

دوره های آموزشی

راهکارهای کاهش هزینه تعمیر – نگهداری و صرفه جویی انرژی در صنایع



بهار ۱۴۰۴

مدرس : دکتر کاظم نهبندانیان

تعمیر و نگهداری

حفظ و ایجاد شرایط اولیه و افزایش عمر تجهیزات ⇨ تعمیر و نگهداری

نگهداری ⇨ بازرسی فنی و تست قطعات در محدوده زمانی معین و مشخص

تعمیر ⇨ تعویض و جایگزینی قطعات

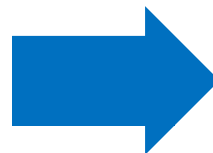
⇨ (تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و پیشبینانه)



نگهداری



نت



* شناخت عیب

* تجهیزات مورد نیاز

تعمیرات

هزینه های ناشی از توقفات و خرابی ها

هزینه آشکار

(۱) هزینه قطعات یدکی

(۲) هزینه نیروی انسانی تعمیرکار و پیمانکاران

هزینه پنهان

(۱) بیکاری پرسنل تولیدی

(۲) هزینه عدم تولید در زمان توقف خط

(۳) هزینه نارضایتی مشتری در عدم تحویل به موقع محصول

(۴) هزینه انرژی مصرفی در صورت عدم تعمیر و نگهداری به موقع

راهکارهای کاهش هزینه تعمیر و نگهداری

- کار گروهی

- خرید و تدارکات

- مدیریت دارایی‌ها

- تغییر در باورها و تکنیک‌ها

- کنترل موجودی و انبار

- نقش آموزش در کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری

- درک تغییرات برای کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری

مهم ترین راهکار برای کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری

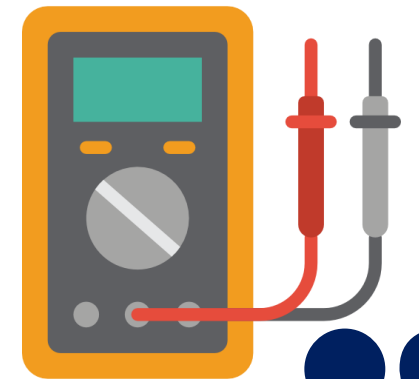
نیروی ماهر و کار آزموده



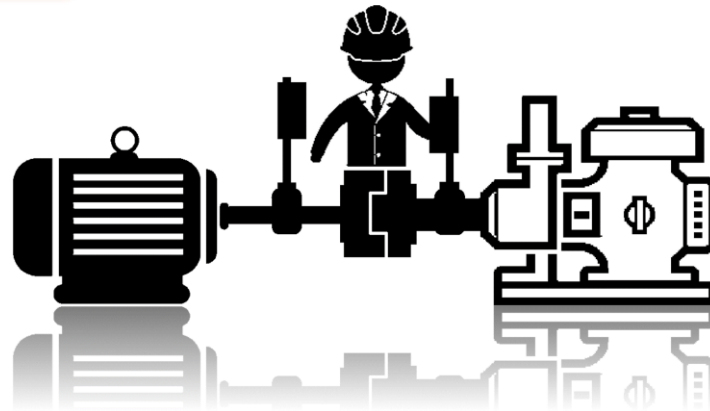
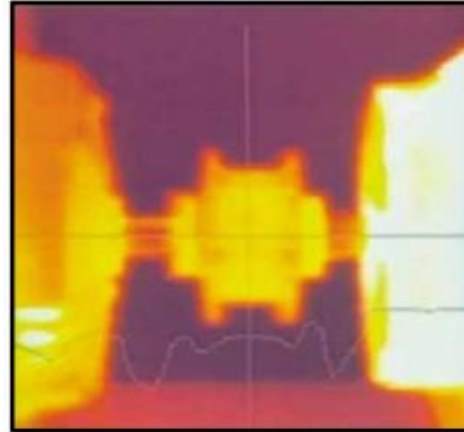
انجام و انتخاب تست صحیح

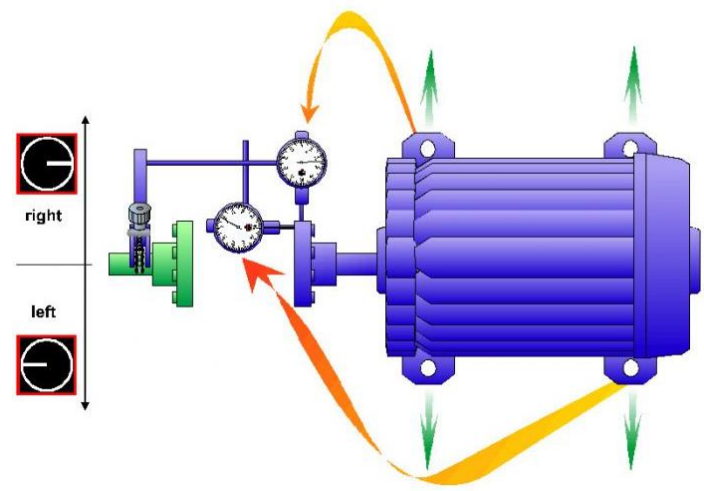
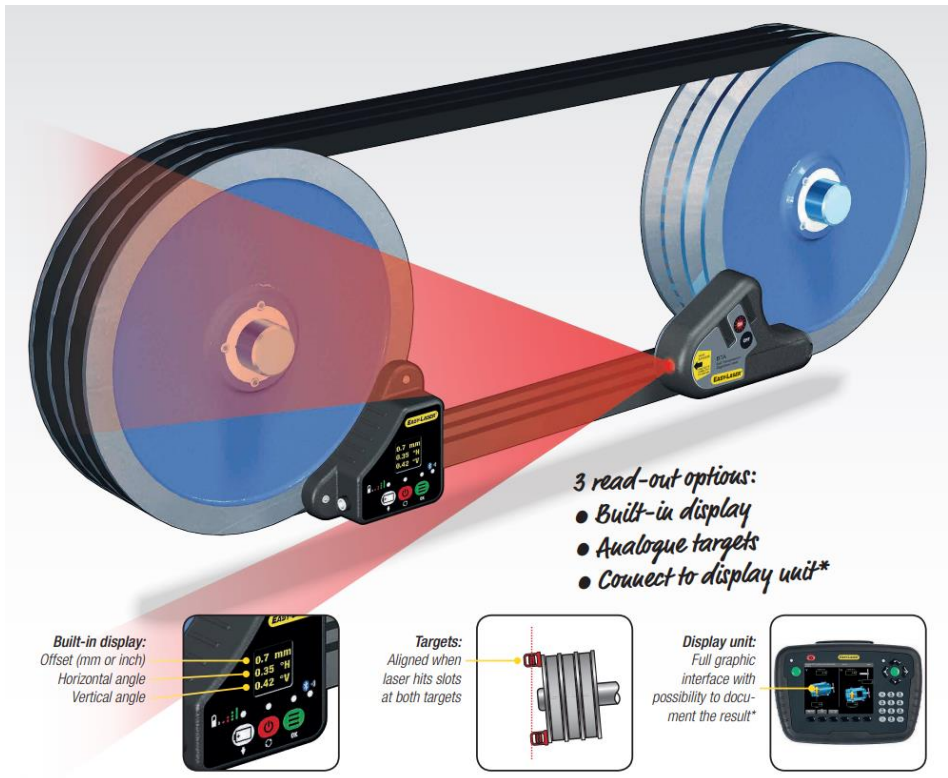


دستگاه های اندازه گیری دقیق



(Shaft Alignment & Belt Alignment)





مزایای هم محور سازی

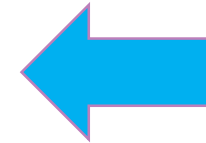


راهکار کاهش هزینه و انرژی واحد تعمیر-نگهداری (واحدنت) صنایع با دوربین های حرارتی (تست ترموویژن)



سرفصل دوره آموزشی

- تعریف تست غیر مخرب و انواع آن (تئوری)
- تعریف روش تست غیر مخرب ترموگرافی (IR) (تئوری)
- روشهای تشخیص عیب سیستم در تست ترموگرافی (تئوری-عملی)
- دوربین ترموگرافی و تعریف پارامترهای آن در تست ترموگرافی (تئوری)
- پایش وضعیت سیستم صنعتی با دوربین ترموویژن Unit 260 B (عملی)
- کاربردهای روش تست ترموگرافی در عیب یابی سیستم های صنعتی (تئوری)
- تحلیل نتایج تست ترموگرافی با نرم افزارهای تخصصی دوربین حرارتی (تئوری)
- روش تهیه گزارش (Report) با نرم افزارهای تخصصی دوربین در تست ترموگرافی (تئوری)

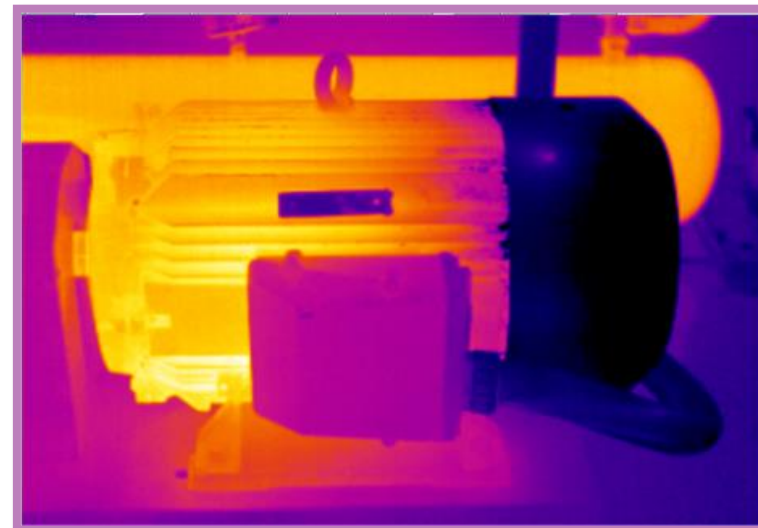
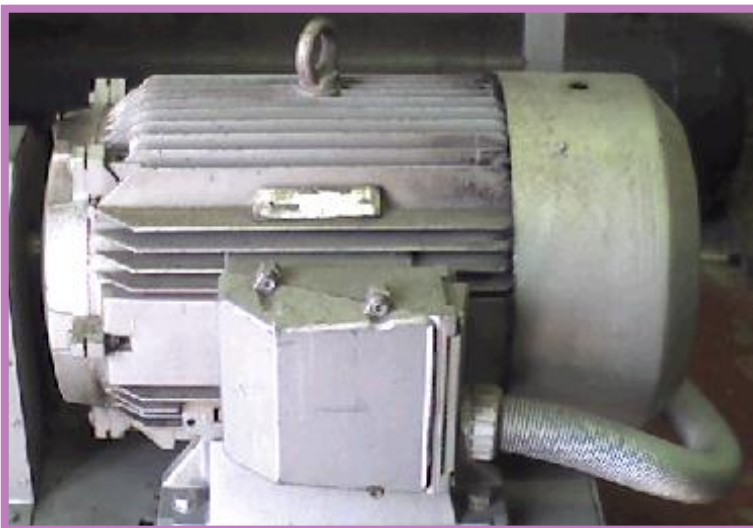


کدام قسمت های
الکتروموتور گرم است؟

امواج مادون قرمز



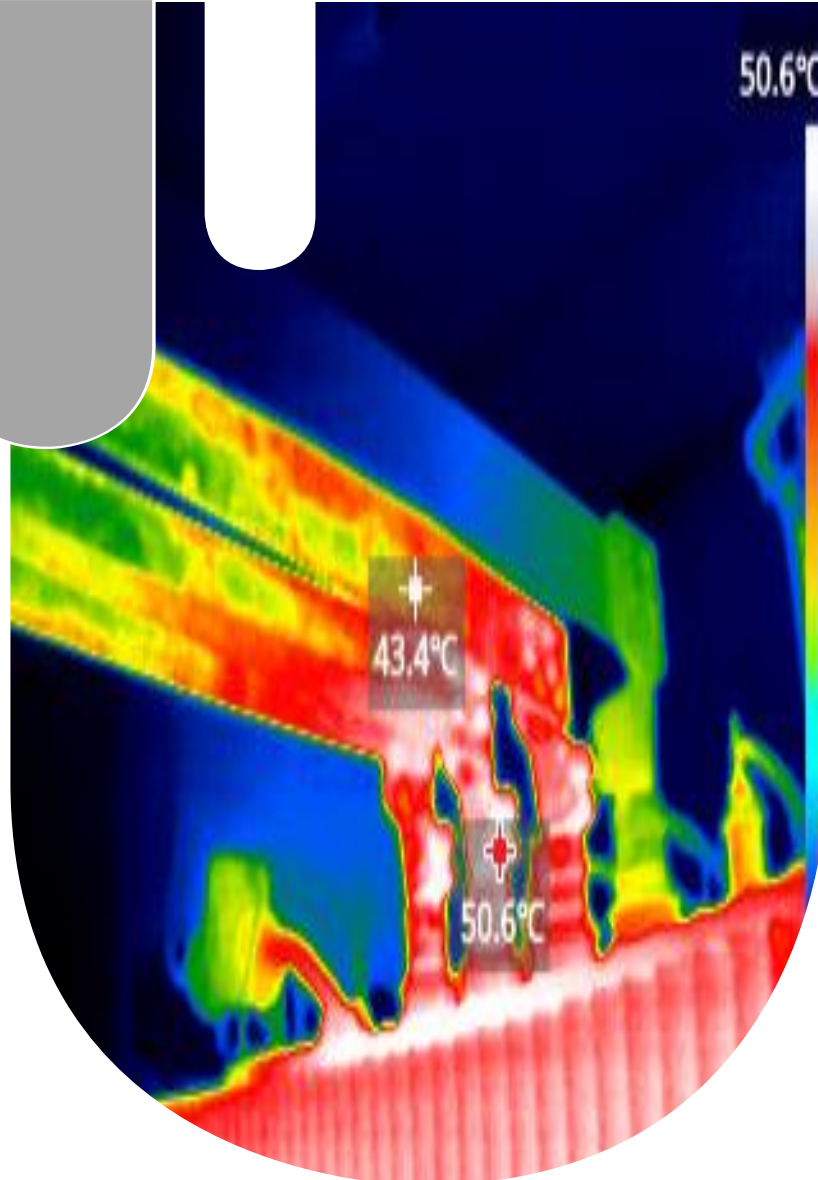
مبدل امواج مادون قرمز به تصاویر مرئی



تست ترموگرافی

تست در حال کار
(آنلاین)

تست مقایسه ای
(اطلاعات استاندارد و اولیه)



**چرا تست ترموگراف اهمیت
بالایی داشته و مفید است؟**

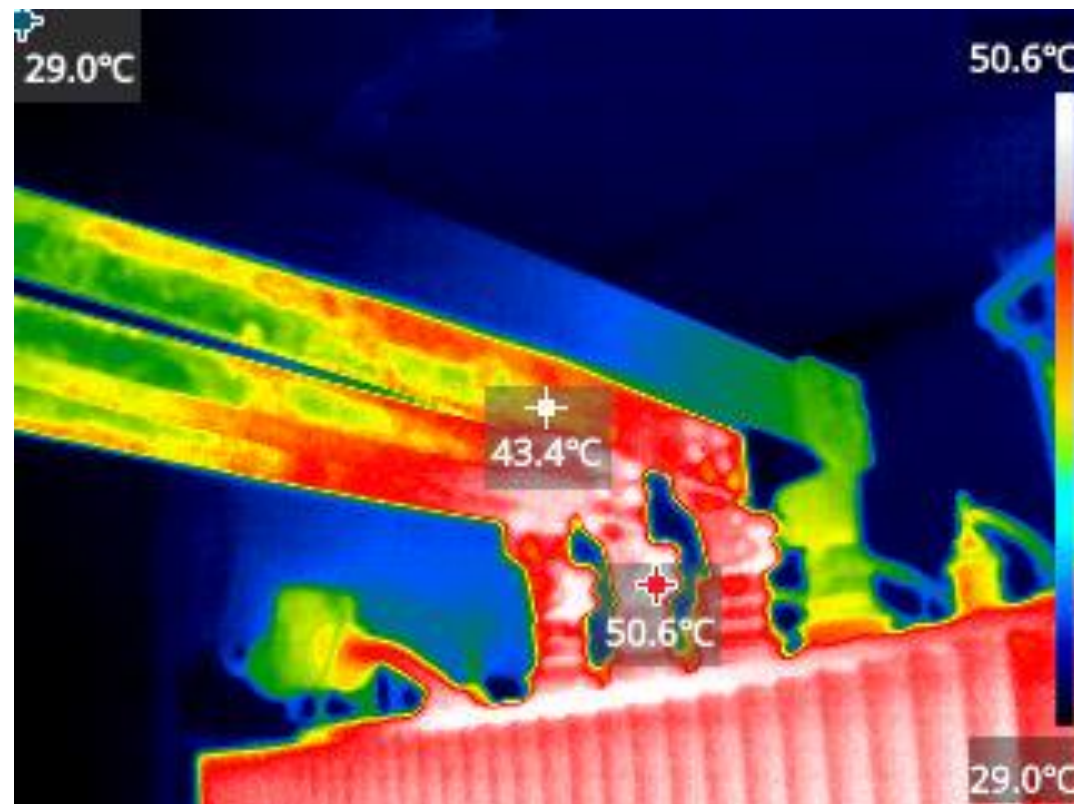
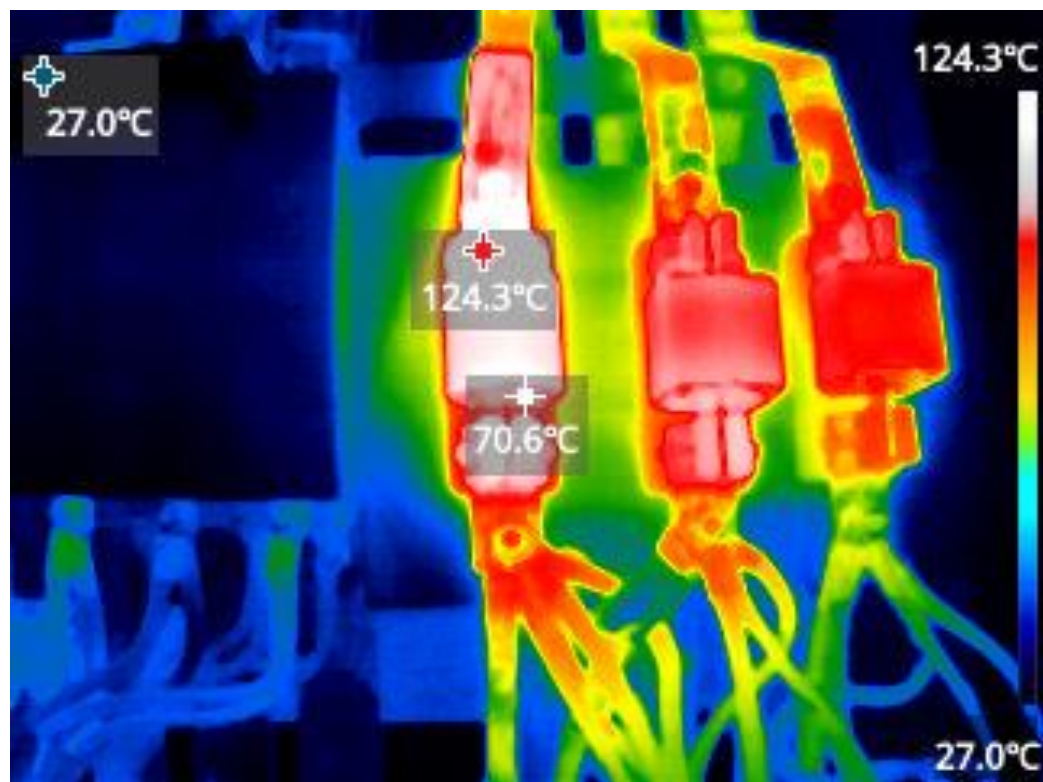
دلایل اهمیت تست ترموگرافی

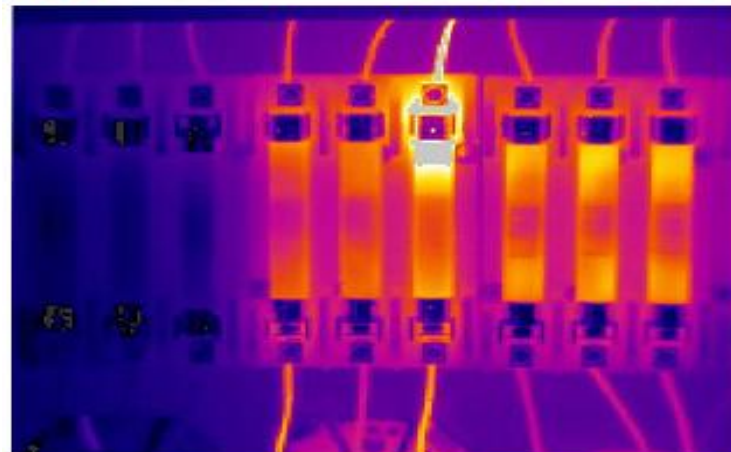
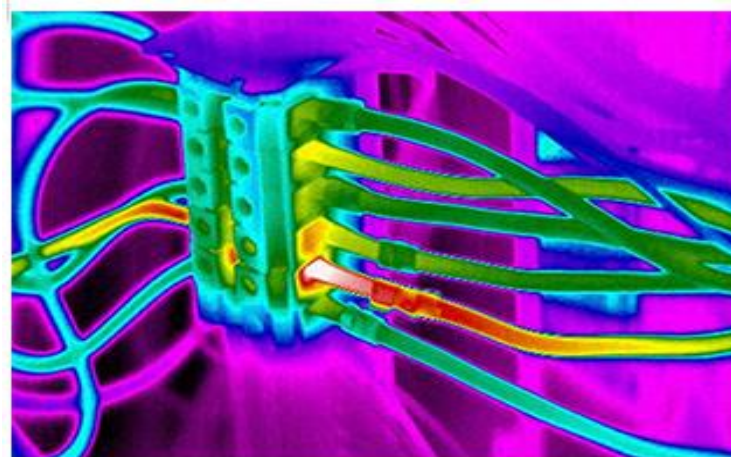
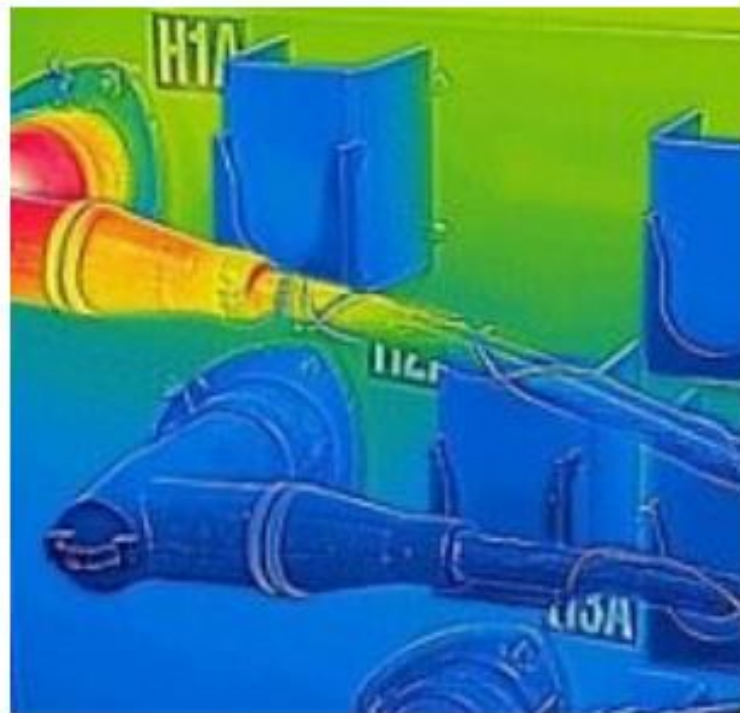
- اندازه‌گیری آن غیر تماسی است و کاربر می‌تواند با فاصله آن را اندازه‌گیری کند. (تجهیزات الکتریکی و.. که خطر تماس دارند و در نقطه امن قرار بگیرد)
- ترموگرافی روی هدف هیچ تأثیری ندارد. (تنها تشعشعات صادره از آن را می‌بینیم.)
- قابلیت دسترسی (اندازه‌گیری از قطعات متحرک یا دوار امکان پذیر می‌شود)
- اندازه‌گیری دما اجسام کوچک (از نظر اندازه و جرم)
- اندازه‌گیری نقاط زیادی در روی جسم مورد پایش
- اندازه‌گیری سریع

پایش وضعیت سیستم های الکتریکی

- ◇ بارهای نامتعادل
- ◇ مشکلات هارمونیک
- ◇ مشکلات کیفیت توان
- ◇ عدم اتصال صحیح به شبکه
- ◇ خرابی عایق سیم پیچ در موتورهای الکتریکی
- ◇ سیستم بارگزاری شده بیش از حد و عبور جریان بیشتر
- ◇ اتصالات سست و خورده شده که باعث افزایش مقاومت در مدار می شود.



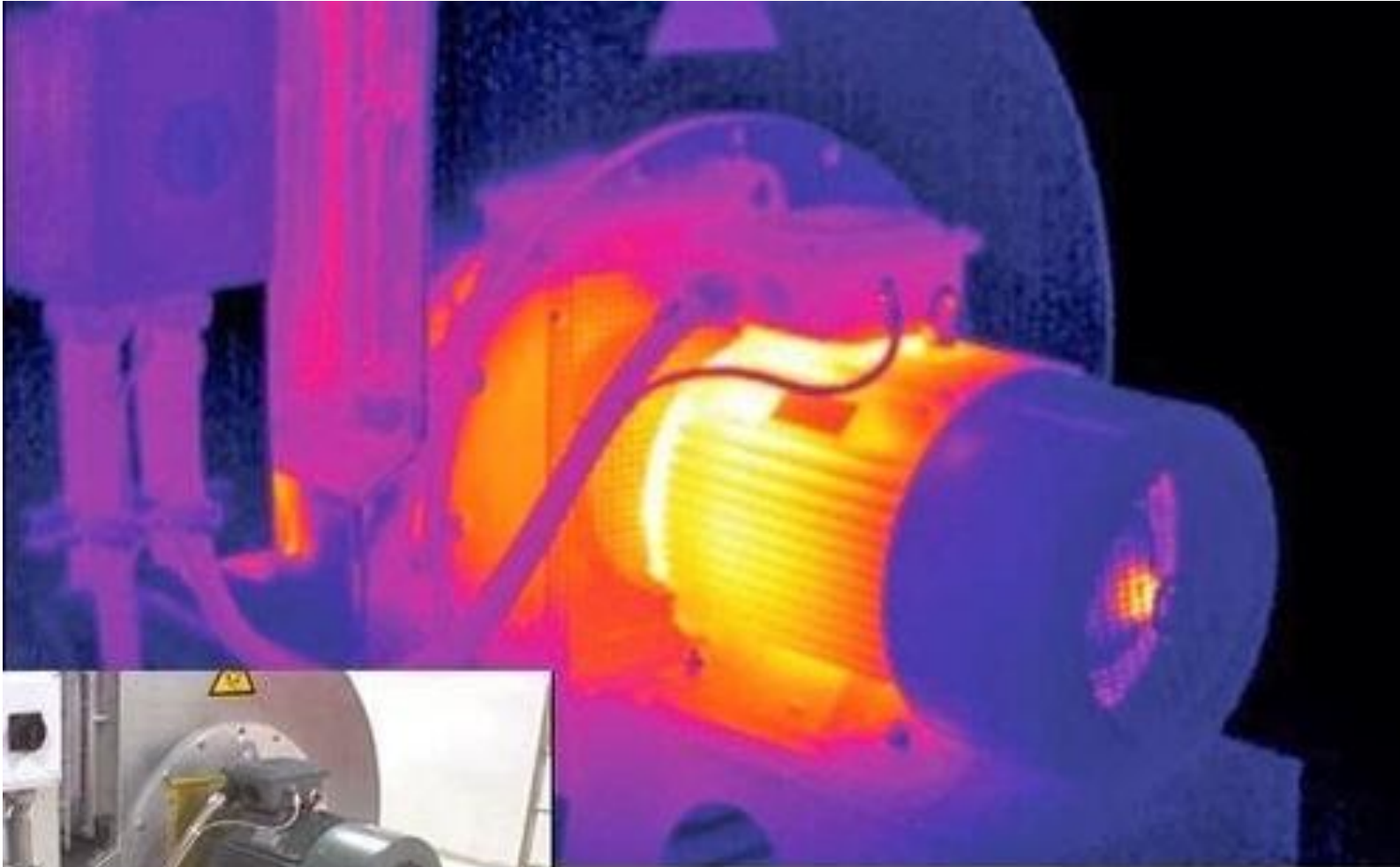




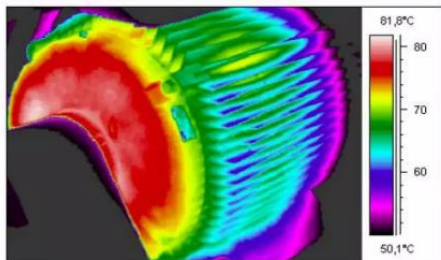
پایش وضعیت سیستم های الکترومکانیکی

- بازرسی موتورها، پمپ ها، توربین ها، مبدل های حرارتی، جعبه دنده ها
- کاهش جریان هوای گردشی
- مشکلات هم محوری و هم راستایی (الایمنت)
- مشکلات بلبرینگ، بیرینگ و یاتاقان ها
- مشکلات روانکاری
- مشکلات خوردگی چرخ دنده ها





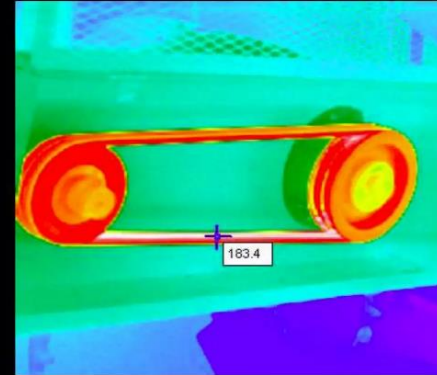
Electric motor bearing



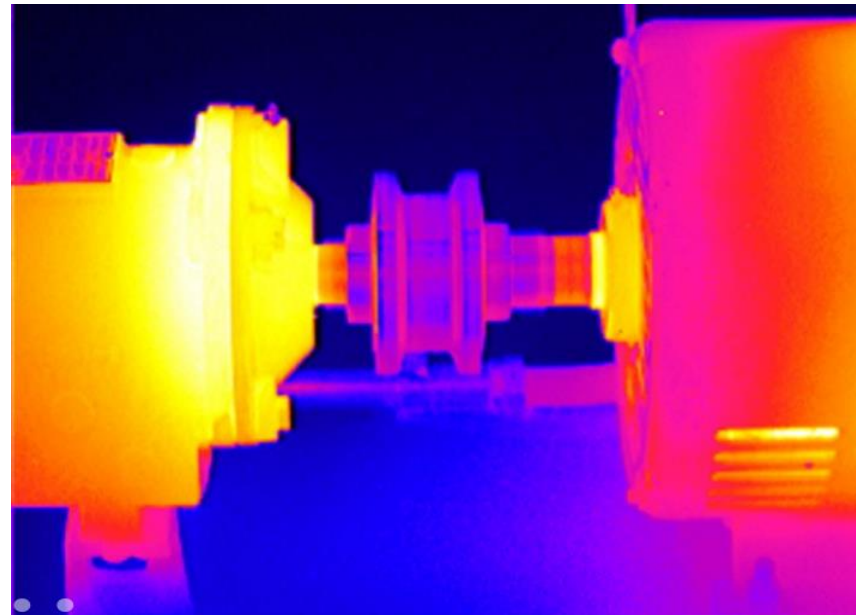
- Overheated motor bearing. Over 80 °C on bearing housing.



Belt drive



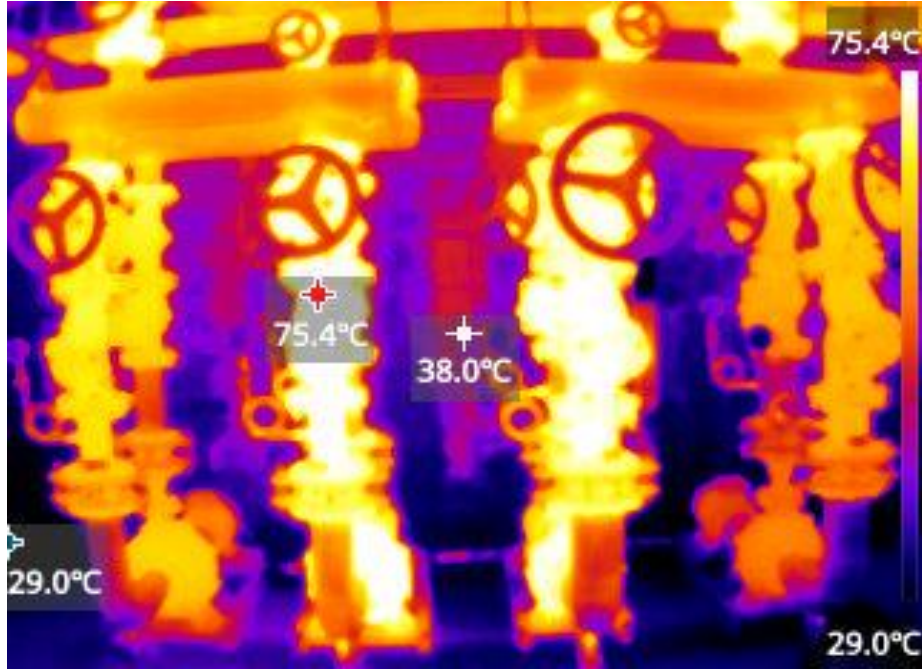
Loose or tight belt heats up abnormally



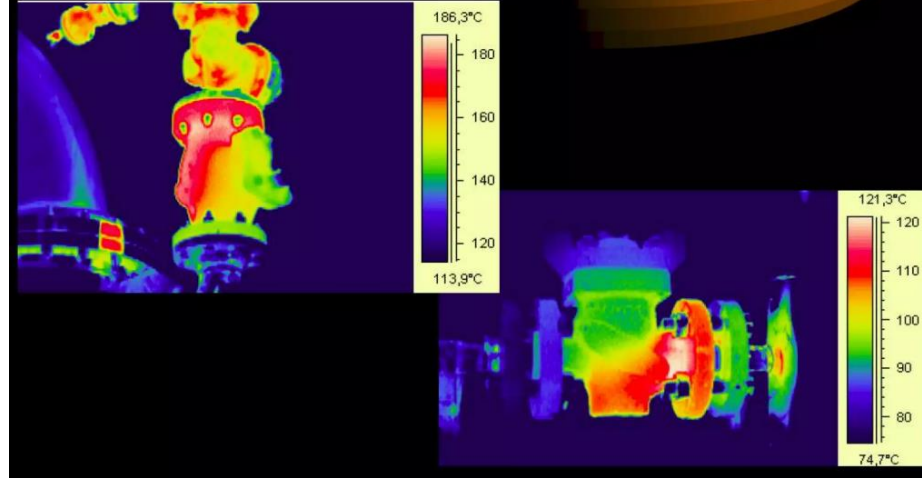
پایش وضعیت سیستم های فرآیندی

- ✧ سطوح جامدات، مایعات یا گازها در مخازن مانند مخازن ذخیره سازی و سیلوها
- ✧ کاربردهایی مانند فرآوری نفت و شیمیایی، تولید سیمان، پلاستیک یا فولاد
- ✧ بازرسی سازه های نسوز، مخازن، سیستم های بخار، کوره ها
- ✧ فرسودگی، خوردگی و ناشتی لوله ها
- ✧ شیرآلات و تله بخار معیوب
- ✧ عایق نسوز آسیب دیده
- ✧ جریان گرما غیرعادی

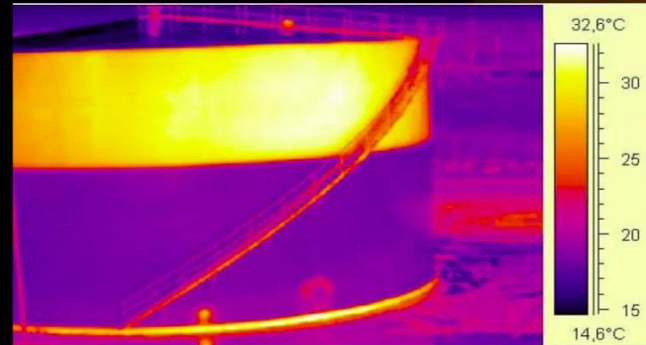




Valves



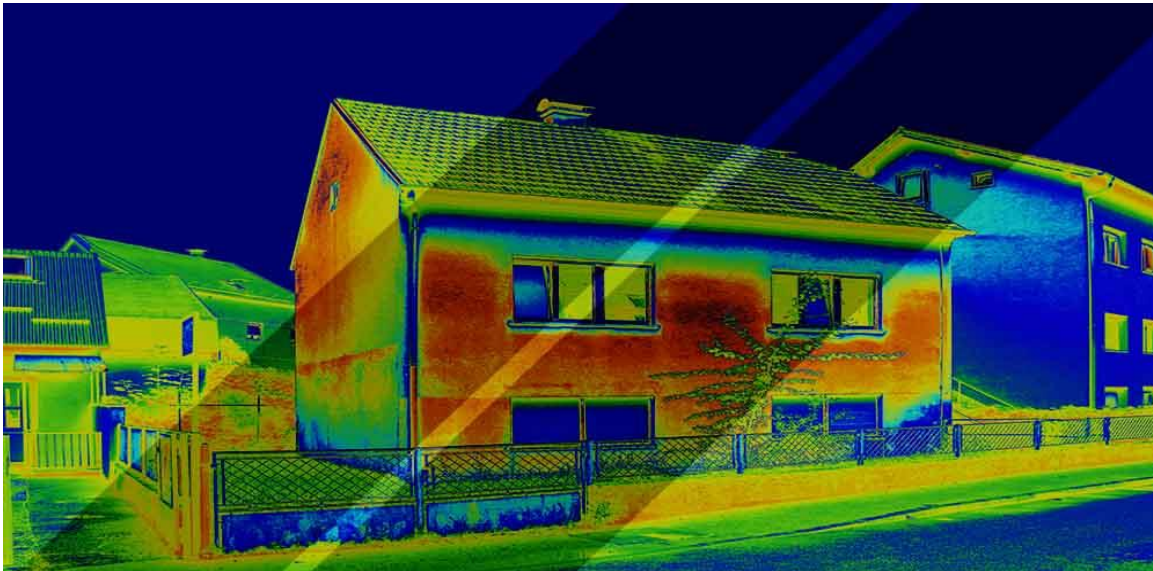
Tank levels



Indicating the fluid level in storage tank

پایش وضعیت ساختمان ها

- عدم نصب صحیح یا ازبین رفتن عایق حرارتی
- نفوذ رطوبت و آب در دیوارها، سقف ها و ...
- نشتی هوا در کانال های هوا سازها
- نشتی بخار در لوله ها



تحلیل نتایج ترموگرافی

با فرض دقت‌های لازم در انتخاب دوربین مناسب، لنز، دمای پس زمینه، زاویه دید، ضریب تابش و ... برای بدست آوردن نتایج درست و قابل ارجاع، جهت تحلیل نتایج و تصاویر ترموگرافی از دو روش زیر استفاده می‌نماییم:

۱- مقایسه دمای نسبی نقاط مشابه با یکدیگر یا با محیط اطراف

۲- بررسی دمای مطلق تجهیز و اختلاف آن با دمای مورد انتظار

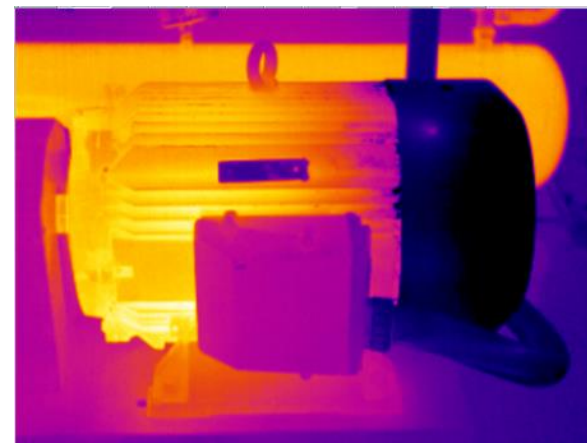
اختلاف دما با تجهیز مشابه در بار الکتریکی با شرایط کاملاً یکسان



40 - 41 C°



55 C°

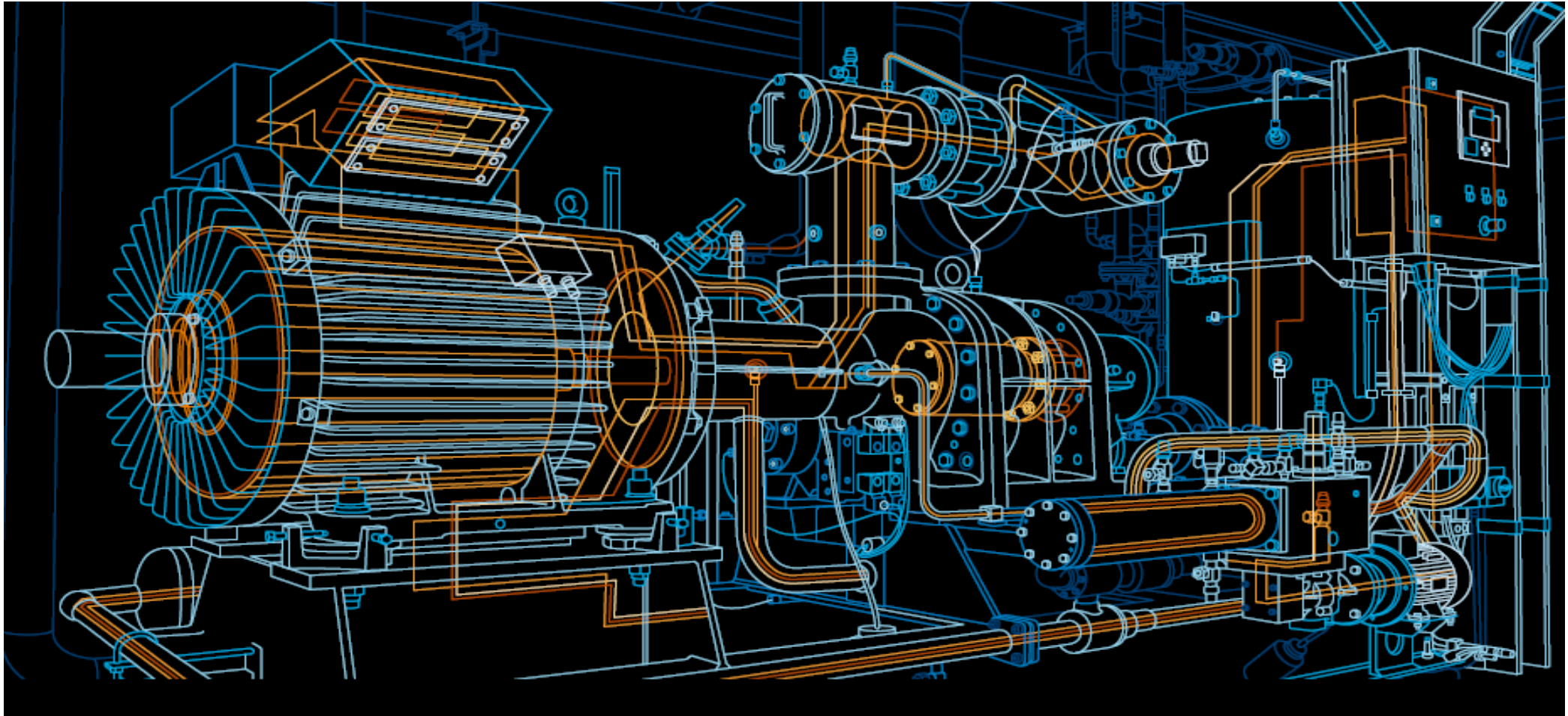


AC Motors, Field Windings

1.00 SF, class A	40/60/100
1.00 SF, class B	40/80/120
1.00 SF, class F	40/105/145
1.00 SF, class H	40/125/165
1.15 SF, class B	40/90/130
1.15 SF, class F	40/115/155

Note: Casing temperatures may be lower than these specified windings temperatures.

عیب یابی، تعمیر نگهداری و پایش وضعیت انرژی موتورهای الکتریکی با تست های غیر مخرب



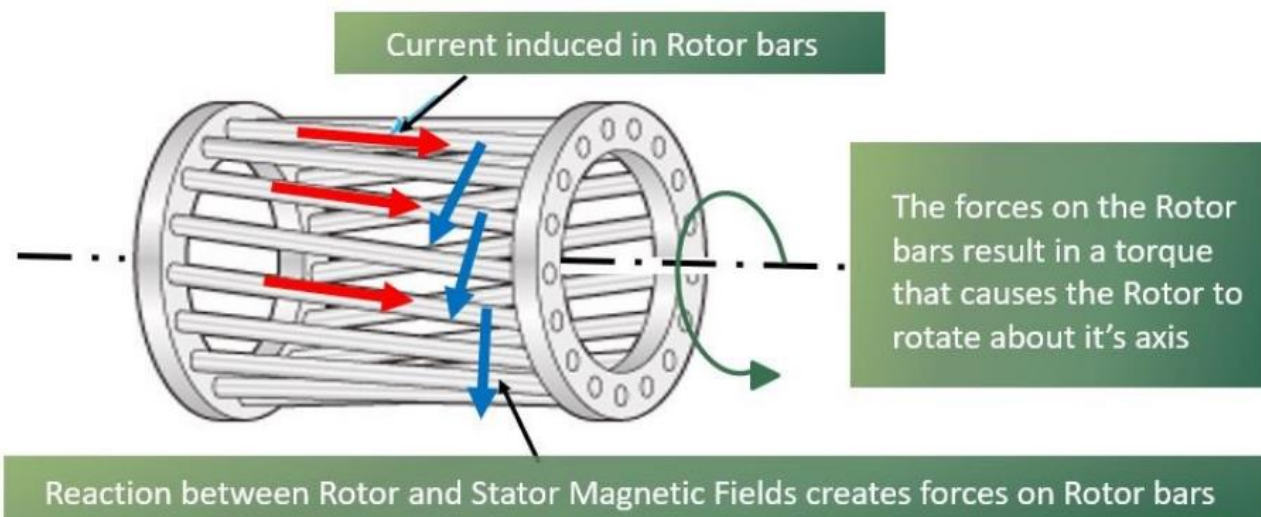
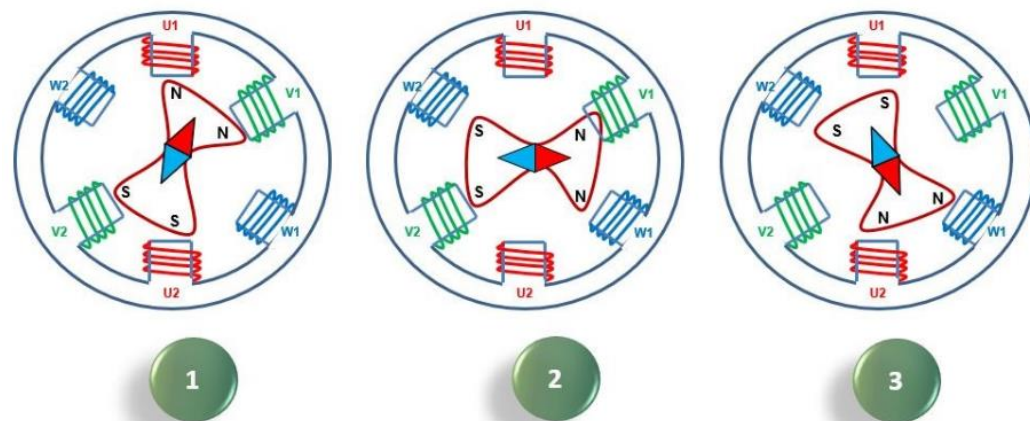
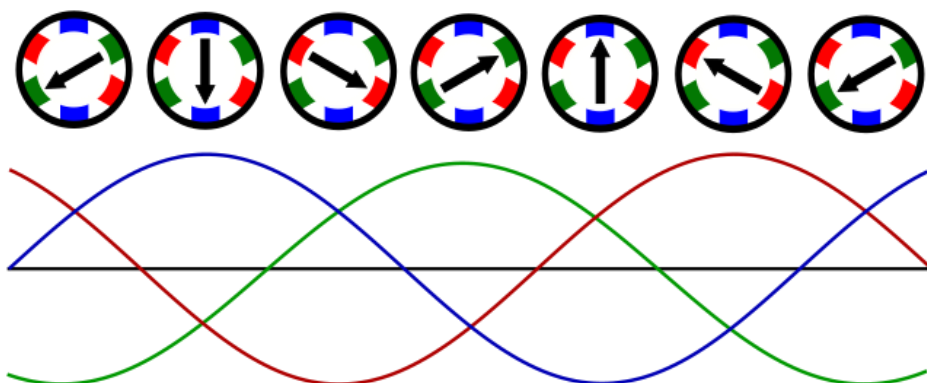
سرفصل دوره آموزشی

- ۱-مقدمات(اصول کار موتورهای الکتریکی،انواع عیب وشناخت آنها)
- ۲-تعادل مغناطیس ومکانیکی موتورهای الکتریکی
- ۳-انواع عیب در موتورهای الکتریکی
- ۴-انواع تست موتورهای الکتریکی
- ۵-خرابی قسمت مکانیکی موتورهای الکتریکی(انواع خرابی بلبرینگ ها،یاتاقان ها و...)
- ۶-تعریف هم محوری والایمنت سازی در موتورهای الکتریکی
- ۷-تست ارتعاش در موتورهای الکتریکی و روش عیب یابی
- ۸-روش های عیب یابی تست حرارتی و ترموگرافی در موتورهای الکتریکی(دوربین ترموویژن)
- ۹-شناخت ولتاژ شفت در موتورهای الکتریکی و روش های برطرف نمودن این عیب
- ۱۰-شناخت عوامل ایجاد خرابی وعیب در سیم پیچ موتورهای الکتریکی

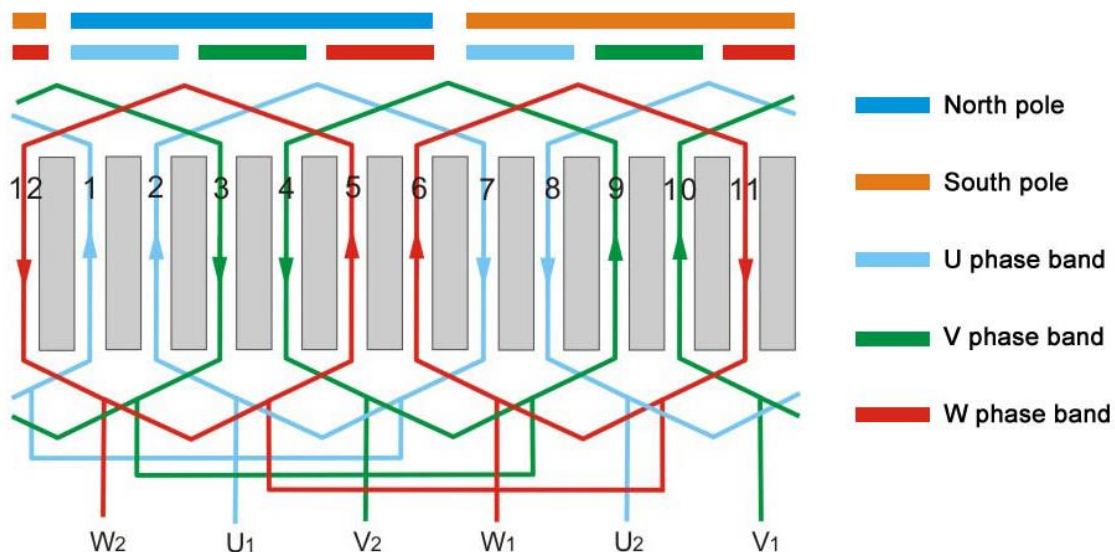
سرفصل دوره آموزشی

- ۱۱- تأثیرات هارمونیک بر اصول کار و ایجاد خرابی در موتورهای الکتریکی
- ۱۲- روش های تست سیم پیچ موتورهای الکتریکی
- ۱۳- تست مقاومت عایقی (میگر) در روی موتورهای الکتریکی
- ۱۴- شناخت عوامل محیطی در ایجاد خرابی در موتورهای الکتریکی
- ۱۵- شناخت خرابی ها مربوط به رتور موتورهای الکتریکی و تست آنها
- ۱۶- انواع روش های سیم پیچی موتورهای الکتریکی
- ۱۷- محاسبات مربوط به سیم پیچی موتورهای الکتریکی
- ۱۸- رسم دیاگرام سیم پیچی موتورهای الکتریکی
- ۱۹- بازپیچی سیم پیچی موتورهای الکتریکی
- ۲۰- آشنایی با سروموتورها

اصول کار یک موتور الکتریکی سه فازه



تعادل مغناطیسی در الکتروموتورها



▲ ایجاد قطب های مغناطیسی به صورت منظم

▲ تولید میدان مغناطیسی یکنواخت و توزیع شده
در استاتور جهت تولید گشتاور چرخشی

تعداد دور سیم پیچ

$$MMF = N \times I$$

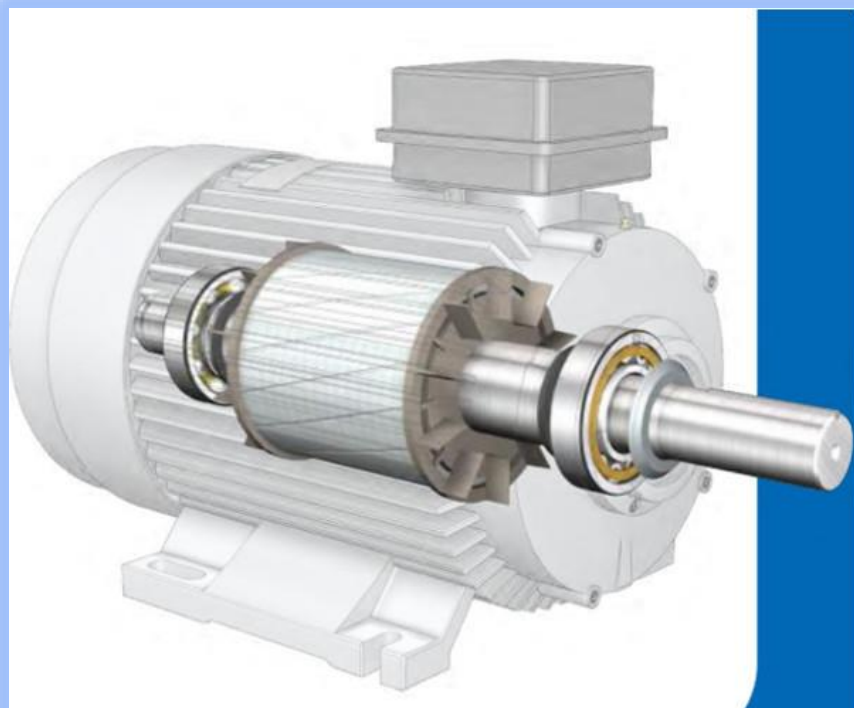
نیرو محرکه مغناطیسی

جریان عبوری از سیم پیچ

تعادل مکانیکی در الکتروموتورها

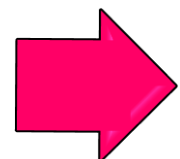
■ سیستم های دوار مکانیکی (رتور و تعادل وزنی)

■ یاتاقان ها، بلبرینگ ها و...





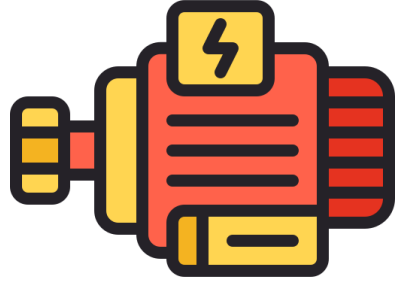
تبادل
مغناطیسی



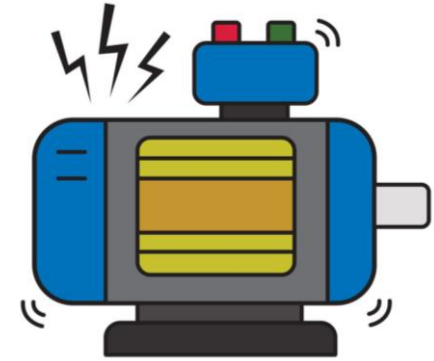
شرایط کاری
نرمال یک موتور
الکتریکی

تبادل
مکانیکی

انواع خرابی های الکتروموتورها



الکتریکی



مکانیکی



مسائل
حرارتی

استرس
محیطی

انواع تست موتورهای الکتریکی

۱- تست های دینامیکی یا آنلایین

این تست ها در زمانی که موتور در حال کار است (حداقل ۴۰٪ بار داری) انجام می شود.

(وضعیت توان، سطح ولتاژ، عدم تعادل ولتاژ و اعوجاج هارمونیک، سطوح و عدم تعادل جریان، سطوح بار،

گشتاور، ارتعاش، تست صدا، دمای کاری، تست PD (تخلیه جزئی)، تست گاز اوزن)

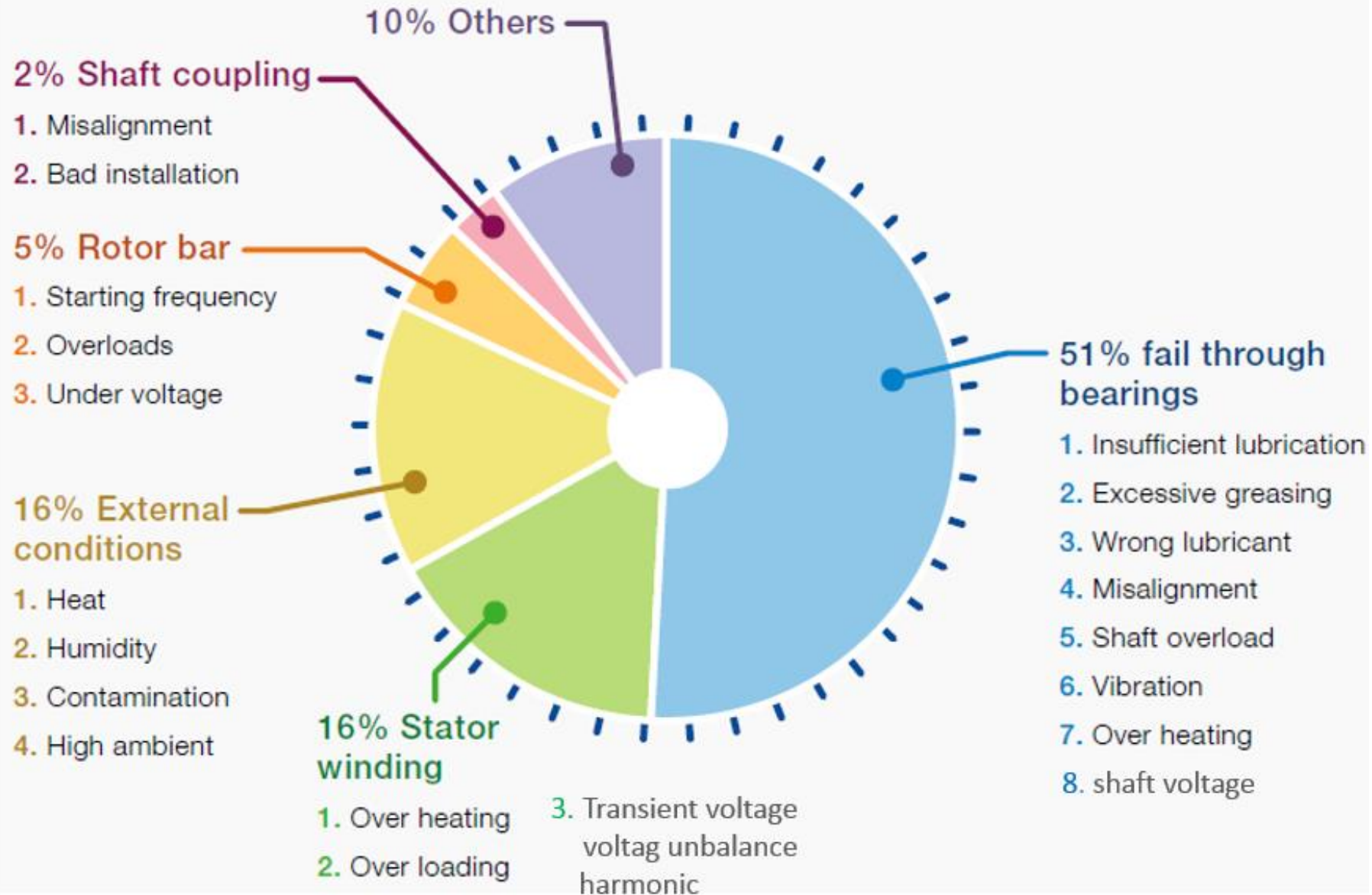
انواع تست موتورهای الکتریکی

۲- تست های استاتیکی یا آفلاین

این تست ها در زمانی که موتور خاموش است انجام می شود.

(اندازه گیری مقادیر RLC سیم پیچ ها ، اندازه گیری مقاومت عایقی (IR,PI,DAR,DD,SV) یا تست عایقی ،
تست تغییرات جریان نشتی با ولتاژ DC)

فهرست اطلاعاتی خرابی های موتورهای الکتریکی



دلایل خرابی بلبرینگ ها و رولبرینگ ها

غیر طبیعی

بررسی علت خرابی و رفع آن

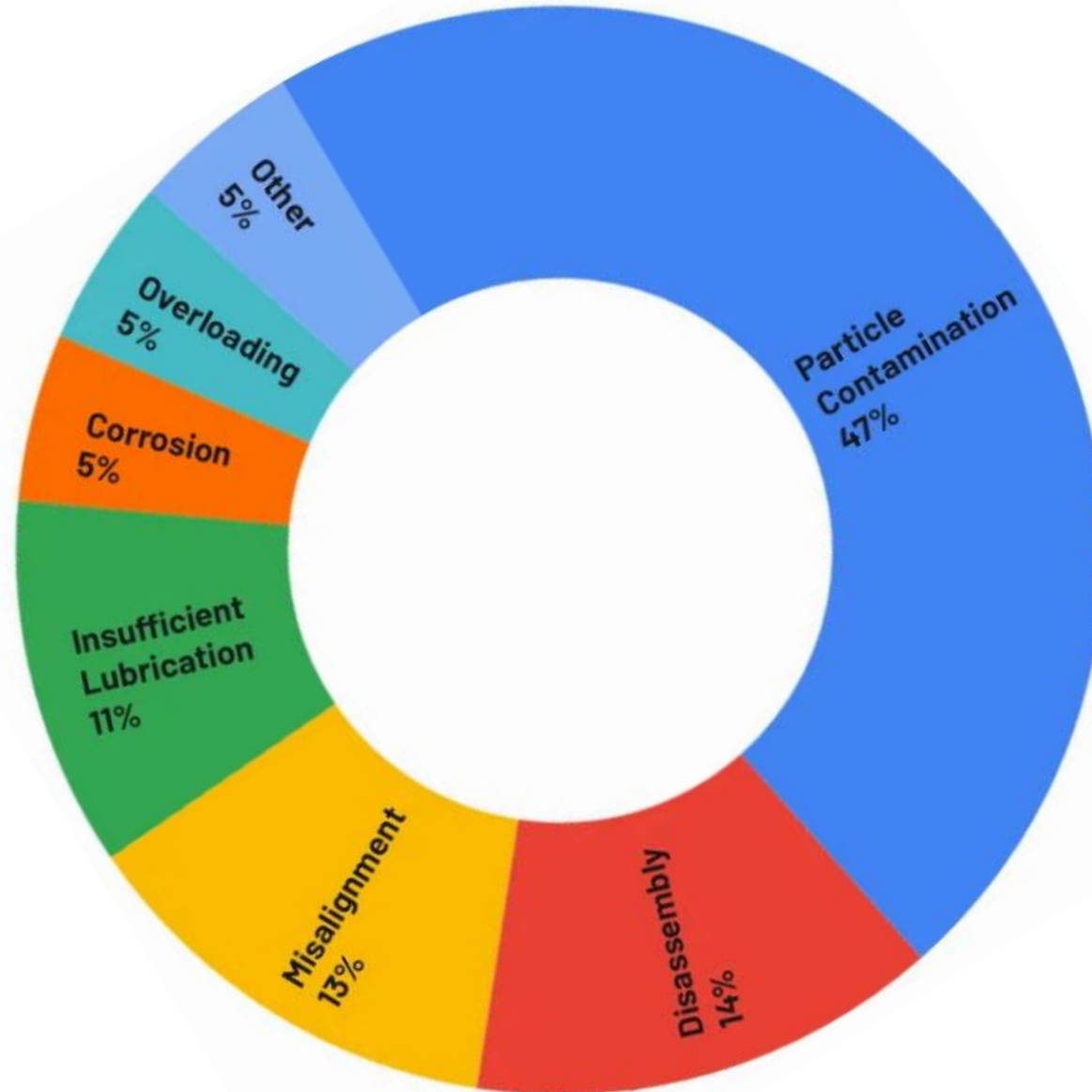
تعویض و جایگزینی

طبیعی (پایان عمر)

تعویض و جایگزینی



دلایل خرابی غیرطبیعی بلبرینگ ها



مشخصات گریس بلبرینگ موتورهای الکتریکی

- (۱) ویسکوزیته روغن پایه یا بطور خاص 90-120 CST در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد
- (۲) عدد NLGI2 برای موتورهای افقی و NLGI3 برای موتورهای عمودی
- (۳) مقاومت بالا در مقابل اکسیداسیون در دماهای بالا
- (۴) نقطه ریزش بالا (حداقل ۴۰۰ درجه فارنهایت)
- (۵) ویژگی گشتاور خوب در دماهای پایین
- (۶) عملکرد ضد سایش خوب

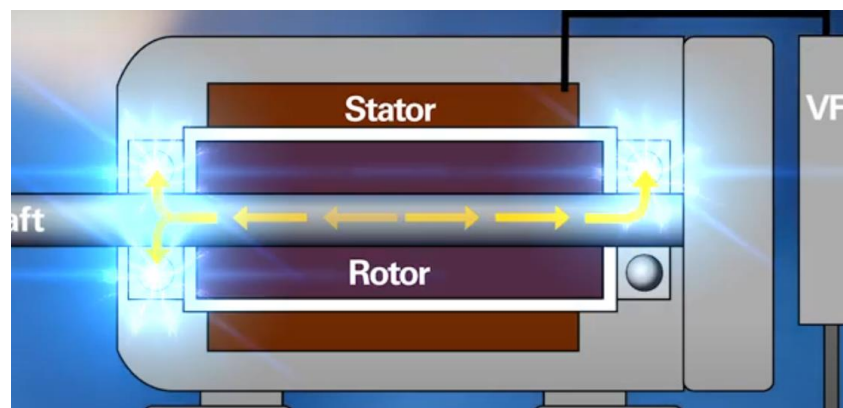
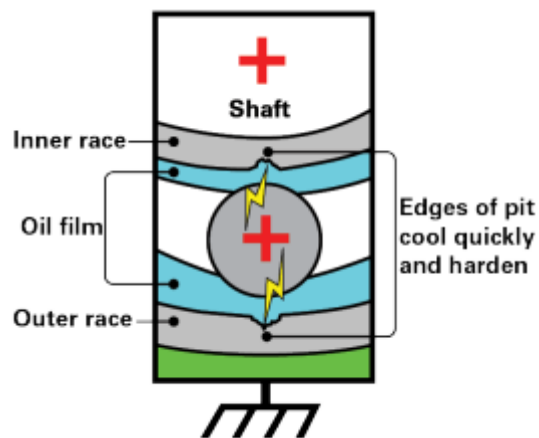
بهترین گریس برای بلبرینگ و... موتورهای الکتریکی

Polyurea, Polyrex EM



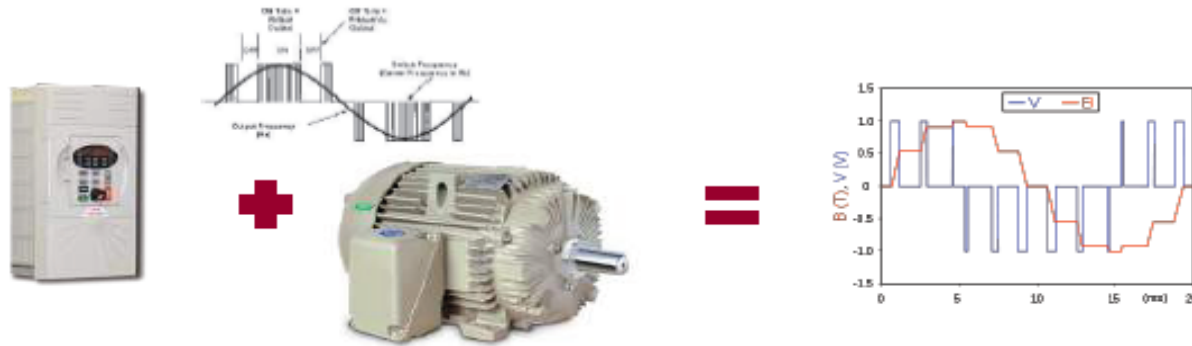
فرسایش وقوس الکتریکی (ولتاژ شفت و جریان بیرینگ)

این خرابی زمانی رخ می‌دهد که یک جریان الکتریکی از طریق یاتاقان و بلبرینگ عبور کرده و یا در اثر وجود بارهای الکتریکی و ظرفیت خازنی بین سیستم‌های داخلی بلبرینگ‌ها تخلیه الکتریکی صورت گیرد. این عیب در موتورهای الکتریکی که با درایو راه‌اندازی می‌شوند بوجود می‌آید. در این حالت در زمان تخلیه الکتریکی اکثراً رنگ گوی داخل بلبرینگ‌ها کدر می‌شود.



Electric Motors Operated by Variable Frequency Drives (VFD)

Unbalanced voltage condition



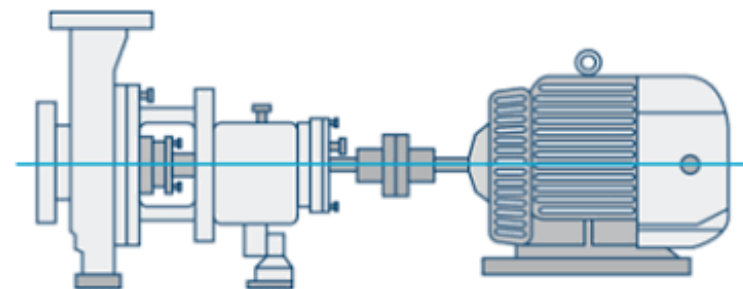
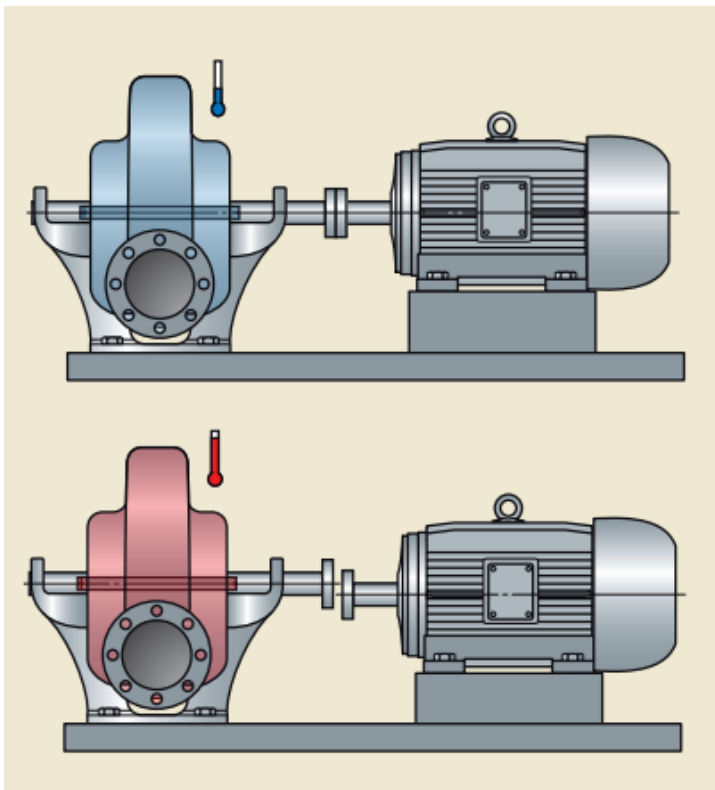
- When operated by VFD, the power to the motor is a series of positive and negative pulses instead of a smooth sine wave.
- The input voltage is never balanced because the voltage is either 0 volts, positive, or negative with rapid switching between pulses in all three phases.
- The common mode voltage is usually a "square wave" or "6 step" voltage wave form.



Bearing protection needed to mitigate electrical discharge machining (EDM) damage in bearings.

هم محوری یا هم راستایی

هم محوری به معنای هم راستا قرار گرفتن محور تقارن یک ماشین چرخشی (الکتروموتور) با ماشین دیگری که با آن کوپل شده است می باشد.



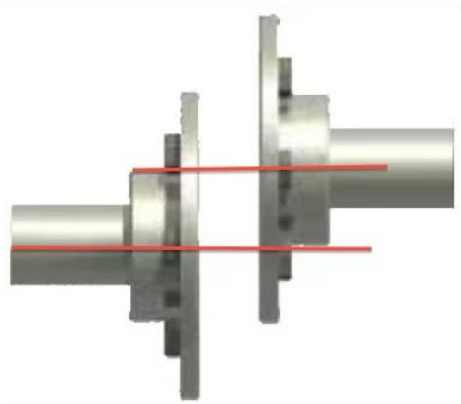
انواع ناهم راستایی ها (Misalignment):

	Parallel misalignment of axes - Offset (displacement)
	Angular misalignment of axes - Gap
	Parallel and angular misalignment of axes - (Offset + Gap)

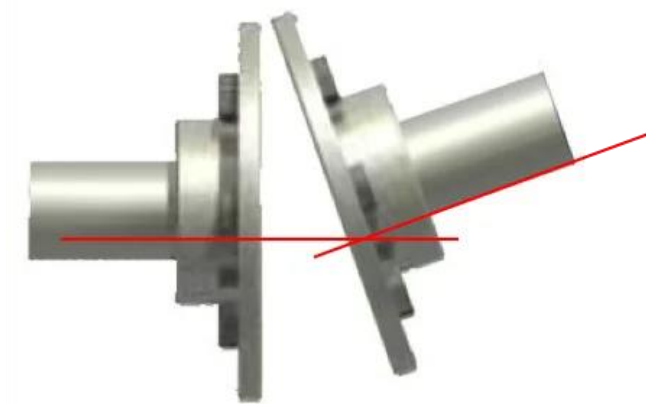
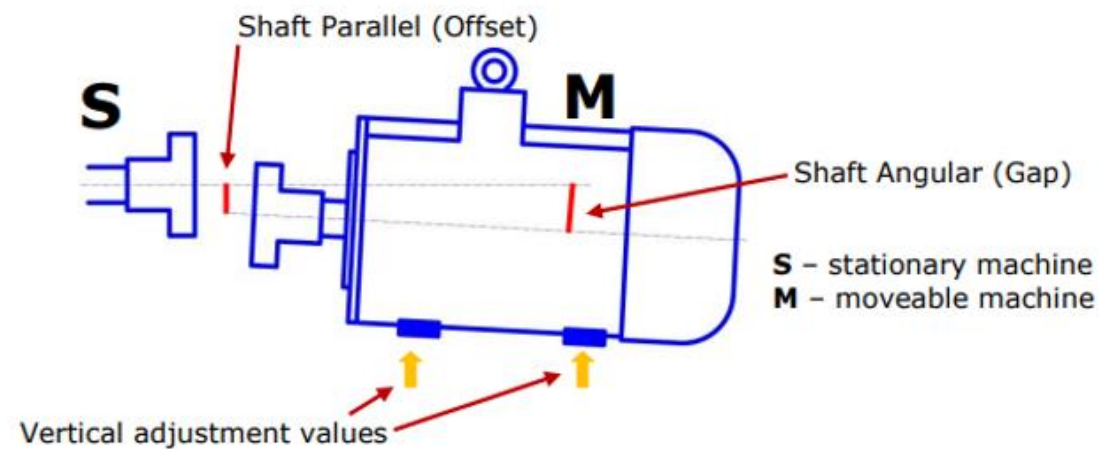
۱- ناهم راستایی موازی

۲- ناهم راستایی زاویه ای

(ترکیب هر دو مورد فوق)

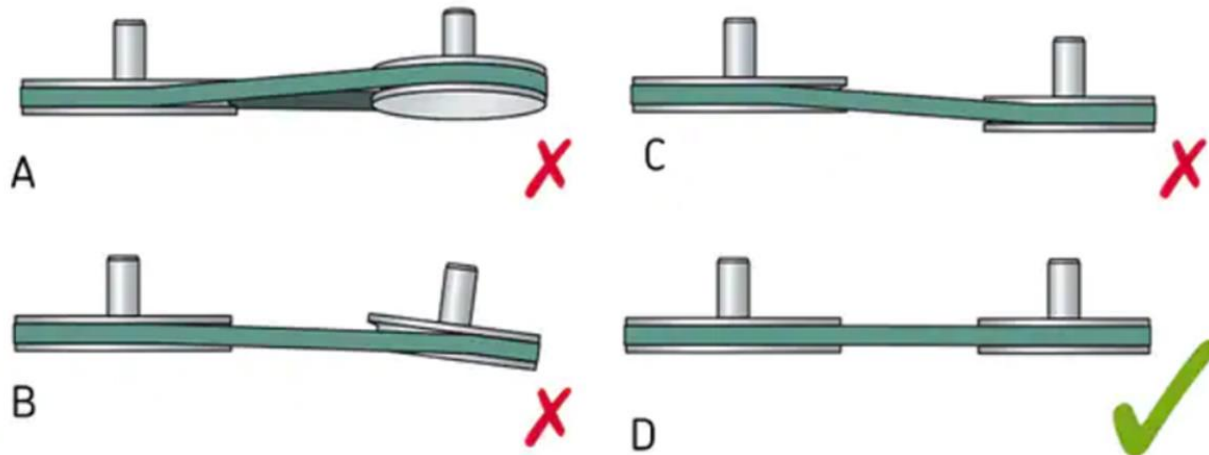


Parallel misalignment of axes



Angular misalignment of axes

هم راستا سازی تسمه (Belt Alignment)

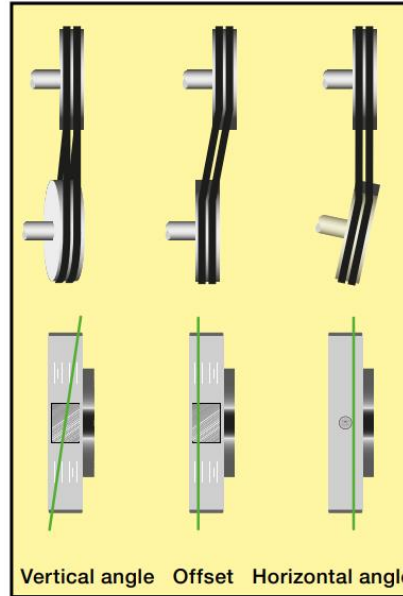


- A. Vertical angle misalignment
- B. Horizontal angle misalignment
- C. Parallel misalignment
- D. Correct alignment

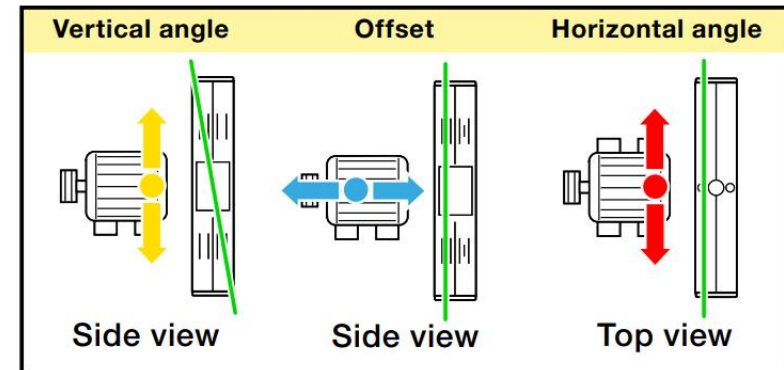
Step 1



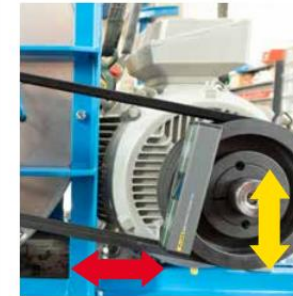
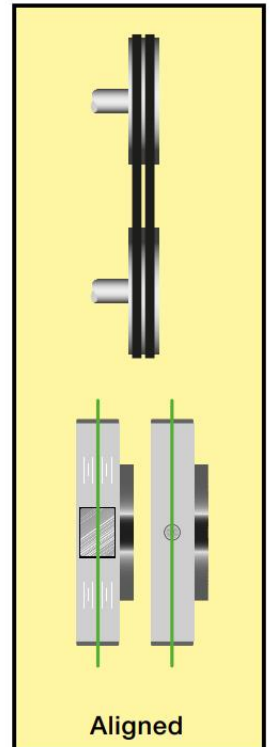
Step 2



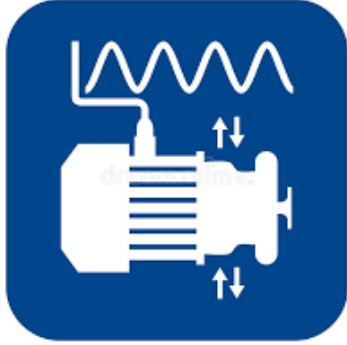
Step 3



Step 4



تست ارتعاش



پارامترهای مورد سنجش در تست ارتعاش

۱- سرعت (Velocity)

۲- شتاب (Acceleration)

۳- میزان جابجایی (Displacement)

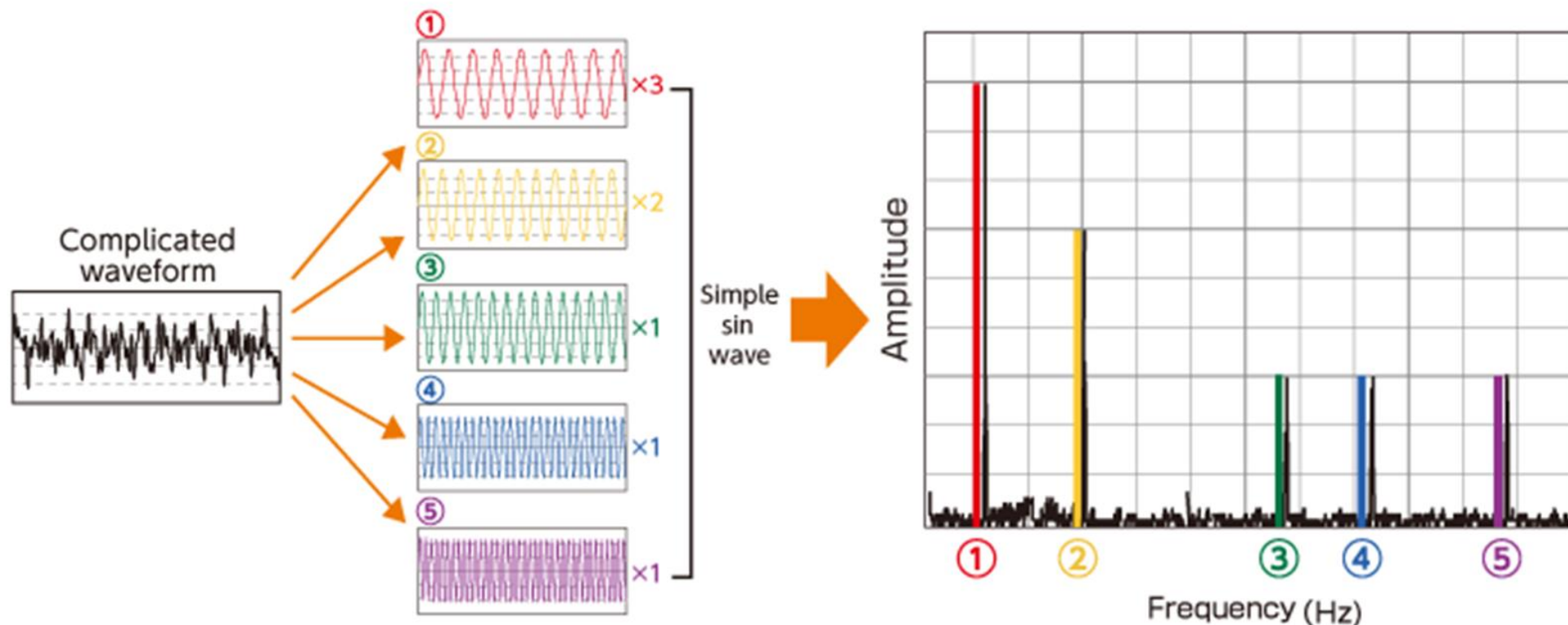


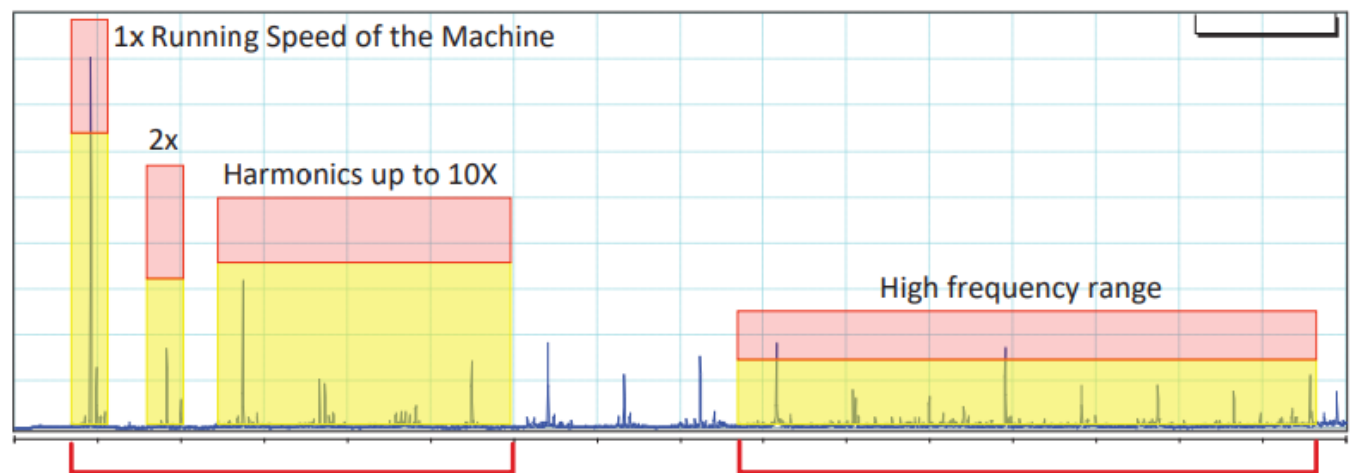
خطاهای شناسایی شده از طریق تکنیک های تحلیل ارتعاش

تکنیک آنالیز ارتعاش قادر است تقریباً تمام عیوب یک ماشین را شناسایی کند. موارد زیر رایج ترین خطاهایی هستند که تحلیل ارتعاش شناسایی می کند :

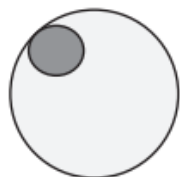
- عدم تعادل
- عدم هم محوری و هم راستایی
- خرابی بلبرینگ
- رزونانس و فرکانس های طبیعی
- شلی مکانیکی
- خطاهای الکتریکی در موتورها
- خرابی گیربکس

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

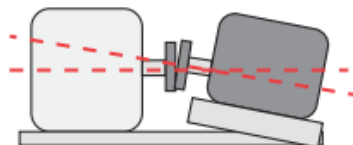




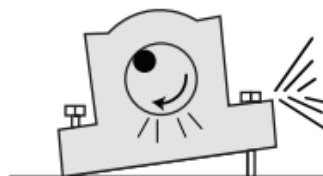
Imbalance



Misalignment



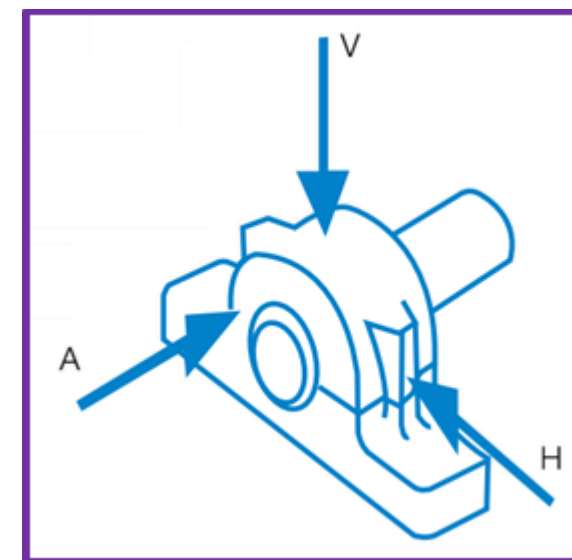
Looseness



Bearing Fault



- **Vertical**
- **Horizontal**
- **Axial**





Velocity Test

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: $300\text{Kw} < P$

				45
				28
		unacceptable		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		Class I Small Machines	Class II Medium Machines	Class III Large Rigid Foundation	Class IV Large Soft Foundation
	in/s	mm/s				
Vibration Velocity Vrms	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				

Acceleration

Enveloping Severity	Speed		
gE peak to peak	Speed <500rpm	Speed between 500 & 1800rpm	Speed is either 1800 or 3600rpm
0.1	Good	Good	Good
0.5	Satisfactory		
0.75		Satisfactory	
1	Unsatisfactory		Satisfactory
2	Unacceptable (danger)	Unsatisfactory	
4		Unacceptable (danger)	
10			Unacceptable (danger)



USER'S GUIDE

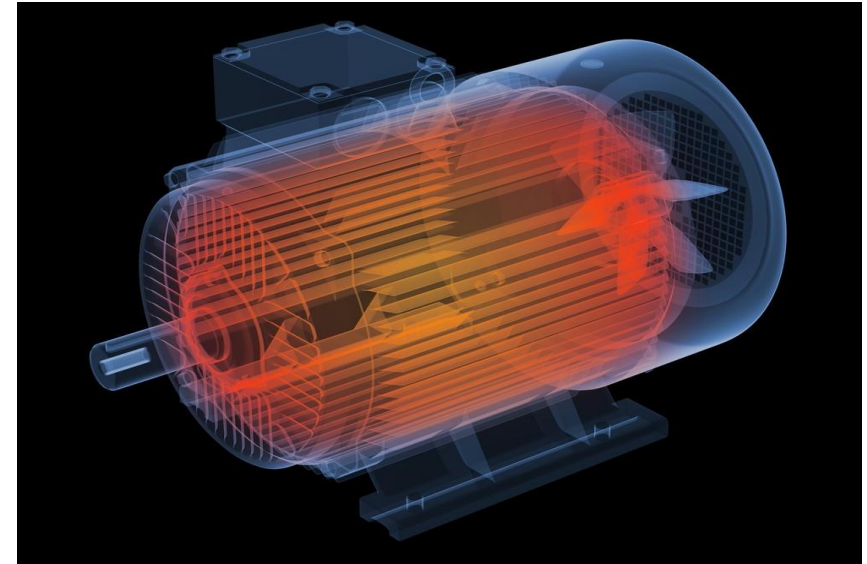
ADASH 4900 VIBRIO M

VIBRATION METER, ANALYZER
AND DATA-COLLECTOR



گرمای بیش از حد موتور (Over-heating)

گرمای بیش از حد موتور باعث آسیب دیدگی عایق سیم پیچ ها و تغییر فرم بلبرینگ ها و ... می شود.



عوامل گرمای بیش از حد موتورهای الکتریکی

- ◇ انتخاب نادرست موتور با توجه به توان خروجی مکانیکی (موتور برای بار مورد نظر کوچک است)
- ◇ شکاف های نفوذ هوا و تهویه مسدود شده است. (مشکل تهویه هوا و وانتیلاسیون)
- ◇ موتور برای کار موقت طراحی شده ولی دائم کار در مدار راهاندازی شده است
- ◇ موتور در ارتفاع مناسب از سطح دریا نصب نشده است. (فشار هوا)
- ◇ دمای محیط بالا با توجه به انتخاب الکتروموتور
- ◇ تغییرات ولتاژ منبع تغذیه

دلایل افزایش دما در سیستم‌های الکترومکانیکی و الکتروموتورها

مشکلات الکتریکی

مشکلات مکانیکی

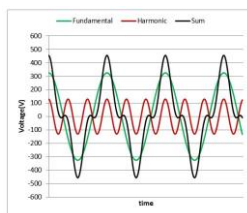
افزایش جریان
الکتریکی

وجود هارمونیک

اتصالات سست
و ناقص

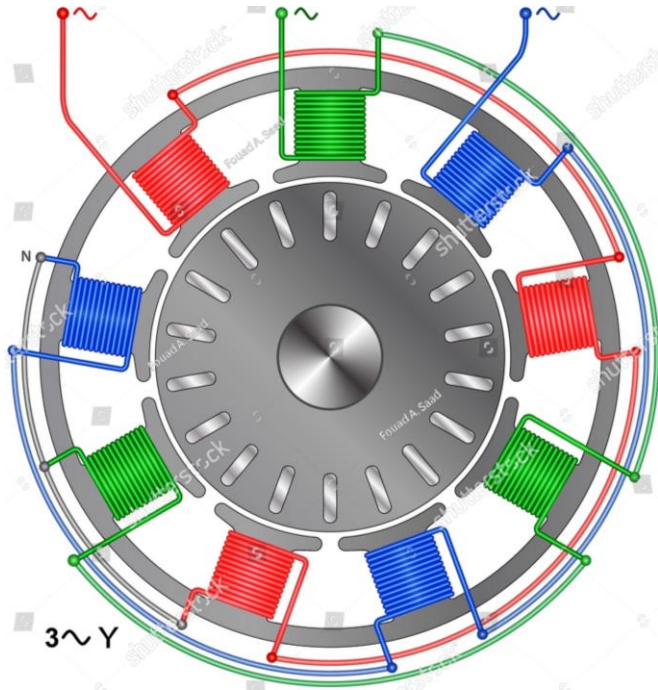
اصطحکاک بیش از حد

پایش وضعیت و اندازه‌گیری هارمونیک‌ها



اندازه‌گیری جریان سیستم

عوامل ایجاد کننده عیب در سیم پیچ استاتور



✦ اضافه ولتاژهای گذرا و عدم تعادل ولتاژها

✦ وجود هارمونیک جریان و ولتاژ

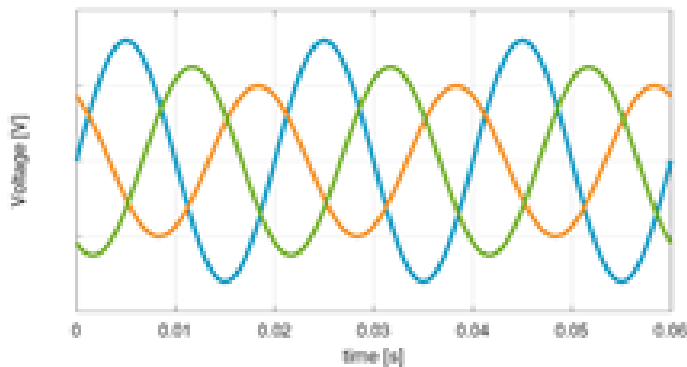
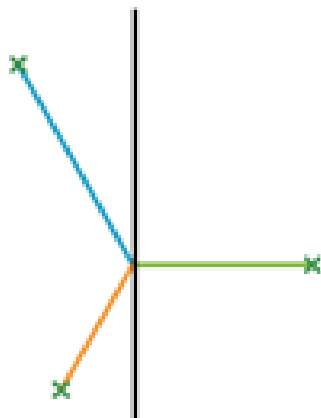
✦ اضافه بار الکتریکی و حرارتی

✦ آلودگی محیطی و رطوبت

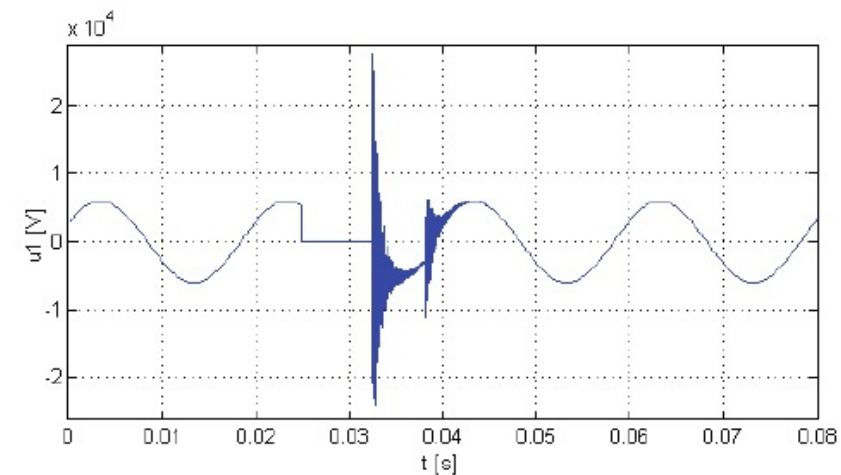
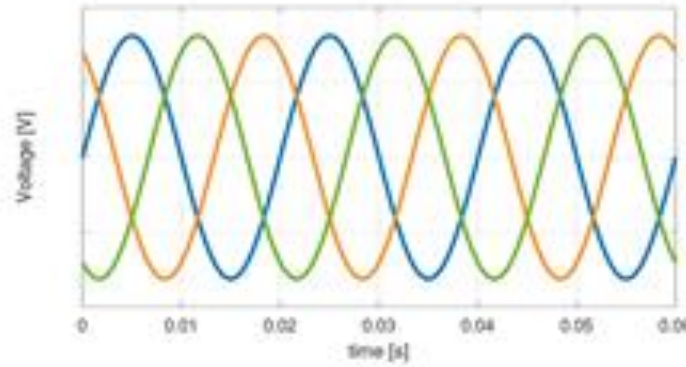
✦ پیری و ضعف عایق

ولتاژهای گذرا – ولتاژهای غیر بالانس و متقارن

Unbalanced

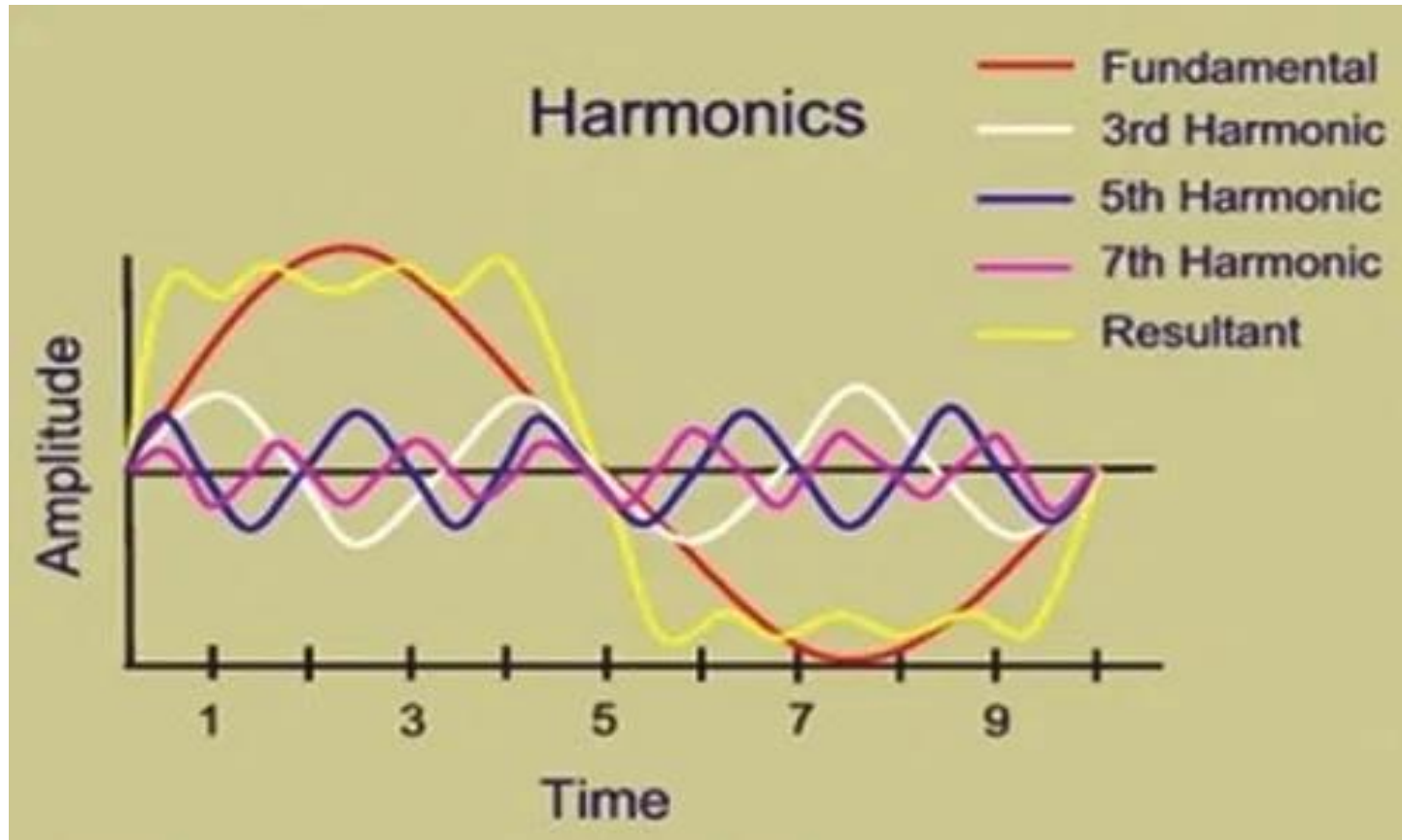


Balanced



هارمونیک

در یک سیستم قدرت الکتریکی، هارمونیک شکل موج ولتاژ یا جریان، یک موج سینوسی است که فرکانس آن مضربی صحیح از فرکانس اصلی است.



$$f_{rms} = \sqrt{f_{1rms}^2 + f_{2rms}^2 + f_{3rms}^2 + \dots}$$

$$f_{rms} = i_{rms} \quad f_{rms} = V_{rms}$$

بازپس از حضور و توجه شما