

فصل پنجم:

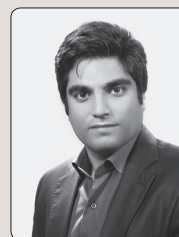
تعیین حد آلارم (Alarm) و تریپ (Trip) ارتعاشات ماشین



ارتعاشات



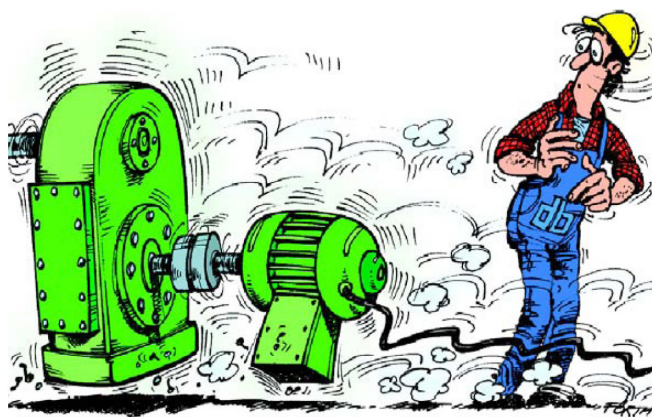
سعید کردی زاده
شرکت بهره‌برداری و تعمیراتی مپنا
Site@kordizade.com



ما را با نام نشریه نگهداری و تعمیرات (NetsaNews.ir) در اینستاگرام دنبال نمایید.
تصاویر، ویدیو و ایده‌های خلاقانه خود را جهت به اشتراک گذاشتن در
اینستاگرام به آدرس ایمیل NetsaNews@gmail.com ارسال نمایید.

حد آلام (Alarm) و تریپ (Trip)

تا به حال پیش آمده است با ماشینی برخورد کنید که ارتعاش داشته باشد ولی ندانید این ارتعاش در محدوده مجاز است یا خیر؟ به شما تضمین می‌دهم که پس از خواندن این مقاله بتوانید در این مورد به راحتی اظهار نظر کنید.



شکل ۱- تعیین حد مجاز ارتعاشات ماشین

معیارهای ارزیابی شدت ارتعاشات ماشین

یکی از سوال‌های رایجی که در مشاوره‌های آنالیز ارتعاشات از من پرسیده می‌شود این است: معیار ارزیابی شدت ارتعاشات ماشین چه چیزی بوده و حد آلام (Alarm) و تریپ (Trip) ارتعاشات ماشین بر چه اساسی تعیین می‌شود؟ پاسخ من به سوالاتی از این دست چنین است:

در ابتدا باید ببینیم سازنده ماشین در این مورد چه اظهارنظری داشته است؛ به عنوان مثال شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا، حد آلام (Alarm) و بیره نسبی (Relative) توربین گازی V94.2 را $80\mu\text{m}$ (peak to peak) معرفی کرده است؛ اما همه ماشین‌ها مثل توربین این قدر حساس نیستند و ممکن است سازنده ماشین در مورد مقدار مجاز و بیره آن اظهارنظری نکرده باشد. از طرفی توصیه بعضی سازندگان ممکن است بسیار محافظه کارانه باشد.

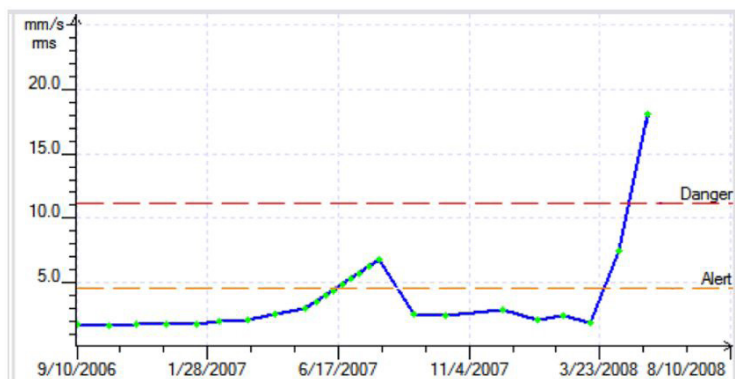
در این موارد، سراغ استانداردها بروید؛ مثلاً استاندارد API 673 حد آلام ارتعاشات مطلق (Absolute) فن‌ها را برابر 0/1 ips Peak پیشنهاد می‌کند.

سومین حالت زمانی است که استاندارد هم در مورد ماشین اظهارنظری نکرده باشد؛ در این حالت ارتعاشات ماشین را با دیگر ماشین‌های مشابه کارخانه مقایسه کنید. مثلاً زمانی که پنج سنگ‌شکن در یک معدن مشغول به کار هستند، می‌توان با مقایسه شدت ارتعاش سنگ‌شکن‌ها نسبت به یکدیگر، در خصوص وضعیت سلامت آن‌ها اظهار نظر کرد. طبیعتاً سنگ‌شکن معیوب نسبت به سایرین ارتعاش بالاتری دارد.

چهارمین معیاری که برای ارزیابی شدت ارتعاشات ماشین به کار برده می‌شود، مقایسه شرایط ارتعاش ماشین با گذشته خودش است؛ ارتعاشات ثبت شده ماشین در روز اول راه‌اندازی (Machine Base Line Measurement)، امضای ارتعاشاتی ماشین است. هر زمانی که دوباره داده‌برداری از ماشین را انجام دادید، داده‌هایتان را با داده‌های روز اول مقایسه کنید. این روش در ماشین‌هایی که مجهز به سنسورهای پایش آنلاین و بیره هستند، به راحتی و به طور اتوماتیک انجام می‌شود. معمولاً دوبرابر شدن دامنه ارتعاشات حتی اگر به محدوده آلام نرسد، حاکی از آن است در ماشین اتفاقی افتاده است.

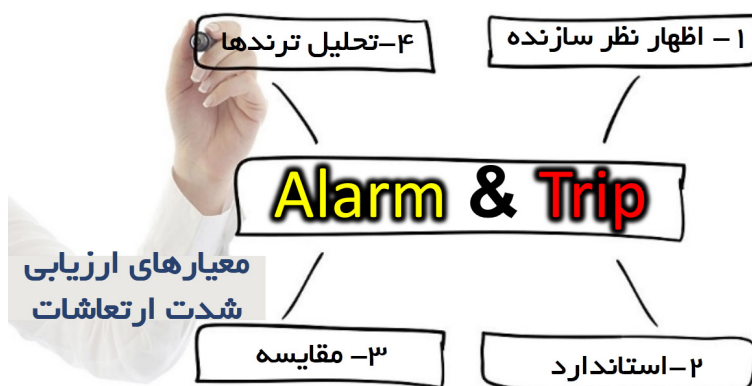
ارتعاشات ثبت شده ماشین در روز اول راه اندازی، امضای ارتعاشاتی ماشین است.

چیزی که ثبت نشود قابل ارزیابی نیست؛ بنابراین اگر سیستم داده برداری از ماشین آنلاین نیست، و پیشنهاد می‌کنم که ضمن ثبت داده‌های اندازه‌گیری شده و تحلیل روند تغییرات (Trend Analysis)، در صورت مشاهده ترند افزایشی، دوره‌های اندازه‌گیری ویبره ماشین را کوچک نمایید.



نمودار ۱- ترند ویبره توربین گازی GE Frame 9

از آنجایی که هرکدام از چهار حالت ذکر شده به جز حالت دوم، بسته به نوع و کارخانه سازنده ماشین، محدوده متفاوتی را در مورد ویبره اعلام می‌کند، تصمیم گرفتیم که در مورد ارزیابی شدت ارتعاشات ماشین به کمک استاندارد، بیشتر صحبت کنیم.



شکل ۲- معیارهای ارزیابی شدت ارتعاشات ماشین

دیدگاه اول استاندارد ISO در مورد ارزیابی ارتعاشات ماشین

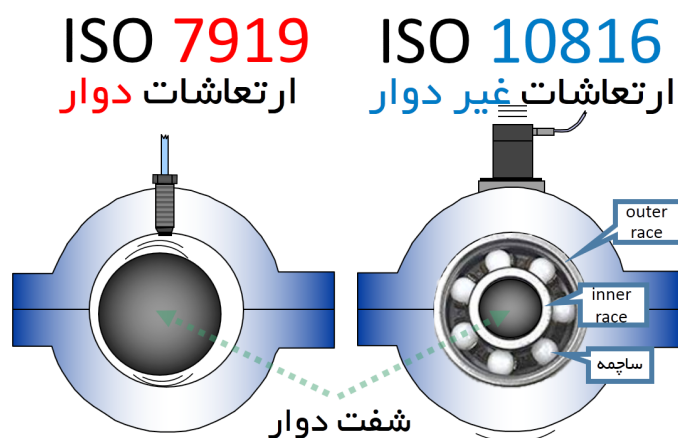
دیدگاه اول اندازه ارتعاشات ماشین (Vibration Magnitude) را ملاک ارزیابی سلامت آن می‌داند؛ این دیدگاه خود دو دسته‌بندی مجزا دارد:



شکل ۳- دیدگاه‌های استاندارد ISO در ارزیابی ارتعاشات

دسته اول ISO10816 است و ارتعاشات قسمت‌های غیردوار (Non-Rotating Part) ماشین را بررسی می‌کند. این روش اندازه‌گیری در مواقعی کاربرد دارد که بتوانیم از ارتعاشات قسمت‌های ساکن و غیردوار، به ارتعاشات قسمت‌های متحرک و دوار برسیم. همان‌طور که در شکل 4 مشاهده می‌کنید در یک یاتاقان غلتشی مثلاً بیرینگ 6308، شفت به حلقه داخلی بیرینگ (Inner Race) متصل است. حلقه داخلی از طریق ساچمه به حلقه خارجی (Outer Race) مرتبط بوده و حلقه خارجی به‌صورت پرسی در غلاف نگه‌دارنده بیرینگ (Bearing Housing) محکم شده است. کلیه بخش‌های عنوان‌شده بدون هیچ جای خالی با همدیگر تماس دارند؛ بنابراین اندازه‌گیری ارتعاشات قسمت غیردوار مثل غلاف نگه‌دارنده بیرینگ، به منزله این است که ارتعاشات شفت را اندازه‌گیری کرده باشید. اما در یاتاقان‌های لغزشی یا ژورنال (Journal Bearing) این روش کاربردی ندارد؛ زیرا فیلم روغن بین شفت و غلاف نگه‌دارنده بیرینگ قرار گرفته و ارتعاشات شفت به غلاف منتقل نمی‌شود.

در این شرایط از استاندارد ISO7919 که ویبره قسمت‌های دوار (Rotating Part) ماشین را بررسی می‌کند، استفاده می‌شود.



شکل ۴- ISO 7919 و ISO 10816

به عنوان یک قاعده کلی در ماشین‌ها، بسته به اینکه سختی دینامیکی پداستال (Dynamic Stiffness Pedestal) یا همان غلاف نگه‌دارنده بیرینگ به سختی دینامیکی یاتاقان (Dynamic Stiffness Bearing) چه عددی باشد، یکی از این دو استاندارد را انتخاب می‌کنیم؛ در صورتی که این عدد کوچک‌تر از یک باشد، ISO10816 را انتخاب کرده و اگر این عدد از یک بزرگ‌تر باشد، ملاک ارزیابی، استاندارد ISO7919 خواهد بود.

در جدول ۱ کارایی هر دو استاندارد ISO10816 و ISO7919 با توجه به نوع ماشین آورده شده است؛ به عنوان مثال در یک کمپرسور فشار بالای سانتریفیوژ که نسبت سختی دینامیکی پداستال به سختی دینامیکی یاتاقان (a) برابر پنج می باشد، اندازه گیری ویبره مطلق ماشین از طریق نصب سنسور شتاب سنج پیزوالکتریک روی پداستال بیرینگ، نامناسب بوده (Not Good) و بهتر است (Good) ارتعاشات شفت مستقیماً به کمک سنسورهای ویبره جابه جایی مثل ادی کارنت پراکسیمیتی پراب، اندازه گیری شود.

Machine	$\alpha = \frac{\text{Dynamic Stiffness of Pedestal}}{\text{Dynamic Stiffness of Bearing}}$	ISO 10816 (Pedestal)	ISO 7919 (Shaft)
High Pressure Turbine	3	moderate	good
Low Pressure Turbine	1,5	moderate	good
Large Generator	1,5	moderate	good
High pressure centrifugal compressor	5	not good	good
Large Fan	0,67	good	moderate
Small Fan and Pump	0,33	good	moderate
Vertical Pump	0,10	good	not good
Large Steam Turbine Generator	1,5 to 3	moderate	good

جدول ۱- ارتباط a، ISO7919 و ISO10816

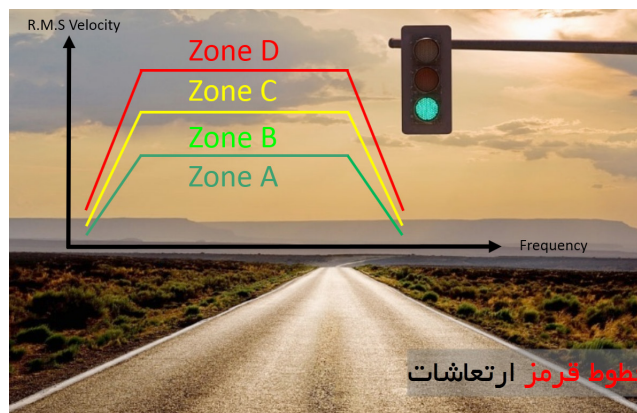
در جدول ۲ بخش های مختلف استاندارد ISO10816 و ISO7919 با جزئیات بیشتری آورده شده است. در این تقسیم بندی نکات جالبی وجود دارد؛ به عنوان مثال استاندارد ISO10816-3 راجع به الکتروموتورهای کوچک تر از 15kw اظهار نظری نکرده است؛ زیرا ماشین های که توان مصرفی آنها کمتر از 15kw باشد کوچک بوده، سبک وزن هستند و معمولاً روی فونداسیون مناسبی نصب نمی شوند؛ بنابراین نامناسب بودن محل نصب الکتروموتور باعث ایجاد ارتعاشات زیاد و کاذب می شود؛ بدین ترتیب سیگنال ارتعاشی که از این الکتروموتور برداشت می شود، قابل اعتماد نبوده، به همین علت استاندارد ISO10816-3 در این مورد اظهار نظر نکرده است. همچنین از آنجایی که توربین های گازی استفاده شده در موتور هواپیما، سبک وزن ساخته می شوند، پوسته یاتاقان نسبت به سایر توربین های گازی نازک تر است؛ به همین علت ارتعاشات زیادی روی پوسته مشاهده می شود؛ از طرفی به علت ایمنی بیشتر، از یاتاقان غلتشی مثل انواع بال بیرینگ ها در موتور هواپیما استفاده شده است. مجموعه این دلایل باعث شده است که ISO10816-4 به توربین های گازی به غیر از موتور هواپیما مربوط باشد.

ISO 7919 Series	Mechanical vibration of non-reciprocating machines - Measurement on rotating shafts and evaluation criteria
7919-1:1996	Part 1: General Guidelines
7919-2: 2001	Part 2: Land-based steam turbines and generators in excess of 50 MW with normal operating speeds of 1500 r/min, 1800 r/min, 3000 r/min and 3600 r/min
7919-3: 1996	Part 3: Coupled industrial machines
7919-4: 1996	Part 4: Gas turbine sets
7919-5: 1997	Part 5: Machines set in hydraulic power generating and pumping plants
ISO 10816 Series	Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts
10816-1: 1995	Part 1: General Guidelines
10816-2: 2001	Part 2: Land-based steam turbines and generators in excess of 50 MW with normal operating speeds of 1500 r/min, 1800 r/min, 3000 r/min and 3600 r/min
10816-3: 1998	Part 3: Industrial machines with normal power above 15kW and nominal speeds between 120 r/min and 15000 r/min when measured in situ
10816-4: 1998	Part 4: Gas turbine sets excluding aircraft derivatives
10816-5: 2000	Part 5: Machines set in hydraulic power generating and pumping plants
10816-6: 1995	Part 6: Reciprocating machines with power ratings above 100 kW
10816-7 ²	Part 7: Rotodynamic pumps for industrial application

جدول ۲- بخش های مختلف استاندارد ISO10816 و ISO7919

تقسیم‌بندی شدت ارتعاشات ماشین بر اساس استاندارد ISO10816 و OSI9197

به طور کلی استانداردهای ISO 10816 و ISO 7919 چهار حالت را در مورد شدت ارتعاش ماشین در نظر می‌گیرد: حالت اول، ماشین در Zone A و شرایط عادی باشد؛ در این حالت ماشین در نرم‌ترین حالت مورد انتظار کارخانه کار می‌کند. معمولاً ماشین‌های نو در Zone A قرار می‌گیرند. ولی با افزایش ویبره شرایط ارتعاشی ماشین به Zone B منتقل می‌شود. در این شرایط شما باید ماشین را تحت مراقبت و پایش بیشتری قرار دهید و این به منزله خاموش کردن ماشین نیست. فقط لازم است تناوب اندازه‌گیری ویبره ماشین را کمتر کنید تا شرایط ماشین در کنترل شما باشد. افزایش ویبره و ورود ماشین به Zone C، نشان‌دهنده نیاز ماشین به اقدامات تعمیراتی است. در Zone C شرایط ارتعاشی ماشین رضایت‌بخش نبوده و احتمالاً بر خرابی دلالت دارد. در آخر اگر ویبره ماشین بیشتر شود و به Zone D برسد، این ماشین نیازمند انجام اقدام فوری بوده و باید خاموش شود (Shut Down). در این شرایط احتمال بالایی از خرابی شدید ماشین وجود دارد.



شکل ۵- تعیین حد Alarm و Trip ویبره ماشین‌ها

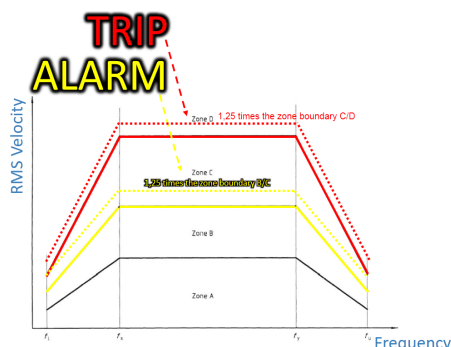
تعیین حد آلام (Alarm) ویبره ماشین‌ها بر اساس استاندارد ISO10816 و ISO7919

به طور کلی استانداردهای ISO 10816 و ISO 7919 حد آلام ویبره ماشین را برابر با حاصل جمع مقدار پایه ارتعاشات ماشین در حالت پایدار (Steady-State Baseline) با 25 % حد بالای Zone B اعلام کرده است. مقدار پایه ارتعاشات ماشین در حالت پایدار براساس اطلاعات ثبت شده از ارتعاشات اندازه‌گیری شده در آن ماشین خاص تعیین می‌شود. اگر از ماشین اطلاعاتی در دسترس نباشد (به عنوان مثال ماشین نو)، بعد از گذشت مدتی از کارکرد ماشین و پایدار شدن آن، با اندازه‌گیری ویبره ماشین مقدار پایه ارتعاشات ماشین در حالت پایدار تعیین می‌شود. استاندارد توصیه کرده است که حد تریپ ویبره ماشین نباید از 1/25 برابر مرز بین Zone C و Zone D بیشتر شود.

تعیین تریپ (Trip) ویبره ماشین‌ها بر اساس استانداردهای ISO 10816 و ISO 7919

استانداردهای ISO 10816 و ISO 7919 حد تریپ ویبره ماشین به شرایط مکانیکی ماشین مرتبط میدانند. به همین علت، مقدار پایه ارتعاشات ماشین در حالت پایدار در تعیین حد تریپ ماشین نقشی ندارد. طبق نظر استاندارد حد تریپ ماشین باید مقداری در محدوده Zone B و Zone C انتخاب شود اما نباید از 1/25 برابر مرز بین Zone B و Zone C بیشتر شود.

این بحث را با دو مثال واقعی در مورد تعیین حد آلارم و تریپ ویبره توربین گازی V94.2 و اکسترکشن پمپ (Condensate Extraction Pump) سیستم کولینگ نیروگاه سیکل ترکیبی ادامه می‌دهیم؛



شکل ۶- حد Alarm و Trip ویبره ماشین بر اساس ISO 10816

تعیین حد Alarm و Trip ویبره مطلق (Absolute Vibration) توربین گازی (V94.2) MGT70

در این قسمت قصد داریم حد Alarm و Trip ویبره مطلق (Absolute Vibration) توربین گازی MGT 70(V94.2) را تعیین نمایم؛ چون می‌خواهیم حد ویبره مطلق را محاسبه کنیم؛ بنابراین باید از استاندارد ISO10816 که قسمت‌های غیردوار را بررسی می‌کند، کمک بگیریم.



شکل ۷- محل نصب سنسور ویبره مطلق (Absolute Vibration) توربین گازی (V94.2) MGT 70

همان‌طور که پیش‌تر نیز توضیح داده شد (جدول ۲)، استاندارد ISO10816-4 در مورد تعیین حد Alarm و Trip ویبره توربین گازی (Gas Turbine)، اظهارنظر کرده است. استاندارد ISO10816-4، حد Alarm توربین گازی را مرز بین Zone B و Zone C و مقدار 9/3 mm/s (rms) معرفی نموده و حد Trip توربین گازی را در مرز بین Zone C و Zone D یعنی 14/7 mm/s (rms) قرار داده است (جدول ۳).

Table A.1 — Evaluation zone boundaries based on bearing housing/pedestal vibration velocity, valid for shaft rotational speed 3 000 r/min to 20 000 r/min

Zone boundary	Vibration velocity mm/s (r.m.s.)
A/B	4,5
B/C	9,3
C/D	14,7

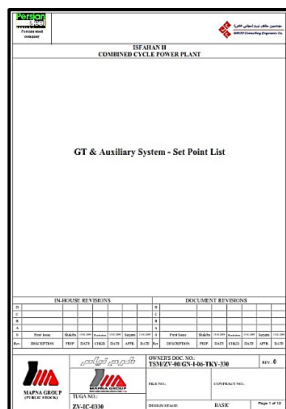
NOTE These values, which are the upper limits of zones A, B and C respectively, should apply to radial vibration measurements on all bearing housings or pedestals and to axial vibration measurements on housings containing an axial thrust bearing, under steady-state operating conditions at rated speed. Figure 1 shows typical measurement positions.

جدول ۳- اظهارنظر استاندارد ISO10816-4 در مورد ویبره مطلق توربین گازی

حس می‌زنم تا به اینجا، این سوال کلیدی ذهن شما را مشغول کرده باشد: شرکت مپنا به عنوان سازنده توربین گازی MGT 70(V94.2) چه مقادیری را برای حد Alarm و Trip این توربین تعیین کرده است؟

همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌کنید، شرکت مهنا در مدرک Set Point List این توربین، حد Alarm و Trip و بیره این توربین را اعلام نموده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، این اعداد دقیقاً با همان اعداد استاندارد مطابقت دارند.

استاندارد ISO10816-4، حد Alarm توربین گازی را 9/3 mm/s (rms) و حد Trip توربین گازی را 14/7 mm/s (rms) قرار داده است.



MAPNA MGT 70 (V94.2(S))	9,3 mm/s	Absolute vib. - Alarm for high bearing vibration (compressor and turbine)
	7,1 mm/s	Absolute vib. - Alarm for high bearing vibration (generator)
	80 μ m p-p	Relative vib. - Alarm for high bearing vibration (compressor and turbine)
	80 μ m p-p	Relative vib. - Alarm for high bearing vibration (generator)
	14,7 mm/s	Absolute vib. - Trip for too high bearing vibration (compressor and turbine)
	12 mm/s	Absolute vib. - Trip for too high bearing vibration (generator)
	90 μ m p-p	Relative vib. - Shut-down for too high bearing vibration (compressor and turbine)
	120 μ m p-p	Relative vib. - Shut-down for too high bearing vibration (generator)

شکل ۸- حد Alarm و Trip و بیره مطلق توربین گازی MGT 70(V94.2)

برای مشاهده فیلم « مقادیر Alarm و Trip و بیره مطلق توربین گازی V94.2 » به آدرس Www.Kordizade.Com/Gas-Turbine-Vibration مراجعه کرده و یا بارکد را اسکن نمایید.



از اینکه وقت‌تان را به تماشای این ویدیو اختصاص می‌دهید، از شما متشکریم و امیدواریم این ویدیو برای شما مفید باشد.



تعیین حد Alarm و Trip و ویبره اکسترکشن پمپ سیستم کولینگ (Condensate Extraction Pump) نیروگاه سیکل ترکیبی

دومین مثال عملی که برای شما انتخاب کرده‌ام، تعیین حد Alarm و Trip ویبره پمپ اکسترکشن یک نیروگاه سیکل ترکیبی می‌باشد. برای این کار ابتدا باید تعیین کنیم، ویبره مطلق ملاک ارزیابی ماست یا ویبره نسبی؛ بدین منظور و همان‌طور که در جدول ۱ در مورد نحوه انتخاب بین دو استاندارد ISO10816 و ISO7919 صحبت شد؛ در پمپ‌های عمودی که مقدار α برابر 0/1 می‌باشد و اندازه‌گیری ویبره مطلق ماشین که معمولاً از طریق نصب سنسور شتاب‌سنج پیزوالکتریک روی پداستال بیرینگ انجام می‌شود، بهترین روش است. همچنین اندازه‌گیری مستقیم ارتعاشات شفت به کمک سنسورهای ویبره جابه‌جایی مانند ادی کانت پراکسیمیتی پراب، مناسب نمی‌باشد.

حال که مشخص گردید باید به استاندارد ISO10816 مراجعه کنیم این سوال پیش می‌آید: کدامیک از این هفت بخش معرفی شده در ISO10816 که در جدول ۲ نشان داده شد، برای پمپ اکسترکشن نیروگاه سیکل ترکیبی مناسب می‌باشد؟

در پاسخ می‌توان گفت: همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، ISO10816-3 برای ماشین‌هایی که توان نامی آن‌ها از 15kw بیشتر است، استفاده می‌شود. توان نامی پمپ اکسترکشن طبق مشخصات فنی ارائه شده توسط سازنده پمپ، 697kw می‌باشد و در این دسته‌بندی قرار می‌گیرد.

از طرفی استاندارد ISO10816-7 نیز برای پمپ‌هایی که کاربردهای صنعتی دارد، اظهارنظر کرده است. پس نتیجه می‌گیریم که ما باید با دوشاخه به استاندارد ISO وارد شده و حد مجاز ویبره اکسترکشن پمپ از هر دو منظر باید چک شود.

اظهارنظر استاندارد ISO 10816-3 :

استاندارد ISO10816-3 در مورد حد مجاز ویبره مطلق تجهیزات مختلف مطابق جدول ۴ اظهارنظر کرده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید با تغییر پارامترهای ماشین مانند توان، ارتفاع روتور از زمین و سختی پایه ماشین، حد مجاز ویبره تغییر می‌کند. برای مثال اگر ماشین در گروه یک (GROUP 1) باشد (یعنی موتورهایی که توان آن‌ها بین 300kw و 50Mw است). در این حالت با توجه به اینکه موتور سخت (Rigid) یا انعطاف‌پذیر (Flexible) باشد حد مجاز ویبره متفاوت خواهد بود.

حال می‌خواهیم به کمک جدول ۴ برای ویبره اکسترکشن پمپ تعیین تکلیف کنیم. چون توان نامی این پمپ 697kw است در دسته پمپ‌های بزرگ‌تر از 15kw بوده و گروه سه (GROUP 3) یا گروه چهار (GROUP 4) قرار می‌گیرد و چون الکتروموتور متصل به پمپ از نوع درایور خارجی (External Drive) می‌باشد در گروه سه قرار داده می‌شود.

حال در گروه سوم باید بین صلب (Rigid) و یا انعطاف‌پذیر بودن (Flexible) ماشین تصمیم‌گیری نماییم. اگر پایین‌ترین فرکانس طبیعی حاصل از ترکیب ماشین و سازه نگهدارنده آن در راستای اندازه‌گیری، حداقل ۲۵٪ از فرکانس تحریک اصلی (که در اغلب موارد، فرکانس دور ماشین یا 1X است) بالاتر باشد؛ در این حالت ماشین صلب در نظر گرفته می‌شود. در غیر این صورت ماشین در دسته انعطاف‌پذیر قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر وقتی دور ماشین افزایش پیدا می‌کند اثر نیروهای اینرسی مانند نیروهای کریولیس و ژيروسکوپیک افزایش پیدا می‌کند و رفتار روتور از حالت صلب (plastic) به حالت انعطاف‌پذیر (elasdtic) تمایل پیدا می‌کند.

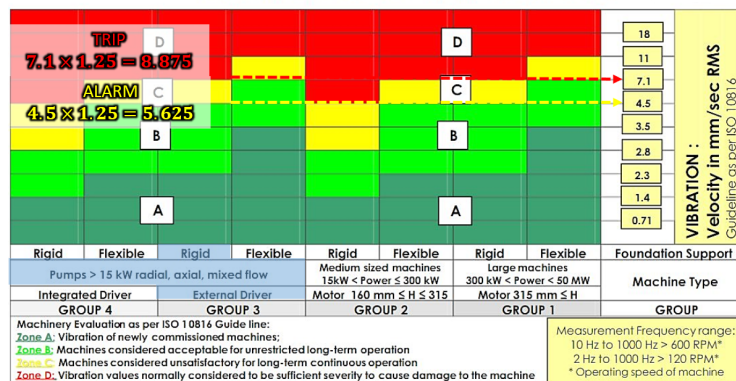
بر اساس مدارک سازنده در مورد فرکانس طبیعی پمپ اکسترکشن، این پمپ در دسته‌بندی صلب از گروه سوم (GROUP 3) قرار گرفت. لذا همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، حد آلام ویبره مطلق اکسترکشن پمپ مرز بین Zone B و Zone C یا ۱/۲۵ مرز بین Zone B و Zone C تعیین می‌شود. بنابراین حد آلام پمپ عددی بین ۴/۵ تا ۵/۶۲۵ = ۴/۵ × ۱/۲۵ محاسبه می‌شود. واحد این اعداد میلی‌متر بر ثانیه rms است.

همچنین از آنجایی که محدوده تریپ پمپ اکسترکشن مرز بین Zone C و Zone D یا $1/25$ مرز بین Zone C و Zone D قرار داده می‌شود، حد تریپ باید مقداری بین $7/1$ تا $8/875 = 7/1 \times 1/25$ با واحد میلی‌متر بر ثانیه rms باشد.

ISO 10816-3 (Part 3: Industrial machines with normal power above 15kW)

Part 3: Industrial machines with normal power above 15kW and nominal speeds between 120 r/min and 15000 r/min when measured in situ

Vibration Evaluation Standard



جدول ۴- اظهارنظر استاندارد ISO10816-3 در مورد ویبره پمپ اکسترکشن

اظهارنظر استاندارد ISO 10816-7:

با مراجعه به استاندارد ISO10816-7 همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده‌شده، ابتدا باید تعیین کنیم که ماشین در کدام دسته‌بندی (Category) قرار دارد. اگر برای ماشین شما بالاترین سطح ممکن به لحاظ قابلیت اطمینان (Reliability)، در مدار بودن (Availability) و ایمنی (Safety) در نظر گرفته شده باشد، این ماشین در دسته‌بندی اول (Category I) قرار می‌گیرد و در صورتی که بر اساس موارد فوق درجه اهمیت ماشین کمتر باشد، در دسته‌بندی دوم (Category II) در نظر گرفته می‌شود. پمپ اکسترکشن واحد بخار در مسیر تولید نیروگاه سیکل ترکیبی است و به همین خاطر در دسته‌بندی اول (Category 1) قرار داده می‌شود. از طرفی چون توان نامی اکسترکشن پمپ بالاتر از 200kW است، برای حد آلارم ویبره مقدار $6/3 \text{ mm/s (rms)}$ و حد تریپ ویبره این پمپ $9/5 \text{ mm/s (rms)}$ در نظر گرفته می‌شود.

ISO 10816-7 (Rotordynamics pumps)

Category 1: high level of reliability, availability or safety reasons

(e.g. pumps for power plant applications)

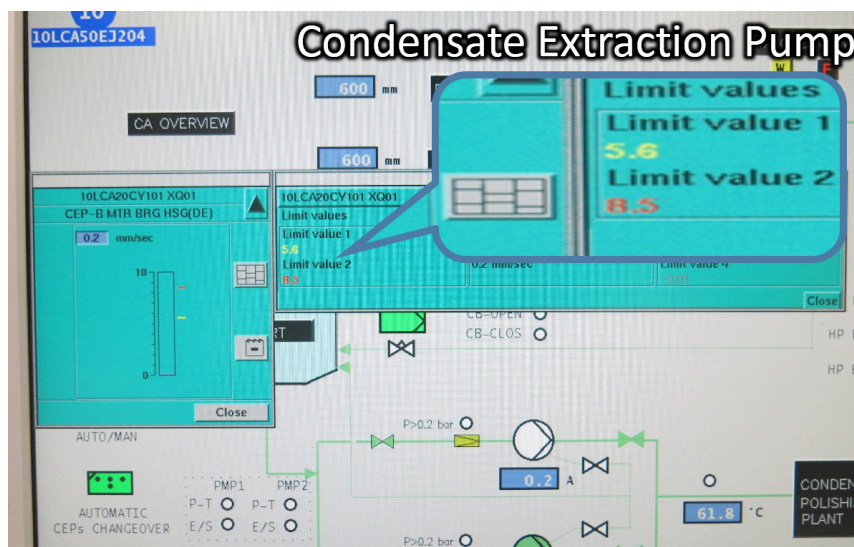
Category 2: Pumps for general or less critical applications

(e.g. pumps for non-hazardous liquids).

		Vibration velocity limit mm/s rms value			
		Category 1		Category 2	
Zone	Description	≤ 200 kW	> 200 kW	≤ 200 kW	> 200 kW
A	Newly commissioned machines in POR	2.5	3.5	3.2	4.2
B	Unrestricted long term operation in AOR	4.0	5.0	5.1	6.1
C	Limited operation	6.6	7.6	8.5	9.5
D	Hazard damage	> 6.6	> 7.6	> 8.5	> 9.5
Maximum ALARM limit (≈ 1.25 times upper limit of zone B) ¹		5.0	6.3	6.4	7.6
Maximum TRIP limit (≈ 1.25 times upper limit of zone C) ¹		8.3	9.5	10.6	11.9

جدول ۵- اظهارنظر استاندارد ISO10816-7 در مورد ویبره پمپ اکسترکشن

بعد از بررسی استاندارد ISO 10816-3 و ISO 10816-7 به اتاق فرمان نیروگاه سرزدیم تا ببینیم برای محدوده ارتعاشات پمپ اکسترکشن چه اعدادی قرار داده شده است. پس از مراجعه دیدیم که برای این پمپ حد آلارم $5/6 \text{ mm/s (rms)}$ و حد تریپ $8/5 \text{ mm/s (rms)}$ در نظر گرفته شده بود.



شکل ۹- حد mralA و pirT ویبره ویبره پمپ اکسترکشن در اتاق فرمان نیروگاه

برای مشاهده فیلم «ارتعاشات مجاز پمپ اکسترکشن نیروگاه چقدر است؟» به آدرس Www.Kordizade.Com/Pump-Vibration مراجعه کنید. امیدواریم شما با دیدن این فیلم به اطلاعات ارزشمندی در تعیین حد Alarm و Trip ویبره ماشین دست یابید.



دیدگاه دوم استاندارد ISO در ارزیابی ارتعاشات ماشین

دیدگاه دوم استاندارد ISO در ارزیابی ارتعاشات ماشین (شکل ۳)، بررسی تغییر دامنه ارتعاش (Change In Vibration Magnitude) نسبت به مقادیر ثبت شده قبلی است؛ این دیدگاه اعلام می‌کند: زمانی که ماشین در حالت پایدار (Steady State) در حال کار باشد، تغییر دامنه ارتعاشات (حتی اگر از مقدار آلارم ماشین نیز کمتر باشد) اهمیت دارد. این تغییر (که نشان دهنده شروع خرابی ماشین است) می‌تواند لحظه‌ای باشد و یا با گذشت زمان افزایش یابد.

براساس دیدگاه دوم استاندارد ISO، وقتی کاهش و یا افزایش دامنه ارتعاشات ماشین از ۲۵٪ حد بالای Zone B فراتر برود، (به ویژه اگر تغییر ویبره ناگهانی اتفاق افتاده باشد) این وضعیت ماشین نگران کننده است. در این شرایط عیب‌یابی ماشین به کمک دستگاه آنالایزر ارتعاشات و تحلیل طیف فرکانسی به منظور تعیین علت این ارتعاش پیشنهاد می‌گردد. شایان ذکر است، محدوده ۲۵٪ به عنوان راهنما توسط استاندارد معرفی شده است و می‌تواند براساس تجربه کاربران ماشین تغییر نماید.

اجازه دهید این قسمت را با ذکر یک مثال واقعی بررسی نماییم. طبق گزارش واحد بهره برداری نیروگاه و مطابق شکل (۱۰) مشخص گردید، ویبره یاتاقان پمپ اکسترکشن (که با استفاده از دو سنسور شتابسنج پیزوالکتریک 10LCA20CY101 و 10LCA20CY102 پایش می‌گردد) بترتیب از مقدار (rms) 0.19 mm/s و (rms) 0.32 mm/s به (rms) 0.3 mm/s و (rms) 0.5 mm/s افزایش یافته است. لازم به ذکر است، ویبره شتابسنج 10LCA20CY102 به صورت گذرا تا مقدار (rms) 0.89 mm/s نیز افزایش یافته است. براساس این گزارش، حداکثر تغییرات لحظه‌ای ارتعاشات (یعنی حاصل تفریق 0.89 از 0.32) برابر (rms) 0.57 mm/s می‌باشد. از طرفی همانطور که در جدول (۵) مشاهده می‌کنید؛ طبق نظر استاندارد 10816ISO-7، حد بالایی مقدار ویبره در Zone B برابر با (rms) 5 mm/s است و بنابراین 25% عدد ۵ برابر 1.25 می‌باشد. در نهایت و از آنجایی 0.57 از 1.25 کوچکتر است می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات اتفاق افتاده در ارتعاشات پمپ اکسترکشن نگران‌کننده نمی‌باشد.



شکل ۱۰- ترند ویبره یاتاقان پمپ اکسترکشن

این نکته ارزش اشاره دارد که به همان اندازه که افزایش ویبره نگران‌کننده است، کاهش ویبره نیز نگران‌کننده می‌باشد. مثلاً در بعضی مواقع ویبره توربین‌ها به علت ترک شفت کاهش پیدا می‌کند. علت آن است که رشد ترک باعث تغییر سختی شفت (k) می‌شود و این مسئله تغییر فرکانس طبیعی شفت را به همراه دارد. در این شرایط اگر فرکانس طبیعی شفت ترک خورده از فرکانس کاری توربین دورتر شود، پاسخ دینامیکی یا میزان ارتعاش کاهش می‌یابد؛ ولی اگر ترک شفت و تغییر فرکانس طبیعی آن سبب شود که فرکانس طبیعی شفت به فرکانس کاری توربین نزدیک شود، در این حالت پاسخ دینامیکی یا ویبره توربین افزایش می‌یابد. ماشینی را تصور کنید که در ابتدا به علت عیب نابالانسی، ارتعاشات زیادی دارد؛ ولی با گذشت زمان، قسمتی از جسم دوار ماشین کنده شده و ماشین تصادفاً بالانس شده است؛ در این حالت اگرچه ارتعاش ماشین کم شده و ظاهراً مشکل ماشین برطرف شده است ولی یک عیب خطرناک‌تر در ماشین ایجاد گردیده و به رسیدگی فوری نیاز دارد. مثال‌هایی از این دست اهمیت بررسی تغییرات ویبره را چه در جهت کاهش و چه در جهت افزایش، نشان می‌دهد.

برای مشاهده فیلم «حد Alarm و Trip ویبره ماشین‌ها چقدر است؟»

به آدرس: Www.Kordizade.Com/Alarm-Trip مراجعه کرده

و یا بارکد را اسکن نمایید.

