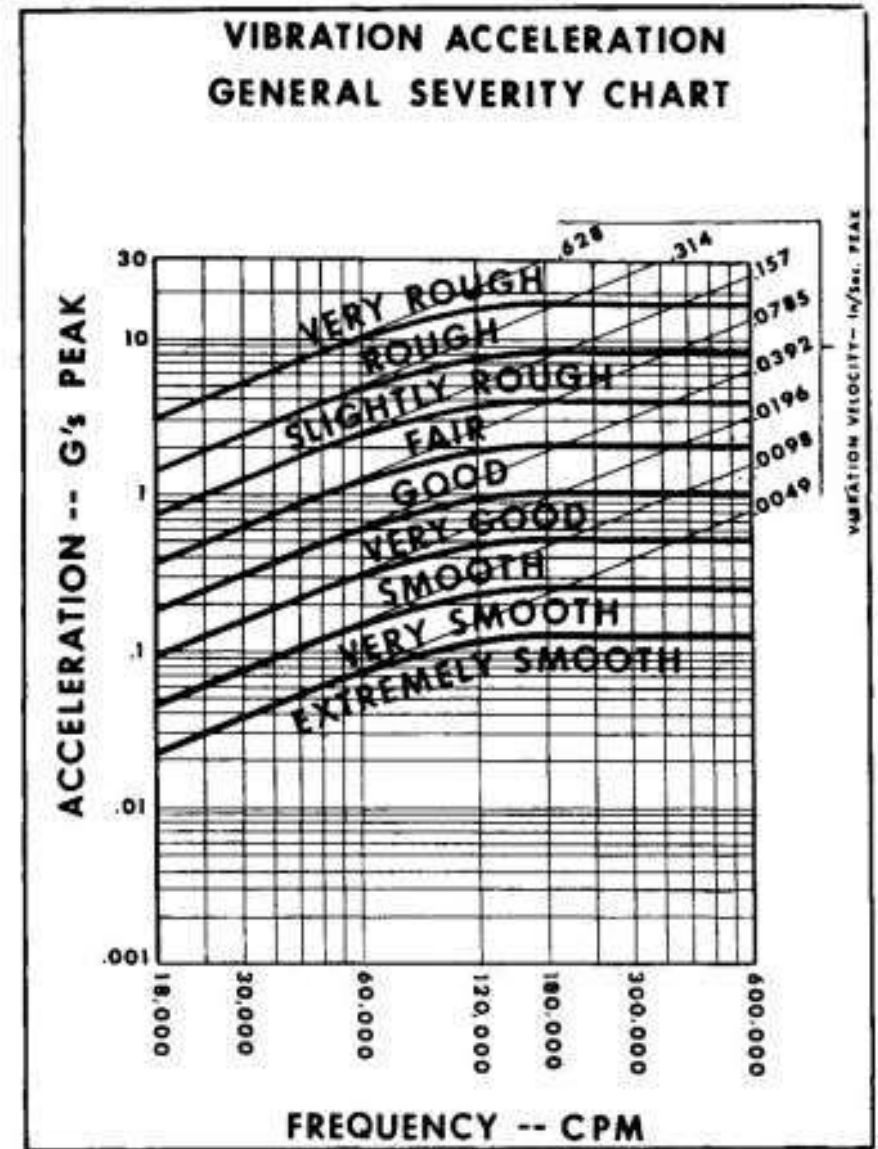
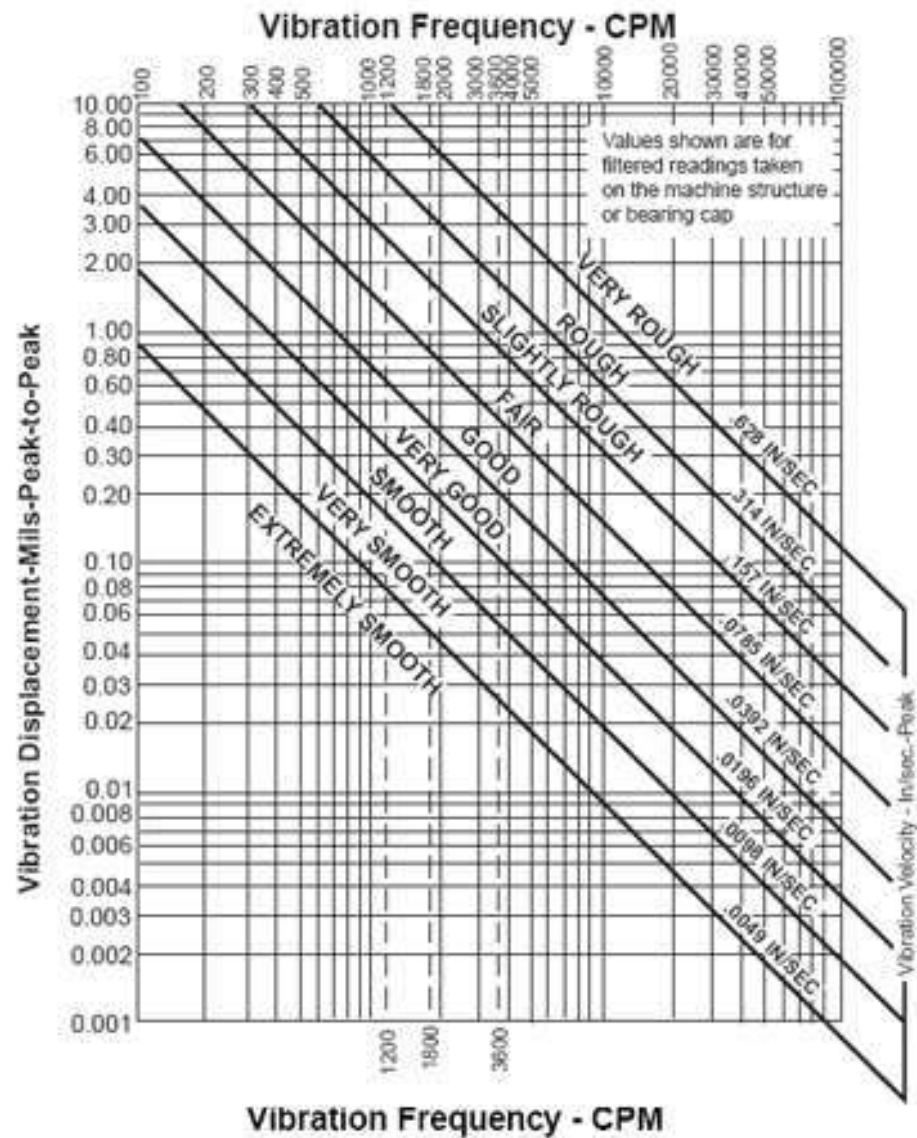
Machine	Vibration Velocity Vrms		Class I Small Machines	Class II Medium Machines	Class III Large Rigid Foundation	Class IV Large Soft Foundation
	in/s	mm/s				
	0.01	0.28				
	0.02	0.45				
	0.03	0.71		GOOD		
	0.04	1.12				
	0.07	1.80				
	0.11	2.80		SATISFACTORY		
	0.18	4.50				
	0.28	7.10		UNSATISFACTORY		
	0.44	11.20				
	0.70	18.00				
	1.10	28.00		UNACCEPTABLE		
	1.77	45.9				

Class 1: $P < 15\text{Kw}$

Class 2 : $15\text{Kw} < P < 75\text{Kw}$

Class 3 : $75\text{Kw} < P < 300\text{KW}$

Class 4 : $300\text{Kw} < P$



FLUKE®

Fluke 805 FC Vibration Meter



دستگاه تست ارتعاش و تست سریع بلبرینگ، بیرینگ
 ویاتاقان الکتروموتورها و سیستم های دوار مکانیکی
 بدون نیاز به باز نمودن سیستم

Table Crest Factor+

CF+	Severity
1 to 5	Good
6 to 10	Satisfactory
11 to 15	Unsatisfactory
above 15	Unacceptable

Vibration causes and their characteristic frequencies

Possible cause	Dominant frequency	Direction	Comments
Imbalance	1x rotation frequency	Radial for dynamic imb., possibly axial	Amplitude proportional to imbalance and RPM; causes severe vibration to occur
Misalignment; bent shaft	1x rotation frequency often 2x and higher multiples	Radial and axial	Severe axial vibration and 2nd harmonic; best realigned with OPTALIGN® V or SYSTEM 2 TURBALIGN®
Bearing damage	High-frequency vibration	Radial and axial	May be diagnosed from vibration only through use of diagnostic functions or shock pulse analysis (SPM)
Sleeve bearing play	Subharmonic, exactly 1/2 or 1/3 of rotation frequency	Radial	Usually dependent upon RPM and operating temperature
Oil film whirl or whip (sleeve bearings)	40% - 50% of rotation frequency	Radial	Occurs with high-speed machines; phase fluctuates.

Vibration causes and their characteristic frequencies

Possible cause	Dominant frequency	Direction	Comments
Hysteresis whirl	Critical shaft rotation frequency	Radial	Vibrations are excited as machine climbs through critical RPM and remain at higher speeds. Remedy: Rotor must be reworked (mounting improved).
Gear tooth damage	Tooth mesh frequency and multiples thereof with sidebands located at multiples of rotation frequency	Radial and axial	Sidebands occur from modulation of tooth mesh vibration at rotation frequency; difficult to isolate due to superimposition.
Belt drive damage	Rotation frequency and multiples thereof	Radial	Additionally recommended: combined RPM and belt speed measurements to check for belt slippage.
Turbulence; cavitation	Blade/vane passing frequency	Radial and axial	Additionally recommended for pumps: shock pulse measurement at the pump housing.
Electrically induced vibration	Rotation frequency, 2x line frequency	Radial and axial	Sidebands may also occur located at multiples of the rotation frequency; vibration ceases when power is cut off.

دستگاه های اندازه گیری پیشنهادی جهت تست ارتعاش موتورهای الکتریکی

FLUKE®

Fluke 805 FC Vibration Meter

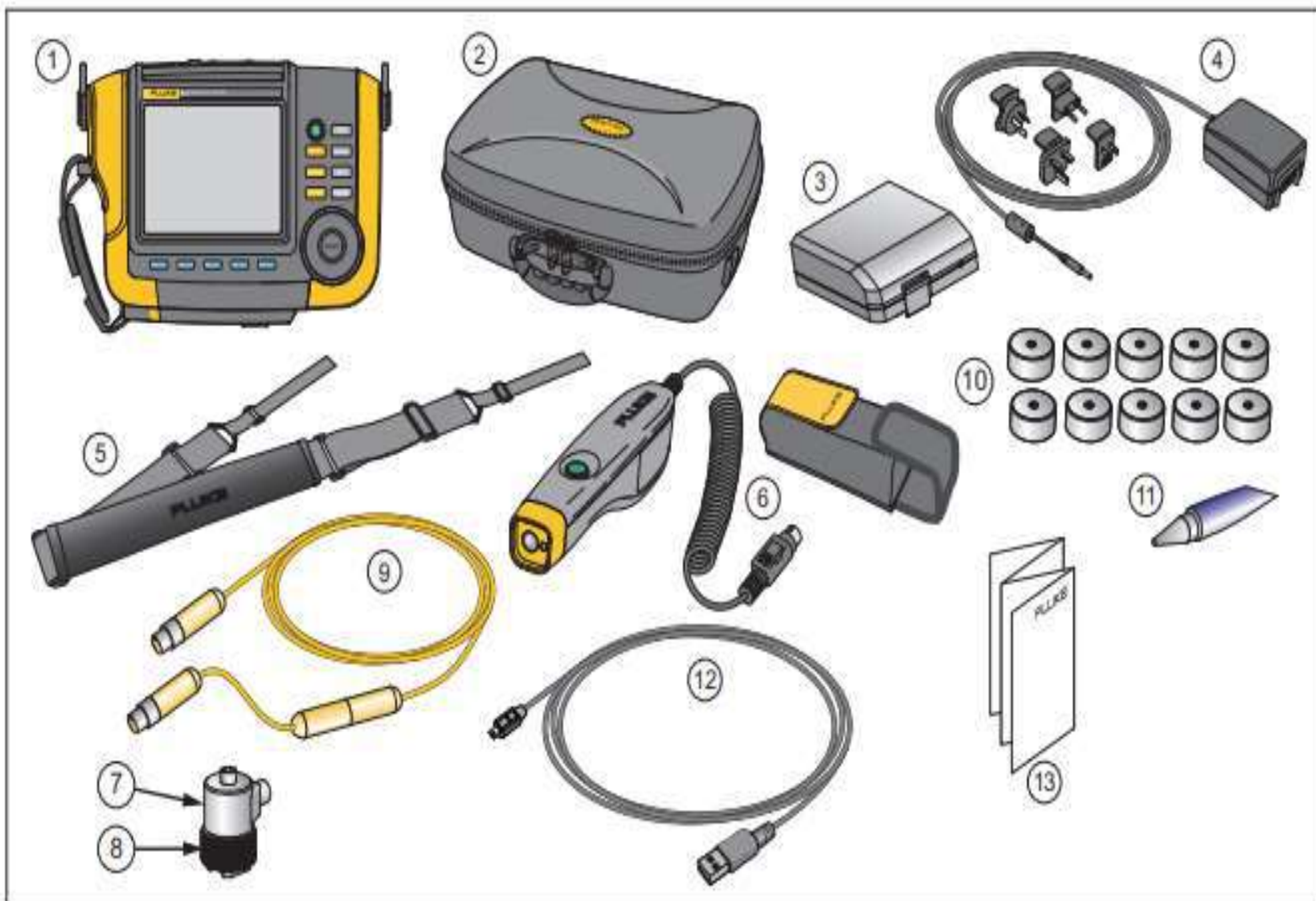




FLUKE®

Fluke 810 Vibration Tester





- ① Vibration Tester
- ② Storage Case
- ③ Smart Battery Pack
- ④ Smart Battery Pack Charger and Adapters
- ⑤ Shoulder Strap
- ⑥ Tachometer and Pouch
- ⑦ Sensor
- ⑧ Sensor Magnet Mount
- ⑨ Sensor Quick Disconnect Cable
- ⑩ Sensor Mounting Pads (10-pack)
- ⑪ Adhesive
- ⑫ Mini USB to USB Cable
- ⑬ Quick Reference Guide

SDT340

with Ultranalysis® Suite 3

Detect, measure,
analyze ultrasound
and vibration



Test: Plate Vibrations

Run: Run 00002

Save Name	Time	Meas	Save #
F1 Saves	2018-06-27 10:47:46	APS 01	1
F1 Saves	2018-06-27 10:47:48	APS 01	2
F1 Saves	2018-06-27 10:47:49	APS 01	3
F1 Saves	2018-06-27 10:47:53	APS 01	4
F1 Saves	2018-06-27 10:47:54	APS 01	5
F1 Saves	2018-06-27 10:47:56	APS 01	6
F1 Saves	2018-06-27 10:47:57	APS 01	7
F1 Saves	2018-06-27 10:47:59	APS 01	8
F1 Saves	2018-06-27 10:48:01	APS 01	9
F1 Saves	2018-06-27 10:48:02	APS 01	10
F1 Saves	2018-06-27 10:48:04	APS 01	11
F1 Saves	2018-06-27 10:48:07	APS 01	12
F1 Saves	2018-06-27 10:48:10	APS 01	13
F1 Saves	2018-06-27 10:48:12	APS 01	14

Channel Incrementer

SIGxy ☐ Active Graph ☒ All Graphs

xInc 10 x 1

