

ارتعاشات و بالانس دستگاه های
مکانیکی

استراتژی نگهداری و تعمیرات

۱- ادامه کار تا خرابی ماشین (Run To Failure)

Preventive)

۲- نگهداری و تعمیرات پیشگیری کننده

(Maintenance

۳- پیش بینی تعمیرات (نگهداری و تعمیرات بر پایه نظارت بر وضعیت)

Predictive Maintenance(Condition – based Maint.)

Types of Maintenance

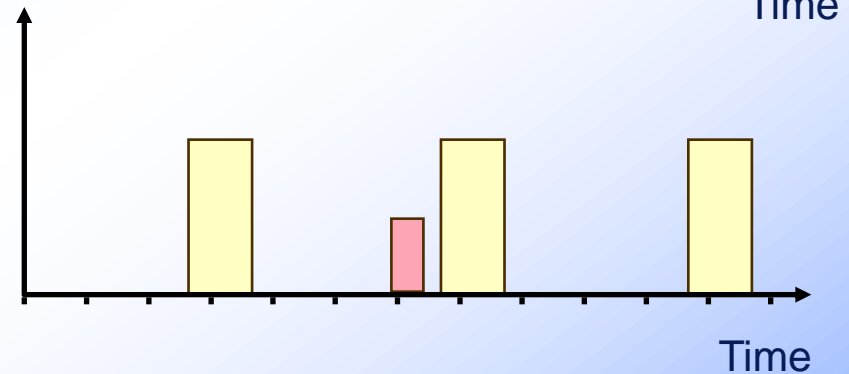
Corrective Maintenance

Repair it when it fails



Preventive Maintenance

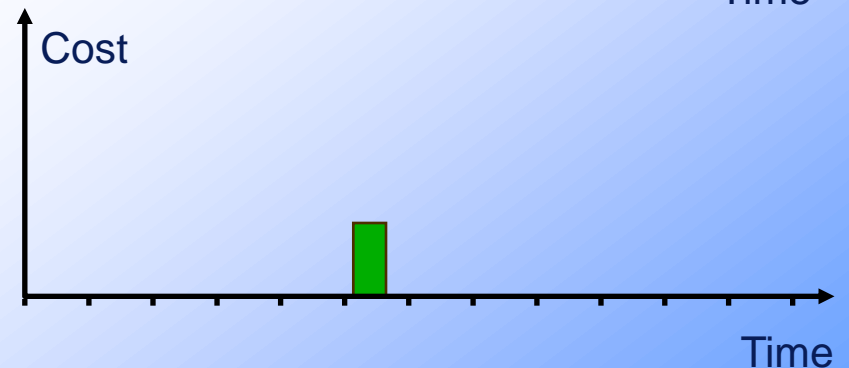
Maintenance at regular intervals



Predictive Maintenance

Problem detected before predicted failure.

Maintenance planned ahead



معایب ادامه کار تا خرابی ماشین :

۱- داشتن اطلاع قبلی از نقص پیش از خرابی تقریباً غیر ممکن است

۲- وجود یک نقیصه در یک قطعه از ماشین می تواند باعث تسریع در خرابی ، توسعه و تسریع خسارات به سایر قطعات گردد

۳- خرابی و توقّف ناگهانی ماشین آلاتی که در یک مجموعه از ماشین آلات کار می کنند به طور اجتناب ناپذیری بر کار دیگر ماشینها و قسمت های فعال اثر بازدارنده داشته و این پدیده علاوه بر ضایعات سنگین مالی به ویژه برای ماشین آلات نظامی نظیر کشنده ها ، تانک ها و غیره ، هنگام عملیات از حساسیت های فوق العاده ای برخوردار است .

۴- تهیه و تدارک قطعات یدکی مورد نیاز و گردآوری افراد متخصص مربوطه ، به منظور انجام انواع تعمیرات پیش بینی نشده ، بسیار مشکل و یا غیر ممکن به نظر می رسد

۵- در مواردی که ماشین آلات خارج از محیط های بسته کارگاهی و دور از مراکز تعمیر ، فعالیت دارند (پروژه های عمرانی ، حمل و نقل و غیره) در صورت بروز خرابی منجر به تعمیرات اساسی ، انجام عملیات تعمیراتی دچار مشکلات عدیده ای خواهد شد که طولانی تر شدن خواب دستگاه و افزایش هزینه های تعمیرات از آن جمله است. معمولاً در رابطه با ماشین آلات عمرانی و حمل و نقل خسارات مالی ناشی از توقف دستگاه و وقفه در کار ، به میزان قابل توجهی بیش از خود هزینه تعمیر می باشد

معایب تعمیرات پیشگیرانه

۱- باز و بسته کردن قطعات به خودی خود میتواند باعث آسیب و فرسودگی گردد

۲- عدم دقت کافی در مراحل باز و بست قطعات منجر به آسیب و بروز عیوب بعدی می گردد

۳- تعمیرات ، زمانی می تواند منجر به تعویض قطعات فنی شود که ممکن است هنوز بخش قابل توجهی از عمر مفید آن باقی مانده باشد

۴- چون اطلاعات دقیق درباره وضعیت قطعات مختلف در دسترس نیست ، مشکلات و عیوب ممکن است هنوز در سیستم باقی مانده و در بین دو فاصله زمانی تعمیرات (دوره ای) بروز نماید

۵- انجام تعمیرات دوره ای به صورت کامل و دقیق برای یک مجموعه از ماشین آلات ، مستلزم وقت و هزینه بسیار سنگینی است . به ویژه در ارتباط با ماشین آلات فعال در خارج از کارگاه (غیر ثابت) نظیر ماشین آلات عمرانی ، حمل و نقل و غیره به لحاظ پراکندگی و اینکه اغلب در مناطق دور از محل مراکز تعمیر فعال هستند

۶- در این روش عمدتاً بار تحمیل شده به ماشین ، تاثیرات مواد شیمیایی یا تشعشعی ، تاثیرات درجه حرارت ، عدم کاربرد صحیح و تغییر در تولید در نظر گرفته نمی شود

روشهای متعددی برای نظارت بر وضعیت (CM)

Oil Analysis

آنالیز روغن



Vibration Analysis

آنالیز ارتعاشات



Thermography Analysis

آنالیز حرارت



NDT Analysis

آنالیز خوردگی



Process Analysis آنالیز پارامترهای فرآیندی



Sound Analysis آنالیز صوت



Visual Inspection بازرسی حسی



مزایای عمده در استفاده از پیش بینی تعمیرات

۱- فقط ماشینی که وضعیت نامطلوب دارد ، تحت تعمیر قرار می گیرد و از انجام تعمیرات بر روی ماشینی که سالم است اجتناب میشود و تعمیرات در صورت بروز اشکالهای مشخص انجام می پذیرد

۲- ماشین ها به خوبی بیش از دوره های تعمیرات اساسی که معمولاً تعیین می شود ، بازدهی دارند و به کار خود ادامه می دهند

۳- در بعضی موارد اشکالاتی در شروع کار ماشین پیدا می شود که می توان با انجام تعمیرات اولیه از اشکالات جدی بعدی جلوگیری نمود و با توجه به این که معمولاً در این گونه موارد ماشین تحت ضمانت سازنده است از هزینه های بعدی کاسته میشود . این روش به این خاطر پیش بینی تعمیرات نامیده میشود که می تواند اشکالات را پیش بینی کند . ۹۰% از اشکالات عمده ماشین آلات با تغییر در میزان ارتعاش شروع می گردد . این تغییرات می تواند معمولاً ماه ها و حتی یک سال یا بیشتر از قبل آشکار شود با آشکار نمودن تغییرات میزان ارتعاش و دنبال نمودن آن می توان زمان از کار افتادن ماشین را پیش بینی نمود

مقایسه دو متد (Method)

۱- بدون تحت کنترل داشتن ارتعاشات : **Without Vibration Monitoring**

این ماشین اشکال دارد ، صدا غیر عادی به نظر می رسد ، بایستی قبل از زمستان تعمیرات اساسی را انجام دهیم ، این ماشین نمیتواند تا فصل دیگر به کار خودش ادامه دهد

۲- با تحت کنترل داشتن ارتعاشات : **With** **Vibration Monitoring**

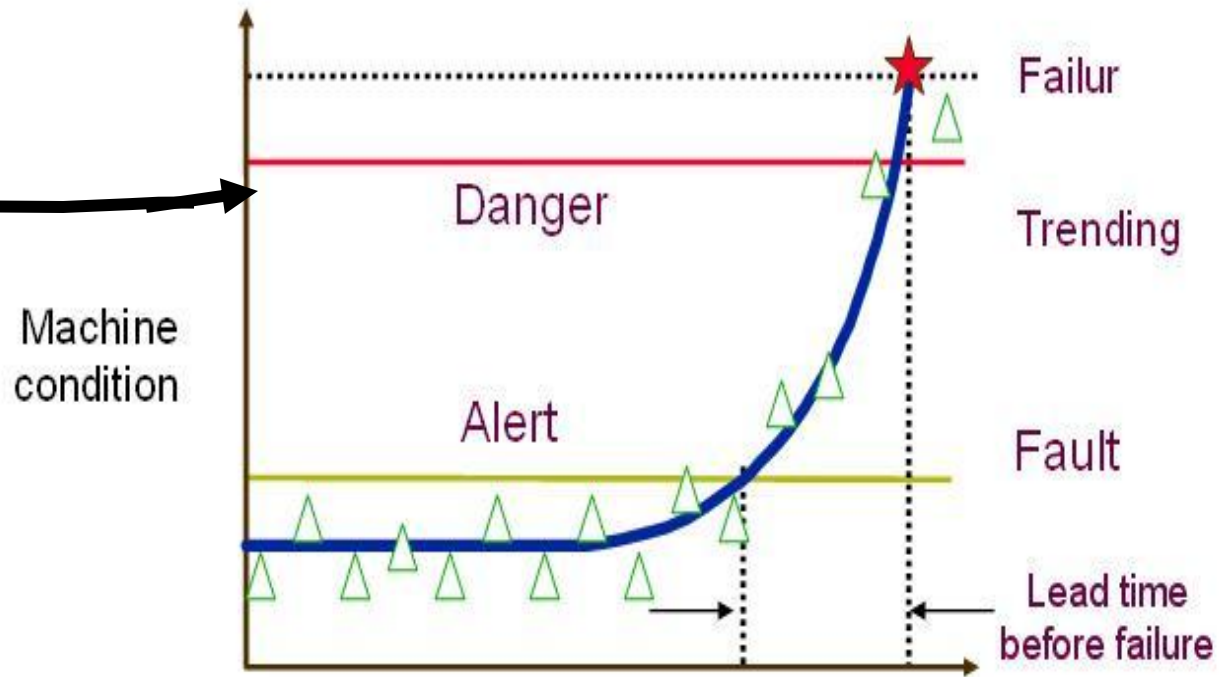
میزان ارتعاش سه سال ثابت بوده است ولی از دو ماه پیش شروع به بالا رفتن کرده است . با توجه به روند افزایش ارتعاشات احتمالاً چهار ماه دیگر می تواند به کار خودش ادامه دهد . طیف ارتعاش نشان می دهد که از بالانس خارج شده ولی یاتاقان ها خوب هستند ، می بایست روتور (**Rotor**) را در **Shut**
Down ماه بعد بازرسی و تمیز کنیم و در صورت لزوم ترتیب بالانس آن را

بدهیم

نگهداري و تعميرات بر پايه نظارت بر وضعيت (CONDITION MONITORING)



- Detection of a developing fault
- Trending of the fault
- Operate the machine up to but before failure



)

عملیات تعیین وضعیت

(Condition Monitoring

۱- عملیات آماده سازی (Preprocessing)

۲- عملیات اجرایی (Processing)

۳- عملیات پردازش و انتقال اطلاعات
(Post Processing)

عملیات آماده سازی (Preprocessing)

الف - تعیین محدوده فعالیت

ب - ایجاد فایل اطلاعاتی مربوط به هر ماشین در کامپیوتر (بررسی نقشه ها ،
متعلقات هر ماشین ، ..)

ج - علامت گذاری نقاط حساس ماشین جهت داده برداری (Marking)

د - تدوین برنامه داده برداری بر اساس نیاز هر ماشین

عملیات اجرایی (Processing)

الف - داده برداری منظم از نقاط تعیین شده هر ماشین

ب - بررسی اطلاعات در میدان (Field analysis) جهت دستیابی به اطلاعات اولیه و تعیین وضعیت فعلی ماشین

ج - جمع آوری و ذخیره سازی اطلاعات در تجهیزات ارتعاش سنج مربوطه

Post)

عملیات پردازش و انتقال اطلاعات

(Processing

الف - انتقال اطلاعات از دستگاه های اندازه گیری ارتعاشات به کامپیوتر

ب - بررسی ، مقایسه ، آنالیز فرکانس و تعیین وضعیت ماشین مورد نظر به کمک اپراتور
یا نرم افزار مخصوص

ج - تعیین و تشخیص عیوب موجود در ماشین

د - تعیین عمر اجزاء ماشین (Failure Rate نرخ از کار افتادگی)

ه - دادن اطلاعات به مسئولین

تجهيزات آناليز ارتعاشات

General)

۱- ارتعاش سنج عمومي

(Purpose Vibration Meter

۲- دستگاه آناليز ارتعاشات (Vibration Analyzer)

۳- ضبط کننده امواج (Tape Recorder)

۴- چراغ (Strobe scope)

۵- صداسنج [بعنوان ارتعاش سنج]
(Sound Level Meter)

عملیات تعیین وضعیت به پنج قلم فوق نیاز دارد

۶- نشان دهنده ی شکل موج (Wave Form Analysis)

۷- ثبات سطوح (Level Recorder)

) ۸- آمپلی فایر [تقویت کننده ها]
(Measuring Amplifier

۹- فیلترها (Filters)

۱۰- آنالیز فرکانسی (Freq . Analyzer)

به سه دلیل ارتعاشات زبان ماشین آلات است


۱- تمام ماشین آلات لرزش می کنند .

۲- شدت ارتعاشات ، وضعیت سلامتی ماشین آلات را مشخص می کنند .


۳- هر عیب در ماشین آلات ، ارتعاشات با مشخصه های خاص خود را تولید می کند .

Parameters for پارامترهای ارزیابی ماشین آلات Machine Evaluation

(Mechanical Vibration) ارتعاشات مکانیکی 

(Sound) صدا 

(Temperature) دما 

(Oil Condition) وضعیت روغن 

(Current Signature Analysis) آنالیز جریان 

(Process Parameters) پارامترهای فرایندی 

Types of Monitoring

Fault	Oil anal.	Acou .	Vibr.	Temp.	Strobo.
Unbalance			1		
Misalignment			1		x
Rolling Bearing	x	x	1	x	
Sliding Bearing	x	x	1	x	
Gears	x	x	1		
Resonance		x	1		x
Cavitations		x	x		
Bent Shaft			1		
Elect. Unbalance			1		
Oil Whirl		0	1		
Faulty Belts			x		1
Oil contam./wear rate	1				
Lack of Lubrication	x	x	x	x	

“1” = Well suited “ 0 ” = Not well suited

“ x ” = Average “ ” = Not possible

ارزیابی وضعیت

Assessing the Situation

تعریف مورد و مسئله ماشین (



Defining The problem)

بررسی سوابق تعمیراتی




بررسی جزئیات ماشین



بررسی ظاهری ماشین



برآورد سریع وضعیت ماشین 

اطمینان از درست بودن اندازه گیری 

انجام کارشناسی و تشخیص عیب (Make
the Diagnosis) 

تأیید تشخیص (verify the Diagnosis) 

ارزیابی وضعیت ماشین آلات

(Machine Condition Evaluation)

برای ارزیابی وضعیت ماشین آلات لازم است اطلاعات زیر جمع آوری شود :

◆ ثبت داده های ارتعاشات (Vibration Records)

◆ نقشه ها (Sectional Drawings)

◆ سوابق تعمیراتی ماشین آلات
(Machine Repairing History)

توصیه های سازندگان ماشین آلات

(Vendor Recommendations)

پارامترهای فرآیندی (Process Parameters)

اطلاعات بهره برداری (Process Log Sheets)

صحبت با اپراتور ماشین
(Talking with Operator)

مفاهیم و روابط اولیه علم ارتعاشات

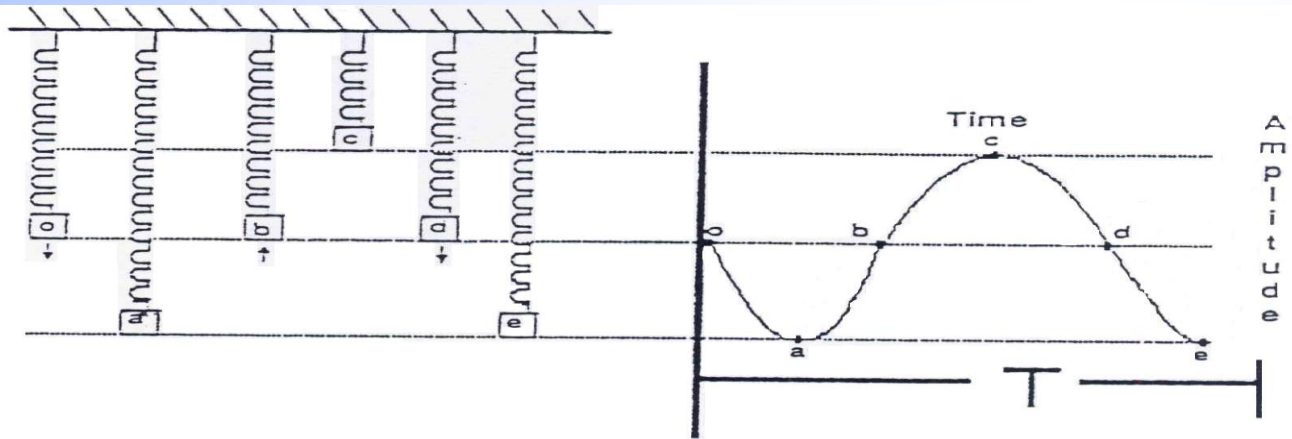
۱- حرکت نوسانی

۲- حرکت متناوب

۳- حرکت هارمونیک

۴- دامنه

حرکت هارمونیک



$T = \text{Period of Waveform}$

$f = \text{Frequency} = 1/T$

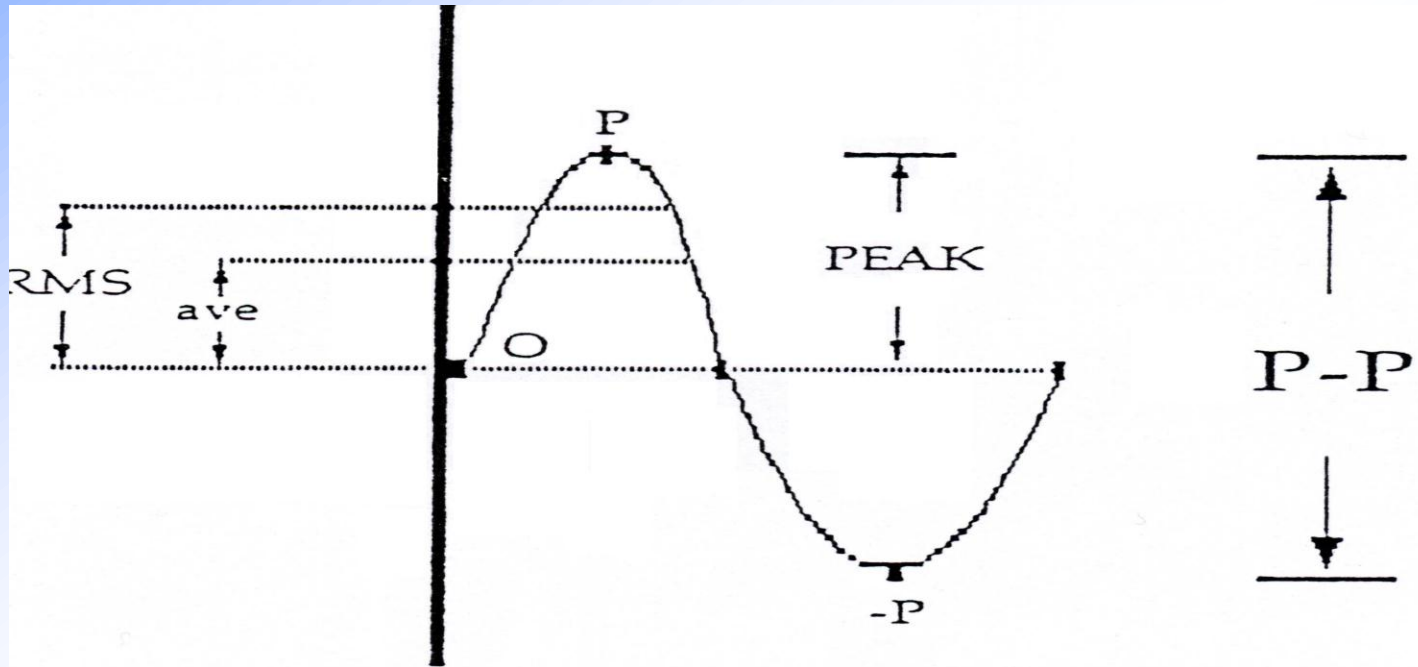
Displacement = Distance from a to c = peak-to-peak

Max Velocity occurs at points 0 and b

Max acceleration occurs at points a and c.

Harmonic Motion.

دامنه



Peak	=	0 to P
RMS	=	.707 peak
Average	=	.637 peak

۵ - فرکانس طبیعی

۶ - رزونانس

۷ - فرکانس (Frequency)

۸ - درجه آزادی

۹ - فاز

۱۰- پارامترهای اندازه گیری ارتعاشات :

🌐 جابجائی (Displacement)

🌐 سرعت (Velocity)

🌐 شتاب (Acceleration)

عوامل ایجاد کننده ارتعاشات

$$X = A \sin(\omega T + \varphi)$$

جابجائی



$$V = X' = A\omega \cos(\omega T + \varphi)$$

سرعت

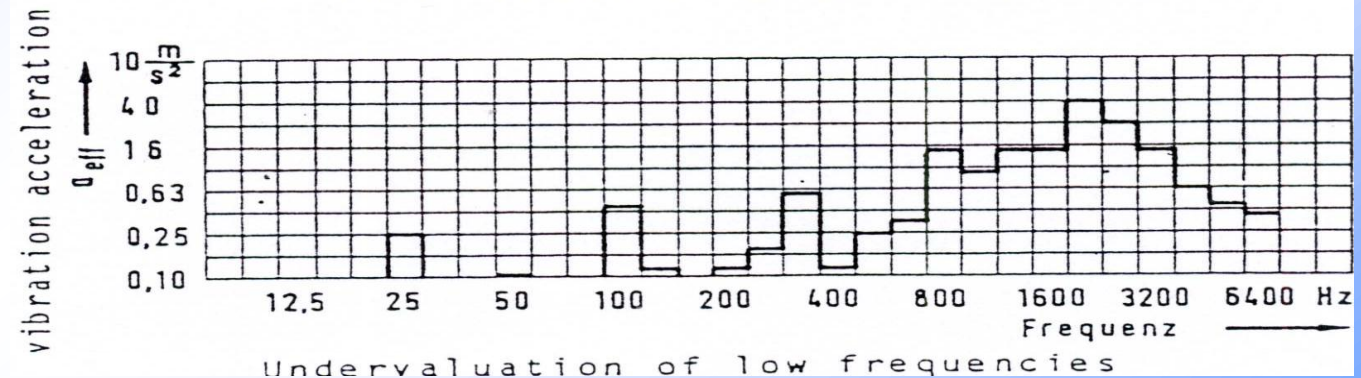
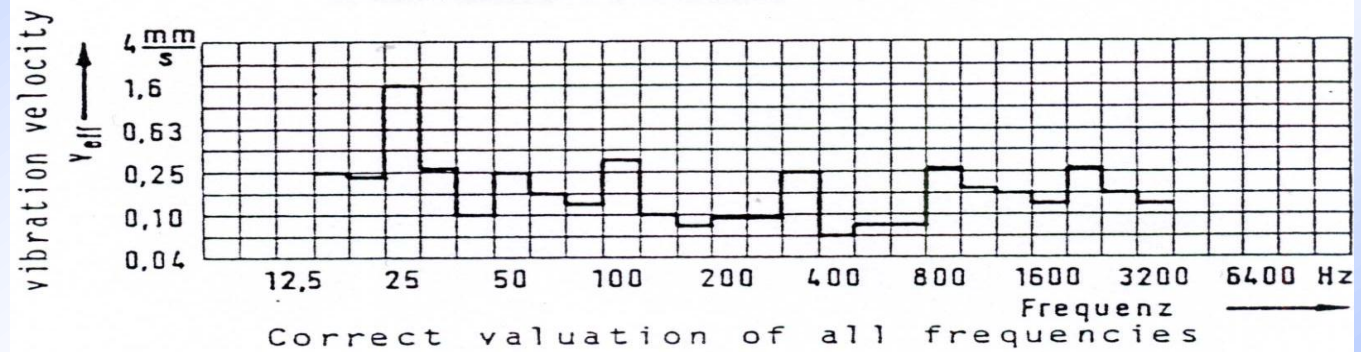
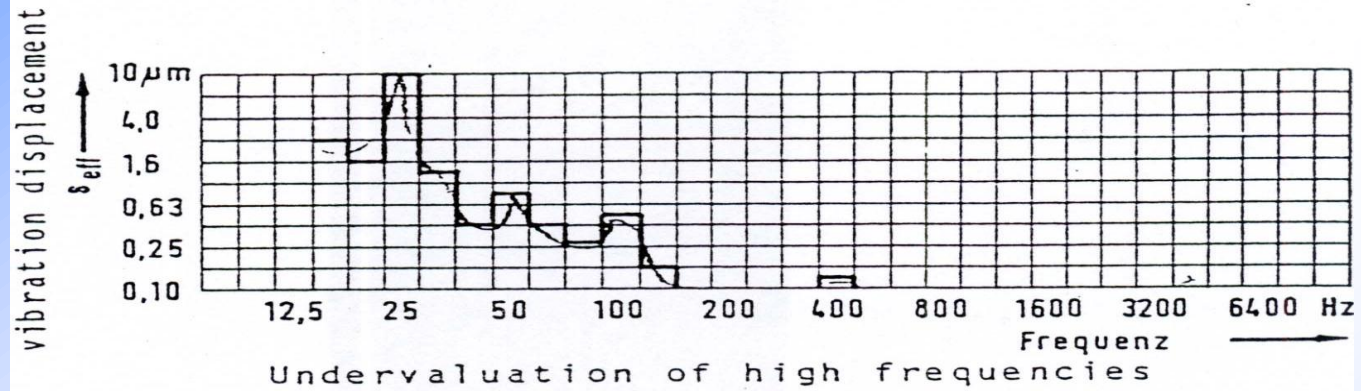


$$a = X'' = -A\omega^2 \sin(\omega T + \varphi)$$

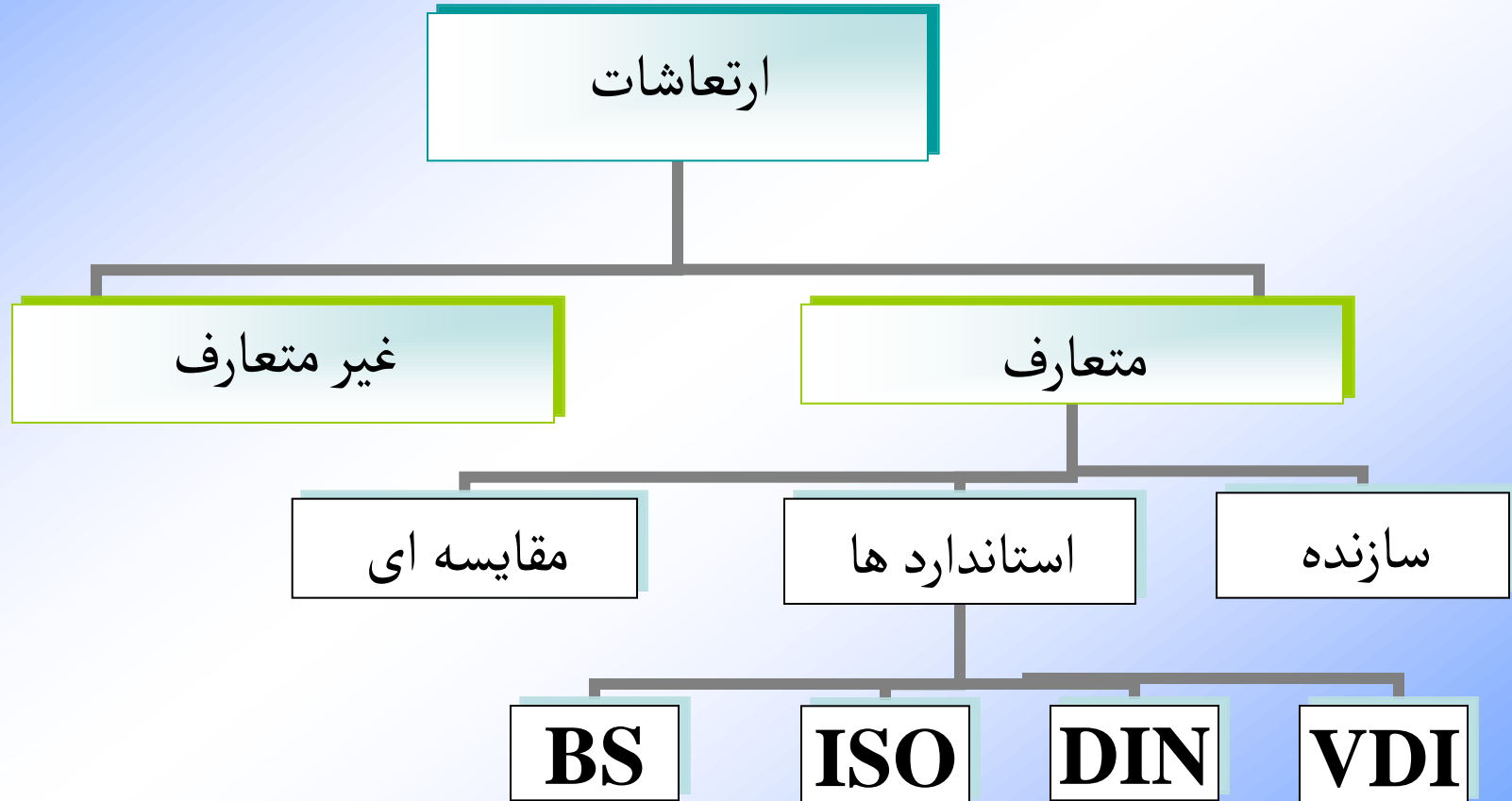
شتاب



1/3 OCTAVE ANALYSIS OF A SOFT MOUNTED ELECTRICAL MOTOR



انواع ارتعاشات (Kinds of Vibration)




انواع مبدل های ارتعاشی


۱- پیکاب های جریان گردابی (Eddy Current Pick-UP)

◆ غیر تماسی (Non – Contact)

◆ جابجایی (Displacement)

۲- پیکابهای الکترومغناطیسی یا الکترودینامیک (Electrodynamical Pick-Up)

تماسی (Contact) 

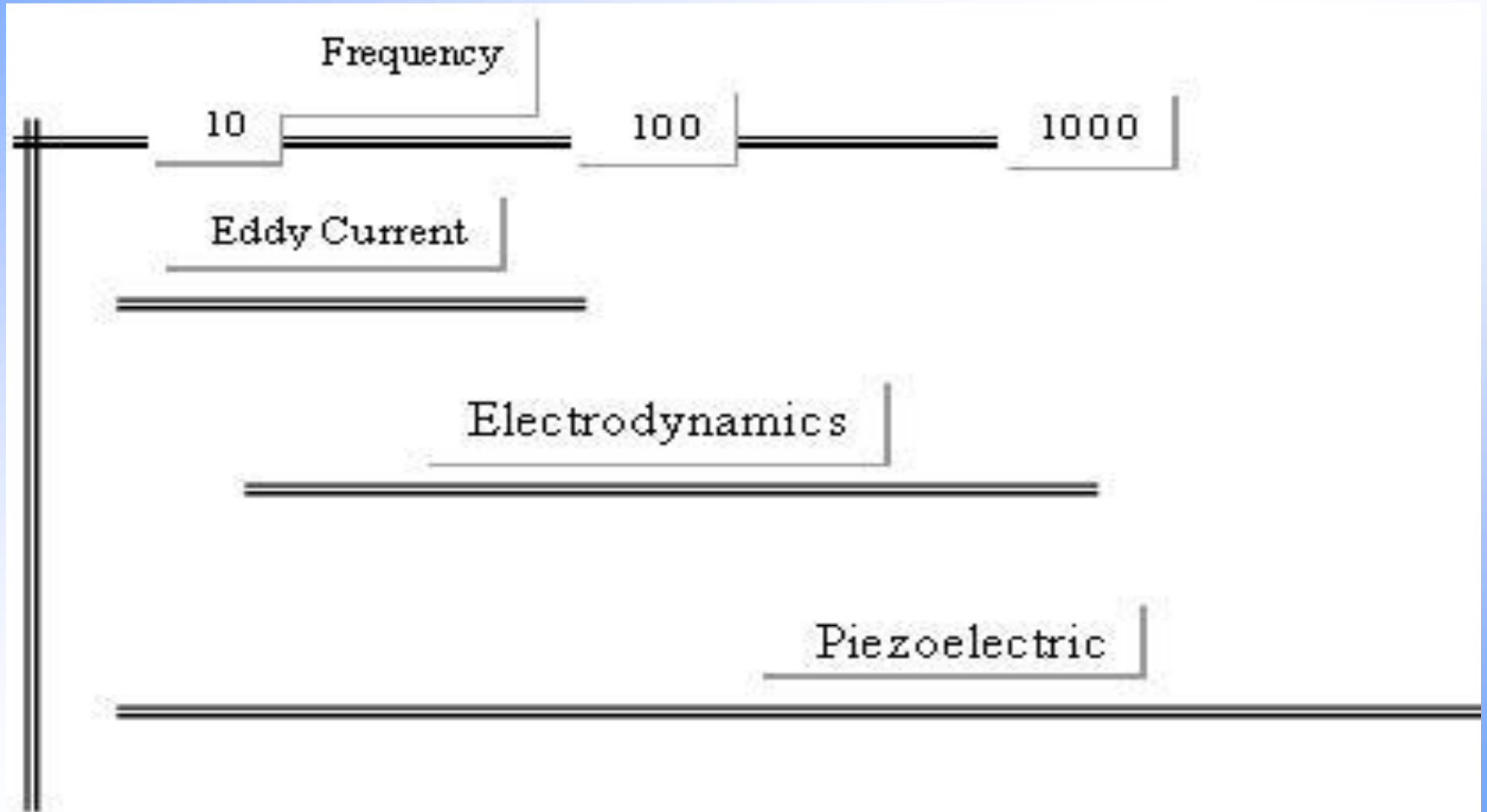
سرعت (Velocity) 

۳- پیزو الکتریک (Piezoelectric)

تماسی (Contact) 

سرعت (Velocity) 

ناحیه فرکانسی حس کننده ها



سنسورهای اندازه گیری ارتعاشات مطلق بیرینگ ها

سنسورهای سرعت (Seismic Sensors)



سنسورهای شتاب سنج ها (Piezo – Electric)



سنسورهای اندازه گیری ارتعاشات و جا بجایی نسبی شافت

سنسور های جریان گردابی (



Eddy-Current Sensors)

سنسور های القایی (Inductive Sensors)



انتخاب شتاب سنج ها

۱- محدوده فرکانسی

۲- حساسیت ، جرم و محدوده دینامیکی

۳- امتداد پاسخ مناسب

۴- پاسخ گذرا

رعایت اصول هنگام نصب شتاب سنج ها

۱- دما (Temperature)

۲- تغییر دمای نقطه مورد نظر

۳- تغییر شکل بستر

۴- تشعشعات هسته ای

۵- میدان مغناطیسی

۶- رطوبت

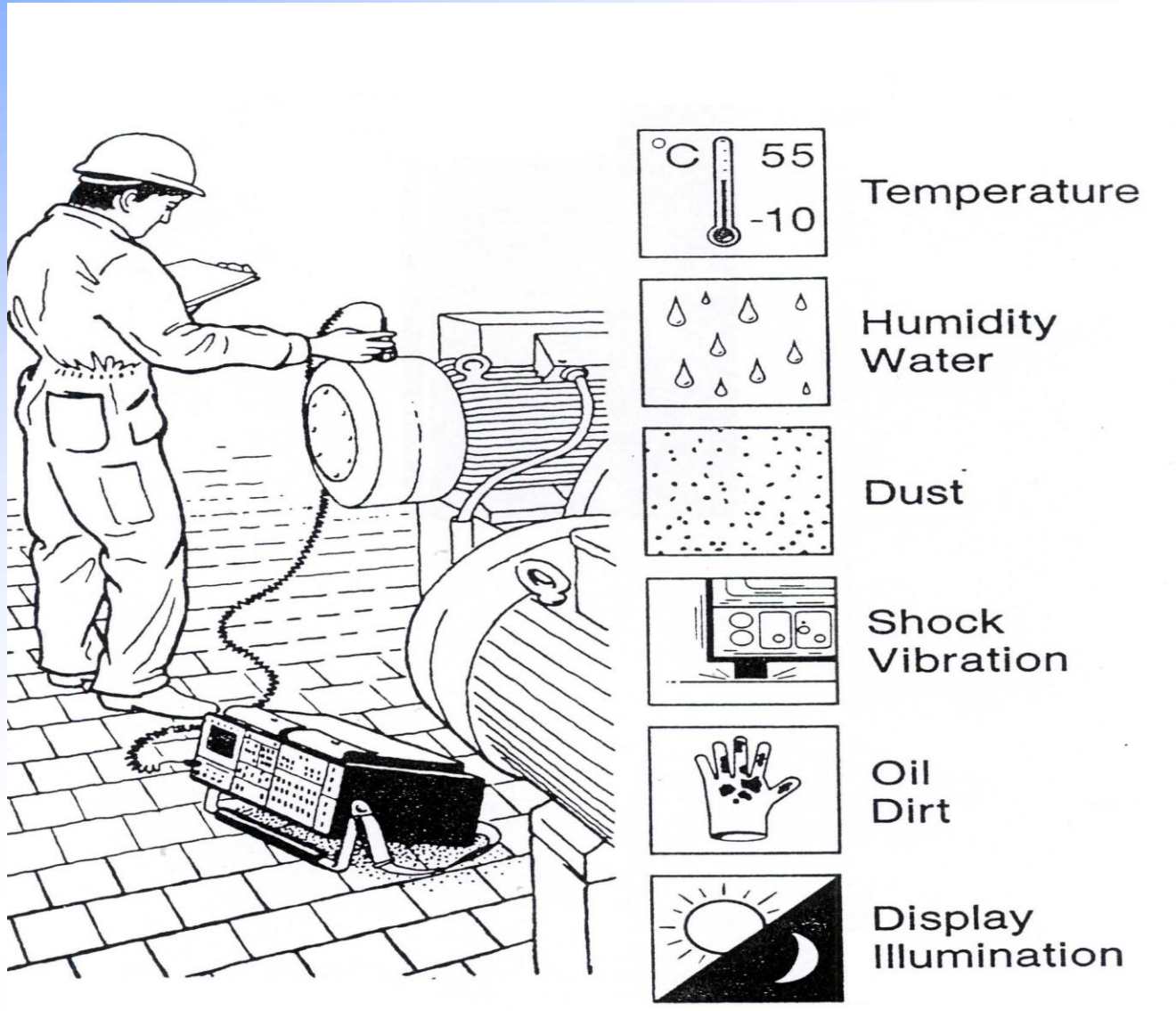
۷- محیط خورنده

۸- سر و صدای محیط

۹- گرد و غبار

۱۰- آلودگی دست (دست روغنی) هنگام اندازه گیری

A Portable Vibration Analyzer in Industrial Environments



تعیین جهت های صحیح اندازه گیری

۱- مکان نقطه اندازه گیری مشخص شود و مناسبترین مکان **Bearing** **Housing** است

۲- جای نقطه اندازه گیری علامت گذاری شود (**Marked**)

۳- ظروف نصب صحیح شتاب سنج رعایت شود

۴- ارتعاشات شعاعی و محوری اندازه گیری شود

جهت اندازه گیری ارتعاشات

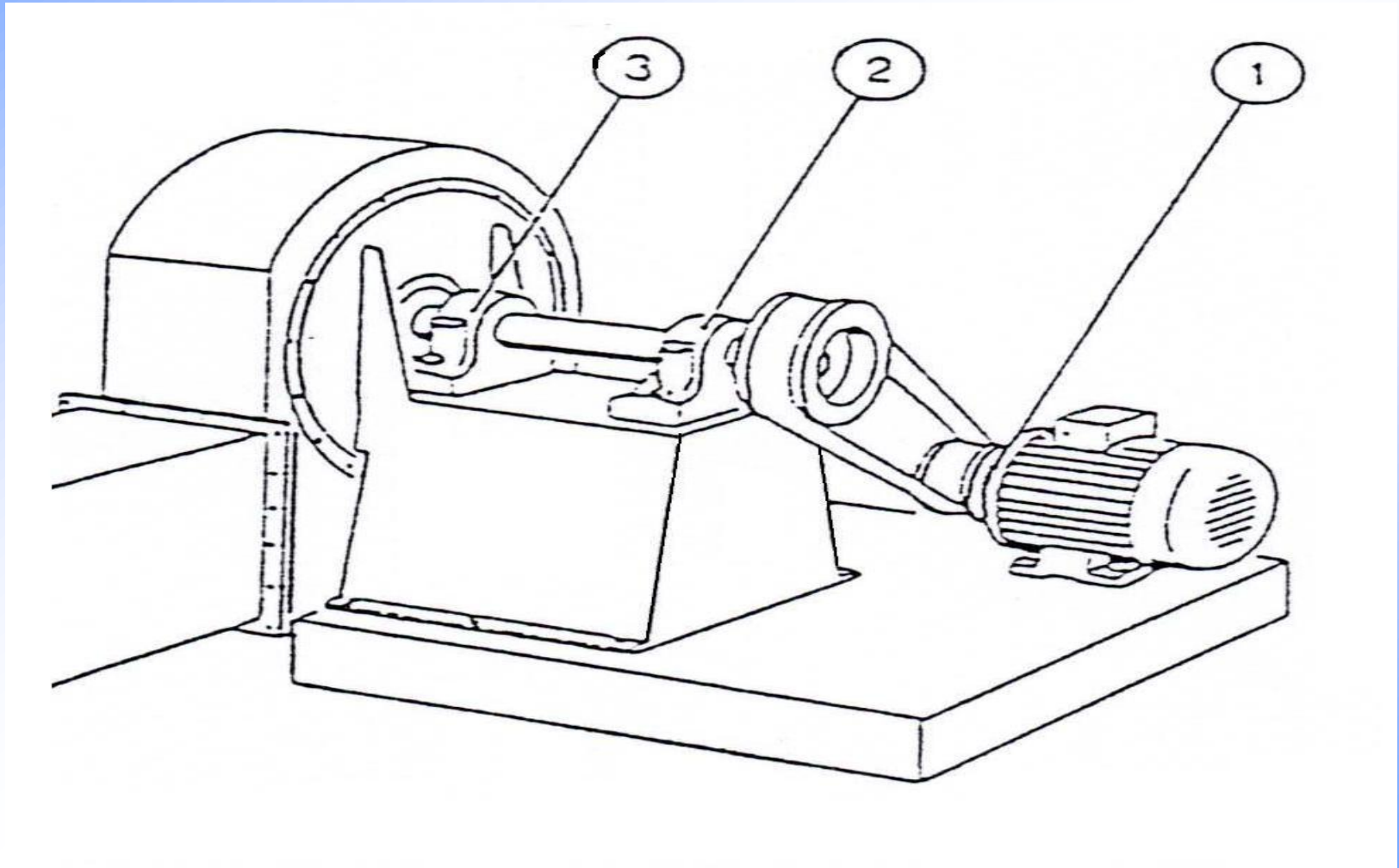
۱- ارتعاشات محوری (Axial Vibration)

۲- ارتعاشات شعاعی (Radial Vibration)

الف . افقی (Horizontal)

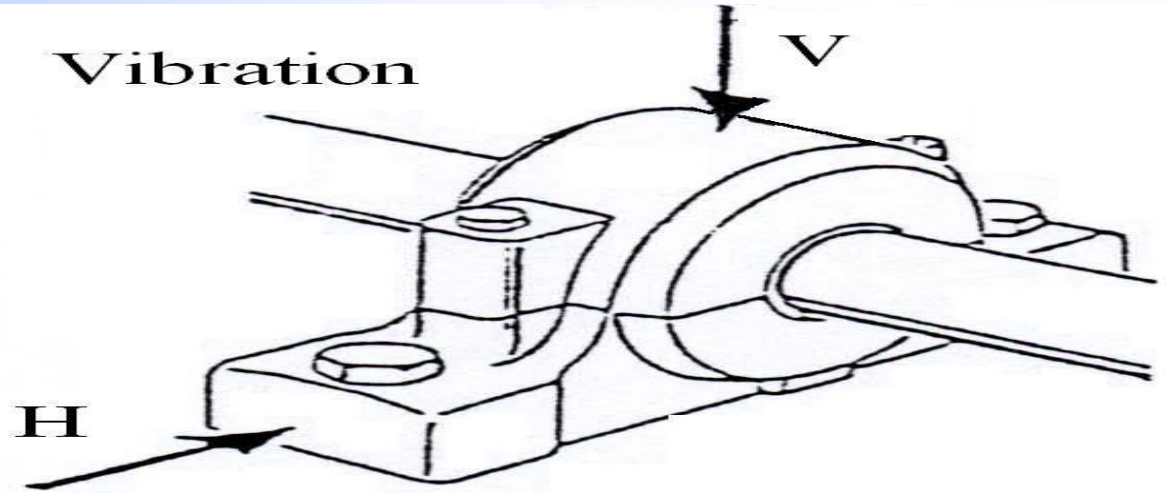
ب . عمودی (Vertical)

نقاط اندازه گیری ارتعاشات

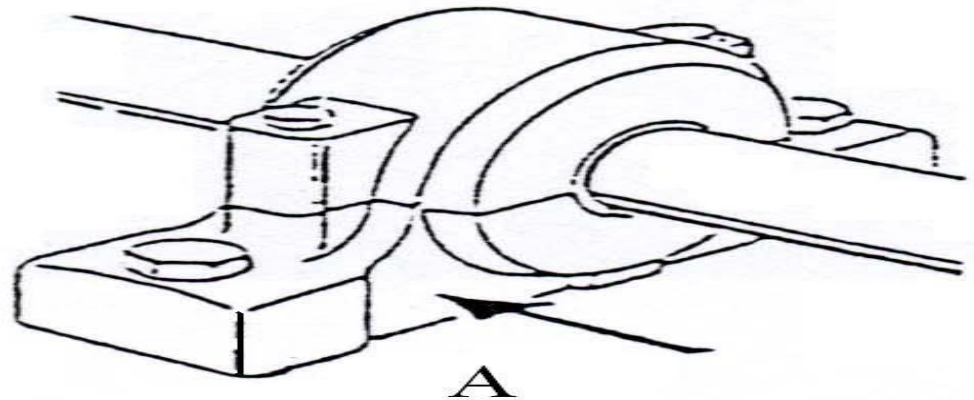


جهت اندازه گیری ارتعاشات

Radial Vibration



Axial Vibration



گروه بندی ماشین آلات و زمان اندازه گیری

(Machine Classification & Measuring Frequency)

(Critical Machines) ماشین آلات حساس



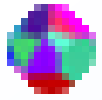
✓ ماشین آلاتی که از نظر دینامیکی حساس هستند (Critical Dynamics)

✓ ماشین آلاتی که از نظر تولید حساس هستند

✓ ماشین آلاتی که یدکی ندارند

✓ ماشین آلاتی که گران قیمت هستند

✓ ماشین آلاتی که از نظر محیط زیست حساس و خطرناکند



ماشین آلات نیمه حساس / مهم (

Semi Critical / Important Machines)

ماشین آلاتی که از نظر دینامیکی حساس (Critical) ✓
(Dynamic) ، نیستند ولی از نظر سایر خصوصیات مانند ماشین آلات حساس هستند

✓ ماشین آلاتی که به علّت وجود یدکی (Standby) ، در صورت خرابی تولید متوقف
نمی شود

ماشین آلات معمولی (Common Machines)

- ✓ ماشین آلاتی که از نظر دینامیکی و تکنیکی و قیمت ، حساس (Critical) نبوده و حتی در صورت خرابی و بدون وجود دستگاه یدکی (Standby) چندان در بهره برداری و تولید اثر نمی گذارد

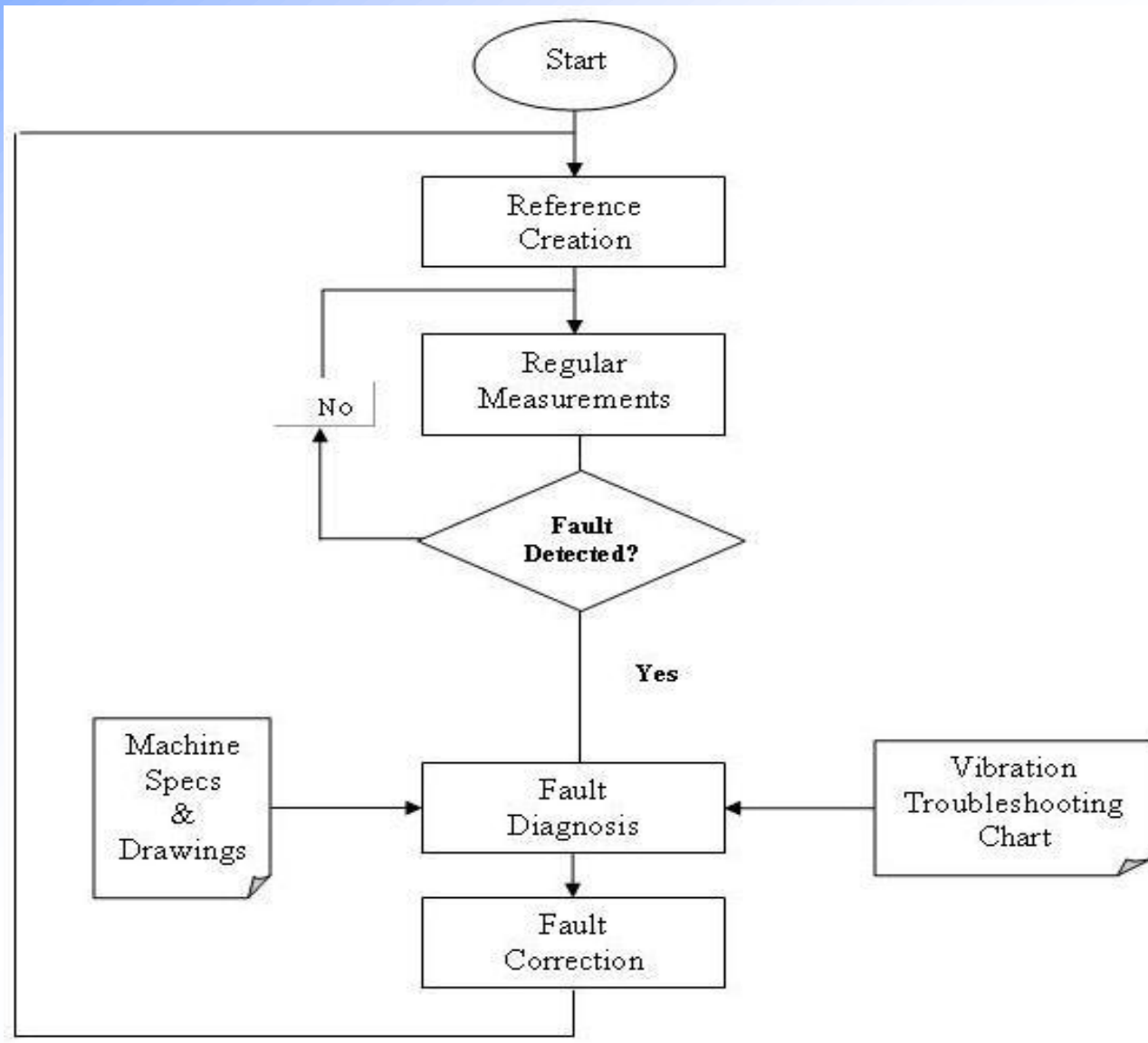
مراحل آنالیز ارتعاشات

۱- ردیابی و تعیین عیوب (Fault Detection)

۲- تشخیص عیوب (Fault Diagnosis)

۳- اصلاح خرابی و رفع عیوب (Fault Correction)

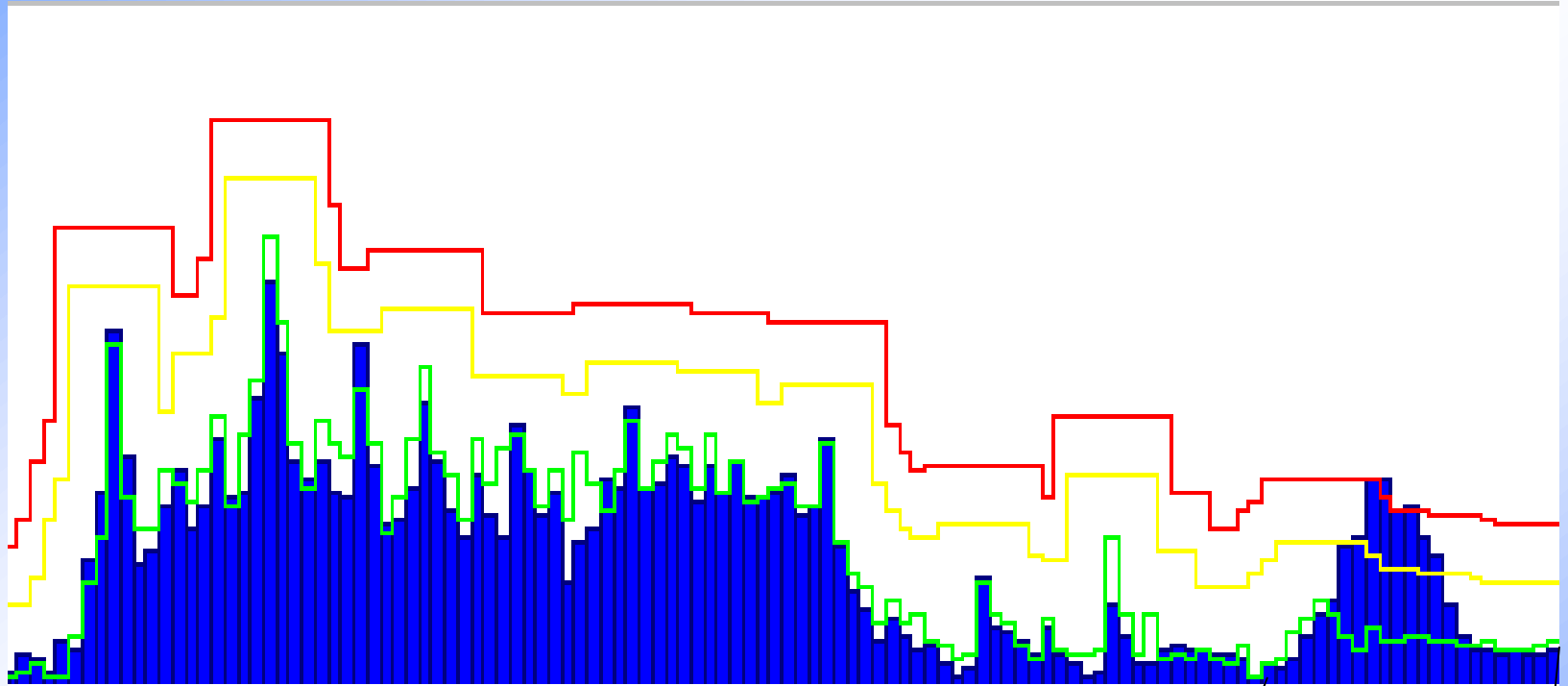
On – Condition Maintenance



Fault Vibration Analysis

- Unbalance (نابالانسی)
- Misalignment (نا هم راستایی)
- Bent Shaft (خمش شافت)
- Shaft Crack (ترک در شافت)
- Eccentricity (خارج از مرکزیت)
- Mechanical Looseness (لقی های مکانیکی)
- Journal Bearing Faults (عیوب یاتاقان های ژورنال)
- Rolling Element Bearing Faults (عیوب یاتاقان های المان غلطکی)
- Rotor Rub (مالش روتور)
- Cavitations (کاویتاسیون)
- Electrical Motor Problems (مشکلات موتور های الکتریکی)
- Gear Faults (عیوب چرخ دنده ها)
- Resonance (رزونانس)
- Oil whirl (چرخش فیلم روغن)

Fault Detection



چارت ردیابی عیوب (Faults Detected Chart)

عیوب (Faults)

عیوب عمومی

General Faults

غیر هم محوری

Misalignment

خرابی دنده ها

Damaged Gears

تشدید

Resonance

فیلم روغن

Oil Film Whirl

نابالانسی

Unbalance

خرابی یاتاقان ها

Damaged Bearing

لقی مکانیکی

Mechanical Looseness

نا بالانسی نیروهای رفت و برگشت
Reciprocating Unbalance

عیوب الکتریکی

Electrical Faults

نیروهای هیدرولیکی

Hydraulic Forces

عیوب اختصاصی

Special Faults

خرابی در محرک های تسمه ای

Damaged Belt or Chain Drive

اغتشاش

Turbulence

کاویتاسیون

Cavitations

آنالیز گراف (Spectrum Analysis)

تعیین اجزای ماشین که می توانند ارتعاش تولید کنند

تعداد پره ها

فرکانس عیوب موضعی رولر بیرینگ ها

تعداد دندانه ی چرخ دنده ها


طول تسمه


آیا در مجاورت ماشین ، دستگاه دیگری کار می کند ؟ در این صورت دور ماشین مجاور چقدر است ؟


ماشین افقی و یا عمودی است ؟

آیا ماشین **Overhung** است و یا به یک دستگاه **Overhang** وصل شده است ؟

اطلاعاتی از مشخصات ماشین آلات برای آنالیز گراف

 تعداد پره های پروانه یا فن (البته در صورت فن یا پمپ بودن دستگاه)

 فرکانس عیوب موضعی بیرینگ ها (در صورت رولر بودن بیرینگ ها)

 تعداد دنده های چرخ دنده ها و همچنین دور های هر محور در صورت وصل شدن دستگاه
به گیربکس طول تسمه (در صورت داشتن تسمه)

چون در مجاورت ماشین، تجهیزات دیگری نیز کار می کنند لازم است دور کاری دستگاه مجاور در دست باشد، زیرا ارتعاشات می توانند از طریق فونداسیون یا سازه ها و سیستم **Piping** به ماشین آلات نزدیک منتقل شده و باعث افزایش ارتعاشات گردند

آیا ماشین افقی یا عمودی نصب شده است؟ چرا که ارتعاشات به عنوان پاسخ سیستم به نیرو-های وارده در جهات عمودی و افقی با شدت یکنواخت ظاهر نمی شود

آیا ماشین **Overhung** است و یا به یک دستگاه **Overhang** وصل شده است؟

علت های نابالانسی

(Causes of Unbalance)

۱- غیریکنواختی جرم (Non uniform Density of Material)

۲- معایب ریخته گری تولیدی (Porosity in Casting)

۳- تلرانس سازنده (Manufacturing Tolerance)

۴- اضافه یا کم شدن جرم در شرایط عملیات (Gain or Loss of Material During Operation)

۵- انجام تعمیرات ، مثل تغییر یا تاقان ها یا تمیزکاری

Maintenance Actions Like : Changing Bearings Or
Clearing

۶- تغییر پیچ ها (Changing Bolts)

۷- ماشین کاری (Machining)

۸- حرکت آزاد جرم به اطراف
(Loose Material
Moving around, Like Water in Cavities)

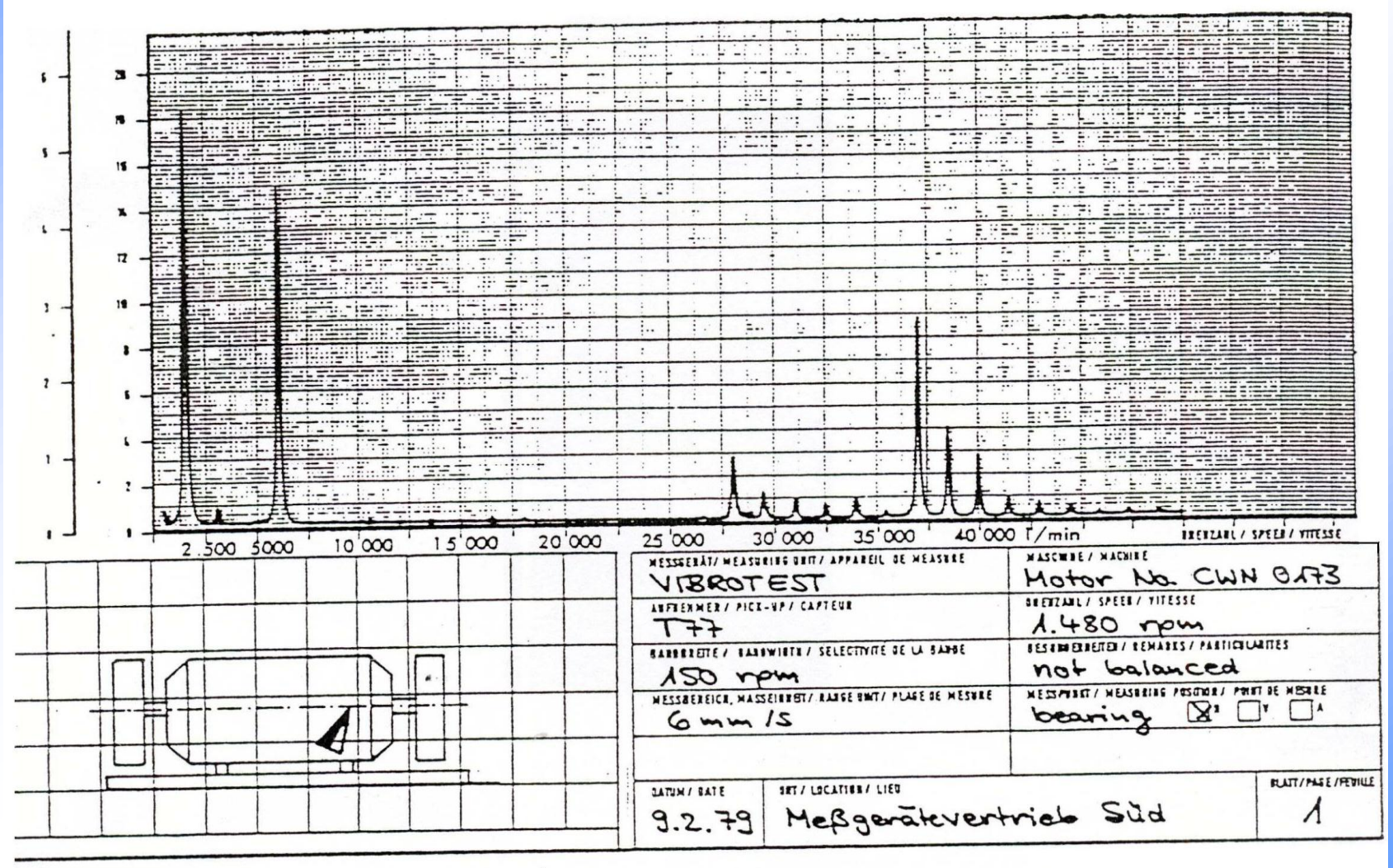
۹- خارها (Keys)

۱۰- کوپلینگ (Coupling)

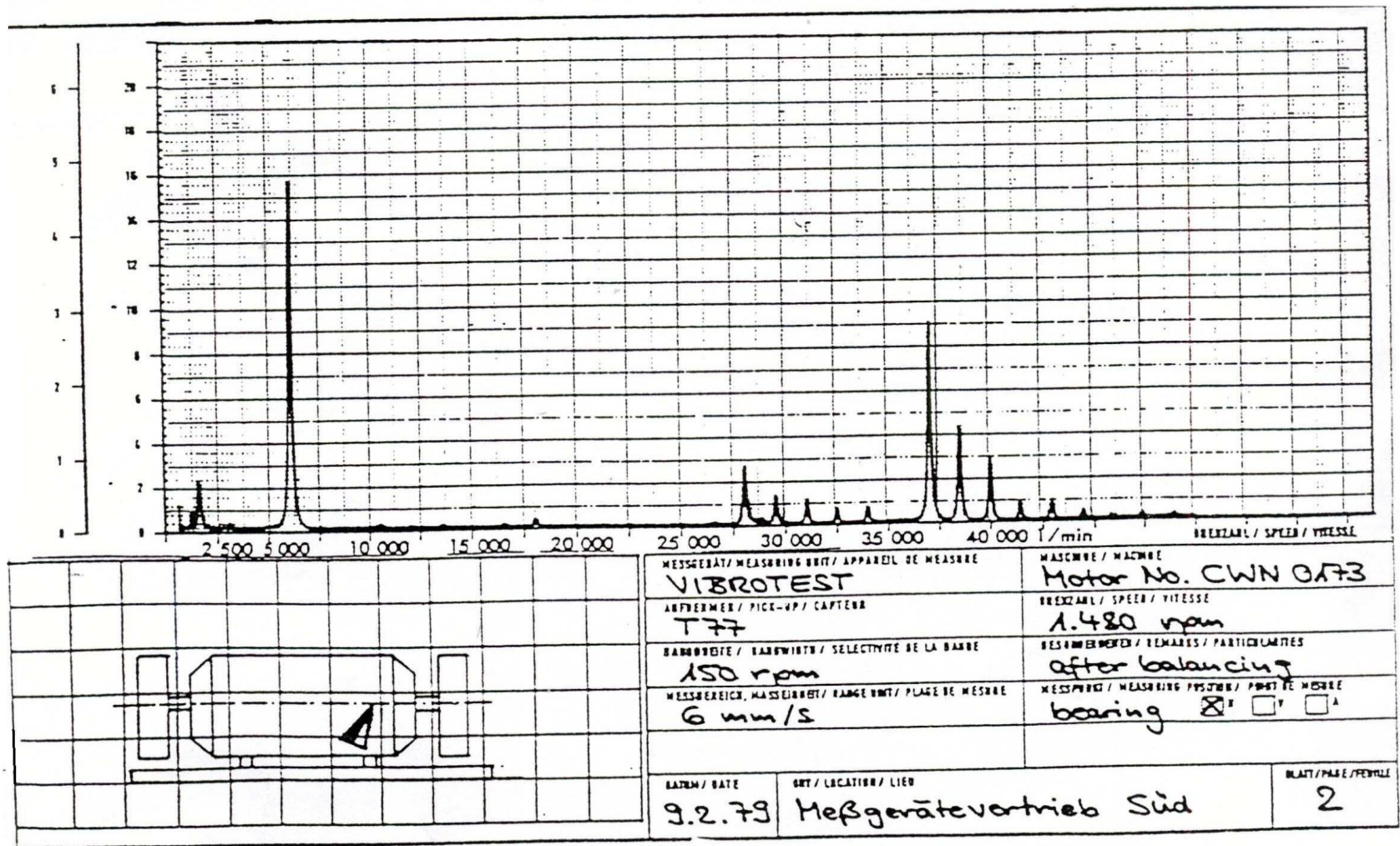
۱۱- هر چیز دیگری که روی توزیع جرم دوران اثر گذارد

(Anything Else
That Affects the Rotational Mass Distribution)

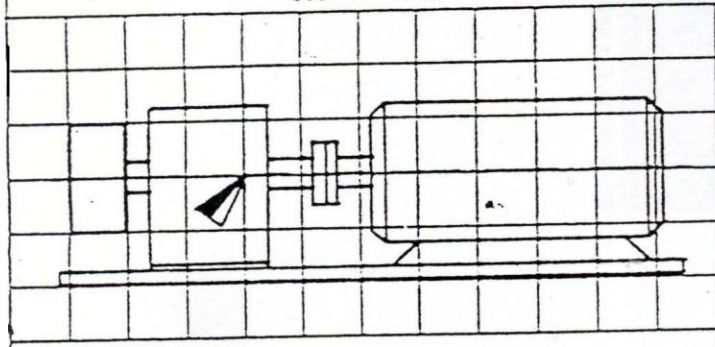
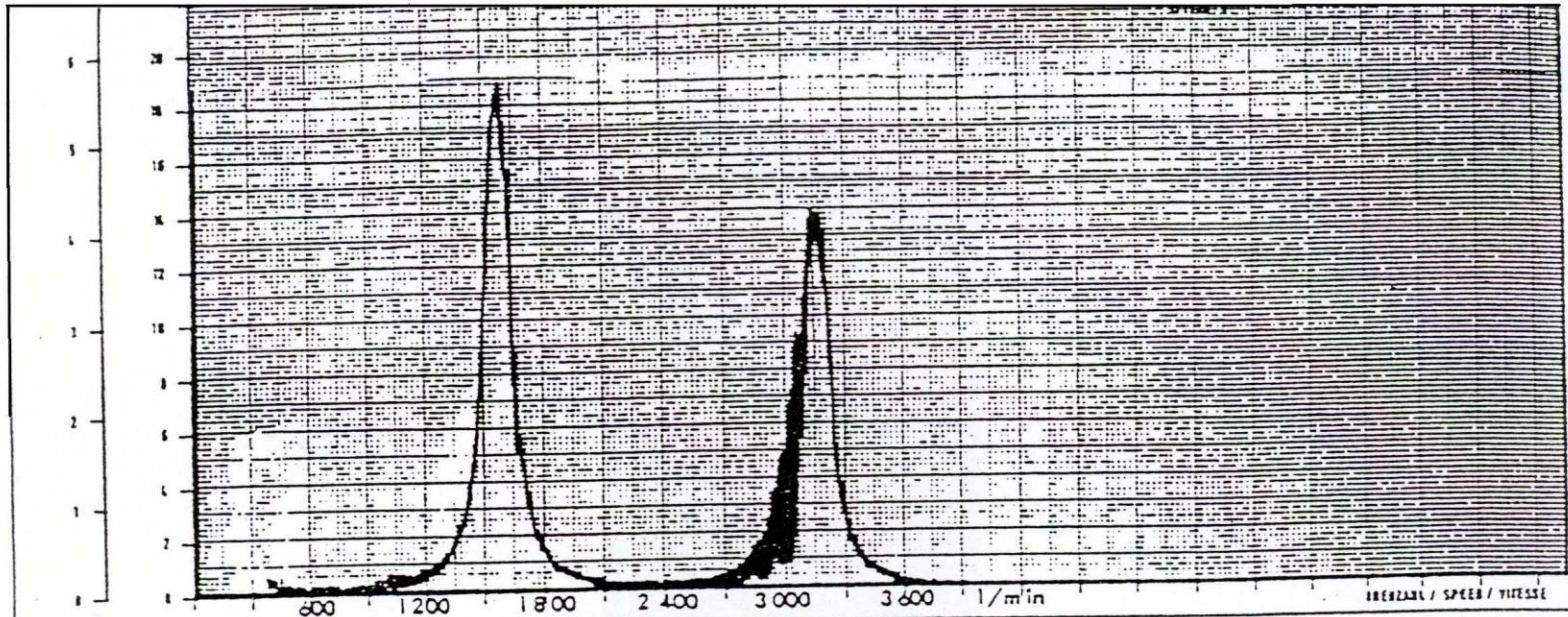
آنالیز فرکانسی از یک الکتروموتور با دور 1480 RPM قبل از بالانسینگ یعنی در حال (Unbalance) را نشان می دهد



آنالیز فرکانسی بعد از بالانسینگ را نشان می دهد

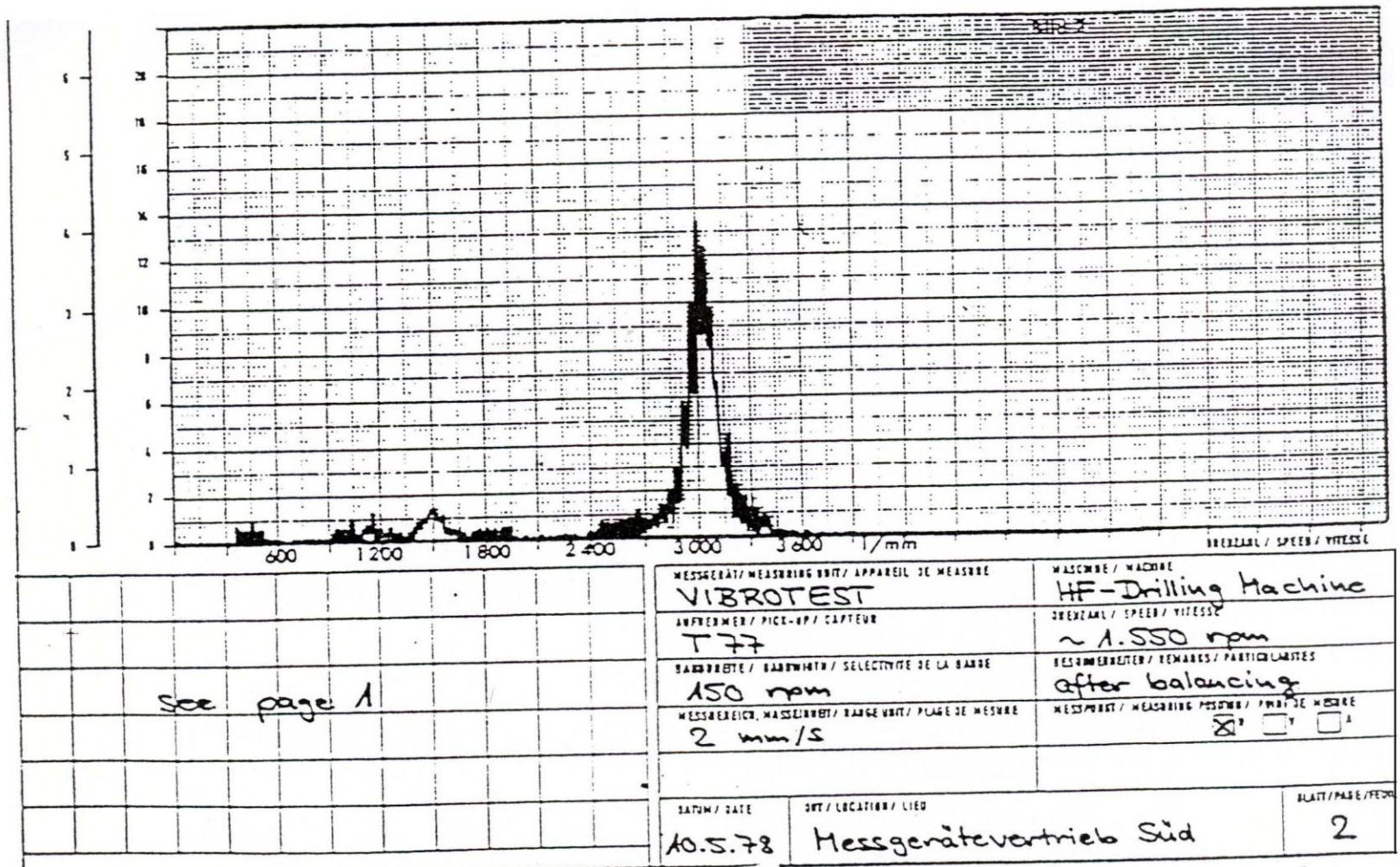


آنالیز فرکانسی یک ماشین را نمایش می دهد



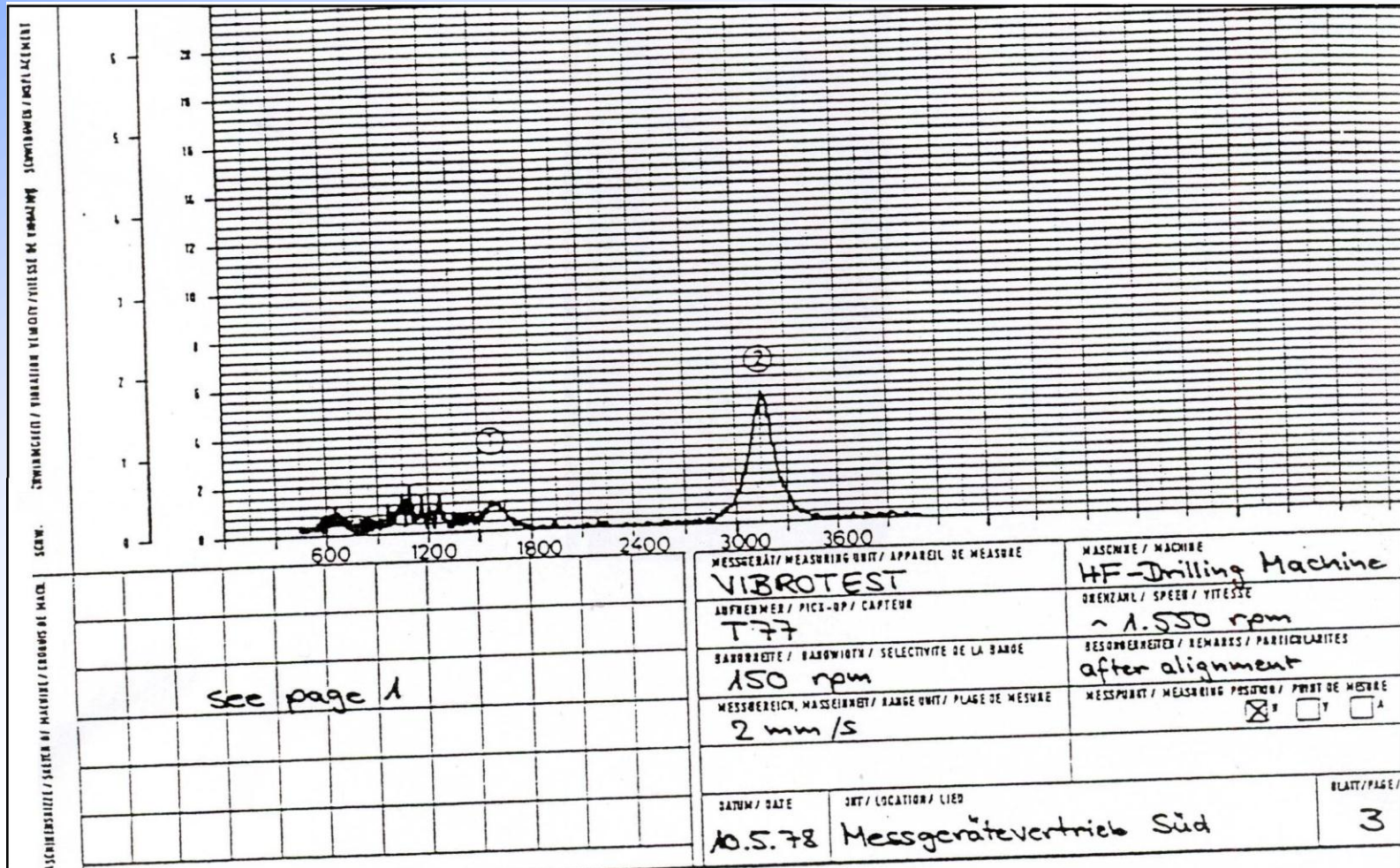
MESSGERÄT/ MEASURING UNIT/ APPAREIL DE MESURE VIBROTEST		MASCHINE/ MACHINE HF-Drilling Machine
ABFRIEMER/ PICK-UP/ CAPTEUR T 77		UHRZAHN/ SPEED/ VITESSE ~ 1.550 rpm
DARBRREITE/ BANDWIDTH/ SELECTIVITE DE LA BANDE 150 rpm		BESONNERHEITEN/ REMARKS/ PARTICULARITES
MESSBEREICH, MASSSEITIGKEIT/ RANGE UNIT/ PLAGE DE MESURE 2 mm/s		MESSPUNKT/ MEASURING POSITION/ POINT DE MESURE <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DATUM/ DATE 10.5.78	ORT/ LOCATION/ LIEN Messgerätevertrieb Süd	BLATT/PAGE/PAGES 1

نشان دهنده آنالیز فرکانسی بعد از بالانسینگ




3100 با تنظیم هم محوری بین موتور و ماشین دوار ، ارتعاشات با فرکانس

RPM کاهش پیدا کرده است





مواردی که به احتمال زیاد به وجود Parallel Misalignment دلالت می کند

ارتعاشات کلی بیشتر باشد 

مقادیر ارتعاشات در جهت شعاعی و محوری بیشتر باشد 

در اسپکترام ارتعاشات هارمونیک های اول و دوم و سوم دیده شوند 

ارتعاشات در 1 RPM بیشتر از 2 RPM باشد 

در جهت شعاعی و در عرض کوپلینگ (در روی بیرینگ ها) ۱۸۰ درجه اختلاف فاز داشته 

باشد . با جا بجایی سنسور از جهت افقی به عمودی در روی یک بیرینگ صفر درجه و یا ۱۸۰ درجه ، زاویه فاز جا بجا شود

Angular Misalignment

در صورت مشاهده ی موارد زیر می توان به احتمال زیاد به

آنالیز کرد

ارتعاشات کلی بیشتر باشد

مقادیر ارتعاشات در جهت شعاعی و محوری بیشتر باشد

شدت ارتعاشات در جهت محوری بیشتر باشد

در اسپکترام ارتعاشات هارمونیک های اول و دوم و سوم دیده شوند

ارتعاشات در 1 RPM بیشتر از 2 RPM باشد

در جهت محوری و عرض کوپلینگ (درروی بیرینگ ها) ۱۸۰ درجه
اختلاف فاز داشته باشد

در روی یک بیرینگ با جا بجایی سنسور از جهت افقی به عمودی صفر و یا ۱۸۰
درجه فاز جا جا شود بایستی اندازه گیری فاز در عرض کوپلینگ در یک جهت
محوری در روی دو تا بیرینگ انجام گیرد

علت های خرابی بیرینگ

(Cause of Bearing Failures)

۱- آلودگی (Contamination)

۲- رطوبت (Moisture)

۳- تنش زیاد (Overstress)

۴- روغنکاری ناقص (Lack of Lubrication)

۵- ایجاد عیب بعد از ساخت (

Defects Created after Manufacturing)

می توان عیوب بیرینگ ها به چهار نوع رده بندی کرد


۱- عیوب موضعی که در قسمت های **Inner Race , Outer Race , Balls , Rollers** و **Cages** ایجاد می شود .


۲- سایش کلی بیرینگ ها فرکانس خاصی ندارد و معمولاً در اسپکترام در بازه وسیع فرکانسی **2 KHz – 17 KHz** ظاهر می شوند .

۳- عیوب نصب بیرینگ ها در اسپکترام فرکانس با هارمونیک هایی از فرکانس پایه ظاهر می شود .

۴- عیوب ناشی از روانکاری ناصحیح که این هم فرکانس خاصی ندارد و معمولاً زمینه های نویز (**Noise**) بیشتر در اسپکترام مشاهده می گردد .

علل بوجود آمدن لقی مکانیکی

شل بودن پیچ ها 

لقی بیش از حد یاتاقان ها 

ترک یا شکستگی در پایه سازه 

مراقبت وضعیت جعبه دنده ها

❁ عیوب معمول در جعبه دنده ها

❁ نیروهای یاتاقان و گشتاور

❁ فرکانس درگیری و ساید باند ها

❁ جعبه دنده های خورشیدی

❁ انواع ترک و تأثیر آن در رفتار ارتعاشی

❁ مدولاسیون

❁ آنالیز کپستروم

ارتعاش جعبه دنده ها

ارتعاش جعبه دنده ها ناشی از عوامل متعددی است .
از جمله :

 تغییر شکل دندانه ها در زیر بار

 سایش یکنواخت سطح دندانه ها

 عیوب موضعی مانند دندانه ترک دار

Resonance

علامات نشان دهنده

۱- شنیدن یک صدای واضح

۲- موج سینوسی واضح در دامنه زمانی

۳- گویای یک **Peak** در دامنه فرکانسی

روش های تشخیص کاویتاسیون

۱- روش محاسبات NPSHA و NPSHR

۲- روش باز کردن پمپ و بررسی محل خوردگی

۳- صدا: در پمپ هایی که با کاویتاسیون کار می کنند ، صدایی مانند حرکت شن و ماسه در روی فلز ، ایجاد می کنند

۴- روش آنالیز ارتعاشات : در محدوده فرکانسی

5 KHz – KHz

از بین بردن پدیده کاویتاسیون

۱- افزایش فشار در قسمت مکش پمپ . در واقع بالا بردن **NPSHA** (مثلاً با افزایش ارتفاع آب در مخزن مکش)

۲- افزایش قطر لوله ی مکش (کاهش افت فشار)

۳- نصب **Inducer** در ورودی پروانه

۴- استفاده از متریال سخت برای جنس پروانه