

سه مورد کاوی از دستاوردهای استفاده از روش‌های مختلف پایش وضعیت در عیب‌یابی تجهیزات دوار (آنالیز ارتعاشات، دمانگاری، نشر آوایی)

سعید شیروانی شاه‌عنایتی*

کارشناسی ارشد پایش وضعیت

شرکت راه اندازی و بهره برداری صنایع نفت (OICO)

s.shirvani.17947@oico.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۵

چکیده

افزایش دقت در گزارش‌های واحد پایش وضعیت منجر به کاهش زمان و هزینه تعمیرات و افزایش رضایت و اعتماد مدیریت نسبت به مقوله پایش وضعیت می‌گردد. به‌کارگیری هم‌زمان روش‌های پایش وضعیت بهترین راه برای اجتناب از ارائه گزارش‌های ناصحیح، چندپهلوی و گمراه‌کننده است. این مقاله به تشریح سه مورد کاوی از دستاوردهای به‌کارگیری هم‌زمان روش‌های پایش وضعیت در عیب‌یابی تجهیزات دوار می‌پردازد. هرچه اطلاعات جمع‌آوری شده از وضعیت ارتعاشات، دمای روانکار و صدای تجهیزات دوار بیشتر باشد، دقت پایش و عیب‌یابی تجهیزات نیز به مراتب بیشتر خواهد بود.

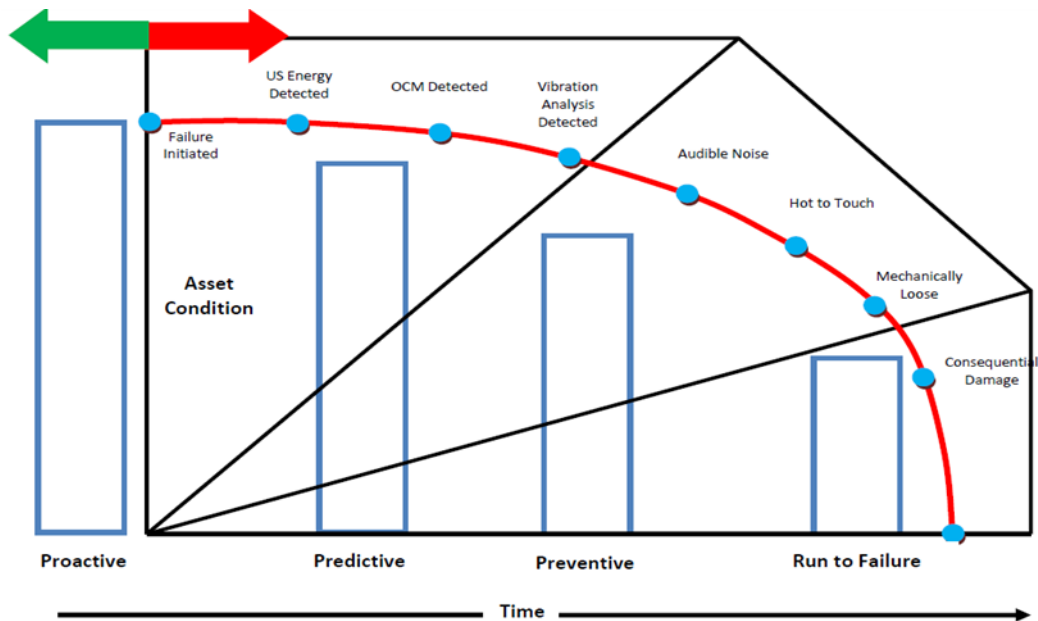
واژگان کلیدی: پایش وضعیت، آنالیز ارتعاشات، دمانگاری، نشر آوایی، نت پیش‌بینانه.

۱. مقدمه

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

به‌عنوان نمونه و به‌طور خاص، راهبرد تعمیرات پیش‌بینانه باید همراه و در کنار راهبرد 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 راهبرد کار تا شکست پناه برد. شکل ۱ راهبردهای

مختلف موجود برای پایش و عیب‌یابی یک یاتاقان غلتشی را نشان می‌دهد [۱]. همان‌گونه که در شکل مذکور مشاهده می‌شود، روش‌هایی همچون آنالیز ارتعاشات، آنالیز روغن، نشر آوایی و دمانگاری 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 نشر آوایی، تشخیص زودهنگام عیوب است [۲]. منظور از زودهنگام، تشخیص عیب پیش از شناسایی آن به کمک آنالیز ارتعاشات است. به همان میزان که توانایی این روش برای تشخیص زودهنگام قابل‌تحسین 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.



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

عبارت هستند از: فشار و دمای سیال ورودی و خروجی به تجهیز به منظور ارزیابی شرایط عملیاتی ماشین، توان مصرفی الکتروموتور و دمای نقاط مختلف بر روی تجهیزات. شایان ذکر است که ثبت اینگونه داده‌ها جزو جدا نشدنی مقوله پایش وضعیت است و اجرای آن همراه با داده‌برداری الزامی است. جمع‌آوری این داده‌ها به منظور مطالعه تغییرات شرایط فرایندی تجهیزات در فصول و دماهای مختلف در طول سال و آرشیبو 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 گردد.

۲. موردکاوی شماره ۱ (ریشه‌یابی علت رشد دما و ارتعاشات در پمپ صادرات نفت)

موردکاوی نخست مربوط به پمپ‌های صادرات نفت است. این پمپ‌ها جزء حیاتی‌ترین تجهیزات دوار مستقر در سایت بوده و در صورت توقف ناگهانی منجر به توقف تولید و صادرات نفت می‌گردد. تصویر پمپ مورد بررسی در شکل ۲ ارائه شده است.

آنچه به صورت 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 تحسین برانگیز 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 به صورت کلی جزء جدانشدنی موضوع پایش وضعیت است.

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

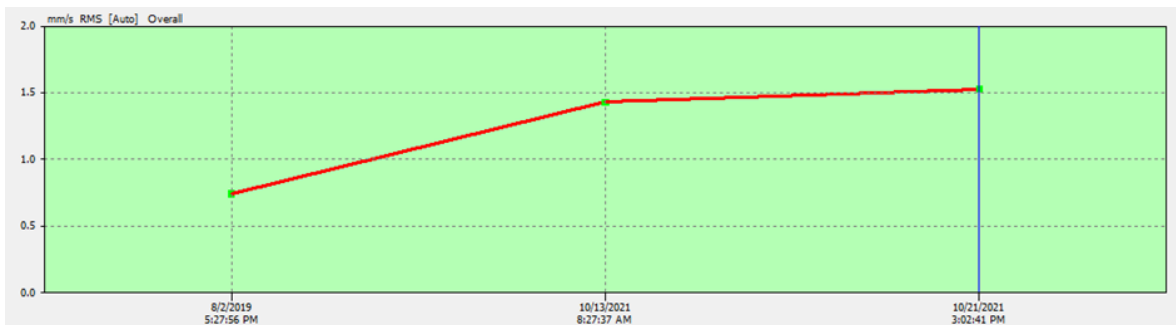
لازم به ذکر است علاوه بر پیاده‌سازی روش‌های پایش وضعیت مورد استفاده، لازم است با تهیه فرم‌هایی جداگانه برای هر تجهیز داده‌های فرایندی را نیز ثبت نمود. این داده‌ها



شکل ۲. پمپ صادرات نفت

ارتعاشات در مقایسه با استانداردهای رایج در محدوده نرمال قرار دارد ولی رشد این مقادیر نسبت به تاریخچه پیشین تجهیز نگران کننده است. به عبارت دیگر رشد مقادیر کلی ارتعاشات محوری تجهیز از 0.7 میلی متر بر ثانیه به 1.5 میلی متر بر ثانیه نشان از یک رشد 100% دارد.

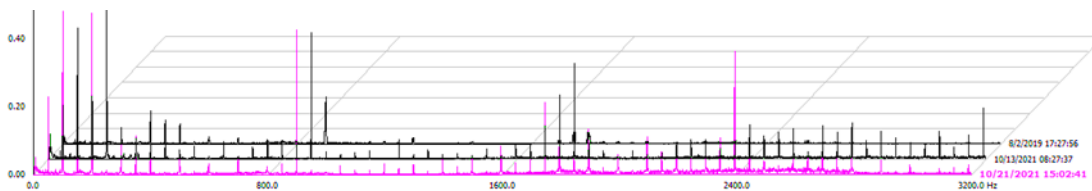
در پایش وضعیت پمپ مذکور به کمک روش آنالیز ارتعاشات و دمانگاری مواردی مشاهده شد که در ادامه تشریح می گردد. در داده برداری از پمپ رشد دامنه ارتعاشات در برخی نقاط مشاهده گردید. مطابق روند ارائه شده در شکل ۳ بیشترین افزایش در راستای افقی ثبت شده است. هرچند مقادیر کلی



شکل ۳. روند ارتعاشات تجهیز در راستای افقی

بالا دارد. این مسئله در نمودار آبشاری طیف فرکانسی راستای افقی مشهود است که در شکل ۴ آورده شده است.

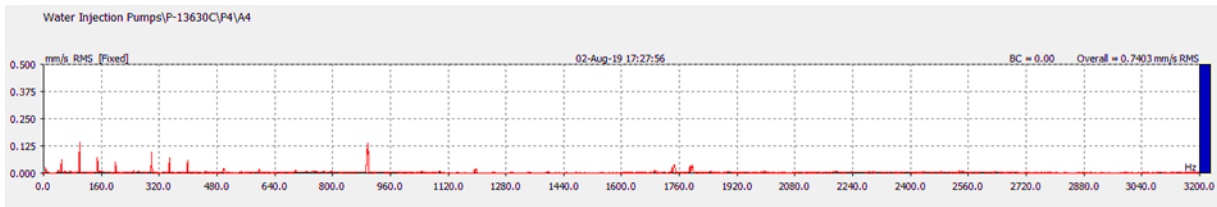
بررسی طیف فرکانسی نیز نشان از رشد هارمونیک های دور و همچنین ظهور یک دسته باند فرکانسی در فرکانس های



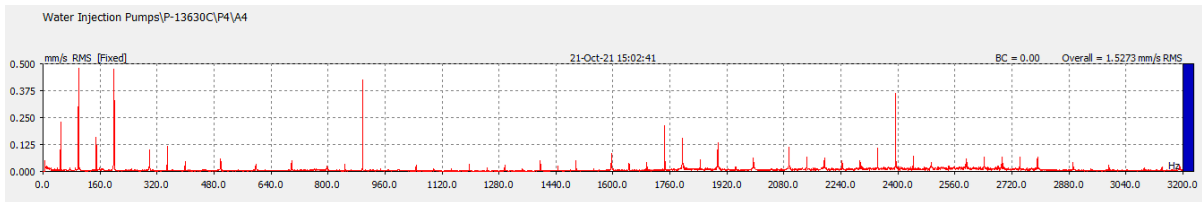
شکل ۴. نمودار آبشاری طیف فرکانسی پمپ در راستای افقی

شده از تجهیز در تصاویر ۵ و ۶ ارائه شده است.

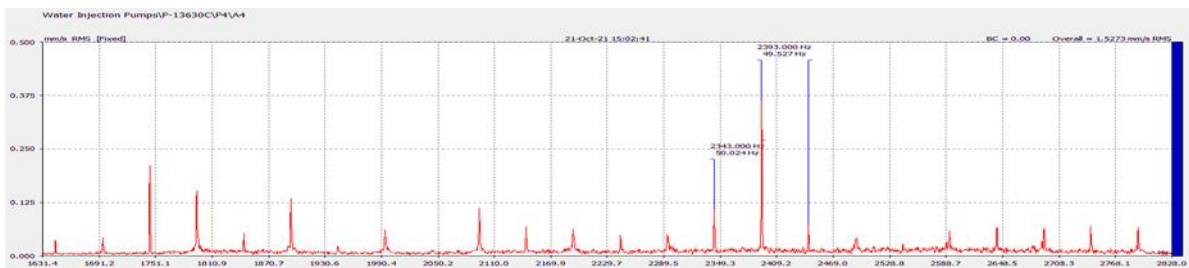
به منظور بررسی دقیق تر، اولین و آخرین طیف فرکانسی ثبت



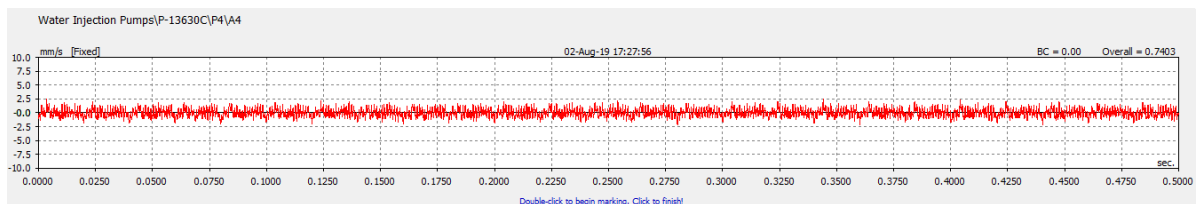
شکل ۵. طیف فرکانسی پمپ در راستای محوری پیش از وقوع خرابی



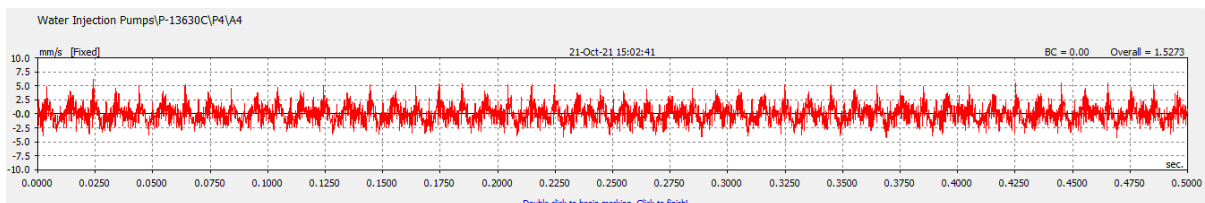
شکل ۶. طیف فرکانسی پمپ در راستای محوری پس از وقوع خرابی



شکل ۷. طیف فرکانسی بزرگ‌نمایی شده پمپ در راستای محوری پس از وقوع خرابی



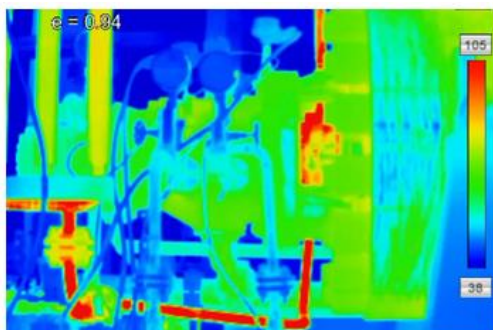
شکل ۸. سیگنال زمانی پمپ در راستای محوری پیش از وقوع خرابی



شکل ۹. سیگنال زمانی پمپ در راستای محوری پس از وقوع خرابی

مکانیکال آب‌بند نسبت به سایر نقاط بدنه پمپ طبیعی است؛ ولی اختلاف دمای بین نقاط مختلف بیرینگ و همچنین خط آب‌بند فلش در مقایسه با تجهیز مشابه قابل تأمل بود.

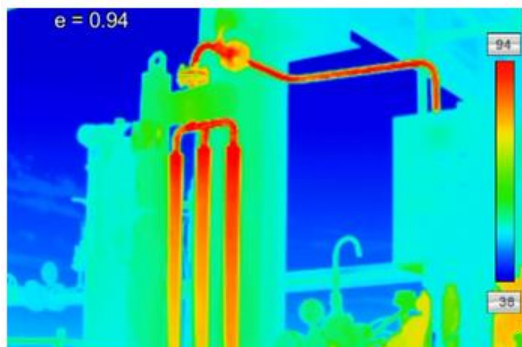
در بازرسی مبتنی بر نشرآوایی از پمپ نیز ۲۳ دسی‌بل رشد در سطح صدای پمپ مشاهده گردید. همچنین در دمانگاری انجام شده، نقاط دما بالا با دمای قابل توجه بر روی مکانیکال آب‌بند پمپ مشاهده گردید. هرچند بالا بودن دمای قسمت



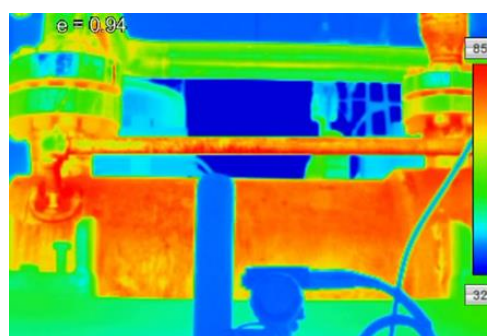
شکل ۱۱. تصویر حرارتی مکانیکال آب بند پمپ



شکل ۱۰. تصویر حرارتی مکانیکال آب بند پمپ



شکل ۱۳. تصویر حرارتی خط‌های آب بند فلش مکانیکال سیل



شکل ۱۲. تصویر حرارتی بدنه پمپ

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.

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

جدول ۱. انواع آب‌بندی برحسب نوع آب‌بند مکانیکی

پلان‌های آب‌بندی مرتبط	نوع آب‌بند مکانیکی
۰۱،۰۲،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۲۱،۲۳،۳۱،۳۲،۴۱،۵۱	آب‌بند مکانیکی تک
۵۲،۵۳،۵۴	آب‌بند مکانیکی دوگانه با سیال واسطه مایع
۷۱،۷۲،۷۴،۷۵،۷۶	آب‌بند مکانیکی دوگانه با سیال واسطه گاز
۱۶۶۲	پلان‌های مشترک در آب‌بند تک و دوگانه

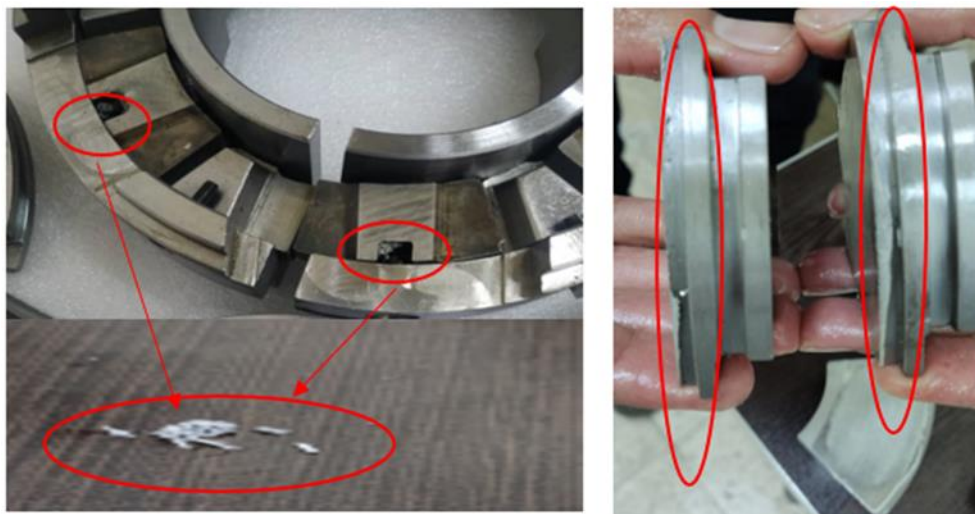
باشد و امکان آسیب به وجوه آب‌بندها وجود داشته باشد؛ مورد استفاده قرار می‌گیرد. پلان ۵۳ را می‌توان دارای دو عیب اصلی دانست. نخست اینکه همیشه مقداری نشتی از سیال باربر به سیال فرایند وجود دارد. نرخ نشتی می‌تواند با پایش

پلان ۵۳، سیستم آب‌بند دوگانه با فشار است که در سرویس‌هایی که نشتی به محیط اتمسفر مجاز نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پلان معمولاً وقتی که سیال کثیف، ساینده و یا سیالاتی که ممکن است پلیمر شوند، وجود داشته

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. به عبارت دیگر جهت نشستی آببند داخلی عوض می‌شود و سیال باربر با سیال فرایند آلوده می‌شود و ممکن است مشکلاتی ایجاد کند و یا حتی سیستم آببندی خراب شود. از جمله عوامل مؤثر بر افزایش دمای مکانیکال آببند می‌توان به ناهم‌راستایی، مشکلات نصب، سایش و اصطکاک سطوح در اثر نقص در شرایط مابعد آببند فلش و آلودگی سیال اشاره نمود. باتوجه به جمع‌بندی نتایج حاصل از آنالیز ارتعاشات، نشرآوایی و دمانگاری وجود یک یا چند عیب هم‌زمان در تجهیز محرز گردید. با توجه به مشاهده فرکانس غالب 2X به همراه هارمونیک‌های متعدد دور و

حتی ظهور دسته باند فرکانس بالا در طیف فرکانسی از یک سو و رشد دما و سطح صدا بر روی یاتاقان‌های پمپ از سوی دیگر، وجود لقی و سایش در اجزای دورانی پمپ محرز گردید.

بدین ترتیب نسبت به صدور درخواست کار مبنی بر بازرسی چشمی وضعیت یاتاقان‌ها و همچنین بررسی وضعیت لقی یاتاقان اقدام گردید. همچنین باتوجه به وضعیت دمایی مکانیکال آببند و خط آببند فلش نیز درخواست گردید نسبت به انجام تعمیرات دوره‌ای مربوطه و شارژ سیال باربر اقدام گردد. پس از خروج تجهیز از سرویس و در بازدید انجام شده مشخص گردید پدهای ژورنال یاتاقان به همراه کلاردیسک دچار سایش و خوردگی شده است. تصویر خرابی تشخیص داده شده به کمک روش‌های پایش وضعیت در شکل ۱۵ ارائه شده است.



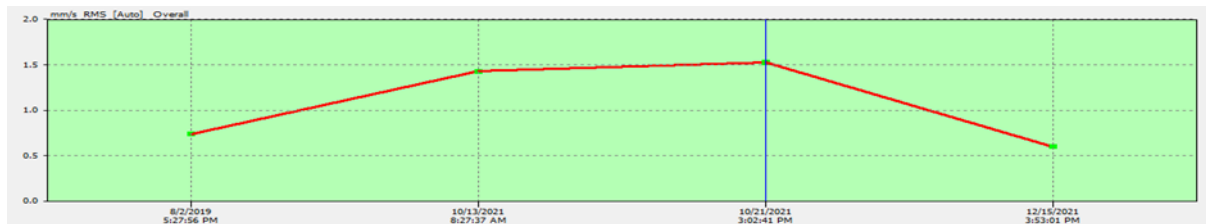
شکل ۱۴. سایش بایت پدهای‌های ژورنال یاتاقان پمپ

پس از تعویض یاتاقان و کلاردیسک و شارژ سیال باربر مشکل هم‌زمان ارتعاشات، دما و صدای تجهیز برطرف گردید. مطابق روند ارتعاشات ارائه شده در شکل ۱۶، ارتعاشات محوری پمپ پس از تعمیرات انجام شده بیش از ۶۰٪ کاهش یافت.

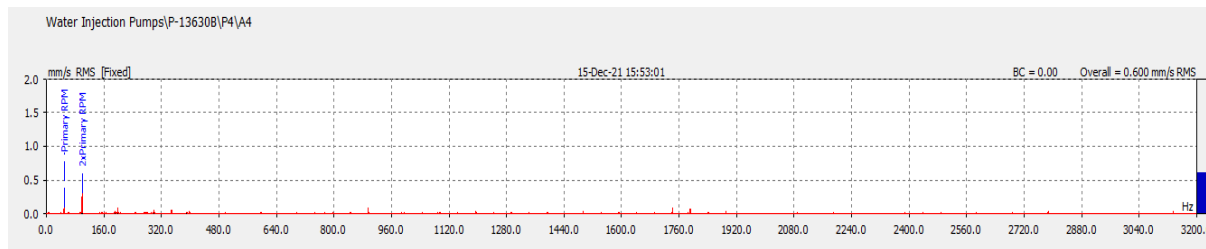
در شکل ۱۷ که مربوط به طیف فرکانسی پمپ بعد از تعویض بیرینگ است حذف فرکانس‌های مربوطه خرابی بیرینگ مشهود بوده و طیف فرکانسی نیز به وضعیت نرمال بازگشته است. همچنین مطابق شکل‌های ۱۸ و ۱۹ نیز دمای نقاط دما بالا بر روی بیرینگ و مکانیکال آببند حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت.

سرعت تشخیص داده شد و مشکل پیش از رشد خرابی با حداقل هزینه تعمیراتی برطرف گردید.

بدین ترتیب در مورد کاوی حاضر وجود مشکل در تجهیز دوار به کمک روش نشر آوایی و تحلیل ارتعاشات و دمانگاری به



شکل ۱۵. روند کاهشی دامنه ارتعاشات محوری پمپ پس از اقدامات اصلاحی

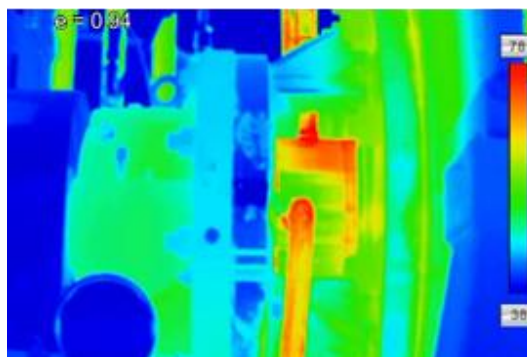


شکل ۱۶. طیف فرکانسی پمپ پس از اقدامات اصلاحی حذف فرکانس‌های بالا در اثر تعویض بیرینگ معیوب

۳. مورد کاوی شماره ۲ (تشخیص خرابی یاتاقان

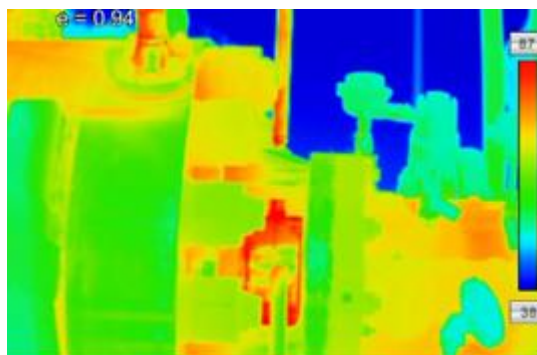
الکتروموتور بلوئر واحد گرم‌کننده روغن)

واحد گرم‌کننده روغن یکی از واحدهای حیاتی مجتمع پالایش نفت به‌شمار می‌رود. در مجتمع مورد نظر سه دستگاه گرم‌کننده روغن در نظر گرفته شده است. وظیفه گرم‌کننده‌ها افزایش دمای روغن به میزان ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد است. روغن گرم‌شده در مبدل‌های حرارتی و جهت گرم کردن نفت، گاز و آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. ظرفیت مخازن روغن ۲۷۰ مترمکعب است. با توجه به ارتفاع مخزن و فشار نیتروژن روی آن، روغن به‌طرف پمپ‌های ناحیه گرم‌کننده جریان پیدا می‌کند. ابتدا روغن با درجه حرارت محیط و فشار ۱۵psi وارد پمپ شده و با فشار ۱۰۵psi به‌طرف گرم‌کننده روغن ارسال شده و طی گردش در یک مدار بسته دمای روغن تا ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. جهت روشن کردن مشعل‌ها و تامین هوای احتراق برای هرکدام یک دمنده در نظر گرفته شده است تا احتراق گاز به‌خوبی صورت پذیرد و دمای روغن تأمین گردد.



شکل ۱۷. تصویر حرارتی مکانیکال آب‌بند پمپ با کاهش ۲۷

درجه‌ای دما پس از اقدامات اصلاحی



شکل ۱۸. تصویر حرارتی مکانیکال آب‌بند پمپ پس از

اقدامات اصلاحی با کاهش ۸ درجه‌ای دما

و ۳ ارائه شده است. هرچند مقادیر کلی ارتعاشات براساس استاندارد در محدوده نرمال قرار دارد ولی روند افزایشی مشاهده شده در شکل‌های ۲۰ و ۲۱ نشان از وقوع تغییراتی در وضعیت بیرینگ‌های الکتروموتور دارد.

در ادامه به بررسی مشخصه‌های ارتعاشی و چگونگی تشخیص خرابی یاتاقان یکی از دمنده‌های واحد مذکور پرداخته شده است. مقادیر ارتعاشات و پارامتر بیرینگ اندازه‌گیری شده بر روی بیرینگ‌های الکتروموتور در جدول ۲

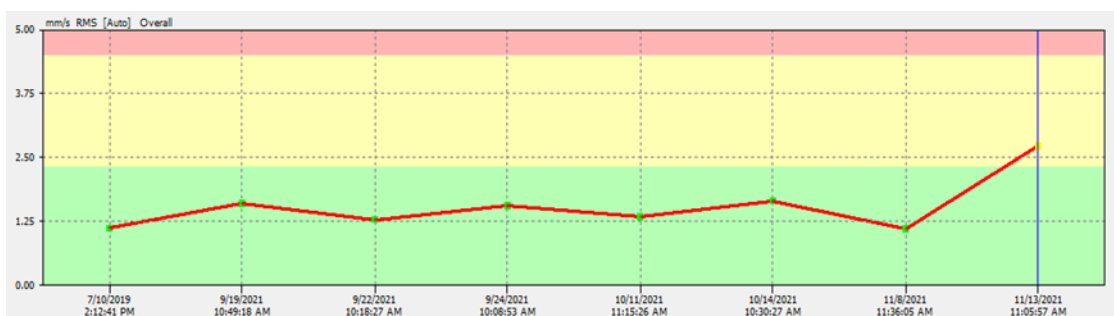
جدول ۳. مقادیر پارامتر یاتاقان پیش از تعویض بیرینگ

	بیرینگ سمت کوپلینگ	بیرینگ سمت آزاد
راستای عمودی	۱/۹	۲/۴
راستای افقی	۲/۹	۱/۷

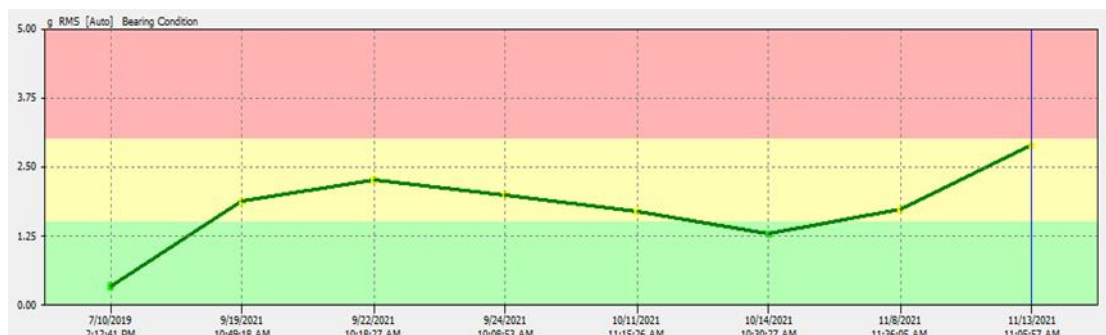
جدول ۲. مقادیر کلی ارتعاشات (میلی متر بر ثانیه) پیش از تعویض

بیرینگ

	بیرینگ سمت کوپلینگ	بیرینگ سمت آزاد
راستای عمودی	۲/۱	۲
راستای افقی	۲/۳	۲/۷
راستای محوری	***	۲/۱



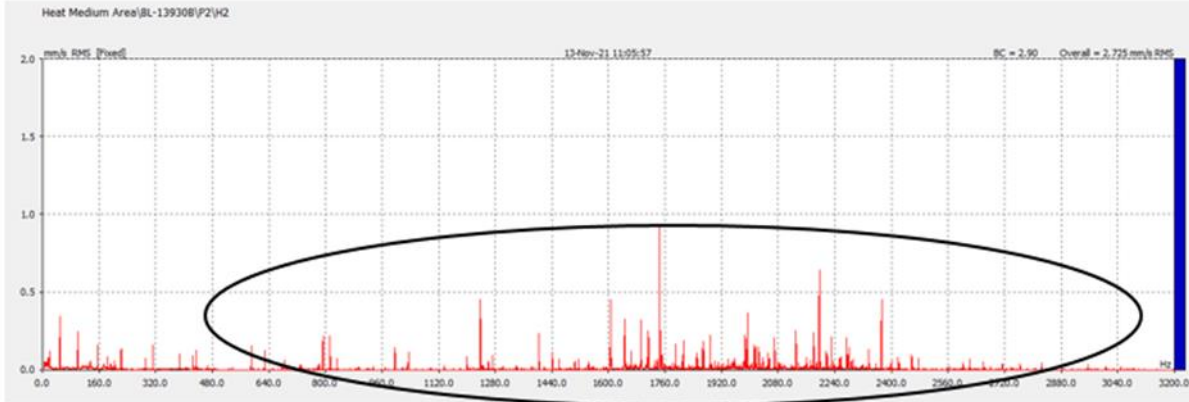
شکل ۱۹. روند ارتعاشات با افزایش محسوس دامنه ارتعاشات طی آخرین داده‌برداری از تجهیز



شکل ۲۰. روند پارامتر بیرینگ با افزایش محسوس دامنه پارامتر بیرینگ طی آخرین داده‌برداری از تجهیز

فرکانس‌های متعددی مشاهده می‌گردد که برخی با هارمونیک‌های فرکانس‌های خرابی بیرینگ مرتبط هستند که در شکل ۲۲ مشاهده می‌شود.

در گام بعد بررسی دقیق‌تر طیف فرکانسی ارتعاشات و منحنی پوش تجهیز اطلاعات بیشتری از علت تغییر مشاهده شده مذکور را روشن می‌سازد. در طیف فرکانسی، ظهور



شکل ۲۱. طیف پوش در زمان وقوع خرابی یاتاقان

شکل ۲۲ موقعیت و شدت خرابی یاتاقان مورد بررسی را نشان می‌دهد.



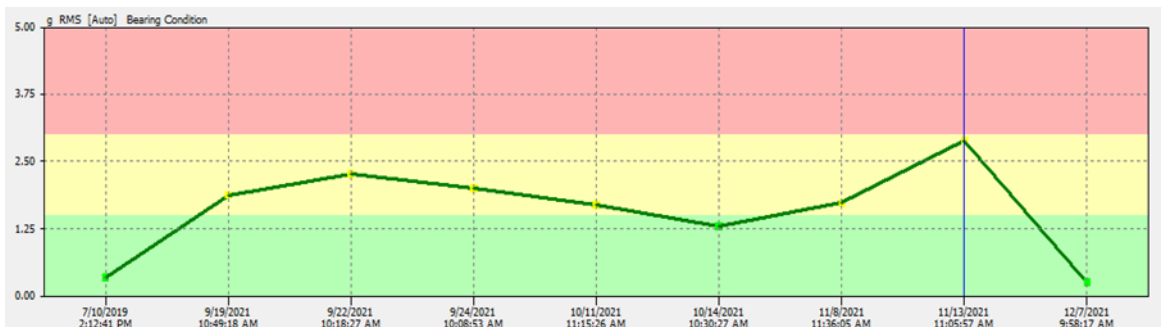
شکل ۲۲. تصاویر خرابی یاتاقان

جدول ۵. مقادیر پارامتر یاتاقان پس از تعویض یاتاقان

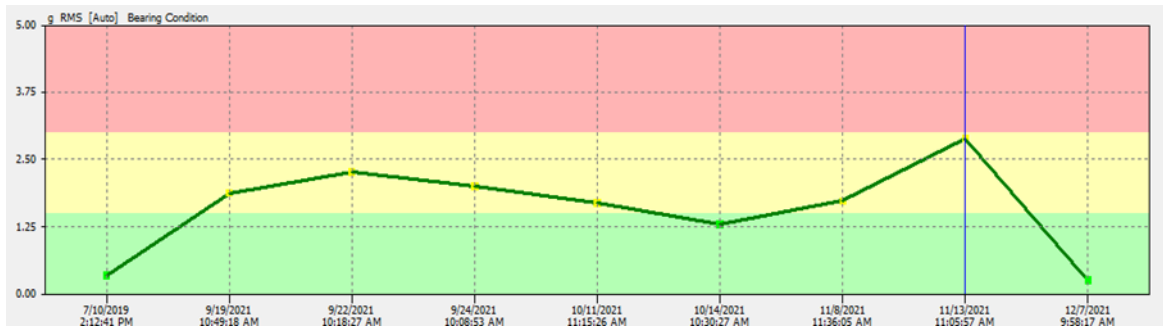
	بیرینگ سمت کوپلینگ	بیرینگ سمت آزاد
راستای عمودی	۰/۱	۰/۱
راستای افقی	۰/۳	۰/۲

جدول ۴. مقادیر ارتعاشات پس از تعویض یاتاقان

	بیرینگ سمت کوپلینگ	بیرینگ سمت آزاد
راستای عمودی	۳.۱	۱/۲
راستای افقی	۱	۱/۱
راستای محوری	۱/۳	***



شکل ۲۳. روند مقادیر کلی ارتعاشات پس از تعویض یاتاقان



شکل ۲۴. روند پارامتر یاتاقان پس از تعویض یاتاقان



شکل ۲۵. تصویر الکتروپمپ واحد تری اتیلن گلایکول

جدول ۷. مقادیر کلی پارامتر یاتاقان (بی بعد) الکتروپمپ تری اتیلن گلایکول

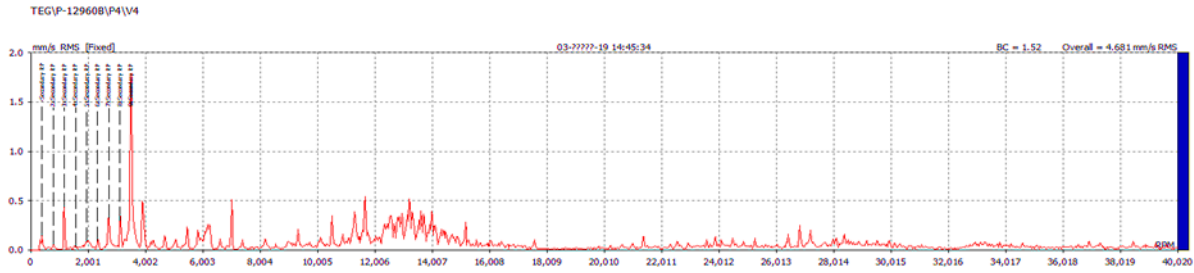
	الکتروموتور		پمپ	
	سمت آزاد	سمت کوپلینگ	سمت کوپلینگ	سمت آزاد
راستای عمودی	۱/۵	۲/۵	۲/۳	۱/۶
راستای افقی	۱/۶	۲/۳	۲/۱	۲/۳

جدول ۶. مقادیر ارتعاشات (میلی متر بر ثانیه) الکتروپمپ تری اتیلن گلایکول

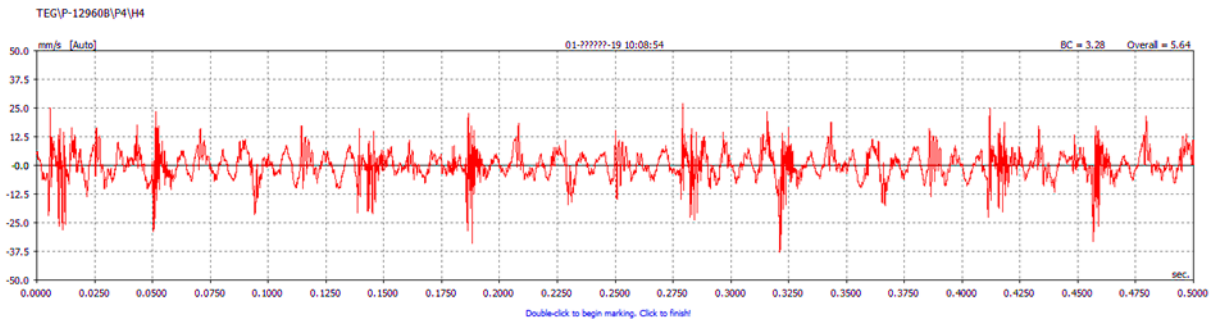
	الکتروموتور		پمپ	
	سمت آزاد	سمت کوپلینگ	سمت کوپلینگ	سمت آزاد
راستای عمودی	۴/۷	۳/۷	۲/۹	۲/۸
راستای افقی	۵/۷	۴/۲	۳/۷	۲/۷
راستای محوری	***	***	۲/۴	***

جدول ۸. مقادیر صدای اندازه گیری شده به کمک آزمون نشر آوایی (دسی بل)

	الکتروموتور		پمپ	
	سمت آزاد	سمت کوپلینگ	سمت کوپلینگ	سمت آزاد
راستای عمودی	۲۶	۲۶	۳۵	۲۴

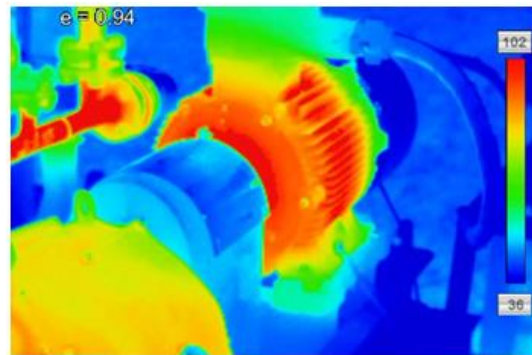


شکل ۲۶. طیف فرکانسی پمپ در راستای عمودی

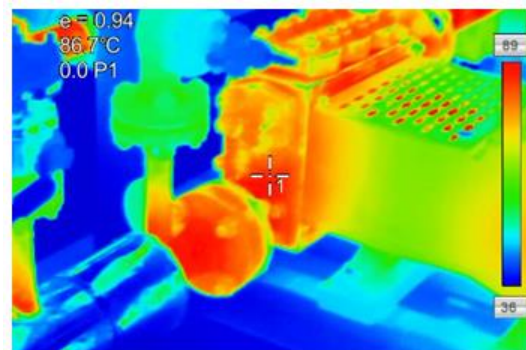


شکل ۲۷. سیگنال زمانی پمپ در راستای افقی

- ✓ هرچند مقادیر کلی ارتعاشات ارائه شده در جدول ۶ براساس سفارش سازنده در محدوده قابل قبول است ولی مشاهده هارمونیک‌های دور در طیف فرکانسی شکل ۲۶ و پدیده ضربه در سیگنال زمانی شکل ۲۷ با دامنه قابل توجه یک هشدار به شمار می‌رود. در بررسی انجام شده مشخص شد دلیل این مسئله به علت نبود یکنواخت‌کننده جریان در مسیر سیال است که نسبت به صدور درخواست کار جهت تهیه و نصب آن اقدام گردید.
- ✓ باتوجه به دمای خط ورودی و خروجی و مشاهده نقاط دما بالا در شکل ۲۹ از واحد پردازش درخواست شد نسبت به بررسی پارامترهای فرایندی اقدام گردد.
- ✓ باتوجه به مشاهده دمای قابل توجه بر روی هوزینگ یاتاقان الکتروموتور مطابق شکل ۲۸ و رشد ۱۱ دسی بل سطح صدا در آزمون نشرآوایی تصمیم گرفته شد نسبت به بررسی وضعیت روانکاری و چک وضعیت هم‌راستایی اقدام گردد. در آزمون بی‌باری الکتروموتور مشخص گردید رشد سطح



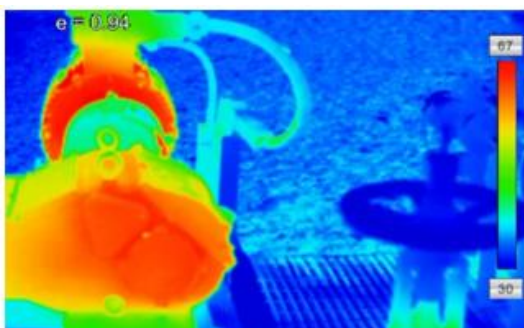
شکل ۲۸. تصویر حرارتی الکتروموتور و پمپ



شکل ۲۹. تصویر حرارتی پمپ

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

بیرینگ تجهیز کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۳۱. تصویر حرارتی الکتروموتور و پمپ پس از اقدامات اصلاحی انجام شده

صدا مربوط به نقص روانکاری بوده و گریس کاری نیز منجر به کاهش سطح صدا نشد. بدین ترتیب نسبت به بازدید چشمی از یاتاقان اقدام گردید. پس از بازدید، شستشو و مونتاژ مجدد یاتاقان الکتروموتور نسبت به هم‌راستاسازی مجدد تجهیز اقدام گردید. وضعیت تجهیز پس از راه‌اندازی مجدداً مورد بررسی قرار گرفت. داده‌برداری مجدد نشان از بهبود شرایط کارکرد تجهیز داشت که در شکل ۳۱ مشاهده می‌شود. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۹ و ۱۰ و ۱۱ نوبه ارتعاشات و پارامتر

جدول ۹. مقادیر صدای اندازه‌گیری شده به کمک آزمون نشر آوایی پس از انجام اقدامات اصلاحی (دسی‌بل)

	الکتروموتور		پمپ	
	سمت آزاد	سمت کوپلینگ	سمت کوپلینگ	سمت محرک
راستای عمودی	۲۴	۲۵	۲۲	۲۱

جدول ۱۱. مقادیر کلی پارامتر یاتاقان پس از اقدامات اصلاحی (گریس کاری، شارژ روغن و نصب یکنواخت‌کننده جریان)

	الکتروموتور		پمپ	
	سمت کوپلینگ	سمت محرک	سمت کوپلینگ	سمت محرک
راستای عمودی	۱/۳	۱/۴	۱/۱	۰/۹
راستای افقی	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۰/۹

جدول ۱۰. مقادیر کلی دامنه ارتعاشات پس از نصب یکنواخت‌کننده جریان (میلی‌متر بر ثانیه)

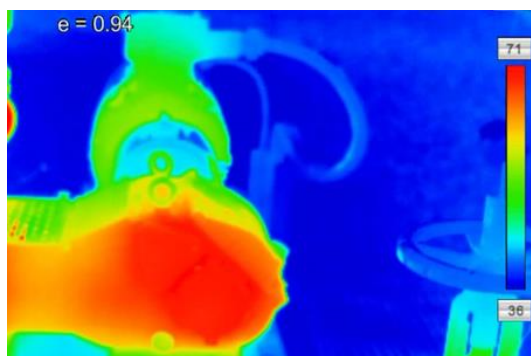
	الکتروموتور		پمپ	
	سمت کوپلینگ	سمت محرک	سمت کوپلینگ	سمت محرک
راستای عمودی	۳/۵	۳/۳	۲/۸	۲/۷
راستای افقی	۳/۹	۳/۷	۳/۴	۲/۷
راستای محوری	***	***	۲/۳	***

روغن در شکل ۳۳ به وضوح قابل مشاهده است. این نکته بار دیگر اهمیت پایش متناوب و هم‌زمان پارامترهای مختلف با استفاده از ابزار و روش‌های موجود را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر با توجه به عدم امکان بازدید روزانه سطح روغن پمپ اگر از روش دمانگاری استفاده نمی‌شد این مشکل به راحتی می‌توانست منجر به وقوع خرابی سنگین و تحمیل هزینه تعمیراتی سنگین و توقف تولید گردد. هزینه‌ای معادل هزینه خرید یک دوربین دمانگاری! این مورد کاوی بار

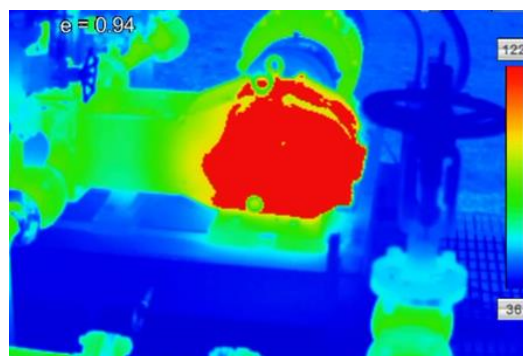
داده‌برداری‌های بعدی نیز نشان از شرایط عادی و قابل قبول تجهیز داشت تا اینکه در یکی از بررسی‌های دوره‌ای انجام شده رشد ناگهانی دما بر روی پمپ مشاهده شد که در شکل ۳۲ آمده است. با توجه به افزایش ناگهانی دما بدون مشاهده تغییر محسوس در شرایط ارتعاشات و صدای تجهیز، سریعاً نسبت به صدور درخواست کار جهت بررسی سطح روغن موجود در پمپ اقدام گردید که با سرریز روغن مشکل افزایش ناگهانی دما برطرف شد. کاهش دما در اثر سرریز

دیگر لزوم به‌کارگیری روش‌های مختلف پایش وضعیت را با توجه به قابلیت‌های هر یک مورد تاکید قرار می‌دهد.

در مورد کاوی حاضر هرچند نتایج آنالیز ارتعاشات و نشر آوایی عادی بود ولی خرابی مذکور به کمک دمانگاری تشخیص داده شد.



شکل ۳۳. تصویر حرارتی پمپ پس از سرریز روغن



شکل ۳۲. تصویر حرارتی پمپ در اثر وجود مشکلات روانکاری و سطح پایین روغن

۴. نتیجه‌گیری

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. به‌بیان 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 تجمع روش‌های مختلف به تصمیم‌گیری درست کمک شایانی

۵. مأخذ

[۱] شیروانی شاه‌عنایتی، سعید، "نتایج اجرای برنامه نت پیش‌بینانه مبتنی بر ترموگرافی، آنالیز ارتعاشات و آکوستیک امیشن در یکی از میادین نفتی کشور"، *مجله علمی صوت و ارتعاش*، ۱۳۹۹، دوره ۹، شماره ۱۸، صص. ۷۸-۹۰.

[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. R. A. M. O. D. Rajput, "Vibration analysis & condition monitoring for rotating machines: a review", *Materials Today: Proceedings*, 2017, Vol.4, no.2, pp.2659-2664.

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