Archive of SID

مقاله علمی ترویجی

نتایج اجرای برنامه نت پیش‌بینانه مبتنی بر دمانگاری ، آنالیز ارتعاشات و آکوستیک امیشن در یکی از میادین نفتی کشور

سعید شیروانی شاه عنایتی
کارشناسی ارشد
کارشناس پایش وضعیت شرکت راه اندازی و بهره برداری صنایع نفتOICO
s.shirvani.17947@OICO.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۰۸

چکیده

به‌منظور اجرای درست روش‌های پایش وضعیت لازم است هر روش به‌صورت اصولی اجرایی شده و نتایج به‌دست آمده از هر روش با نتایج خروجی روش‌های دیگر مقایسه گردد. در برخی موارد ممکن است در عیب‌یابی‌ها، یک روش خاص کارا باشد ولی در بیشتر موارد می‌توان گفت که تجمیع روش‌های مختلف به تصمیم‌گیری درست کمک شایانی می‌کند. در پژوهش جاری ضمن تشریح چگونگی استفاده از روش‌های پایش وضعیت مختلف، به دستاوردهای حاصل از اجرای هم‌زمان این روش‌ها در یکی از میادین نفتی کشور پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: پایش وضعیت، آنالیز ارتعاشات، ترموگرافی، آکوستیک امیشن، نت پیش‌بینانه

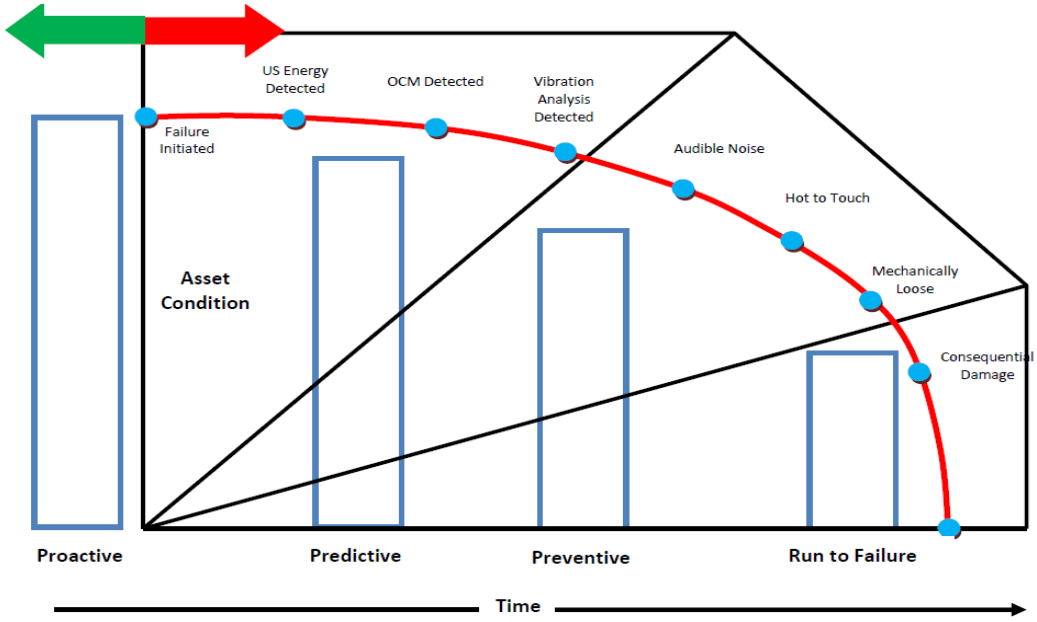
۱. مقدمه

در نظام نگهداری و تعمیرات موجود در صنایع، استراتژی‌های مختلفی وجود دارد که در هر صنعتی تلاش می‌شود یک استراتژی خاص به‌عنوان استراتژی برتر پیاده‌سازی شود. آنچه مسلم است، تلاش برای پیاده‌سازی یک استراتژی خاص در نظام نگهداری و تعمیرات محصول یک دیدگاه بسته بوده و لازم است به فراخور وضعیت هر صنعت، استراتژی‌های مورد نظر انتخاب و پیاده‌سازی شود.

به‌عنوان نمونه و به‌طور خاص، استراتژی تعمیرات پیش‌بینانه باید همراه و در کنار استراتژی پیشگیرانه عملیاتی شود تا راه برای رسیدن به اهداف سازمانی نگهداری و تعمیرات هموارتر گردد. حتی در برخی موارد برای برخی از تجهیزات لازم است که به استراتژی کار تا شکست پناه برد. شکل ۱ استراتژی‌های مختلف تعمیراتی را در برابر روش‌های پایش وضعیت برای پایش و عیب‌یابی یک یاتاقان غلتشی[1] نشان می‌دهد [۱].

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. نمودار P-F و روش‌های مختلف پایش وضعیت

۲. روش پژوهش

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، روش‌هایی همچون آنالیز صدای آکوستیک امیشن، آنالیز روغن، آنالیز آکوستیک امیشن و دمانگاری[۲] در نمودار یاد شده مورد اشاره قرار گرفته‌اند که هر کدام مزایا و محدودیت‌هایی دارند. به‌عنوان نمونه یکی از بارزترین ویژگی‌های عیب‌یابی به کمک روش آکوستیک امیشن[۳]، تشخیص زود هنگام عیوب است [۲]. منظور از زود هنگام، تشخیص عیب پیش از شناسایی آن به کمک آنالیز ارتعاشات است. به همان میزان که توانایی این روش برای تشخیص زود هنگام قابل تحسین است، کار با این روش نیز با چالش‌هایی همراه است که از آن جمله می‌توان به تفسیر دشوار نتایج به‌دست آمده اشاره نمود ضمن اینکه کاربران این روش نیز خاص هستند.

آنچه به‌صورت کلی در مورد روش آنالیز ارتعاشات می‌توان گفت این است که این روش بسیار فراگیر و قابل کاربرد برای بیشتر صنایع تولیدی است [۳]. البته دانش مرتبط به این روش بسیار وسیع و همچنین دشوار ولی توانایی این روش در عیب‌یابی و پایش وضعیت تجهیزات دوار تحسین‌برانگیز است. گفتنی است که خروجی این روش و روش آنالیز صدا هر دو موج مکانیکی است که به یک هدف اشاره می‌کنند. بنابراین اجرای این روش به‌صورت کلی جزء جدا نشدنی موضوع پایش وضعیت است.

مهم‌ترین قابلیت روش دمانگاری در بازرسی تجهیزات ثابت و تشخیص خرابی‌های نسوزها[۴]، عایق‌های حرارتی در کوره‌ها، ریفرمرها، خطوط دما بالا، و... است. گفتنی است در تشخیص لقی اتصالات در تابلوهای برق و پدیده‌هایی همچون کرونا نیز از روش ترموگرافی می‌توان استفاده نمود [۴].

لازم به ذکر است علاوه‌بر پیاده‌سازی روش‌های پایش وضعیت مورد استفاده، لازم است با تهیه فرم‌هایی جداگانه برای هر تجهیز داده‌های فرایندی را نیز ثبت نمود. این داده‌ها عبارتند از: فشار و دمای سیال ورودی وخروجی به تجهیز به‌منظور ارزیابی شرایط عملیاتی ماشین، توان مصرفی الکتروموتور و دمای نقاط مختلف بر روی تجهیزات. شایان ذکر است که ثبت این‌گونه داده‌ها جزء جدا نشدنی مقوله پایش وضعیت است و اجرای آن همراه با داده‌برداری الزامی است. جمع‌آوری این داده‌ها به‌منظور مطالعه تغییرات شرایط فرایندی تجهیزات در فصول و دماهای مختلف در طول سال

www.SID.ir

Archive of SID

و آرشیو آنها برای استفاده در سال‌های بعد بسیار مفید خواهد بود.

در این مقاله تلاش شده است چند مورد از دستاوردهای حاصل از پیاده‌سازی هم‌زمان روش‌های مختلف پایش وضعیت در یکی از میادین نفتی کشور ارائه می‌گردد.

۳. موردکاوی شماره ۱

یکی از مهم‌ترین واحدها در پالایش نفت، واحد تری‌اتیلن گلیکول TEG^{5} است که در صورت توقف ناگهانی به هر دلیل منجر به توقف تولید و صادرات نفت می‌گردد. هدف اصلی این فرایند در مرحله نخست رطوبت‌زدایی گاز تولیدی وارده شده به این واحد با استفاده از تری‌اتیلن گلایکول است. در مرحله بعدی تری‌اتیلن گلایکول با فرایند پیچیده‌ای احیا می‌شود که با توجه به ارزش اقتصادی گلایکول، فرایند احیا از اهمیت فراوانی برخوردار است.

در این فرایند برای آماده‌سازی گاز جهت عملیات رطوبت‌زدایی در برج جذب، ابتدا گازی که از کمپرسورهای فشار بالا می‌آید در یک مبدل حرارتی با آب و هوا، دمای آن کاهش یافته و سپس وارد جداکننده می‌گردد و بعد از آن از فیلترهایی عبور می‌کند و گاز تصفیه شده از پایین به برج جذب جریان می‌یابد تا در آنجا در تماس با اتیلن گلایکول و مواد شیمیایی، رطوبت‌زدایی شود. مواد شیمیایی و گلایکول احیا شده با درجه خلوص زیاد مورد نیاز عملیات جذب در برج جذب به واسطه پمپ‌هایی ابتدا در یک مبدل حرارتی در تماس غیرمستقیم با گاز خروجی برج جذب تبادل حرارت انجام داده و پس از کاهش دمایی این محلول از قسمت بالای برج جذب وارد شده تا با گازی که از پایین وارد می‌شود به‌صورت متقابل تماس پیدا کند. تری‌اتیلن گلایکول رطوبت گاز را جذب خود کرده و با درجه خلوص کمتر از پایین برج خارج می‌شود و به واحد بازیافت گلایکول جهت عملیات احیا جریان می‌یابد.

گلایکول احیا شده با دمای حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد، توسط پمپ‌های مذکور به مبدل بعد از برج جذب برگشت داده می‌شود و در تقابل با گاز خروجی از برج جذب افت دمایی پیدا کرده و از بالا وارد برج جذب می‌شود. عدم توجه به نکات عملیاتی مربوط به برج جذب، برج احیا و نگهداری گلایکول می‌تواند هزینه‌های بسیاری به دلایلی از قبیل هرزروی بالای گلایکول، دبی بیش از حد گلایکول در گردش، عدم کارکرد صحیح پمپ‌ها، از کار افتادن‌های مکرر واحد و تعویض‌های غیرضروری تجهیزات را به این واحد مهم تحمیل کند. لذا باید به شرایط عملیاتی فرایند توجه ویژه‌ای نمود.

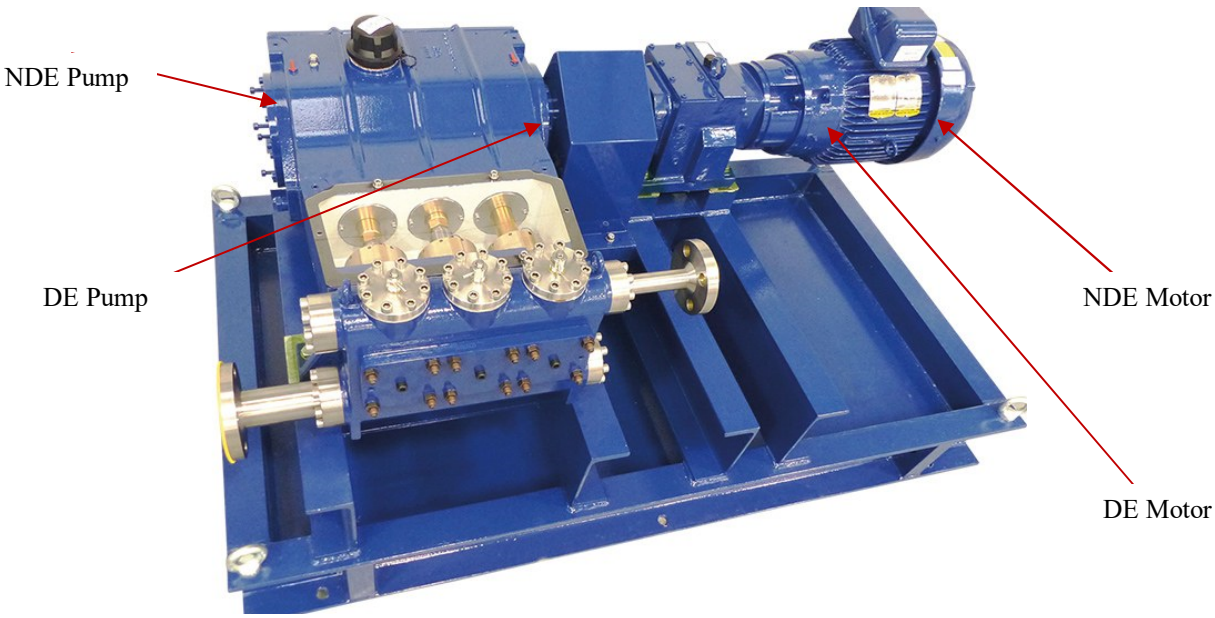
مشخصات فنی پمپ مذکور در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین در شکل ۲ نمایی شماتیک از پمپ قابل مشاهده است. با توجه به اهمیت پمپ‌های مذکور علاوه‌بر استفاده از روش‌های آنالیز ارتعاشات، آکوستیک امیشن و دمانگاری در بازه‌های زمانی مناسب، روزانه از پارامترهای فرایندی و عملکردی تهیه و تکمیل می‌گردد. در ادامه نتایج تست‌های آنالیز ارتعاشات، دمانگاری و آکوستیک امیشن ارائه خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مشخصات فنی الکتروموتور و پمپ

Driver		Driven	
Driver Type	Electromotor	Type	Reciprocating
Manufacturer	China	Manufacturer	Milton roy
Type	LV	Normal Vibration	4.5 mm/s
Power	22KW	Alarm Vibration	7 mm/s
Phase number	3	Shut down Vibration	11 mm/s
Voltage	400	Normal Temperature	75 C˚
Current	40.5	Alarm Temperature	80 C˚
No. of Poles	4	Shut down Temperature	90 C˚
Nominal Speed	1485 rpm	Duty	22 KW
IP	55	Capacity	7.3 m3/h
Normal Vibration	4.5 mm/s	Operation Condition (Suction)	0.015 Mpa & 80C
Shut down Vibration	11 mm/s	Operation Condition (Discharge)	20 Mpa & 80C



شکل ۲. نمایی شماتیک از پمپ TEG و نقاط اندازه گیری

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقادیر کلی دامنه ارتعاشات

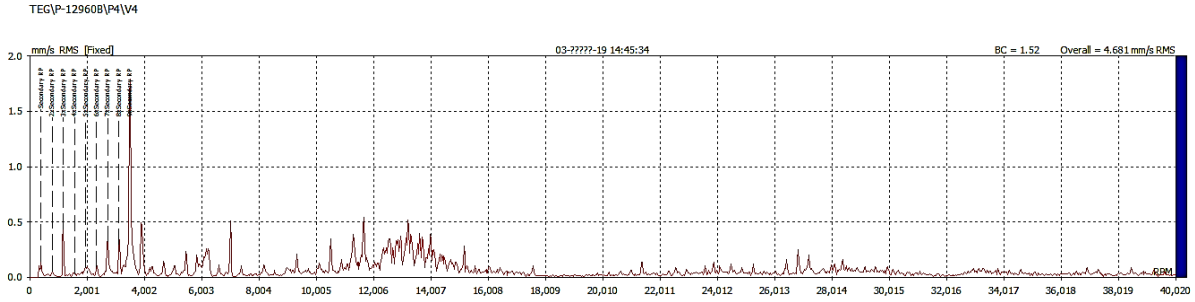
Overall Vibration (Velocity - mm/s) Alarm > 4.5	P-12960B (TEG) TEG Recirculation Pump			
Point / Direction	Driver		Driven	
	NDE	DE	DE	NDE
Vertical	۲/۸	۲/۹	۳/۷	۴/۷
Horizontal	۲/۷	۳/۷	۴/۲	۵/۷
Axial	***	۲/۴	***	***

جدول ۳. مقادیر کلی پارامتریاتاقان

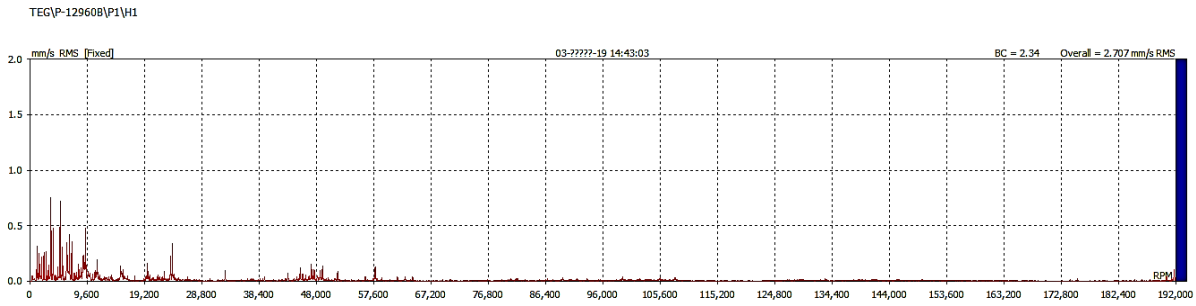
Bearing Condition Alarm > 1.5	P-12960B (TEG) TEG Recirculation Pump			
Point / Direction	Driver		Driven	
	NDE	DE	DE	NDE
Vertical	۱/۶	۲/۳	۲/۵	۱/۵
Horizontal	۲/۳	۱/۲	۲/۳	۱/۶

جدول ۴. مقادیر نوفه[۶] اندازه‌گیری شده به کمک تست آکوستیک امیشن از هوزینگ یاتاقان‌های تجهیز

Ultrasound Test (db) Alarm > 30 db	P-12960B (TEG) TEG Recirculation Pump			
	Driver		Driven	
	NDE	DE	DE	NDE
Radial	۲۴	۳۵	۲۶	۲۶



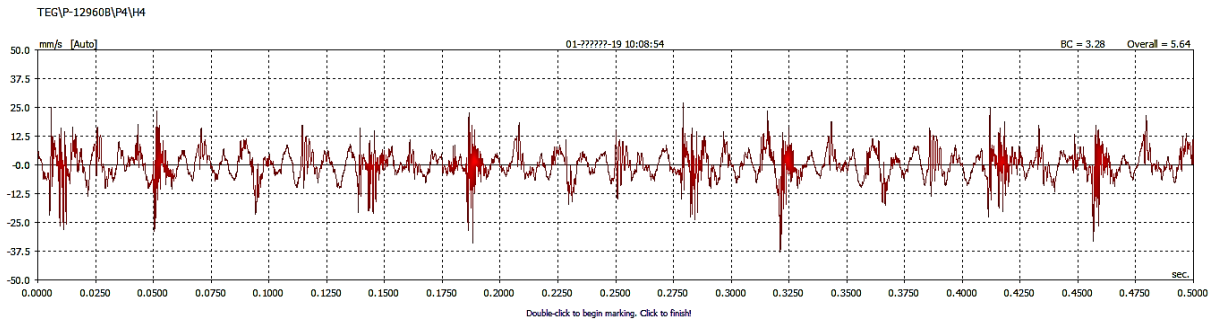
شکل ۳. طیف فرکانسی پمپ در راستای عمودی



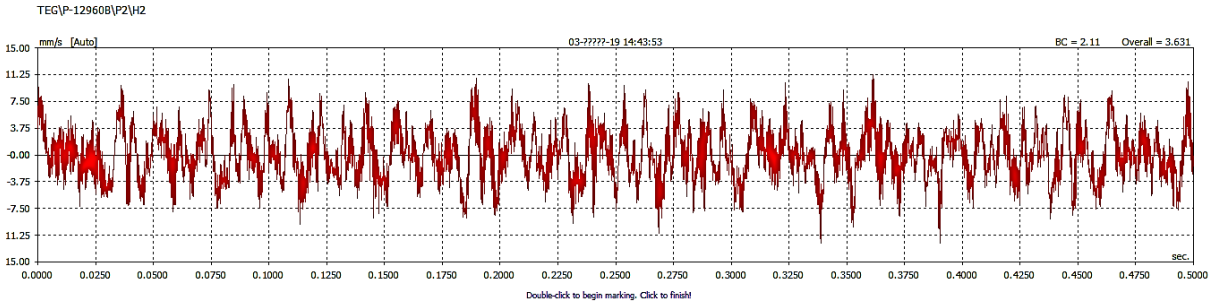
شکل ۴. طیف فرکانسی الکتروموتور در راستای افقی

www.SID.ir

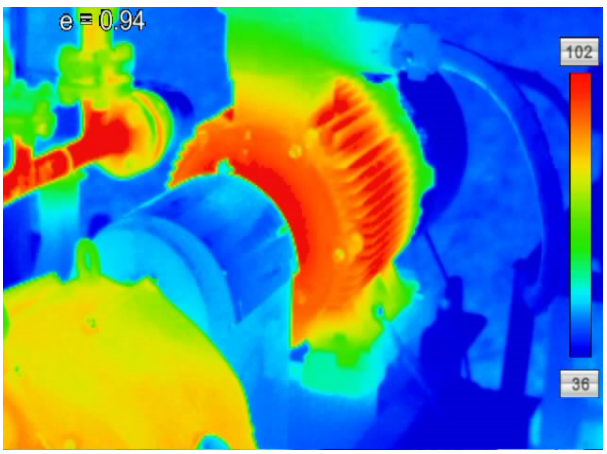
Archive of SID



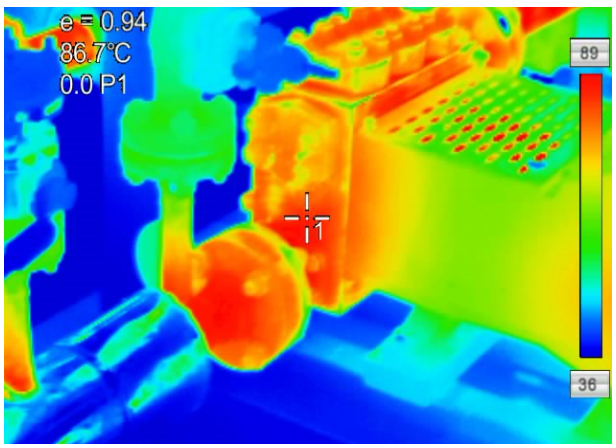
شکل ۵. سیگنال زمانی پمپ در راستای افقی



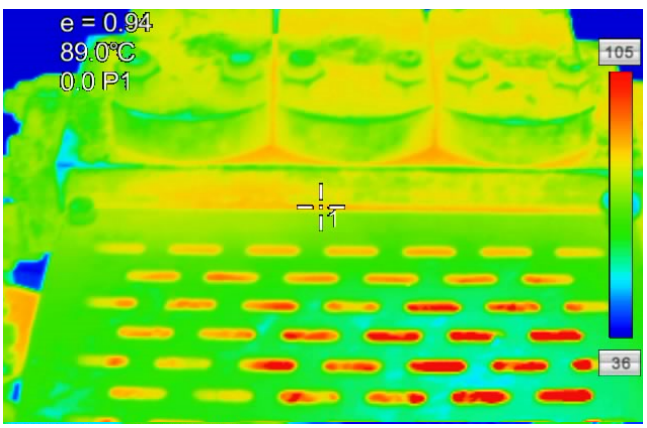
شکل ۶. سیگنال زمانی الکتروموتور در راستای عمودی



شکل ۷. تصویر حرارتی الکتروموتور و پمپ



شکل ۸. تصویر حرارتی پمپ



شکل ۹. تصویر حرارتی پمپ

www.SID.ir

Archive of SID

جمع‌بندی نتایج حاصل از آنالیز ارتعاشات، آکوستیک امیشن و دمانگاری انجام شده عبارتند از:

۱. هرچند مقادیر کلی ارتعاشات براساس سفارش سازنده در محدوده قابل قبول است ولی مشاهده پدیده ضربه در سیگنال زمانی با دامنه قابل‌توجه یک نشانه هشداردهنده به شمار می‌رود.

۲. هرچند مشاهده ضربه در سیگنال زمانی پمپ‌های رفت و برگشتی پدیده‌ای متداول است ولیکن با توجه به شدت بیشتر ضربات مشاهده شده در مقایسه با تجهیز مشابه نسبت به ریشه‌یابی این مسئله اقدام گردید.

در بررسی انجام شده مشخص شد دلیل این مسئله به علت نبود یکنواخت کننده جریان[۷] در مسیر سیال است که نسبت به صدور درخواست جهت تهیه و نصب آن اقدام گردید.

۳. باتوجه به دمای ورودی و خروجی، از واحد پردازش درخواست شد نسبت به بررسی پارامترهای فرایندی اقدام گردد.

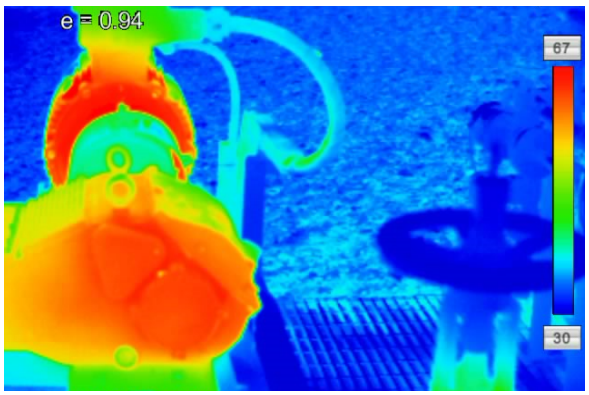
۴. باتوجه به دمای قابل‌توجه یاتاقان D.E الکتروموتور از یک‌سو و رشد 11db نوفه مشاهده شده در تست آکوستیک امیشن تصمیم گرفته شد نسبت به بررسی وضعیت روانکاری و کنترل هم‌راستایی[۸] اقدام گردد. در آزمایش‌های تکمیلی مشخص گردید رشد سطح نوفه مربوط به نقص روانکاری بوده و گریسکاری نیز منجر به کاهش سطح نوفه نشد.

بدین ترتیب نسبت به بازدید و بررسی یاتاقان اقدام گردید. پس از بازدید، شستشو و مونتاژ مجدد یاتاقان الکتروموتور نسبت به الاینمنت مجدد تجهیز اقدام گردید.

وضعیت تجهیز پس از راه‌اندازی مجدد تحت نظر گرفته شد. داده‌برداری مجدد طی روزهای آتی نشان از بهبود شرایط کارکرد تجهیز داشت.

مطابق تصویر ۱۱ پس از اقدامات اصلاحی فوق، دمای پوسته الکتروموتور به میزان قابل‌توجهی کاهش یافت. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۵ نوفه اندازه‌گیری شده توسط تست آکوستیک امیشن نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است مطابق تجربه موجود از تجهیزات مشابه و همچنین سفارش سازنده افزایش ۸ دسی‌بل در سطح نوفه نشان از نقص روانکاری و افزایش ۲۰ دسی‌بل در سطح نوفه نشان از وقوع و رشد خرابی در یاتاقان تجهیز است.



شکل ۱۰. تصویر حرارتی الکتروموتور و پمپ پس از اقدامات اصلاحی انجام شده

جدول ۵. مقادیر نوفه اندازه‌گیری شده به کمک تست آکوستیک امیشن پس از انجام اقدامات اصلاحی

Ultrasound Test (db) Alarm > 30 db	P-12960B (TEG) TEG Recirculation Pump			
	Driver		Driven	
	NDE	DE	DE	NDE
Radial	۲۱	۲۲	۲۵	۲۴

لازم به ذکر است پس از صدور درخواست کار جهت تأمین و نصب Pulsation damper مجددا نسبت به داده‌برداری از تجهیز اقدام گردید که مطابق نتایج ارائه شده در جدول‌های ۶ و ۷ مقادیر کلی ارتعاشات و پارامتر یاتاقان در نقاط مختلف داده‌برداری، کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. مقادیر کلی دامنه ارتعاشات پس از نصب Pulsation damper

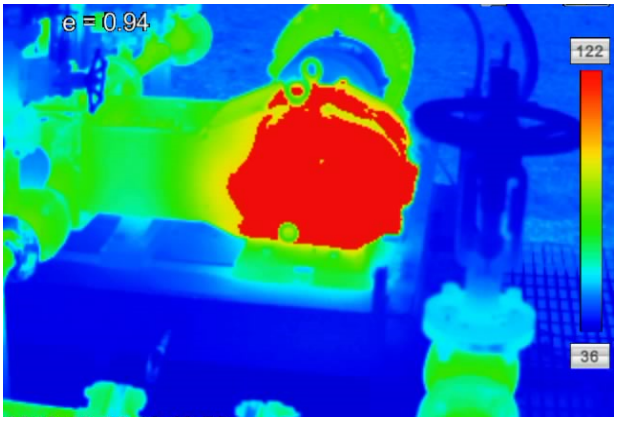
Overall Vibration (Velocity - mm/s) Alarm > 4.5	P-12960B (TEG) TEG Recirculation Pump			
Point / Direction	Driver		Driven	
	NDE	DE	DE	NDE
Vertical	۲/۷	۲/۸	۳/۳	۳/۵
Horizontal	۲/۷	۳/۴	۳/۷	۳/۹
Axial	***	۲/۳	***	***

جدول ۷. مقادیر کلی پارامتر یاتاقان پس از اقدامات اصلاحی (گریسکاری، شارژ روغن و نصب Pulsation damper)

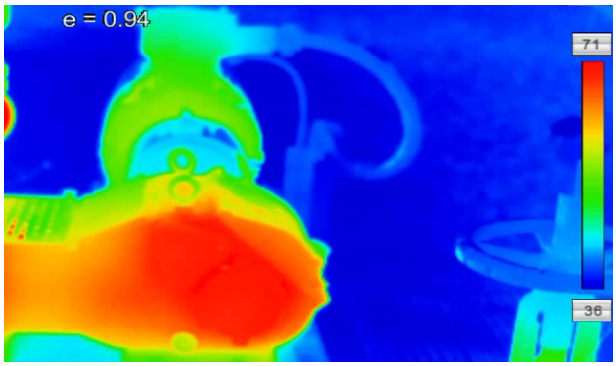
Bearing Condition Alarm > 1.5	P-12960B (TEG) TEG Recirculation Pump			
Point / Direction	Driver		Driven	
	NDE	DE	DE	NDE
Vertical	۰/۹	۱/۱	۱/۴	۱/۳
Horizontal	۰/۹	۱/۲	۱/۳	۱/۴

داده‌برداری‌های بعدی نیز نشان از شرایط نرمال و قابل قبول تجهیز داشت. مطابق شکل ۱۲ در یکی از بازرسی‌های دمانگاری انجام شده، رشد ناگهانی دما برروی پمپ مشاهده شد. با توجه به افزایش ناگهانی دما بدون مشاهده تغییر محسوس در شرایط ارتعاشات و نوفه تجهیز، سریعا نسبت به صدور درخواست کار جهت بررسی وضعیت روانکاری و شرایط پردازش پمپ اقدام گردید که با سرریز روغن مشکل افزایش ناگهانی دما برطرف شد. این مسئله در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

این نکته بار دیگر اهمیت پایش متناوب و هم‌زمان پارامترهای مختلف با استفاده از ابزار و روش‌های موجود را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱. تصویر حرارتی پمپ در اثر وجود مشکلات روانکاری و سطح پایین روغن



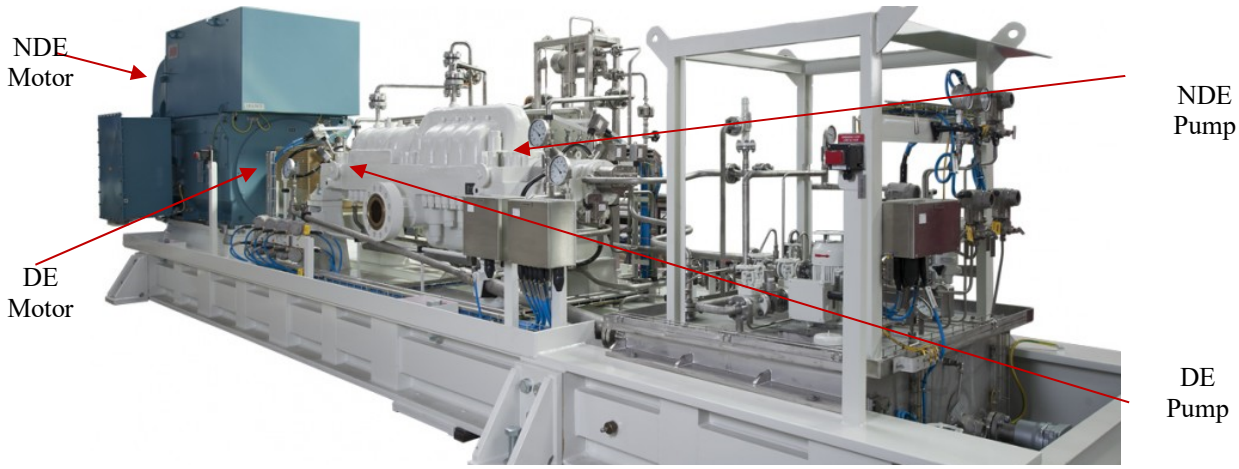
شکل ۱۲. تصویر حرارتی پمپ پس از سرریز روغن

٤. موردکاوی شماره ۲

موردکاوی دوم مربوط به پمپ‌های تزریق آب به چاه‌های نفت است. این پمپ‌ها نیز جز حیاتی‌ترین تجهیزات دوار مستقر در سایت بوده و در صورت توقف ناگهانی منجر به توقف تولید و صادرات نفت می‌گردد. در شکل ۱۴ نمایی شماتیک از پمپ قابل مشاهده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۳. نمایی شماتیک از پمپ مورد بررسی به همراه نقاط اندازه‌گیری

هرچند وضعیت ارتعاشات و نتایج تست آکوستیک امیشن پمپ کاملا نرمال بود ولی در بازرسی دمانگاری انجام شده، نقاط دمای بالا برروی مکانیکال سیل پمپ مشاهده گردید. هرچند بالابودن دمای قسمت آب‌بندهای مکانیکی[۹] نسبت به سایر نقاط بدنه پمپ طبیعی است؛ ولی اختلاف دمای بین نقاط DE و NDE و همچنین مسیر سیل فلش در مقایسه با تجهیز مشابه قابل تأمل بود. لازم به ذکر است پلان آب‌بندی در پمپ مورد مطالعه از نوع 53B است. پلان‌های آب‌بندی به‌منظور کنترل شرایط محیطی سیستم‌های آب‌بند مکانیکی در تجهیزات دوار مورد استفاده قرار می‌گیرند. مطابق استاندارد API/682، ۲۵ پلان آب‌بندی منحصر به فرد طبقه‌بندی شده وجود دارد که بسته به شرایط سیستم پمپاژ، مشخصات فیزیکی و ترمودینامیکی سیال، سیال چندفازی، ترکیبات خطرناک و سمی در سیال، سرویس عملکردی تجهیز و ... می‌تواند ترکیب مناسبی از این پلان‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

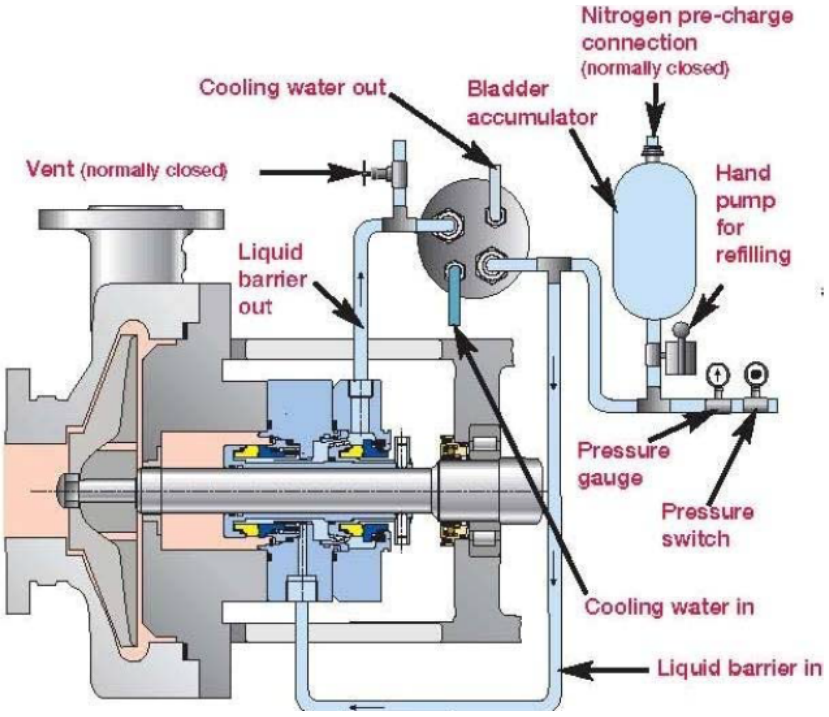
جدول ۸. انواع پلان آب‌بندی بر حسب نوع آب‌بند مکانیکی

نوع آب‌بند مکانیکی	پلان‌های آب‌بندی مرتبط
آب‌بند مکانیکی تک	۰۱،۰۲،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۲۱،۲۳،۳۱،۳۲،۴۱،۵۱
آب‌بند مکانیکی دوگانه با سیال واسطه مایع	۵۲،۵۳،۵۴
آب‌بند مکانیکی دوگانه با سیال واسطه گاز	۷۱،۷۲،۷۴،۷۵،۷۶
پلان‌های مشترک در آببند تک و دوگانه	۶۱،۶۲

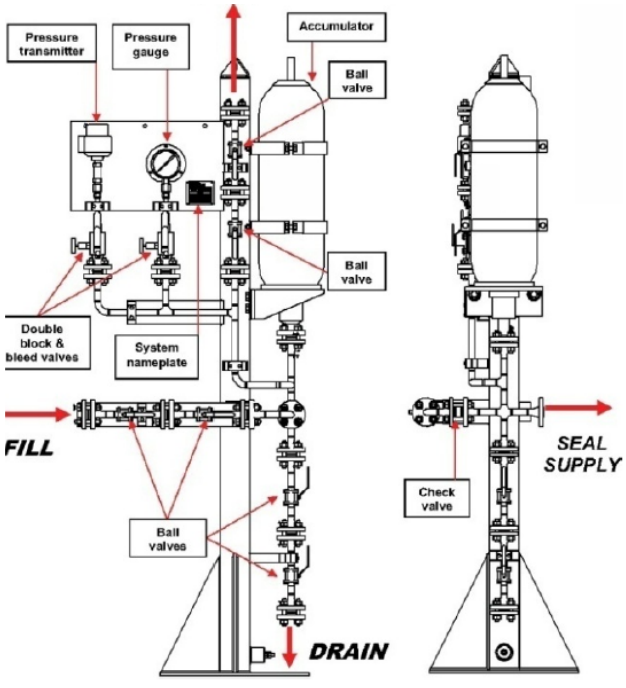
پلان ۵۳، سیستم آب‌بند دوگانه با فشار است که در سرویس‌هایی که نشتی به محیط اتمسفر مجاز نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پلان معمولا وقتی‌که سیال کثیف، ساینده و یا سیالاتی که ممکن است پلیمر شوند، وجود داشته باشد و امکان آسیب به وجوه آب‌بندها وجود داشته باشد؛ مورد استفاده قرار می‌گیرد. پلان ۵۳ را می‌توان دارای دو عیب اصلی دانست. نخست اینکه همیشه مقداری نشتی از سیال باریر به سیال فرایند وجود دارد. نرخ نشتی می‌تواند با پایش سطح سیال سیل پات کنترل شود. دوم وابستگی به فشار سیل پات در سطح مطلوب است. اگر فشار سیل پات کاهش یابد، سیستم شروع به عملکرد مشابه پلان ۵۲ می‌کند و ممکن است سیستم آب‌بندی در این پلان مطلوب نباشد. به‌عبارت دیگر جهت نشتی آب‌بند داخلی عوض می‌شود و سیال باریر با سیال فرایند آلوده می‌شود و ممکن است مشکلاتی ایجاد کند و یا حتی سیستم آب‌بندی خراب شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۴. نمایی از مکانیکال سیل مورد مطالعه



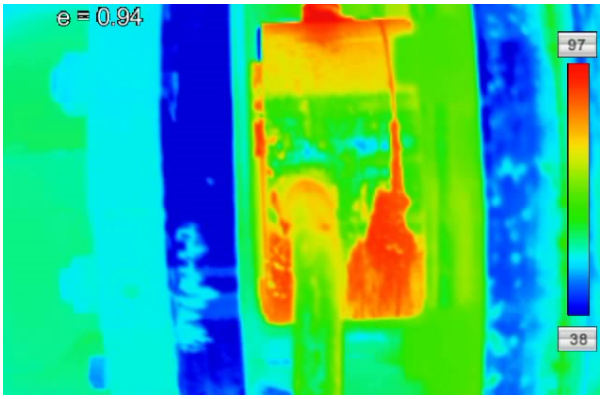
شکل ۱۵. نمایی از سیستم هوا خنک پلان ۵۳ (لوله‌های فین دار)

از جمله عوامل مؤثر بر افزایش دمای مکانیکال سیل می‌توان به ناهم‌راستایی، مشکلات نصب، سایش و اصطکاک سطوح در اثر نقص در شرایط مایع سیل فلش و آلودگی سیال اشاره نمود. باتوجه به آنالیز ارتعاشات و بررسی زوایای فاز در دو سر

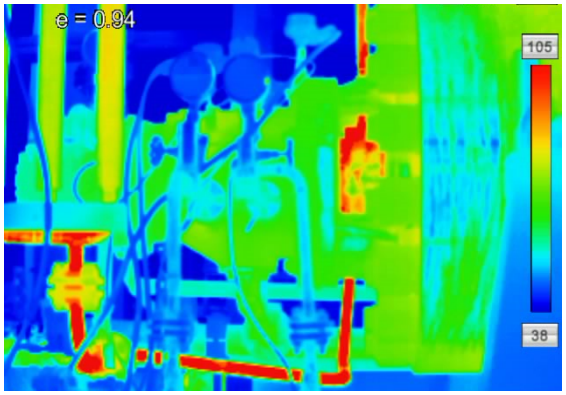
www.SID.ir

Archive of SID

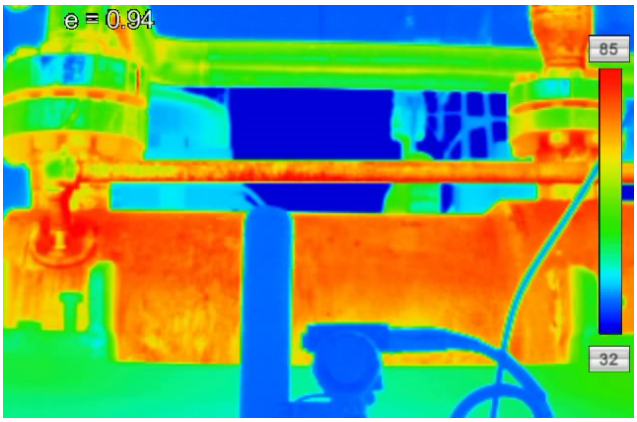
کوپلینگ[10]، احتمال ناهم‌راستایی تا حدود زیادی منتفی گردید و تصمیم گرفته شد در مرحله نخست نسبت به صدور درخواست کار جهت بررسی وضعیت سیستم مکانیکال سیل اقدام گردید. پس از انجام PMهای مربوطه و شارژ سیال باریر مشکل رشد حرارتی مشاهده شده در مکانیکال سیل برطرف و شرایط تجهیز نرمال گردید.



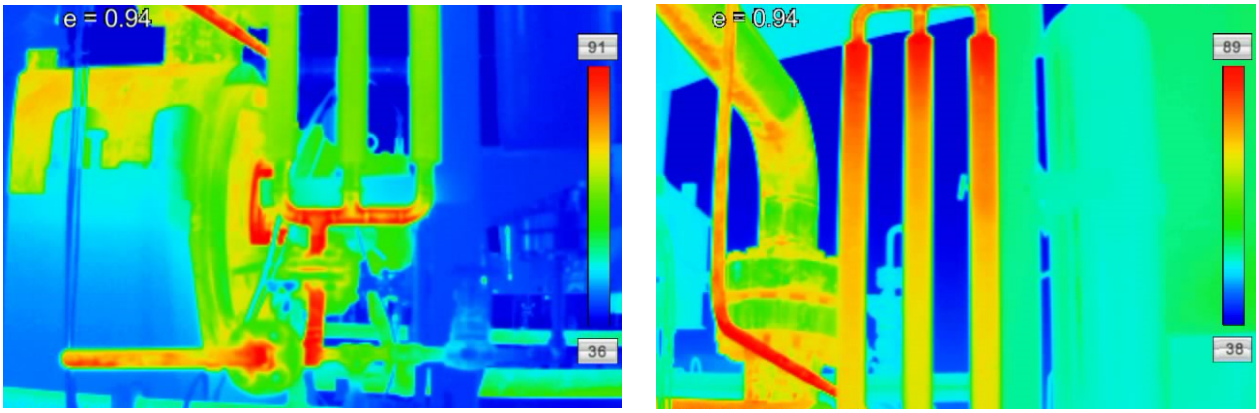
شکل ۱۶. تصویر حرارتی مکانیکال سیل DE پمپ



شکل ۱۷. تصویر حرارتی مکانیکال سیل NDE پمپ



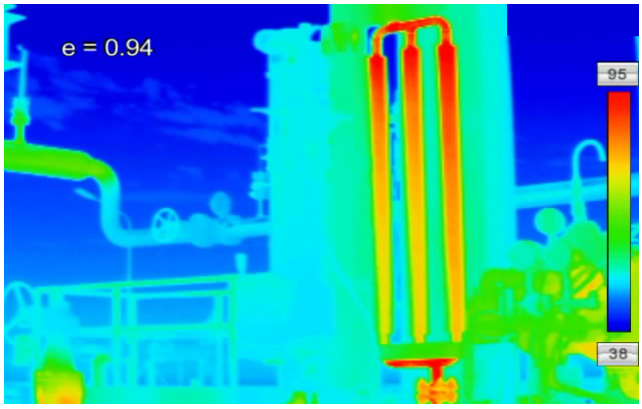
شکل ۱۸. تصویر حرارتی بدنه پمپ

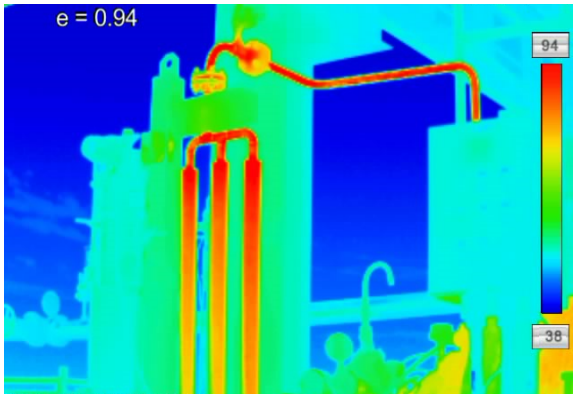


شکل ۱۹. تصویر حرارتی خط‌های سیل فلش مکانیکال سیل (DE)

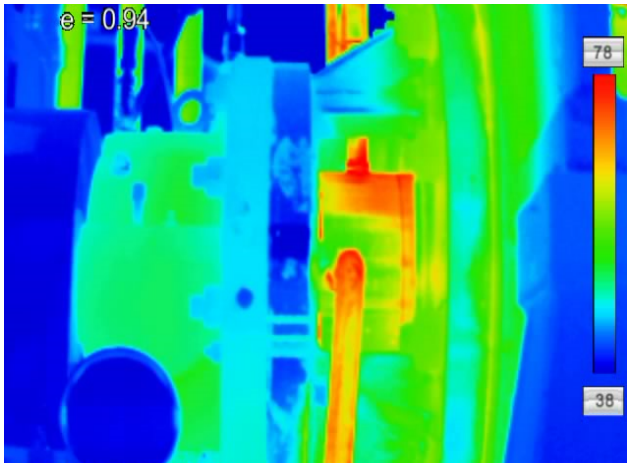
www.SID.ir

Archive of SID

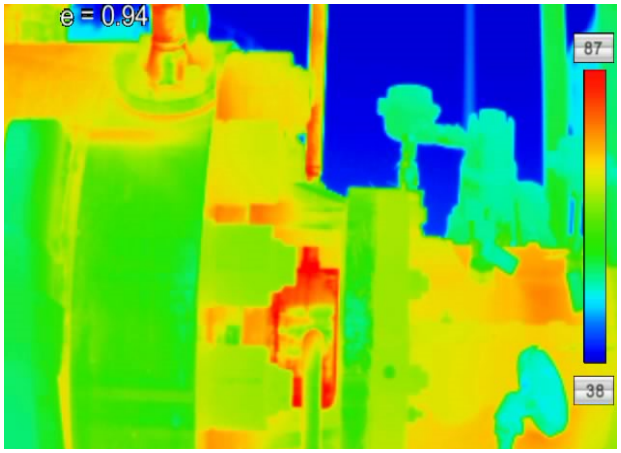




شکل ۲۰. تصویر حرارتی خط‌های سیل فلش مکانیکال سیل (NDE)



شکل ۲۱. تصویر حرارتی مکانیکال سیل DE پمپ پس از اقدامات اصلاحی



شکل ۲۲. تصویر حرارتی مکانیکال سیل NDE پمپ پس از اقدامات اصلاحی

۵. نتیجه‌گیری

اجرای برنامه CM باید در یک کلاس جهانی پیگیری شود و نباید تنها به عیب‌یابی و تشخیص ارتعاشات شدید و یا تشخیص خرابی یک یاتاقان محدود شود. به عبارت دیگر باید از تمام قابلیت‌های روش‌های پایش وضعیت در دسترس، متناسب با شرایط اقتصادی و تجهیزات مستقر در هر سایت استفاده شود.

به‌منظور اجرای درست روش‌های پایش وضعیت لازم است کاربردها، مزایا و محدودیت‌های هر یک از روش‌ها و ارتباط بین روش‌های مختلف مورد توجه قرار گیرد. به بیان دیگر هر روش باید به‌صورت اصولی اجرایی شده و نتایج به‌دست آمده از هر کدام با نتایج خروجی روش دیگر مقایسه گردد. در برخی موارد ممکن است در عیب‌یابی‌ها، یک روش خاص کارا باشد ولی در بیشتر موارد می‌توان گفت که تجمیع روش‌های مختلف به تصمیم‌گیری درست کمک شایانی می‌کند.

تنها زمانی می‌توان شرایط یک تجهیز دوار را نرمال دانست و عمر کارکردی قابل قبولی برای آن متصور بود که تمام پارامترهای مورد بررسی نرمال باشند.

٦. قدردانی

نویسنده برخود وظیفه می‌داند از حمایت‌های بی‌دریغ مدیریت محترم و همکاری پرسنل نگهداری و تعمیرات شرکت راه‌اندازی و بهره‌برداری صنایع نفت در پیاده‌سازی نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه مبتنی بر روش‌های پایش وضعیت در پروژه میدان نفتی آزادگان شمالی قدردانی نماید.

www.SID.ir

Archive of SID

۷. مآخذ

[1] Douglas Plucknett,*"Reliability Centered Maintenance using RCM Blitz"*, 2011.

[2] Caesarendra, Wahyu, Buyung Kosasih, Anh Kiet Tieu, Hongtao Zhu, Craig AS Moodie, and Qiang Zhu, "Acoustic emission-based condition monitoring methods: Review and application for low speed slew bearing", *Mechanical Systems and Signal Processing,* 2016, Vol.72, pp.134-159.

[3] Vishwakarma, Manish, Rajesh Purohit, V. Harshlata, and P. Rajput, "Vibration analysis & condition monitoring for rotating machines: a review", *Materials Today: Proceedings,* 2017, Vol.4, no.2, pp.2659-2664.

[4] Bagavathiappan, Subramaniam, B. B. Lahiri, T. Saravanan, John Philip, and T. Jayakumar, "Infrared thermography for condition monitoring–A review", *Infrared Physics & Technology,* 2013, Vol.60, pp.35-55.

پی‌نوشت:

1. Rolling bearing
2. Thermography
3. Acoustic Emission
4. Refractory
5. Triethylene glycol (TEG)
6. Noise
7. Pulsation damper
8. Lineament
9. mechanical seals
10. Coupling

www.SID.ir