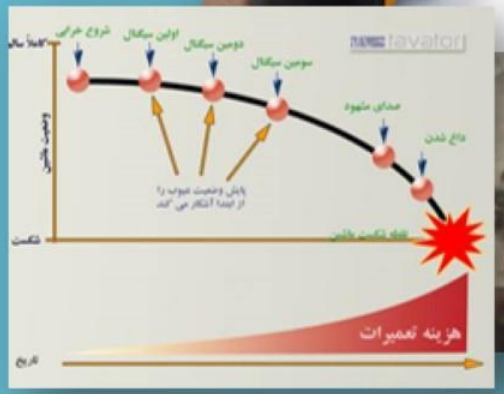
سیستم های پایش وضعیت پیوسته ماشین های حساس

علی اکبر وکیلی
مدیرعامل شرکت مهندسی تواتر سپاهان

سیستم های پایش وضعیت پیوسته ماشین های حساس

- مقدمه
- روشهای اندازه گیری لرزش
- اندازه گیری های دوره ای و پیوسته
- اندازه گیری های حفاظتی
- اندازه گیری های پایش وضعیتی
- سیستم های پایش وضعیت عملکرد
- نمونه هایی از اثر بخشی پایش وضعیت پیوسته در تشخیص عیوب



بخش اول

- مقدمه

مقدمه

ماشین های حساس در صنایع فرآیندی عوامل اصلی تولید به شمار می آیند. این ماشین ها معمولاً هزینه های تعمیراتی بسیار بالایی داشته و توقف آنها می تواند در هر ساعت صد ها میلیون تومان خسارت عدم تولید برای کارخانه در بر داشته باشد. از این رو حفاظت و نگهداری آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این نوع ماشین ها معمولاً از یک سیستم حفاظتی با نصب سنسور و مانیتورهای دائم استفاده شده و برای برنامه های تعمیرات و نگهدرای آن از روشهای پایش وضعیت دوره ای استفاده می شود. امروزه توسعه ریز پردازنده ها امکان تلفیق سیستم های حفاظتی با سیستم های پایش وضعیت پیوسته را فراهم نموده و پیشرفت های بزرگی در بخش عیب یابی این ماشین ها با هدف بالا بردن قابلیت اطمینان و قابلیت در دسترس بودن آنها ایجاد شده است.

بالا بودن هزینه این تجهیزات یکی از چالش های مدیریت در انتخاب آنها است. به همین منظور تولید کنندگان این تجهیزات سعی در ارائه آنها بصورت ماژولار و در سطح بندی های مختلف نموده اند.

در این سمینار کوشش می شود تا با معرفی روشهای مختلف پایش وضعیت نمونه هایی نیز از اثر بخشی آنها ارائه گردد.

استانداردهای پایش وضعیت

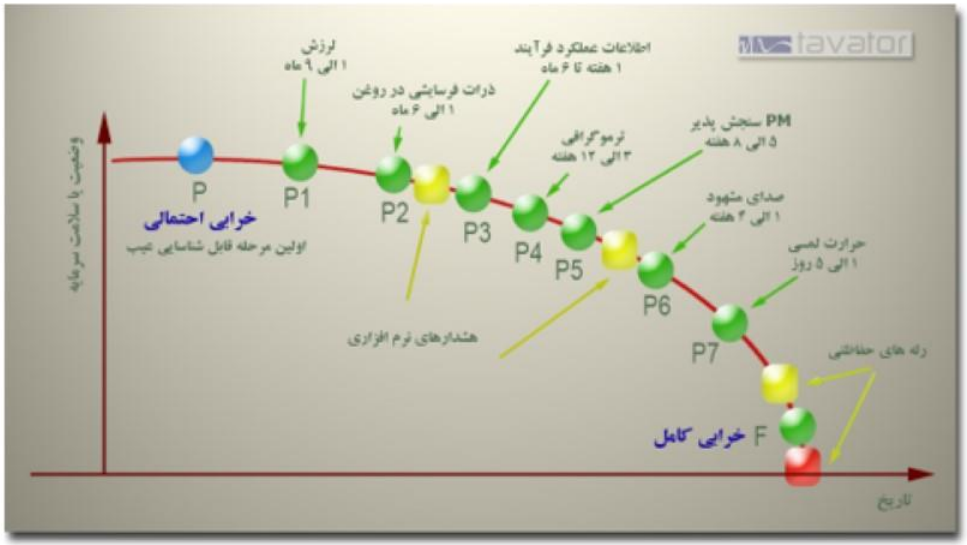
استانداردهای مهمی در تعریف پایش وضعیت و ارتعاش سنجی ماشین آلات منتشر شده است. مهم ترین آنها را می توان بصورت زیر اشاره نمود:

- ISO 13373 پایش وضعیت ارتعاشی ماشین ها
- ISO 10816 ارزیابی ارتعاش ماشین با اندازه گیری های یاتاقان
- ISO 7919 ارزیابی ارتعاش ماشین با اندازه گیری های شافت

نقش ارتعاشات در وضعیت ماشین

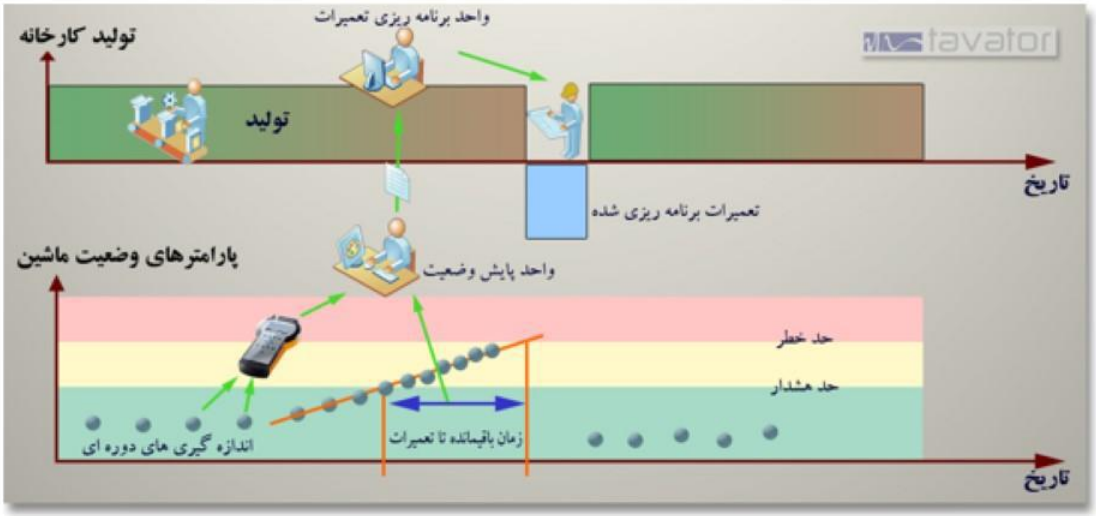
- تغییر وضعیت بالانس
- تغییر وضعیت همراستایی
- فرسایش یا خرابی بیرینگ های ژرنال
- فرسایش یا خرابی بیرینگ های غلطشی
- خرابی های چرخ دنده ها و کوپلینگ
- ترک در قطعات اصلی
- حالت های گذرا
- اغتشاش در جریان سیال در ماشین های سیالاتی
- خرابی های ماشین های الکتریکی
- مالش
- لقی های مکانیکی
- رزنانس
- .....

تغییر رفتار ارتعاشی ماشین



نقش ارتعاشات در وضعیت ماشین

پایش وضعیت ارتعاشی ماشین



- افزایش حفاظت از ماشین
- بهبود وضعیت حفاظت پرسنل
- بهبود روشهای نگهداری و تعمیرات
- آشکارسازی عیوب در اولین مراحل پیدایش
- جلوگیری از خسارت های مرگبار
- افزایش عمر تجهیزات

کاهش هزینه های تعمیرات و افزایش تولید

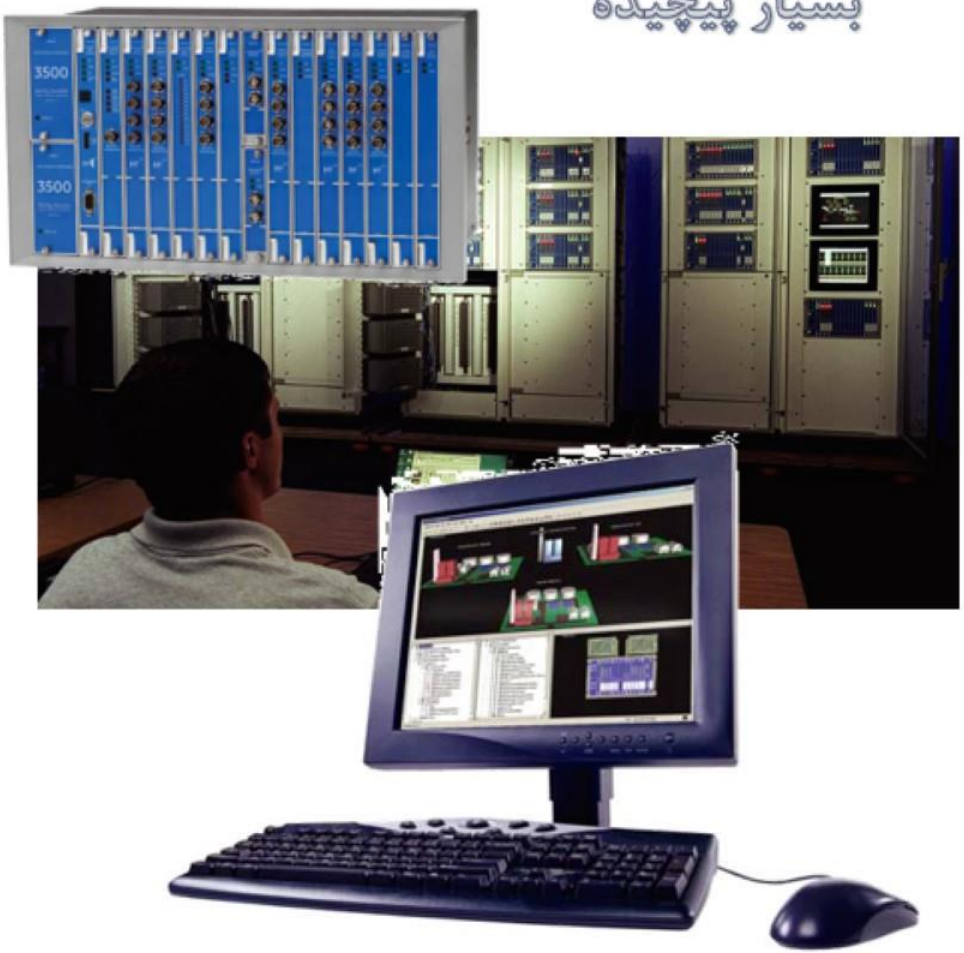
پیچیدگی اندازه گیری های ارتعاشی در پایش وضعیت

بسیار ساده

- اندازه گیری ارتعاش کل

- آنالایزر
- دیتا کالکتور

بسیار پیچیده

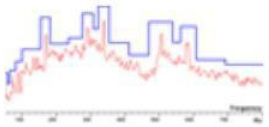


بخش دوم

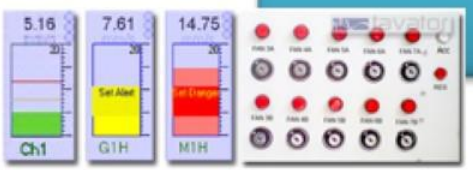
❖ اندازه گیری لرزش

هدف از اندازه گیری لرزش

ارتعاش سنجی



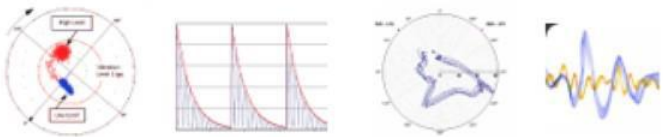
حفاظت



- ساده، سریع، پیوسته
- استفاده از حداقل سنسور
- نصب دائم سنسورها
- قابلیت اطمینان بالا
- حساس ترین نشان دهنده وضعیت های خطرناک
- رله های حفاظتی
- مدیریت عملکرد رله ها
- زیر نظر مسئولیت تولید

پایش وضعیت

- پیچیده و مفصل و دارای فرصت کافی
- پیوسته یا دوره ای
- نصب دائم یا موقت سنسورها
- حساس نسبت به کوچک ترین تغییرات
- پردازش های کامپیوتری
- زیر نظر مسئولیت نگهداری و تعمیرات



انواع مبدل لرزش

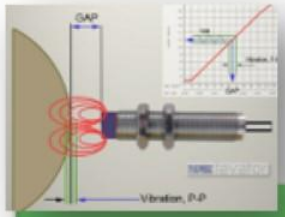
tavator

مبدل های ارتعاشی

تماسی

- شتاب سنج
  - اندزه گیری شتاب، سرعت، جابجایی
- پیک آپ سرعت ارتعاشی
  - اندازه گیری سرعت و جابجایی
- اندازه گیری ارتعاش مطلق یاتاقان یا بدنه ماشین
- پارامتر دتکتور
  - Rms برای سرعت و شتاب
  - P یا P-P اگر سیگنال کاملاً سینوسی باشد
  - P برای شتاب ماشین های پر سرعت

غیر تماسی

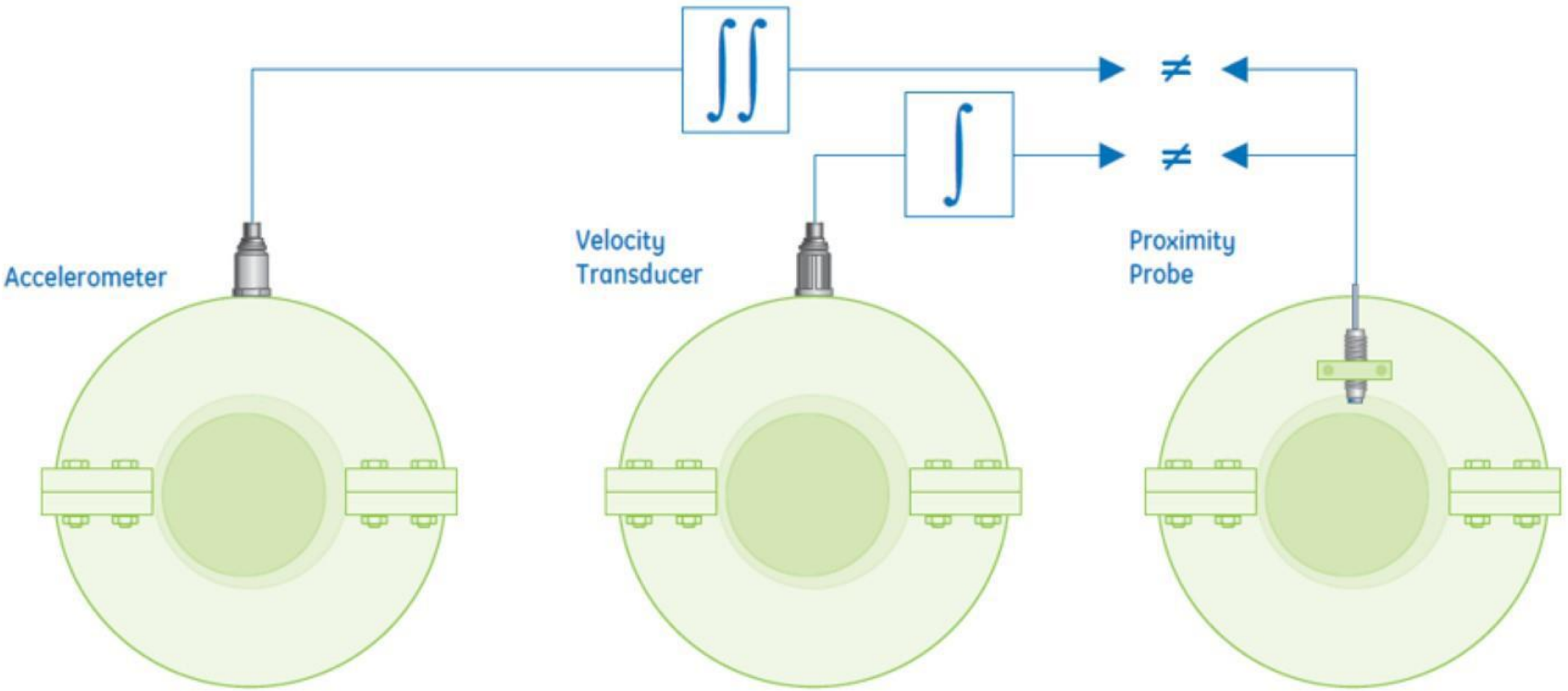


- پروب پروکسی
  - اندازه گیری حرکت شافت نسبت به یاتاقان
- پارامتر دتکتور : p-p

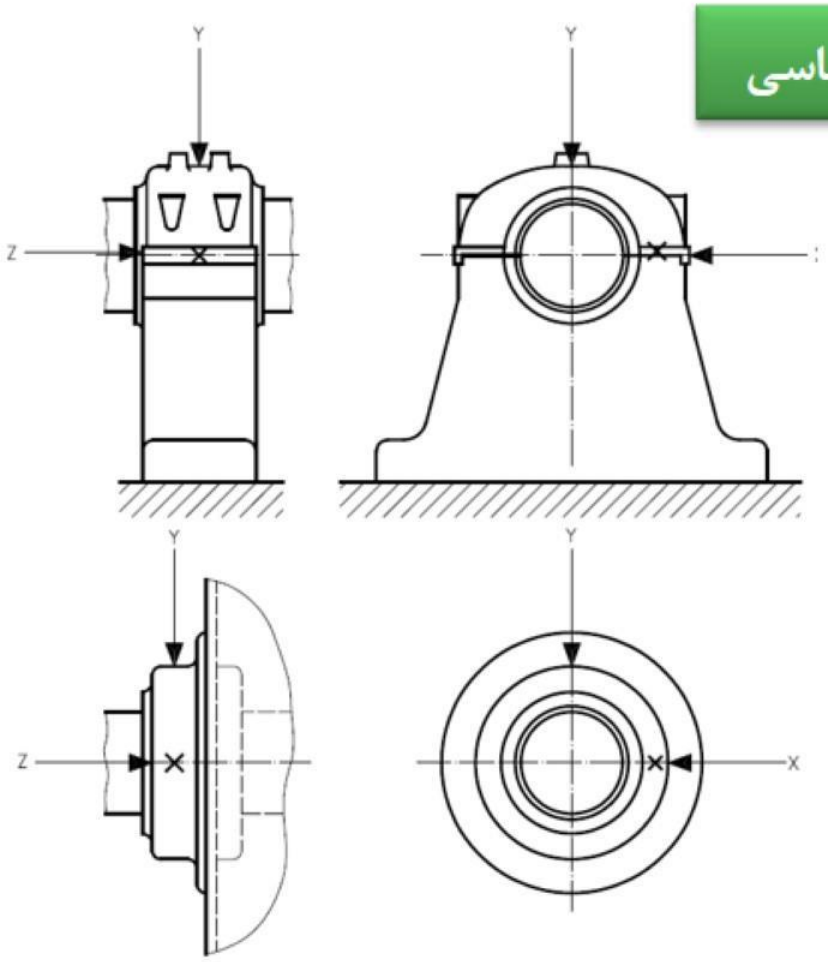
ترکیب تماسی و غیر تماسی

- جمع برداری پروب پروکسی و شتاب سنج
  - اندازه گیری حرکت مطلق شافت
- پارامتر دتکتور : p-p

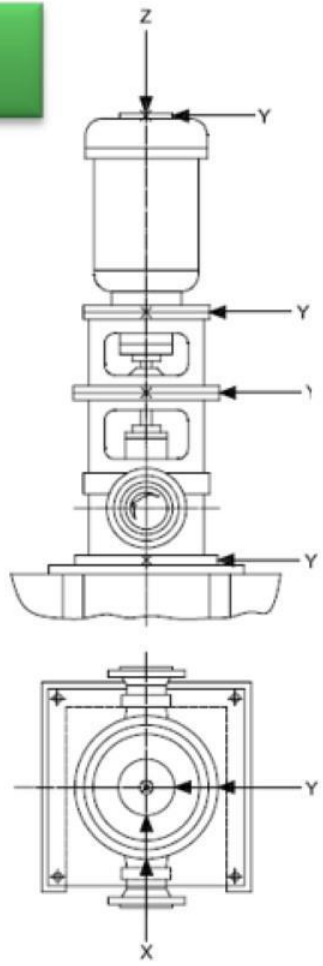
نصب مبدل لرزش

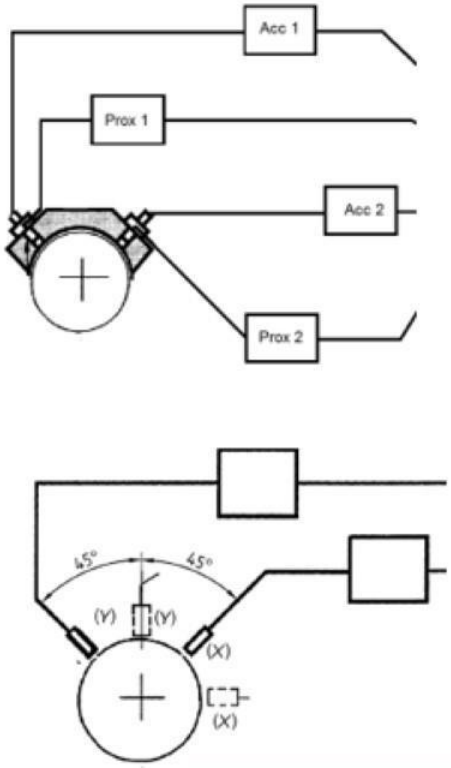


نصب مبدل لرزش



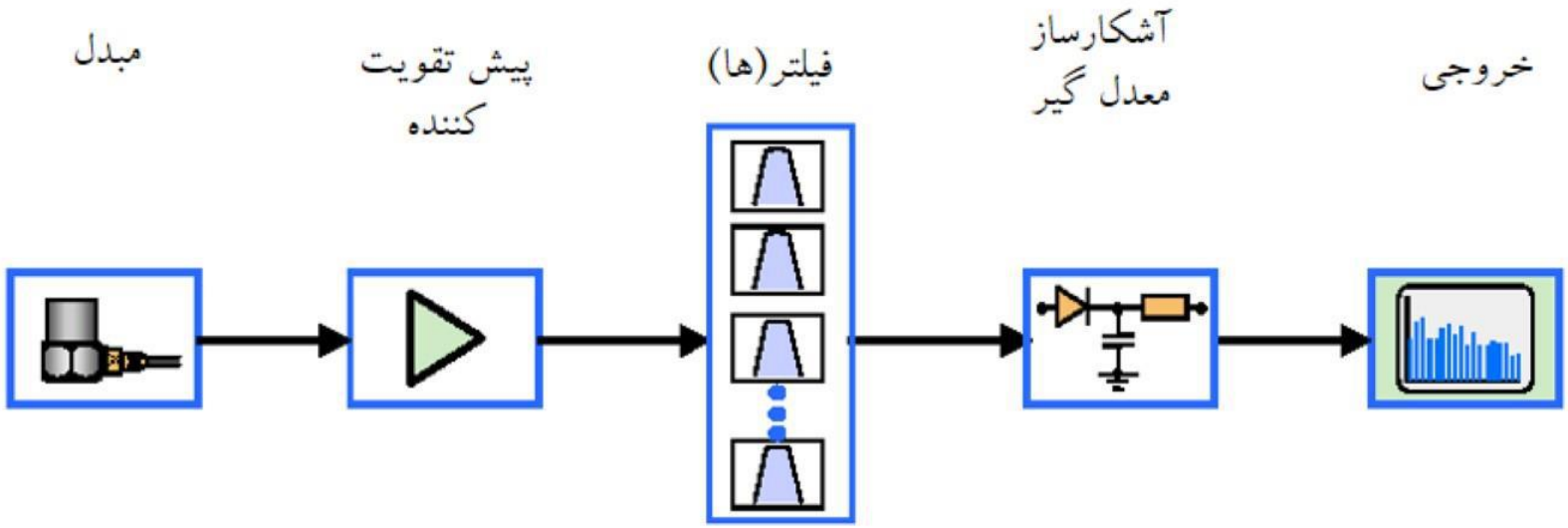
تماسی

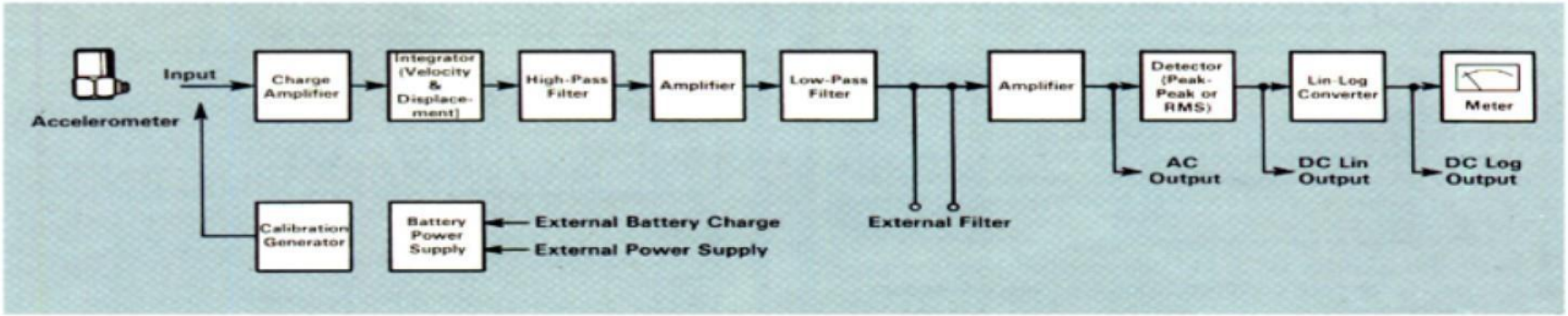




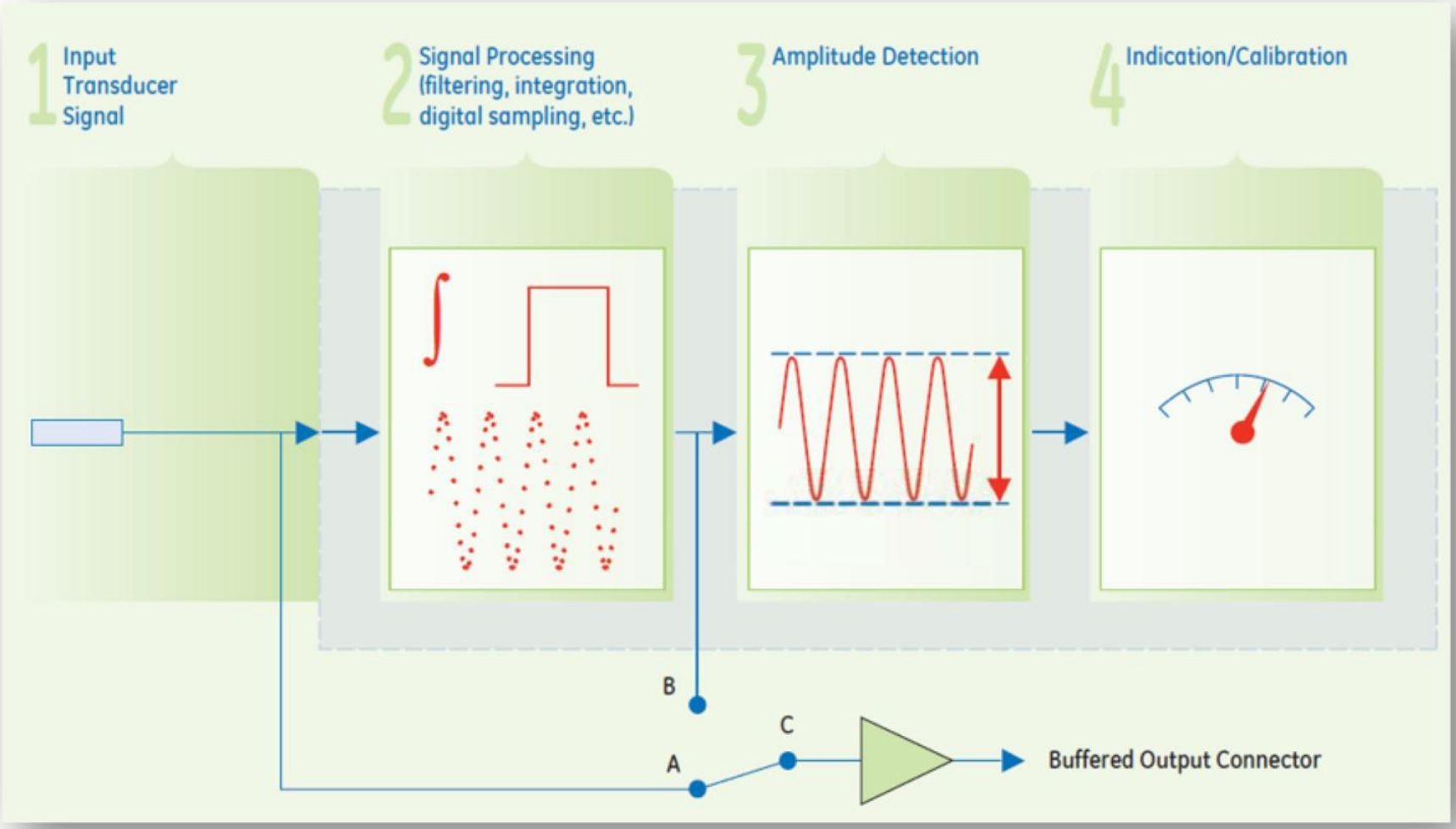
غیر تماسی

زنجیره اندازه گیری لرزش





زنجیره اندازه گیری لرزش



زنجیره اندازه گیری لرزش حفاظتی

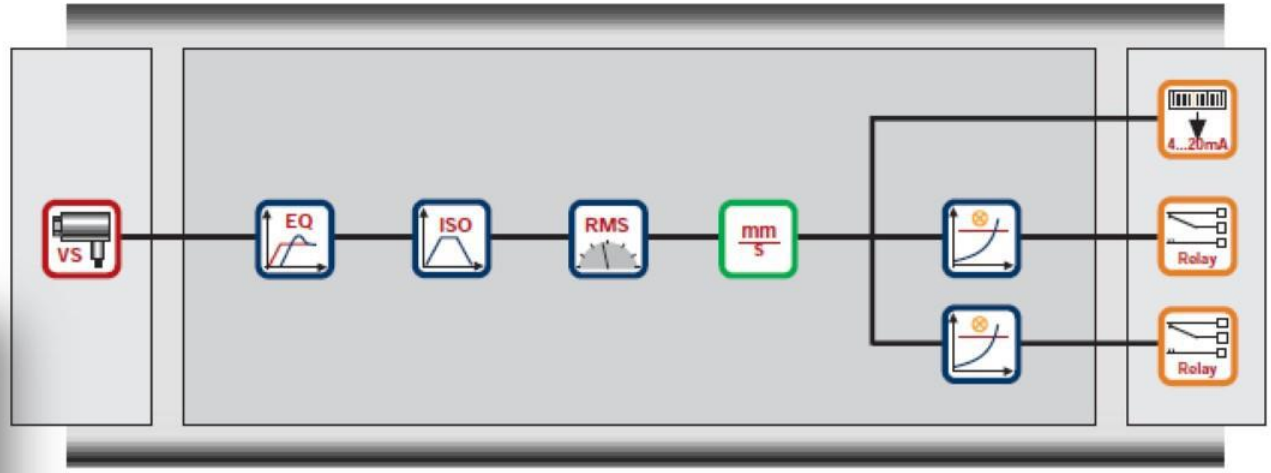
1

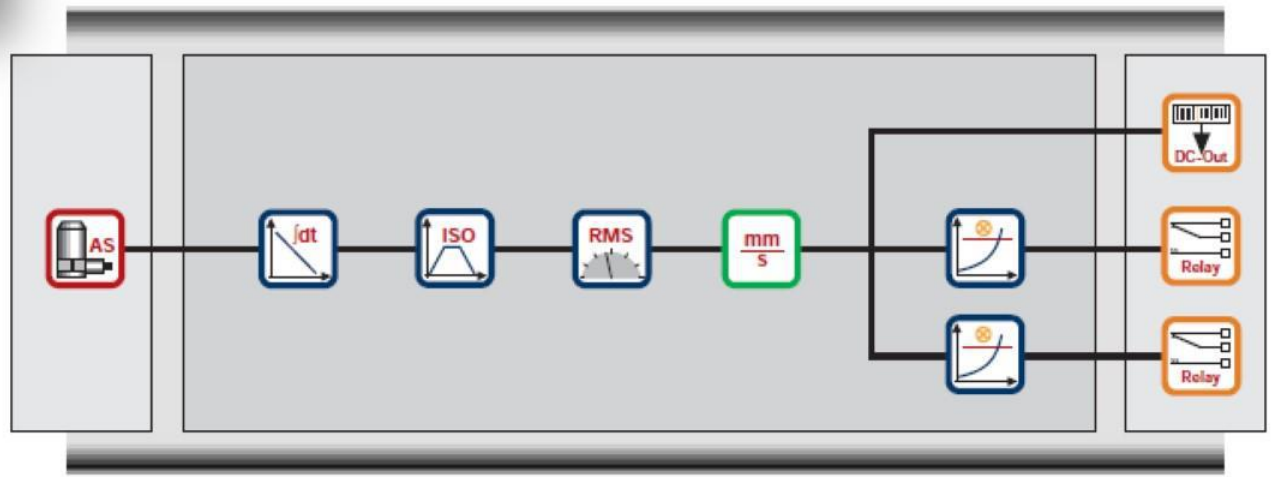
Classical monitoring with a vibration velocity sensor

2

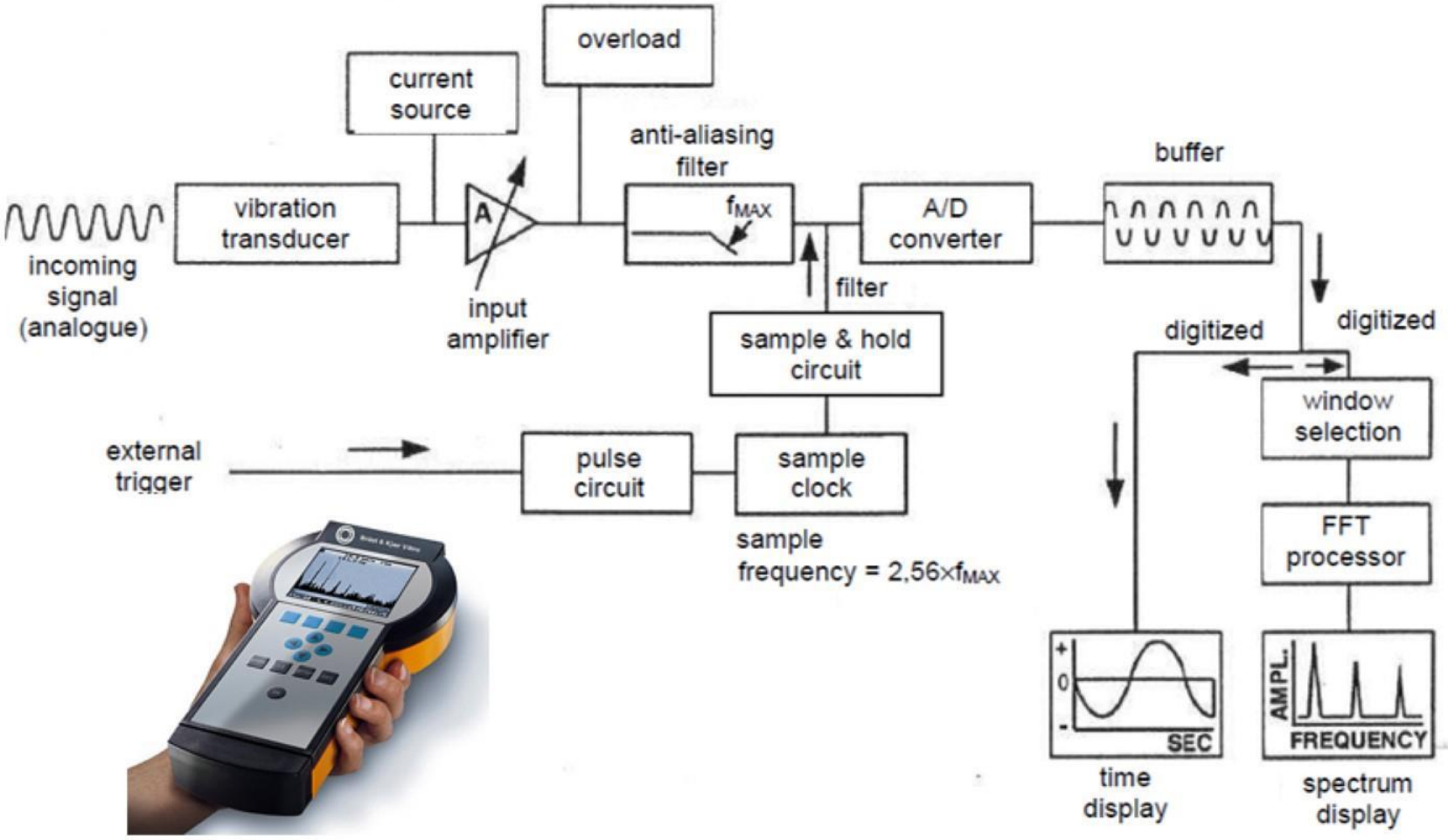
Vibration monitoring with an acceleration sensor

CV-112





زنجیره اندازه گیری لرزش در یک آنالیزر FFT

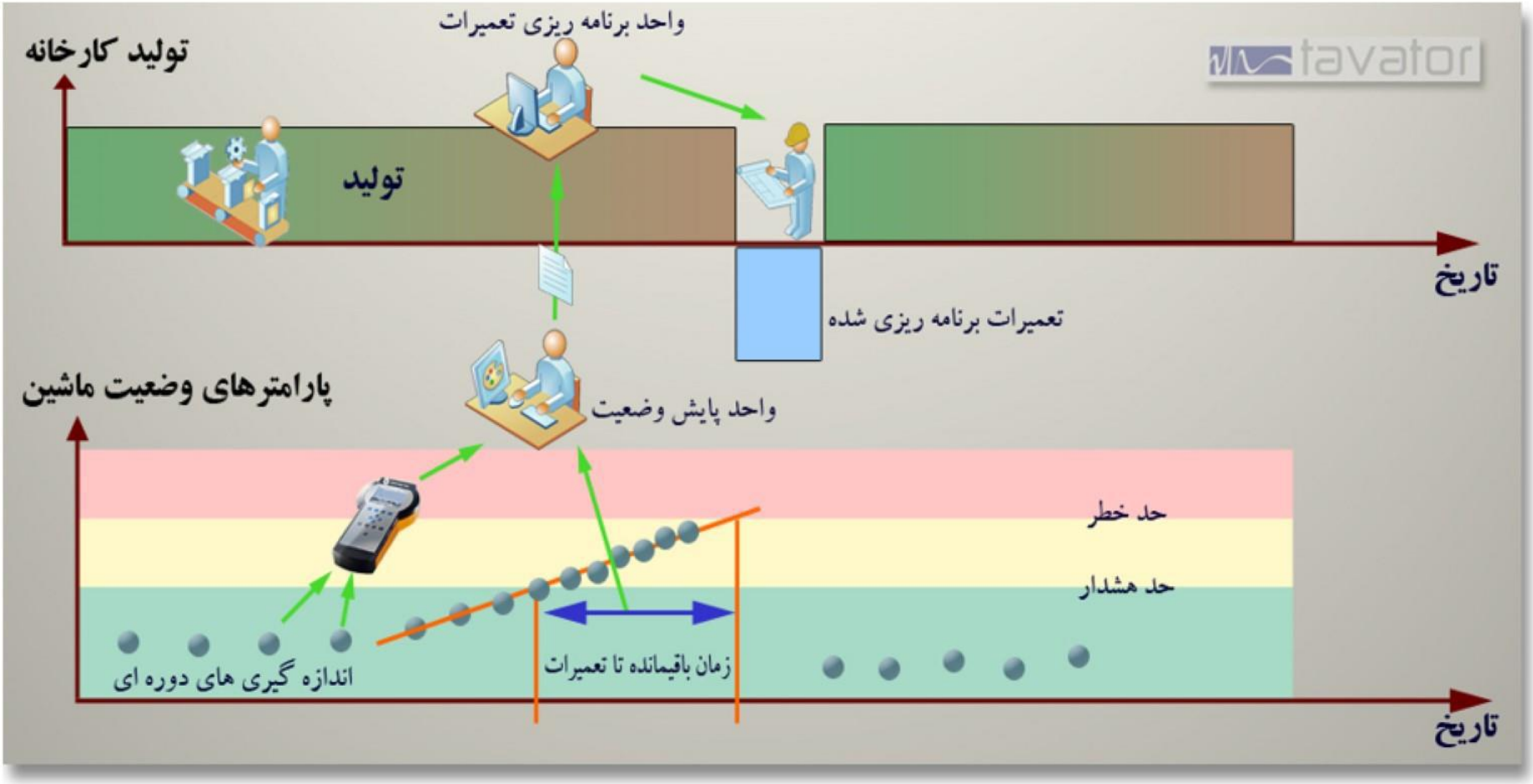


بخش سوم

- پایش وضعیت ارتعاشی

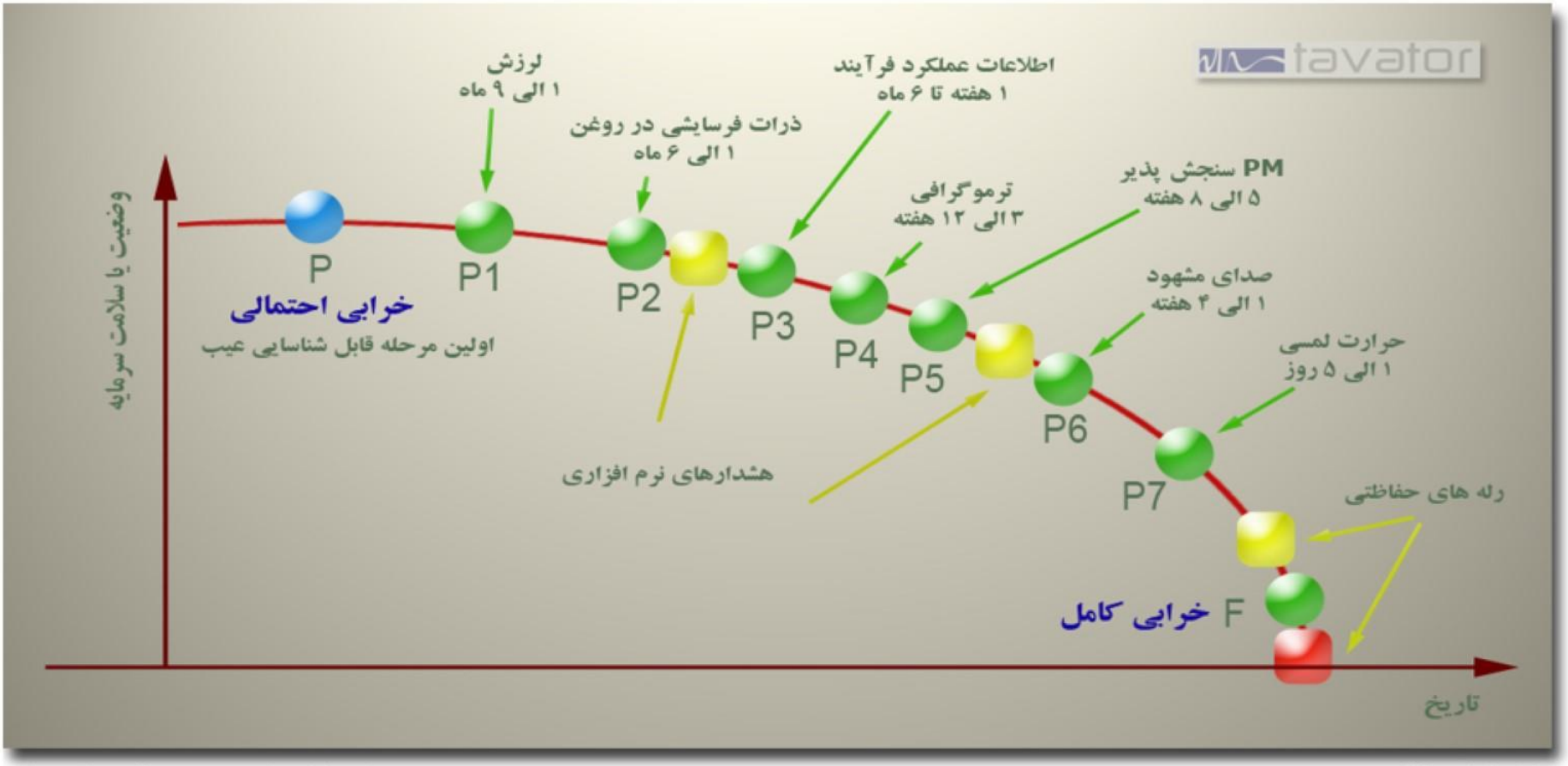
پایش وضعیت ارتعاشات

ارزیابی وضعیت سلامت ماشین در حین کار



پایش وضعیت ارتعاشات

با توجه به نوع ماشین و درجه حساسیت آن باید یک یا چند پارامتر اندازه گیری و همچنین یک سیستم پایش وضعیت مناسب انتخاب نمود تا بتوان شرایط « نا سالم « ماشین را شناسایی نمود. این شناسایی باید در زمانی انجام گیرد که فرصت کافی برای انجام عملیات تعمیراتی وجود داشته باشد، قبل از اینکه خرابی های اجزاء ماشین باعث کاهش عملکرد ماشین یا کاهش عمر ماشین و یا خرابی کامل ماشین شود.



انواع سیستم های پایش وضعیت ارتعاشات

tavator

اندازه گیری پیوسته

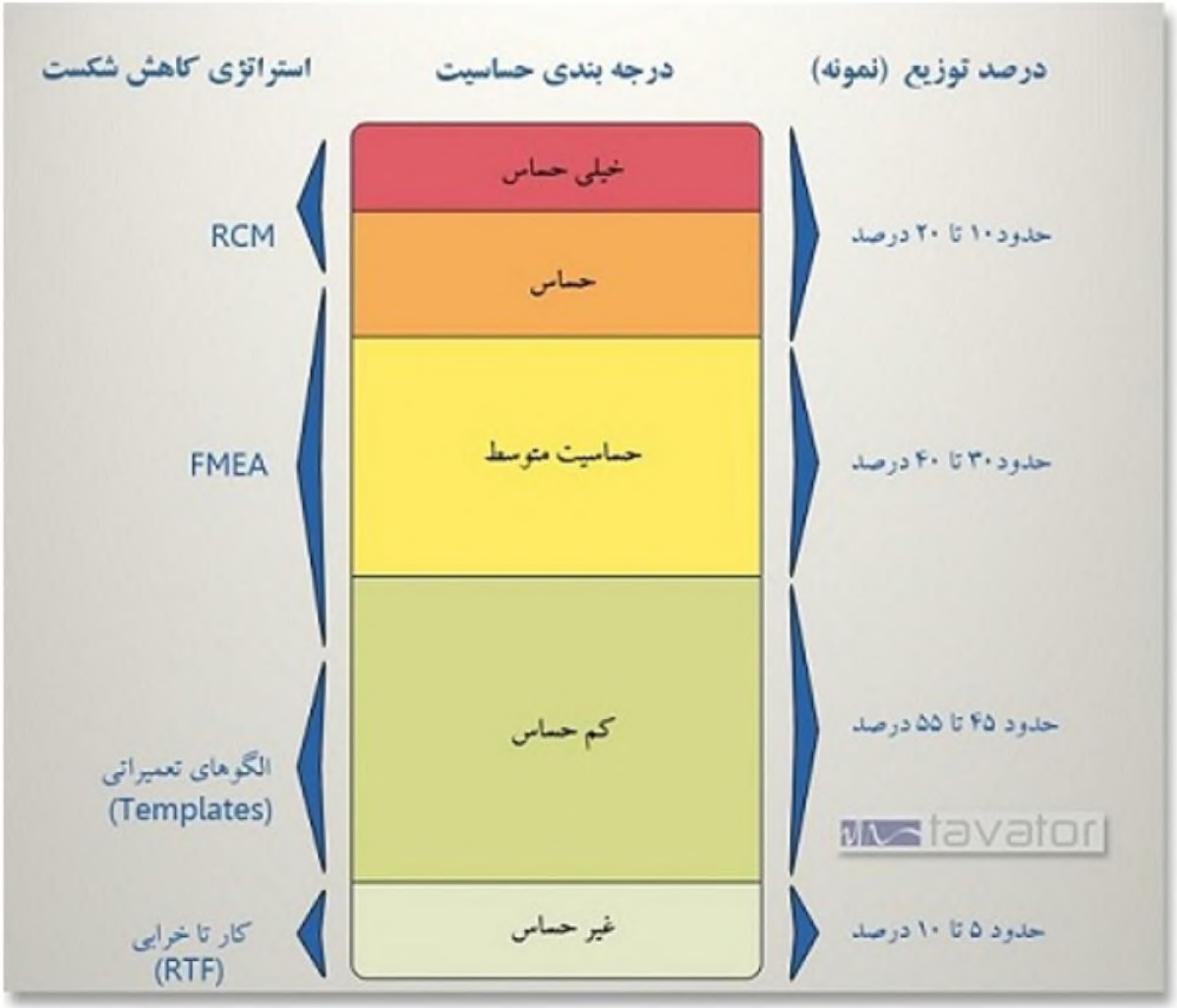
اندازه گیری نیمه پیوسته

اندازه گیری پرتابل

عوامل انتخاب سیستم

- درجه حساسیت ماشین
- خسارت عدم تولید (خواب ماشین)
- هزینه شکست های مرگبار
- هزینه ماشین
- نرخ رشد مود شکست
- دسترسی به ماشین برای انجام نگهداری و تعمیرات
- دسترسی به نقاط اندازه گیری
- کیفیت سیستم اندازه گیری / عیب یابی
- مود های عملیاتی ماشین (سرعت، قدرت ...)
- هزینه سیستم پایش
- ایمنی
- الزامات محیط زیست

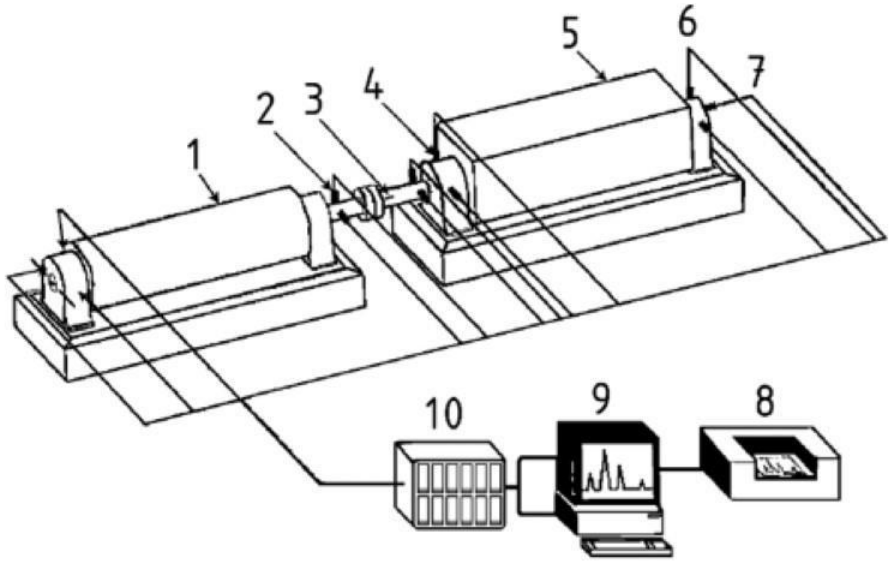
تعیین سطح حساسیت ماشین ها



سیستم های پایش وضعیت پیوسته ماشین های حساس

سیستم های نصب دائم

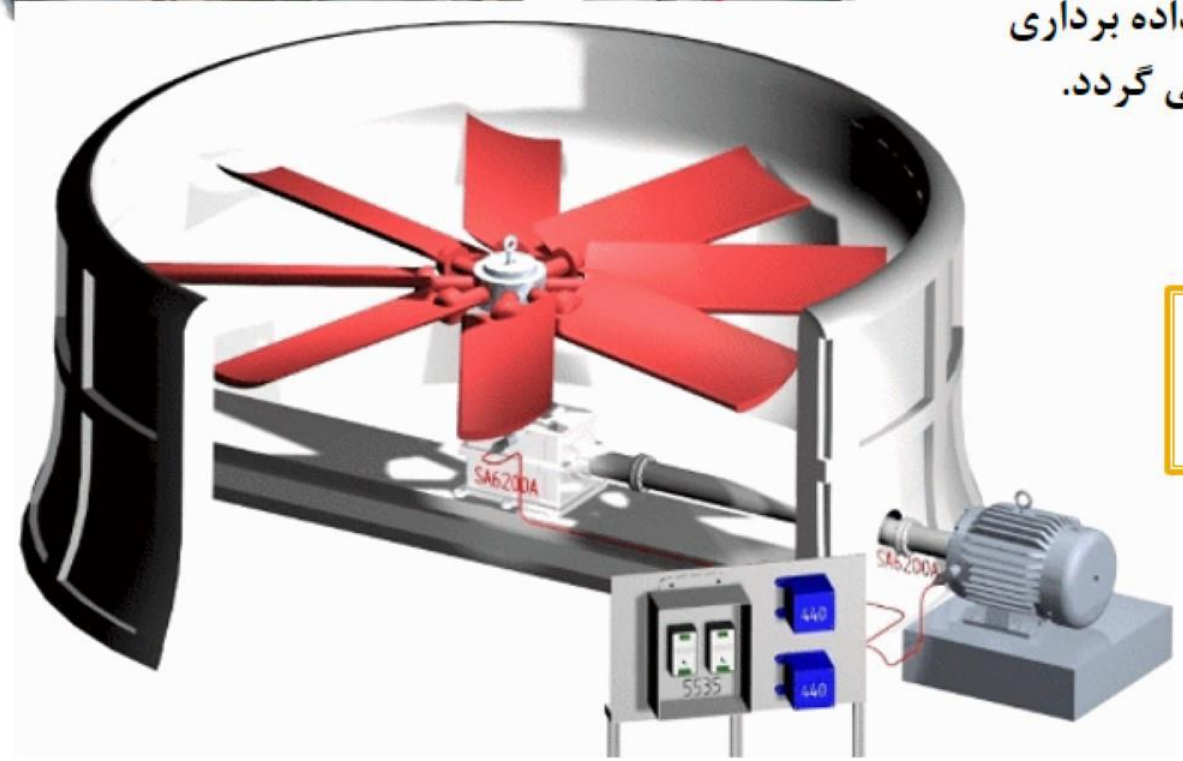
- **اجزاء زیر بصورت دائمی نصب شده است:**
  - سنسورها
  - سیستم شایسته ساز سیگنال
  - سیستم پردازش داده ها
  - سیستم ذخیره سازی داده ها
  - داده ها بصورت دوره ای یا پیوسته ثبت می شود.



1 -Driver
2 -Shaft displacement probes (typical)
3 -Phase reference
4 -Transducers on stationary bearing structure (typical)
5- Driven process machinery
6- Radial
7- Axial
8- Printer
9- Computer with data storage
10- Signal conditioner

برای ماشین های
گران قیمت
خیلی حساس
دارای عملکرد مانیتورینگ پیچیده

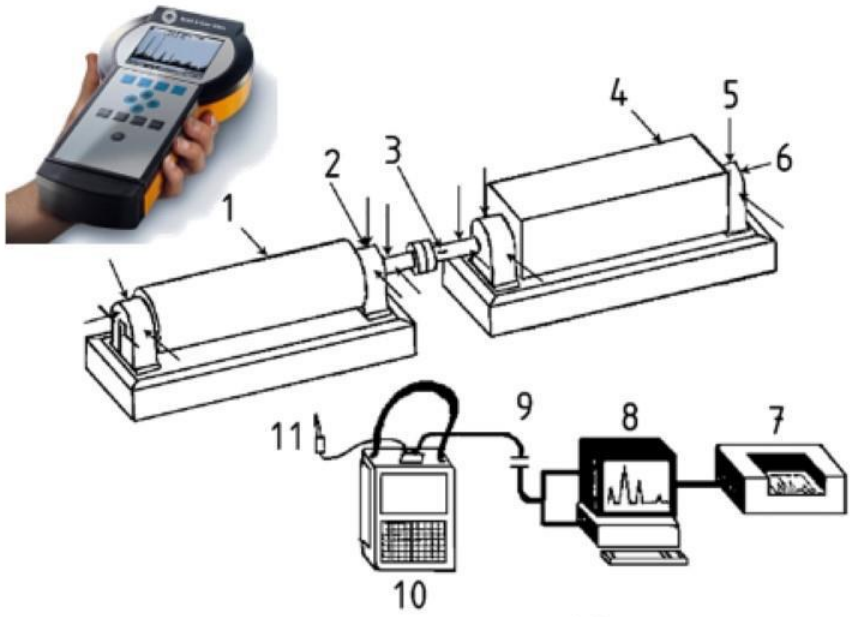
سیستم های نصب نیمه دائم



- سیستمی است بین سیستم نصب دائم و سیستم پرتابل.
- در این سیستم سنسورها بصورت دائمی نصب است ولی تجهیزات الکترونیک داده برداری بصورت دوره ای به آنها متصل می گردد.

برای نقاط اندازه گیری دور از دسترس

سیستم های پرتابل



1 -Driver 7 Printer
2 -Data points (typical)
3- Phase reference
4 -Driven process machinery
5 -Radial 11 Transducer
6 -Axial
7- Printer
8 - Computer with data storage
9 - Computer link
10 - Portable data logger
11 - Transducer

- این سیستم همه کارهای یک سیستم نصب دائم را (بجز حفاظت) انجام می دهد با هزینه بسیار پایین تر ولی بصورت دوره ای. کلیه عملیات با یک دیتاکالکتور و یا آنالایزر پرتابل و یک سنسور انجام می گیرد.
- داده ها را می توان در سطح پایینی در همان آنالایزر تجزیه تحلیل نمود اما عموماً روش به این صورت است که داده های نقاط از پیش تعیین شده بصورت دستی در فواصل زمانی مشخص (هفتگی، ماهیانه ...) در دیتا کالکتور ذخیره شده و عملیات تحلیل کامل پس از انتقال داده ها به کامپیوتر عملیات تحلیل کامل صورت می گیرد.

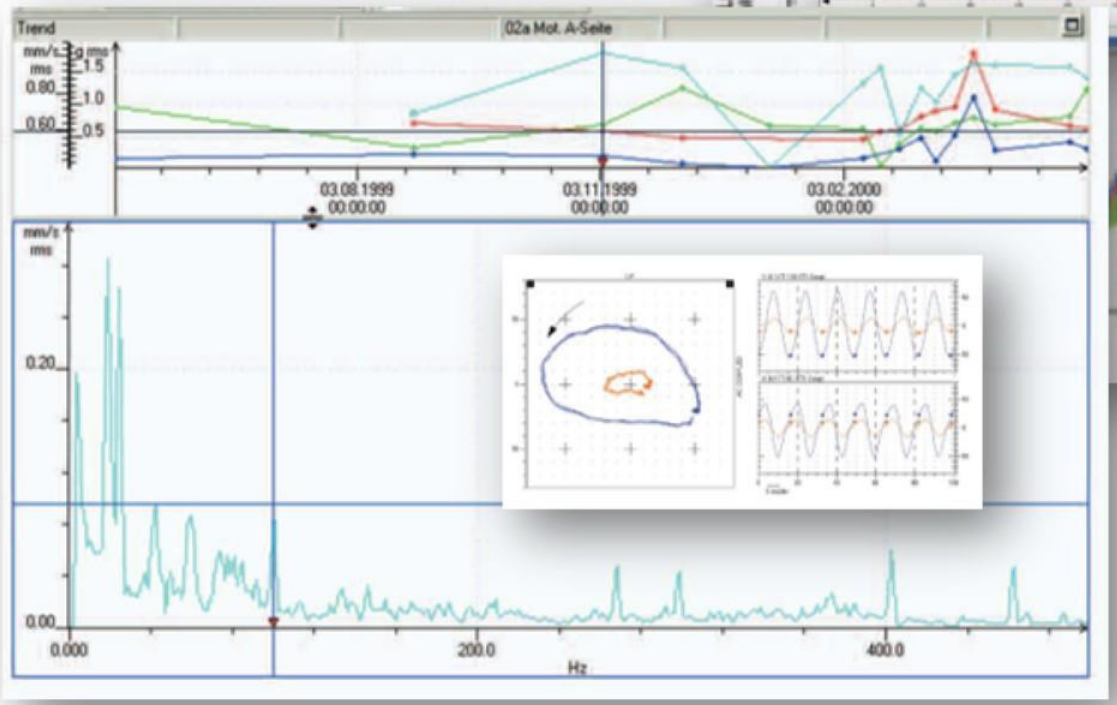
برای ماشین های حساس و نیمه حساس بسیاری از ماشین های دوار را شامل می شود

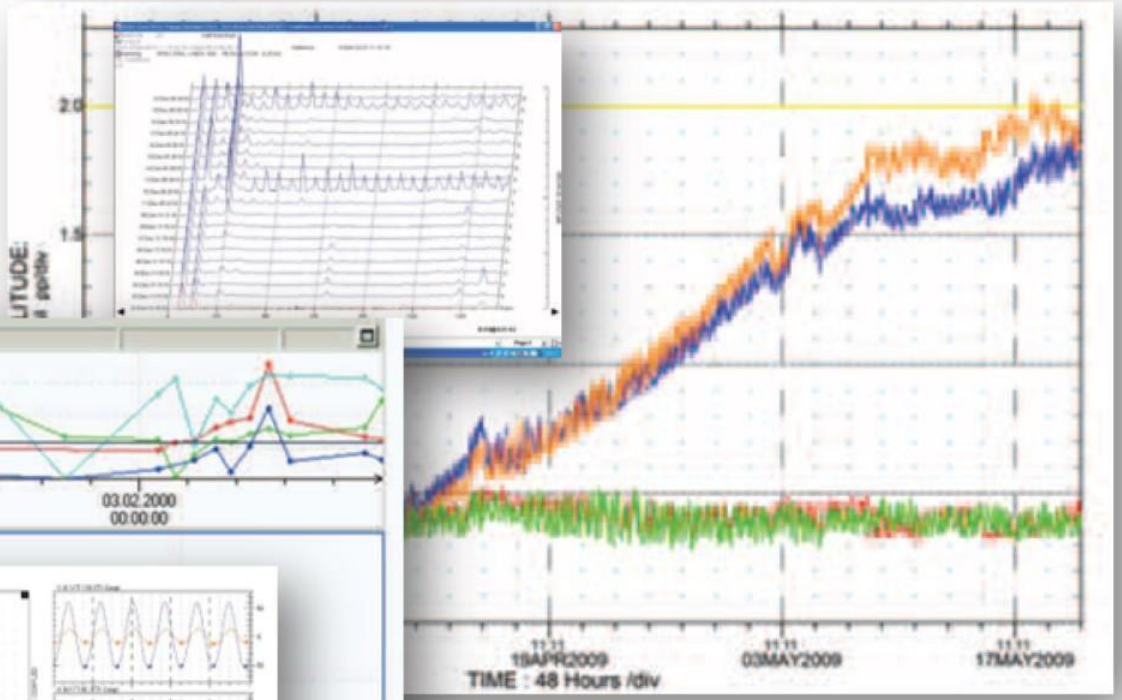
بخش چهارم

- برنامه پایش وضعیت

ثبت داده ها

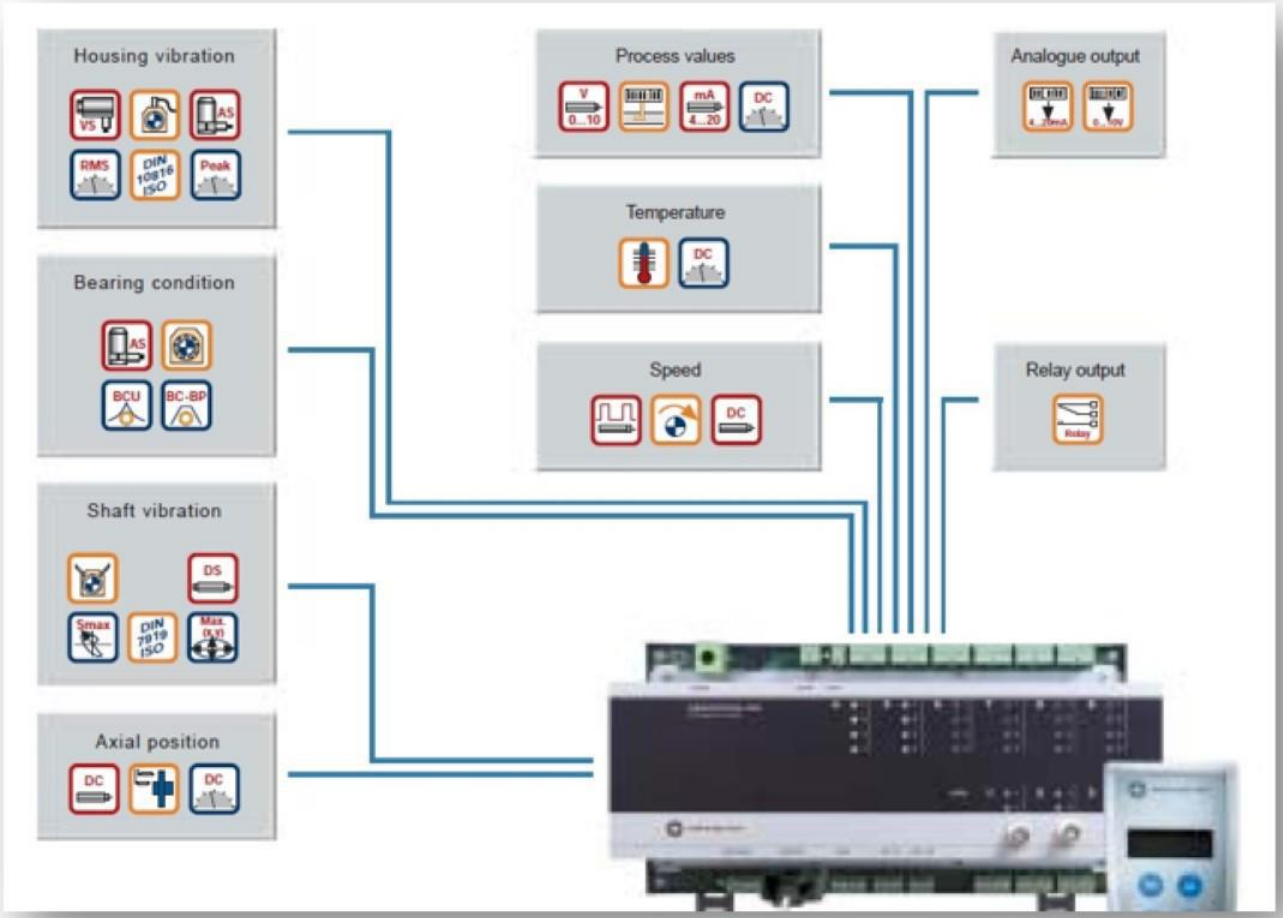
- ثبت دوره ای





- ثبت پیوسته

ثبت پیوسته داده ها



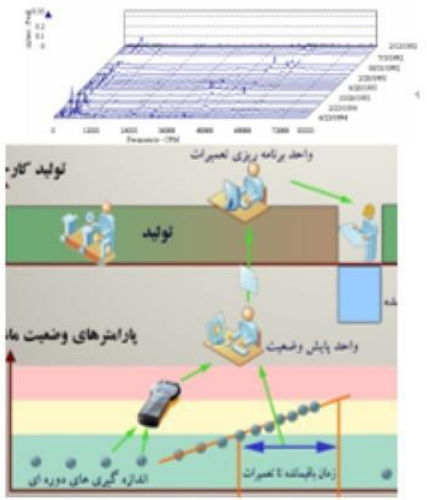
سنسورها دائمی نصب هستند

نوع ثبت:

- ثبت مستقیم و پیوسته هر کانال
- ثبت خودکار (برنامه ریزی شده) از مسیر مالتیپلکسر

نوع اندازه گیری ها:

- اندازه گیری های باند وسیع
- اندازه گیری های طیف فرکانسی



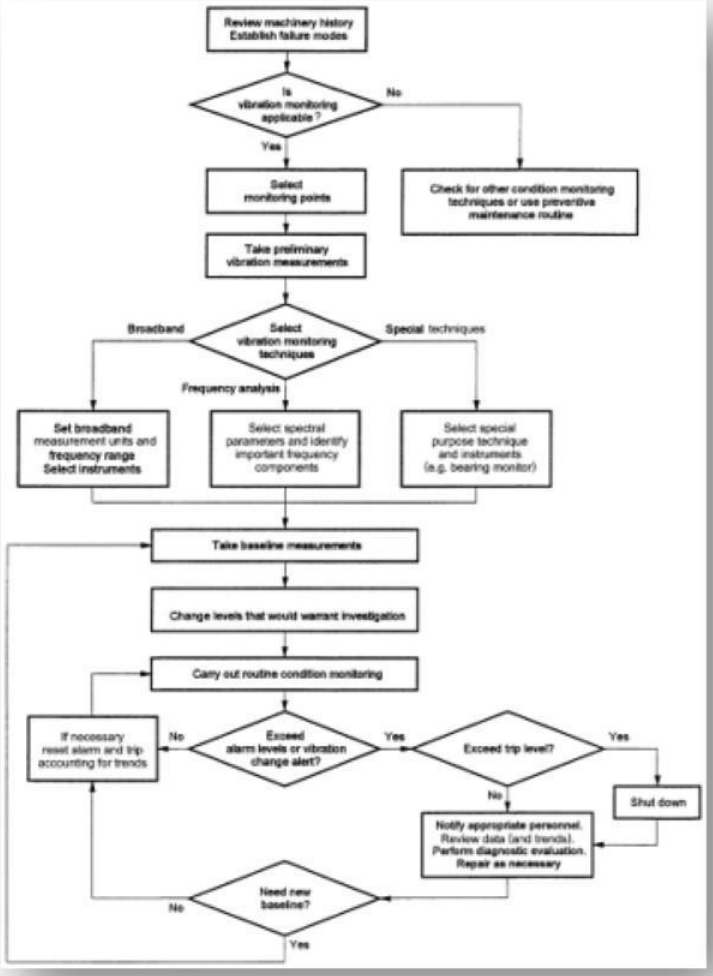
ثبت دوره ای داده ها

سیستم پویشی (Scanning) یا دوره ای

در سیستم های دائم با استفاده از مالتیپلکسر با زمان بندی مشخص به نوبت به هر کانال سر زده و مقادیر ارتعاشی را اندازه گیری و با مقادیر حدی مقایسه کرده و در صورت نیاز عکس العمل مناسب نشان می دهند.

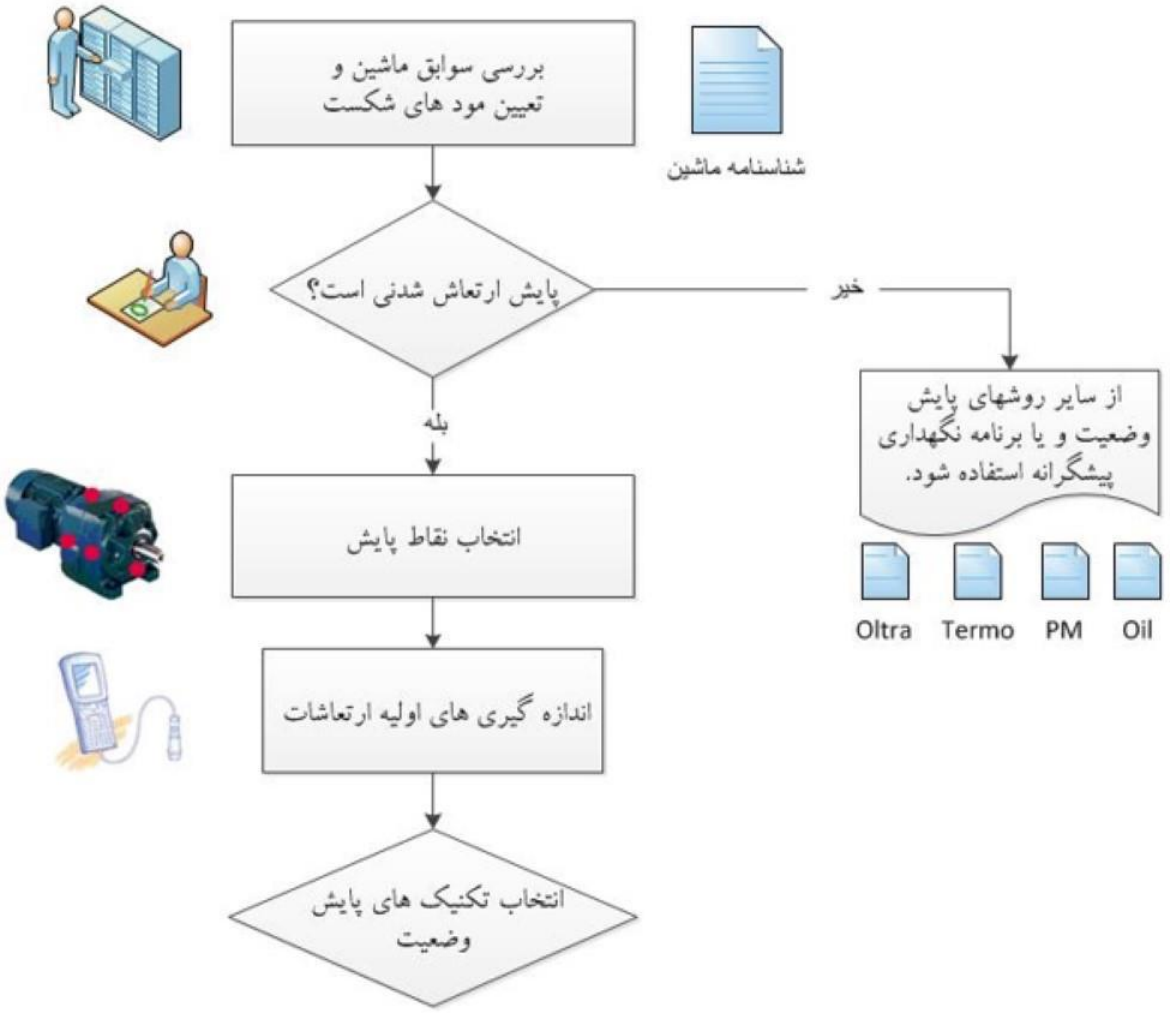
در سیستم های پرتابل با برنامه زمانی مشخصی به هر نقطه اندازه گیری مراجعه و اندازه گیری های آن ثبت و در نرم افزار کامپیوتری رد گیری می شود.

برنامه پایش وضعیت

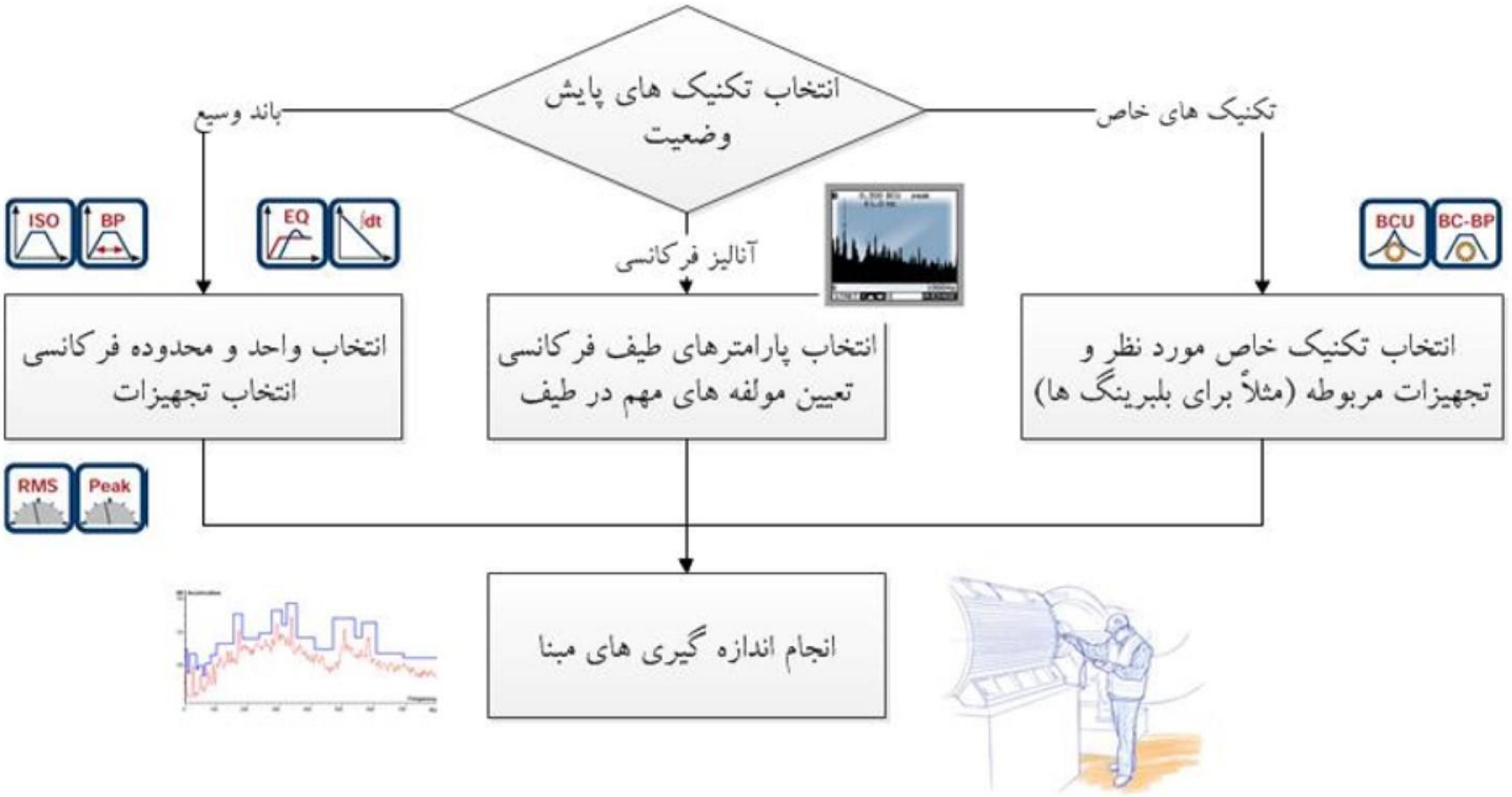


- هر کارخانه ممکن است فلوچارت مختص خود را داشته باشد
- به همراه ارتعاش پارامتر های تعیین کننده فرآیند مانند سرعت، بار، حرارت و هر پارامتری که در تغییر ارتعاش نقش داشته باشد نیز باید ثبت شود.
- برای اعتبار داشتن مقایسه ها در عملیات رد گیری، تاکید می گردد هنگام داده برداری ماشین تا حد امکان در شرایط عملیاتی نرمال خود باشد. در غیر اینصورت اندازه گیری های ارتعاشی باید بر اساس پارامترهای فرآیندی گروه بندی شود.
- دوره های زمانی اندازه گیری ثابت نبوده و بستگی به وضعیت ماشین دارد.
- ثبت سایر وضعیت ها مانند راه اندازی و توقف برای آشکار سازی بسیاری عیوب مانند ناباالنسی، مالش، ترک در شافت یا چرخش روغن در ماشین های پیچیده تر لازم است.

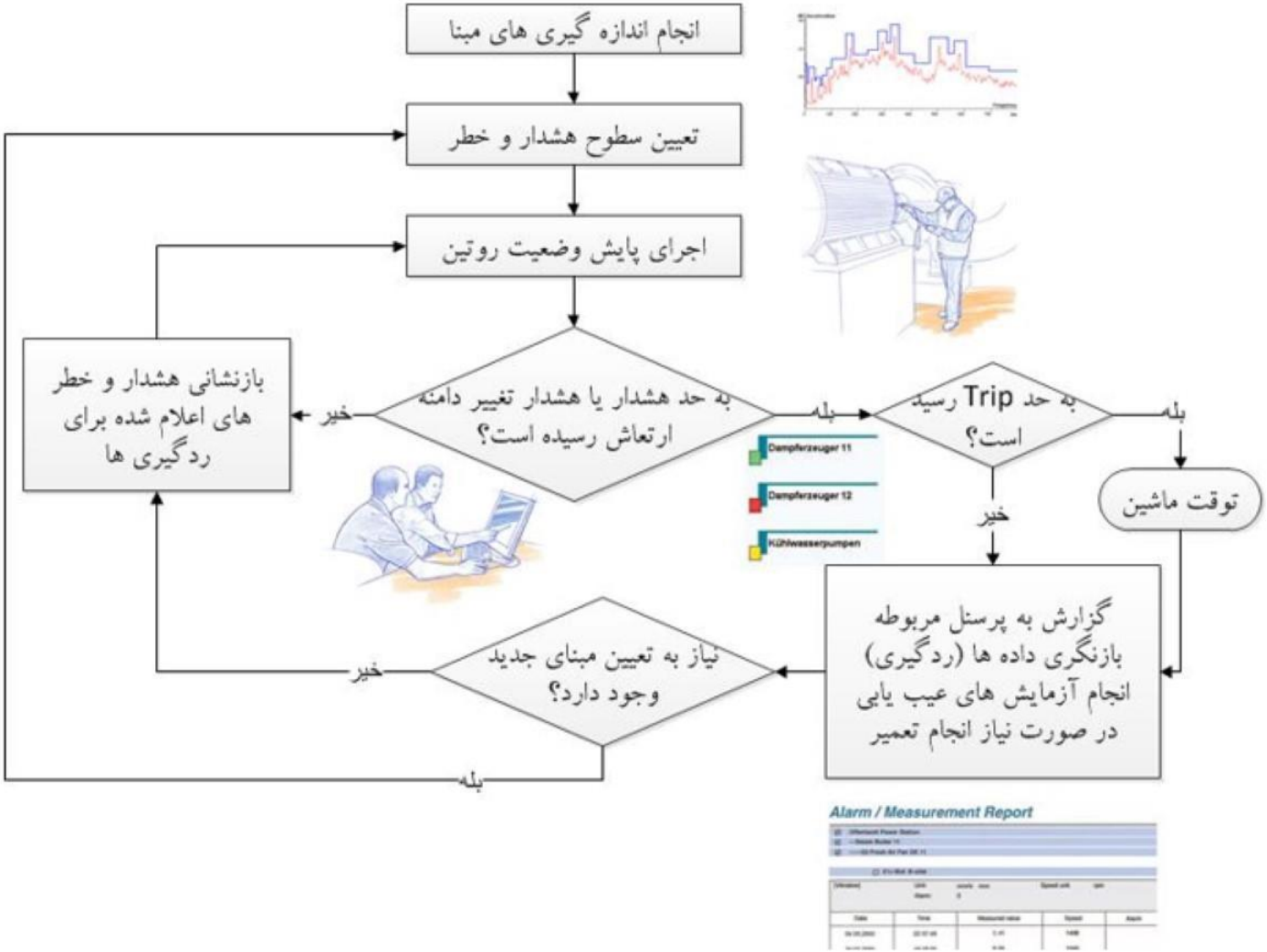
برنامه پایش وضعیت

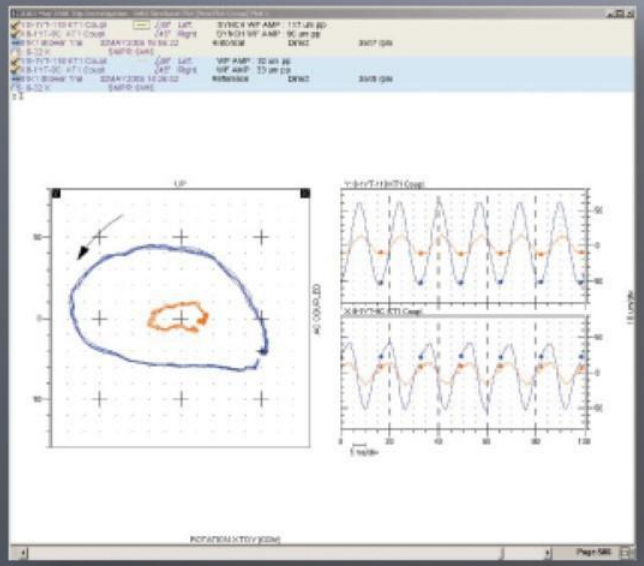


برنامه پایش وضعیت



برنامه پایش وضعیت





بخش پنجم

❖ اندازه گیری های پایش وضعیت

انواع اندازه گیری لرزش

tavator

ارتعاش اجزاء ثابت

ISO 10816

شامل شتاب و سرعت ارتعاشی بدنه یاتاقان یا بدنه ماشین

سرعت، شتاب و جابجایی rms
اگر ارتعاش سینوسی کامل باشد، پیک یا پیک تا پیک نیز قابل استفاده است.
پیک شتاب نیز برای بلبرینگ های ماشین های پر سرعت قابل استفاده است.

حرکت نسبی شافت نسبت به یاتاقان

ISO 7919

جابجایی p-p شافت در یاتاقان

دو مقدار برای حرکت شافت قابل تعریف است:
Smax: حد اکثر جابجایی ارتعاشی شافت نسبت به نقطه استقرار شافت.

Sp-p حد اکثر جابجایی شافت در جهت نصب سنسور

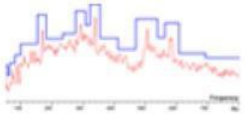
حرکت مطلق شافت

انواع اندازه گیری لرزش

در استاندارد ISO 10816 و ISO 7919 تنها به اندازه گیری های باند وسیع (ارتعاش کل) اشاره شده است. اما یک برنامه پایش وضعیت ارتعاشی کامل شامل اندازه گیری های روبرو است.

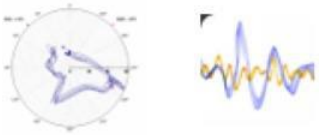
- ارتعاش کل – باند وسیع

- طیف فرکانسی

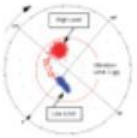


- دامنه در محدوده فیلتر شده

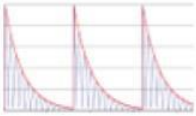
- شکل موج زمانی و شکل اوربیت



- آنالیز برداری با دامنه و فاز

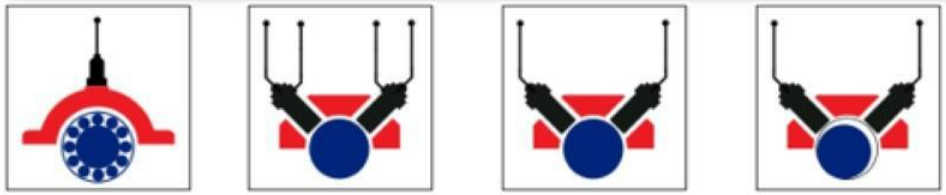


- آنالیز اینولوپ ارتعاش فرکانس بالا

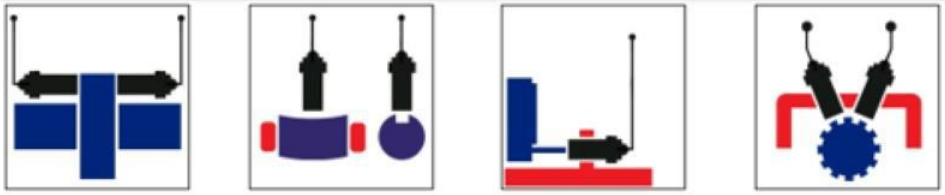


سایر اندازه گیری های همراه با پایش ارتعاش

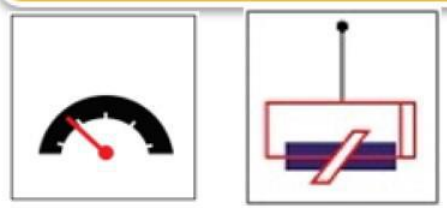
اندازه گیری های ارتعاشی با سیستم ارتعاش سنج



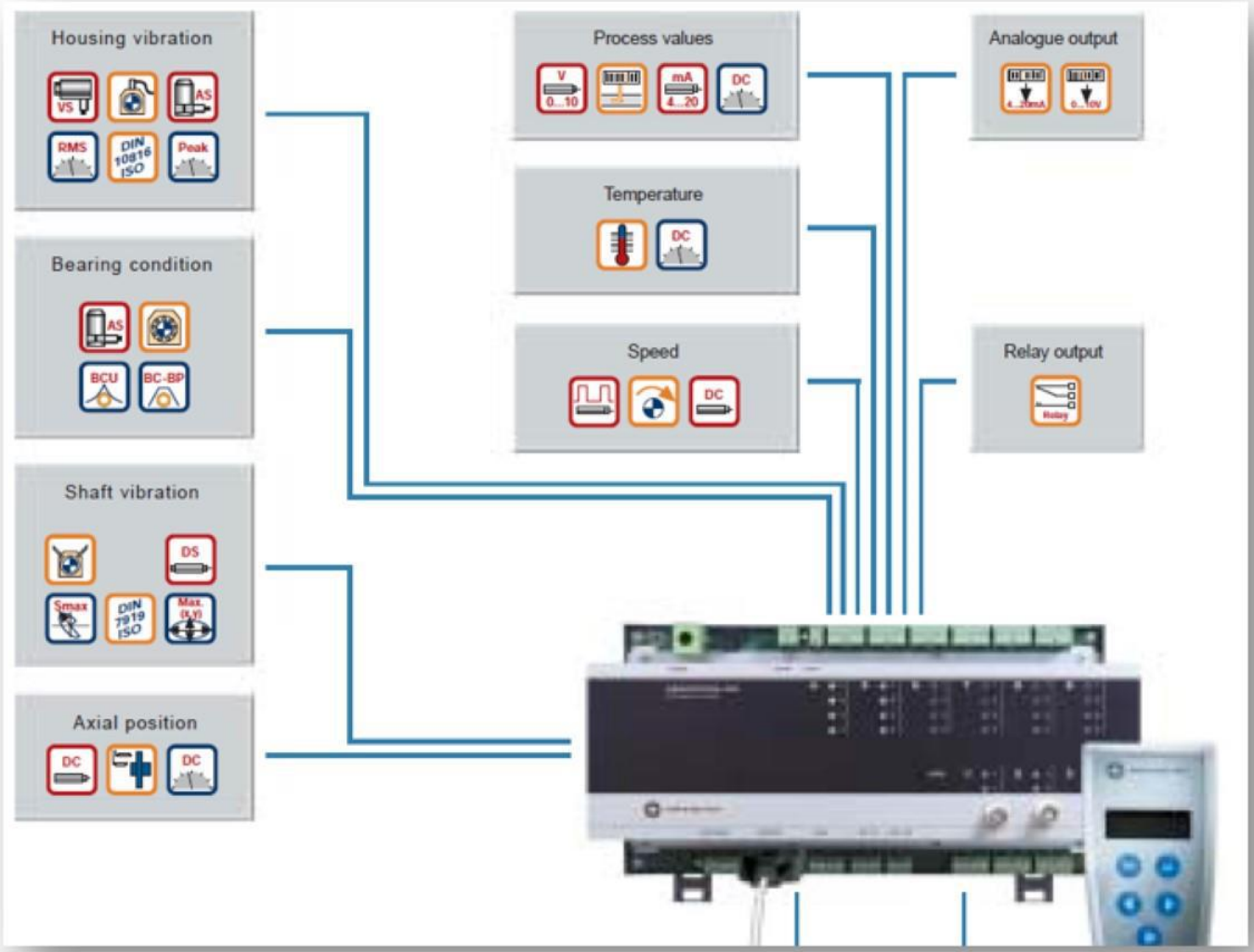
اندازه گیری های غیر ارتعاشی با سیستم ارتعاش سنج



سایر اندازه گیری ها با سیستم غیر ارتعاش سنج



سایر اندازه گیری های همراه با پایش ارتعاش

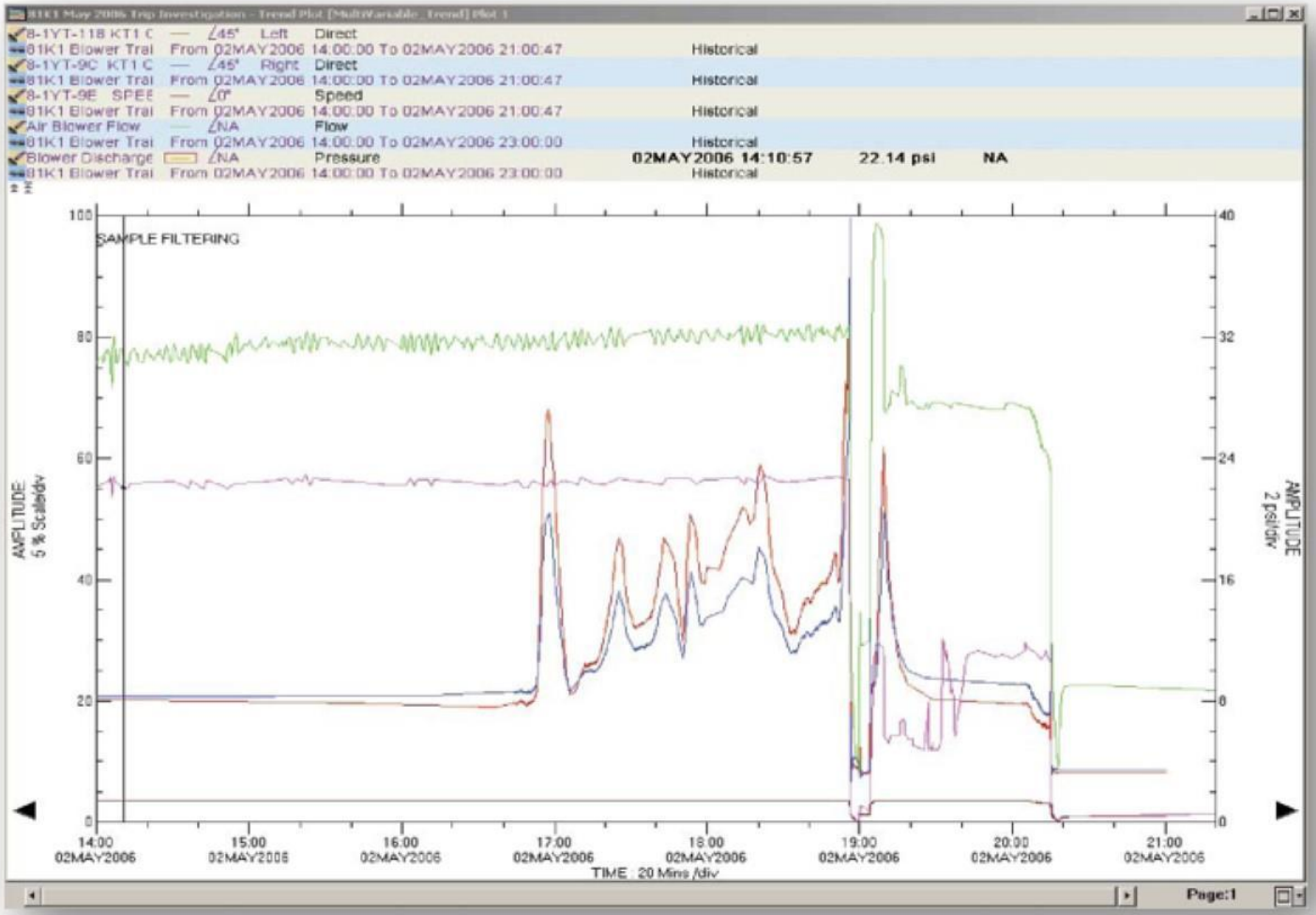


یک سیستم پایش پیوسته علاوه بر اندازه گیری های ارتعاشی قادر است سایر پارامترهای غیر ارتعاشی را نیز اندازه گیری نموده و علاوه بر حفاظت ماشین با استفاده از پارامترهای مختلف، امکان عیب یابی را در محل و از راه دور فراهم نماید.

ویژگی های اختصاصی پایش وضعیت پیوسته

- روند تغییرات پارامترهای استاتیک
- اندازه گیری های پروب پروکسی
- دقت بالاتر در اندازه گیری ها
- خودکار سازی اندازه گیری ها
- اندازه گیری های وضعیت های خاص - تریگر
- تعریف عیب یابی های خودکار – سیستم هوشمند
- پایش عملکرد

روند تغییرات

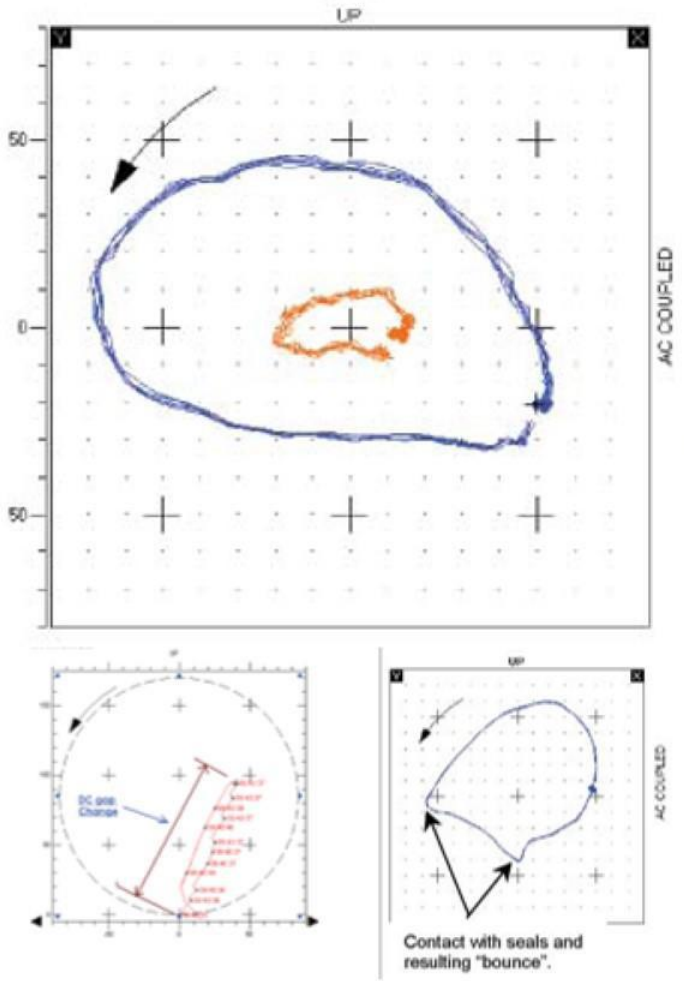


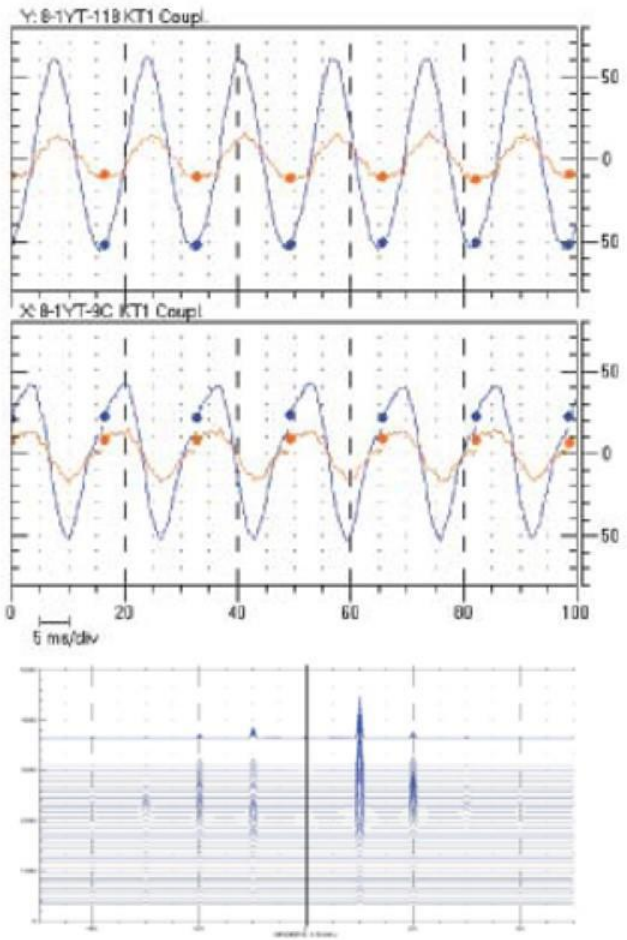
ارتعاش سر توربین شروع به نوسان و افزایش نشان داده در صورتی که پارامترهای پروسس اعم از سرعت، فشار و دبی ثابت مانده است.

بنابراین مشکل مکانیکی است و ارتباطی به تغییرات در فرآیند ندارد.

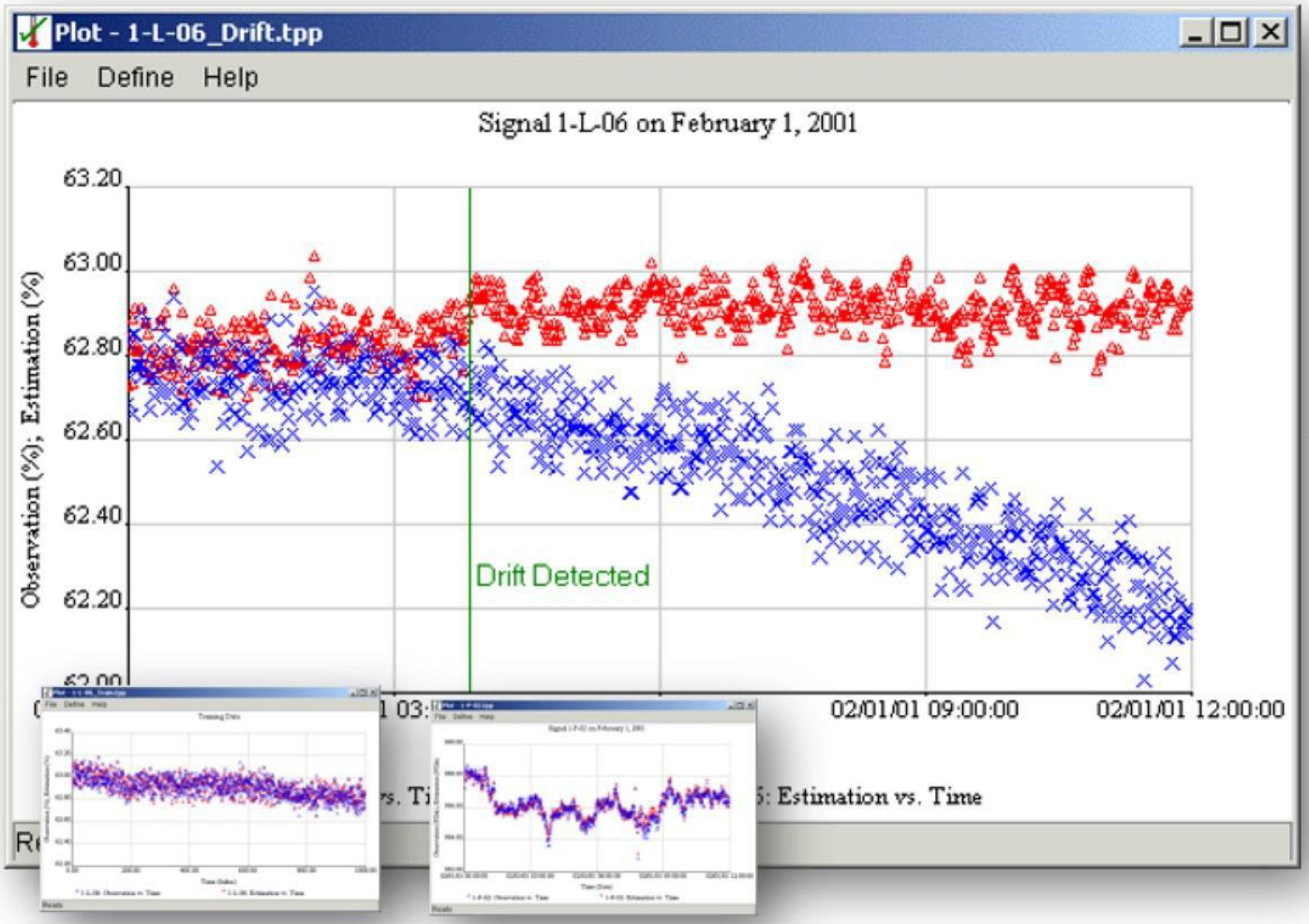
اندازه گیری های پروب پروکسی

پروب های پروکسی در سیستم های آنلاین بیشترین کاربرد را دارند. اوربیت، سیگنال زمانی، موقعیت شافت، طیف های فرکانسی و نمودارهای آبشاری آنها، نمودارهای راه اندازی و توقف ماشین مهم ترین ابزار عیب یابی ماشین های حساس هستند.





پایش عملکرد

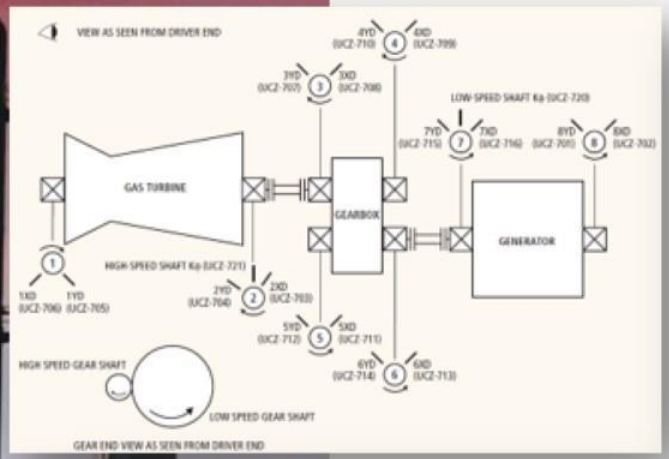


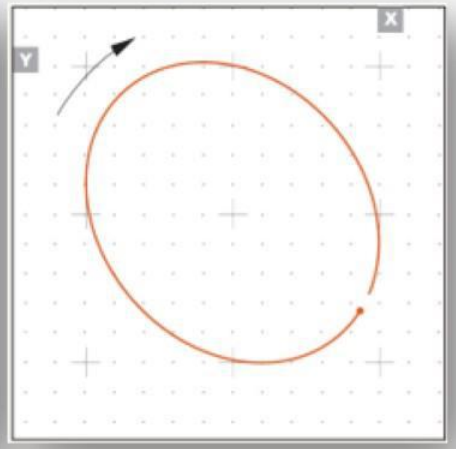
عملکرد توربین های گازی، توربین های بخار و کمپرسورها را می توان با محاسبه پیوسته راندمان آنها مورد ارزیابی قرارداد. کاهش راندمان این ماشین ها می تواند هزینه های هنگفتی در کاهش تولید داشته باشد.

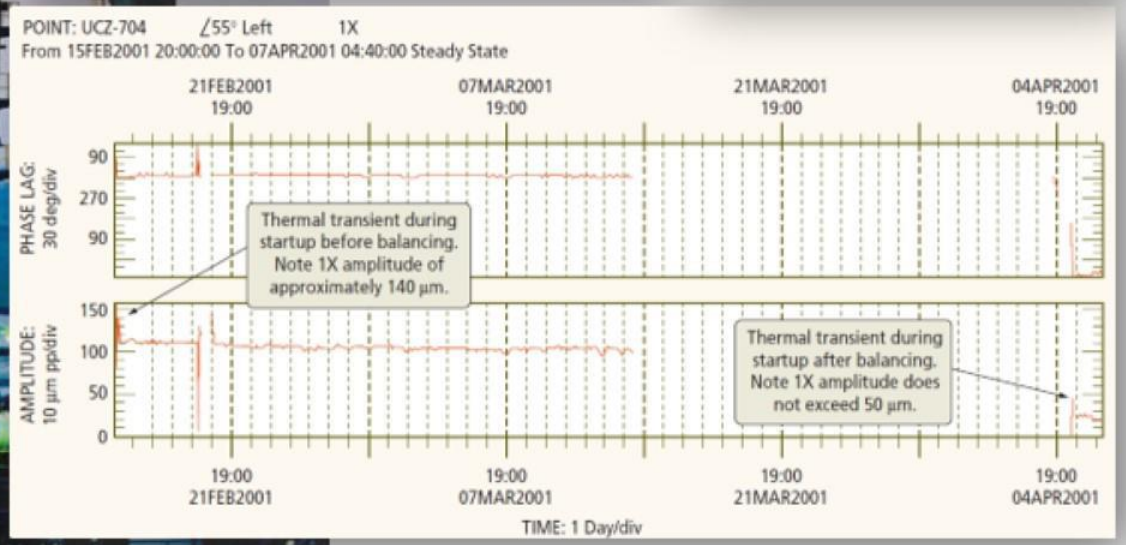
بخش ششم

- نمونه هایی از کاربرد پایش وضعیت پیوسته

کاهش زمان بالانس توربین گازی

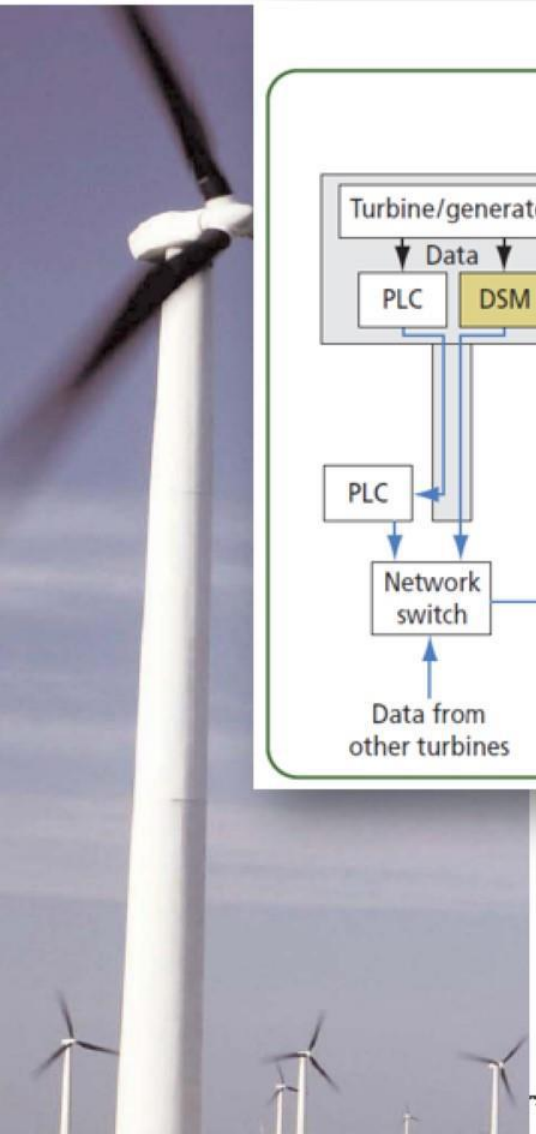


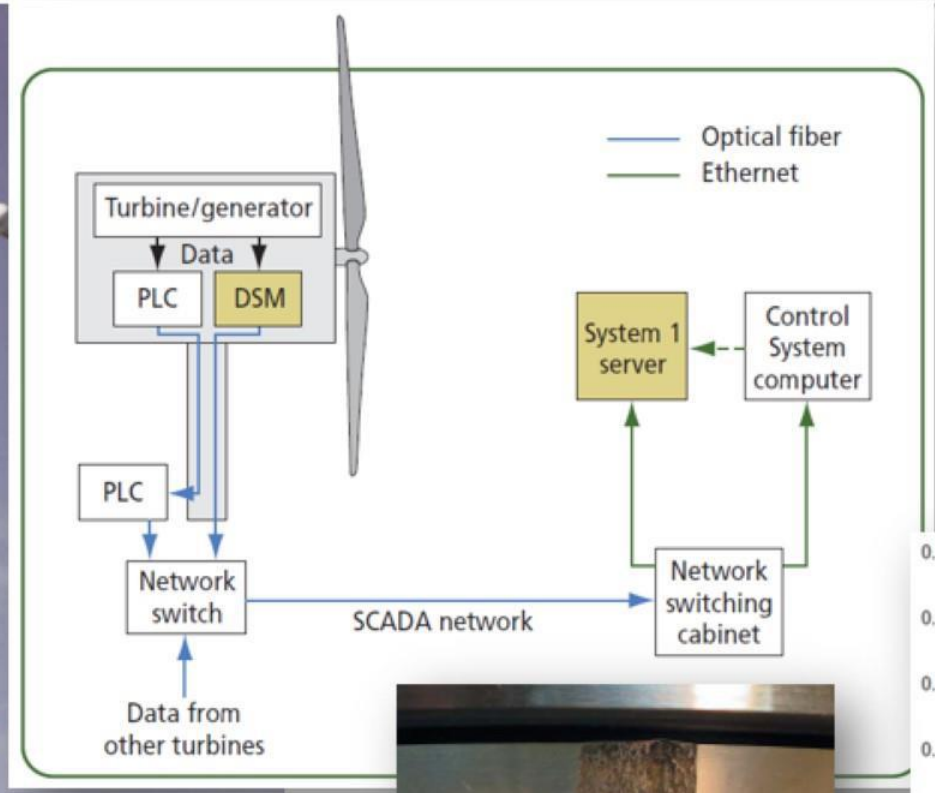




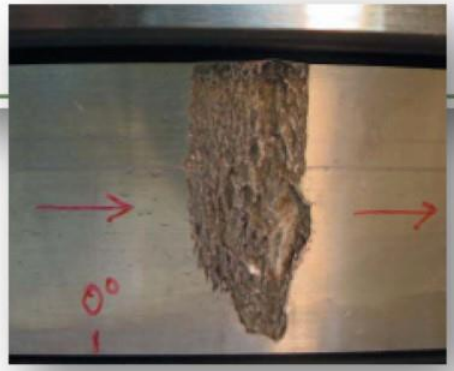
با استفاده از اطلاعات ارتعاشی سنسورهای نصب دائم برای توربین های گازی مشابه امکان استفاده از اطلاعات بالانس در محل برای کلیه توربین ها وجود دارد. بجای ۴ مرحله توقف و راه اندازی توربین فقط یک بار برای نصب جرم های اصلاحی صورت گرفت و کاهش زمان توقف به یک روز (بجای ۳ روز) چند میلیون دلار از خسارت توقف تولید جلوگیری بعمل آمد.

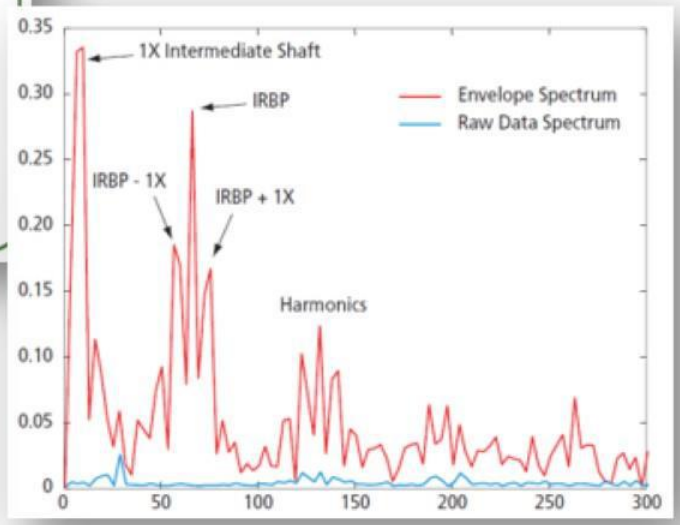
شناسایی خرابی یاتاقان اصلی در توربین بادی



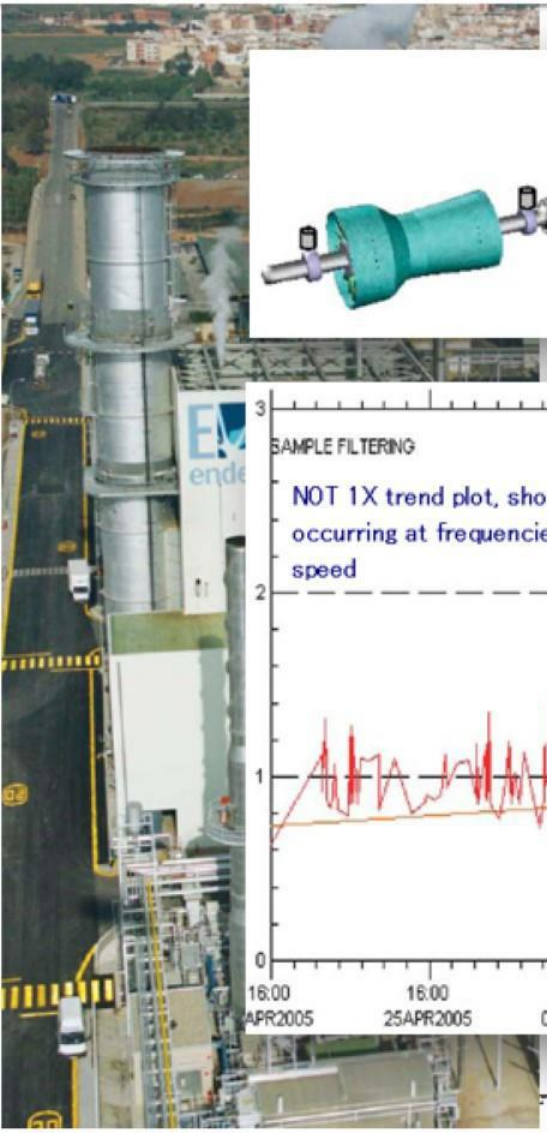


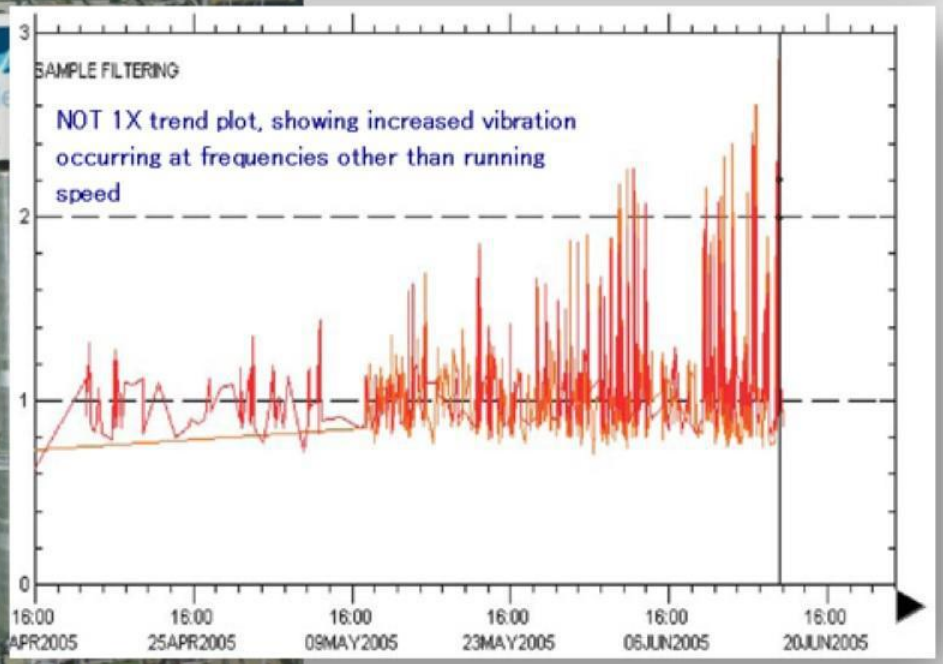
دسترسی به توربین بادی برای اندازه گیری های دوره ای امکان پذیر نیست. یاتاقان های از نوع بلبرینگی بارهای بسیار زیادی را تحمل می کنند و بیشترین خرابی را در این ناحیه دارند.



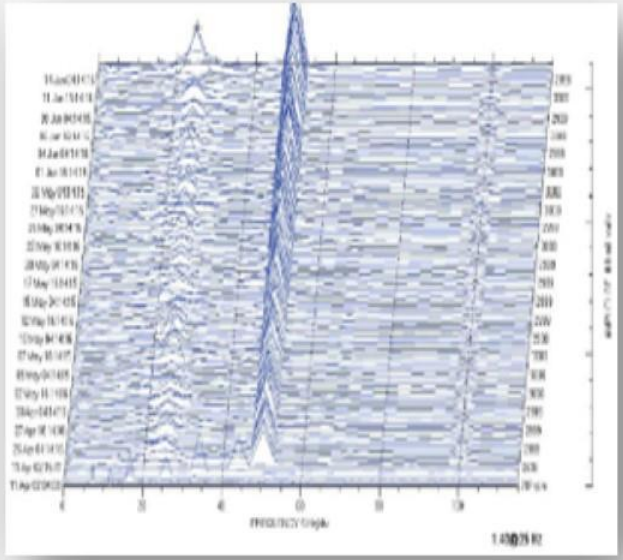


شناسایی ناپایداری یاتاقان در توربین

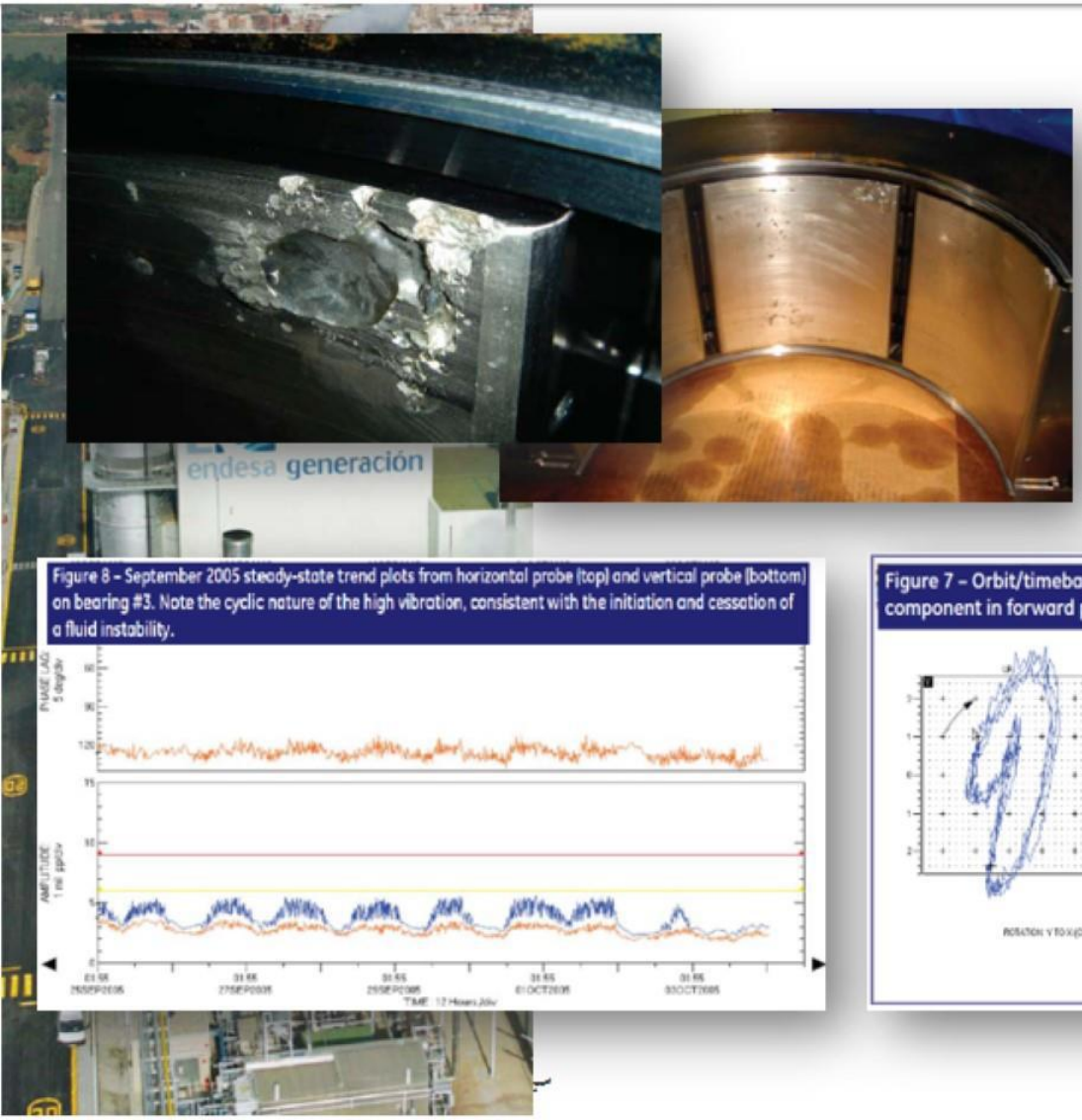




در یک واحد نیروگاهی سیکل ترکیبی (توربین بخار/ گاز) افزایش ارتعاش غیر 1X در یاتاقان ۳ توربین بصورت تدریجی مشاهده گردید. طیف فرکانسی ارتعاش نیم هارمونیک را نشان داد.



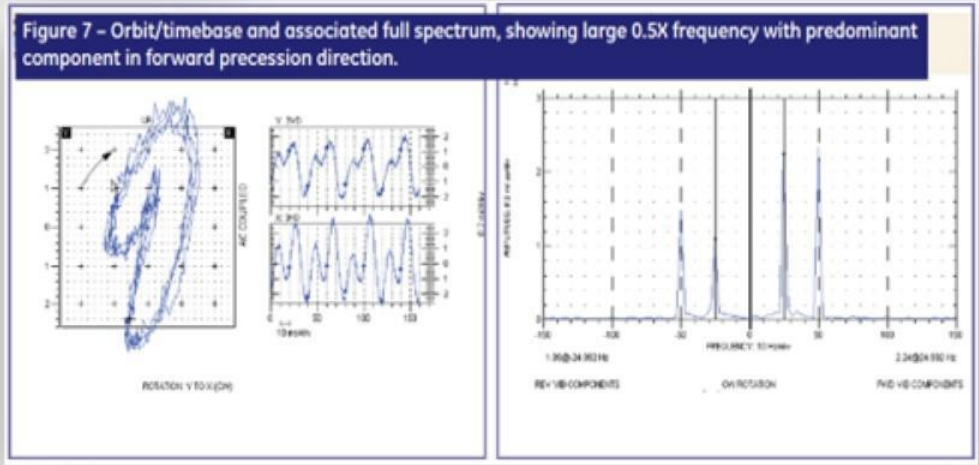
شناسایی ناپایداری یاتاقان در توربین



بررسی اوربیت و طیف فرکانسی وجود پدیده ناپایداری روغن (جرخش روغن) ناشی از ناهمراستایی گرم در اثر اختلاف رشد حرارتی دو توربین را نشان داد. با نگهداری ماشین تا زمان اورهال برنامه ریزی شده (یک سال بعد) از توقف برنامه ریزی نشده جلوگیری و طرح یاتاقان اصلاح گردید.

Figure 8 – September 2005 steady-state trend plots from horizontal probe (top) and vertical probe (bottom) on bearing #3. Note the cyclic nature of the high vibration, consistent with the initiation and cessation of a fluid instability.

Figure 7 – Orbit/timebase and associated full spectrum, showing large 0.5X frequency with predominant component in forward precession direction.



نتیجه گیری

سیستم های امروزی پایش وضعیت پیوسته امکان استفاده از سیستم های حفاظتی موجود را فراهم ساخته است. هزینه اصلی این سیستم سنسورها و نصب و کابل کشی و انتقال سیگنال تا اتاق کنترل است . این هزینه برای سیستم حفاظت و پایش وضعیت یکسان است بنابراین در سیستم های امروزی یک سیستم کامل پایش وضعیت پیوسته هر دو ویژگی حفاظت و پایش وضعیت را در بردارد.
با توجه به منافع مهم پایش وضعیت در کاهش هزینه های تعمیرات و افزایش زمان تولید استفاده از آنها در ماشین های خیلی حساس ضروری و در ماشین های حساس و نیمه حساس مقرون بصرفه می باشد.

tavator

پایان

با سپاسگذاری از توجه شما

و تشکر از جناب آقای دکتر اوحدی ریاست محترم انجمن اکوستیک و ارتعاشات ایران و همکاران محترم

شرکت مهندسی
تواتر سپاهان

آنالیز ارتعاشات

Cm condition monitoring
Bal balancing
Ali alignment
Lab vibration tests & calibration
Trai training and consultant
VM87 on-line monitoring system
VM1 1 ch vibration monitor
Mb machine balance
Rod run out detector

www.tavator.com