

مطالعه موردی بکارگیری فرآیند کنترل وضعیت الکترومیکسرهای تانک‌های ذخیره فرآورده های نفتی

حامد حلمی^۱، علیرضا سلیمیان^۲

پالایشگاه نفت بندرعباس

hamed.helmi@yahoo.com

چکیده

روش مراقبت وضعیت یا روش نگهداری و تعمیرات بر اساس شرایط ماشین آلات به دلیل آنکه بر اساس تشخیص تغییرات وضعیت ماشین در حین کارکرد ارزیابی میشود، میتواند به آسانی گویای ایجاد یا وجود پتانسیل خرابی‌ها باشد. این تشخیص براساس استفاده از روشهای مختلفی نظیر آنالیز ارتعاش، حرارت ستجی، آنالیز روغن، آنالیز صوت و عملکرد قابل دسترسی است. در این مقاله برای مشخص نمودن وضعیت الکترومیکسر از مانیتورینگ و مراقبت وضعیت بوسیله میزان ارتعاشی و مقایسه آن با مقادیری حدی و مقادیری که سازنده دستگاه برای سلامت آن تعیین کرده است استفاده شده است. همچنین با بکارگیری روشهای مکمل آنالیز صوت و عملکرد سلامت یا وجود خرابی به اثبات می رسد و باعث فراهم آمدن یک مراقبت پیوسته و اقتصادی در خصوص کشف عیب میشود.

واژه‌های کلیدی: آنالیز ارتعاش، کنترل وضعیت، میکسر، بیرینگ، چرخنده.

مقدمه

ماشین آلات و تجهیزات صنعتی شامل ترکیبی از عناصر و قطعات جزئی تر میباشد که در صورت بروز هر کدام از عیوب معمول در حین فعالیت برای این اجزاء امکان به وجود آمدن و بروز خسارت های مختلف برای تجهیزات خواهد بود. عیوب معمول و مورد مواجهه اغلب شامل شکستگی، ترک خوردگی و رشد ترک، فرسایش، خوردگی شیمیایی، سایش و غیره میباشد. که دلایل این عیوب مواردی چون بارگذاری اضافه، لرزش و ارتعاش، شرایط محیطی نامناسب، ناکارای بودن قطعه، روانکاری نامناسب، دستگاههای کنترلی معیوب و استفاده نادرست میباشد که منتج به علائمی نظیر افزایش مقادیر لرزش و صدا، کارکرد غیرعادی، نشتی، گرمای غیر معمول و بیش از حد، نوسان در انرژی مصرفی و استهلاک بیش از حد و زوال میگردد. پیشرفتهای صورت گرفته در تکنولوژی پردازش سیگنال ها و وجود تجهیزات الکتریکی پیشرفته، موجب گسترش و توسعه در فرآیند تشخیص عیوب و شرایط ماشین گردیده است. مانیتورینگ و مراقبت وضعیت را می توان به عنوان فرایندی که با

۱- کارشناس کنترل وضعیت ماشین آلات دوار

۲- کارشناس کنترل وضعیت ماشین آلات دوار

بکارگیری تجهیزات و سیستم های خاص سبب بدست آوردن اطلاعات از یک سیستم میشود تعریف نمود. در این خصوص آنالیز ارتعاشات تجهیزات و همچنین تحلیل امواج صوتی بعنوان دو روش مناسب در تشخیص شرایط ماشین مطرح می شوند. انجام عملیات و فرآیند مراقبت وضعیت در صنایع بیشتر به دو منظور انجام می شود. دلیل اول مشخص نمودن تغییرات ناگهانی در شرایط کارکرد تجهیزات که ممکن است منجر به یک خرابی فاجعه بار شود. مخصوصا در مورد ماشین آلاتی که عدم کارکرد مناسب آنها تهدیدی برای سلامت و ایمنی کارکنان و سایر افراد جامعه است یا اینکه باعث بروز یک حادثه زیست محیطی شود. دلیل دوم، جهت تشخیص زود هنگام عیوب در مراحل اولیه بوده که امکان پیش بینی رشد و پیشرفت احتمالی عیب و انجام واکنش مناسب جهت جلوگیری بروز خرابی بیشتر میباشد. بکارگیری روش مراقبت وضعیت و اعمال آن در فرآیند واحدهای تعمیراتی صنایع منجر به کاهش زمان از کار افتادگی و افزایش قابلیت اطمینان ماشین آلات خواهد شد که پیامد آن کاهش هزینه های تعمیراتی است.

وظایف فرآیندی و مشخصات دستگاه

الکترومیکسرها جهت اختلاط مواد نفتی تانکهای ذخیره و جلوگیری از ته نشین شدن مواد و فرآورده های نهایی پالایشگاه مورد استفاده قرار می گیرند. مخزن تانک حاوی نفت کوره (FUIL OIL) به حجم ۲۰۰۰۰ مترمکعب به ارتفاع ۱۴ متر میباشد. اجزاء اصلی دستگاه عبارتند از:

۱. الکتروموتور
۲. گیربکس
۳. میله های نگهدارنده
۴. محور و پروانه
۵. آبیند، که در جداول شماره ۱ و ۲ مشخصات فنی الکترو موتور و گیربکس به تفکیک آورده شده است.

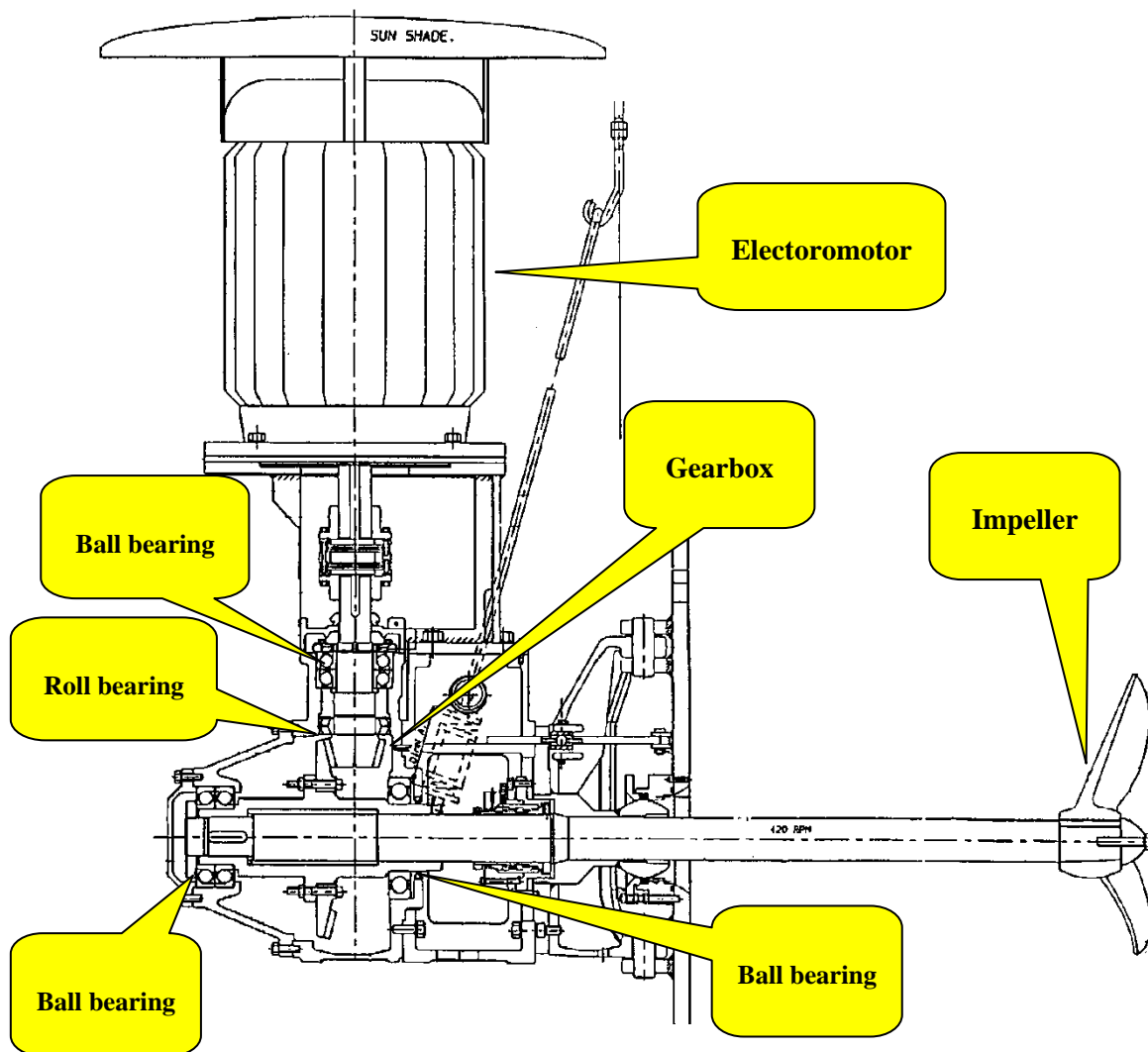
جدول ۱ - مشخصات فنی الکتروموتور

فرکانس	نوع بیرینگها	نوع روانکار	توان	سازنده
50Hz	6217C3	ALVANIAR3	45kw	Brook Crompton ELECTROMOTOR
	تعداد قطب	دور	آمپر	ولتاژ
	4 Poles	1470RPM	84Amper	380volts

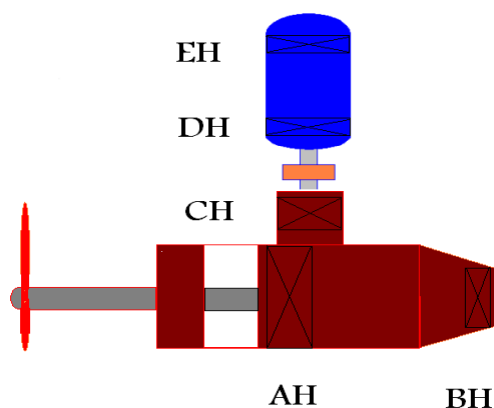
جدول ۲ - مشخصات فنی گیربکس و متعلقات

دور چرخش چرخنده پینیون	دور چرخش محور میکسر	نوع چرخنده	سازنده
1470RPM	420RPM	SPIRALBAVEL	PLENTY MIXERS
نوع بیرینگهای چرخنده پینیون	نوع روغن روانکاری	نوع بیرینگهای محور میکسر	نوع پروانه
22215 7313	MACOMA R220 4.5LITERS	7220 6224	3BLADEMARINE IMPELLER

با توجه به گذشت مدت زمان طولانی از نصب و بکارگیری میکسرها، جهت افزایش قابلیت اطمینان بهره بردار، طی اندازه گیریهای صورت گرفته بر روی میکسر ها، ضرورت اعمال برنامه مراقبت وضعیت با دوره زمانی کوتاهتر بر روی دستگاه احساس شد. بنابراین میکسر های مذکور طبق برنامه زمانبندی شده هر ماهه کنترل وضعیت ارتعاشی میشوند. پس از چندین دوره ارتعاش سنجی از دستگاهها مقادیر ارتعاشی یکی از میکسرها در محدوده آلامر تعیین شده براساس استاندارد ISO-10816 قرار گرفت که بعلت شرایط عملیاتی (نیاز بهره بردار به این میکسر) کار تعمیرات آن امکانپذیر نبود بدین دلیل فواصل زمانی کنترل وضعیت دستگاه از یک ماه به پانزده روز کاهش پیدا کرد که در نهایت روند رو به رشد عیب دستگاه منجر به افزایش دما و شدت صوت و نیز صدای غیرعادی گردید که در ادامه به بررسی فرآیند آنالیز و تحلیل فرکانسهای ارتعاشی آن میپردازیم. شکلهای ۱ و ۲ مربوط به میکسر مورد بحث میباشد.



شکل ۱- شماتیک دستگاه و محل بیرنگها



شکل ۲- نقاط اندازه‌گیری ارتعاشی میکسر

آنالیز ارتعاشی

همانطور که در شکل ۱ مشاهده میشود الکترو میکسر با استفاده از یک گیربکس متعامد دور 1470 rpm را به دور 420 rpm تبدیل و به شفت میکسر منتقل میکند. روش عیب یابی براساس اندازه گیری ارتعاشات به دو روش کلی^۱ و تحلیلی^۲ تقسیم می شود. روش کلی جهت ارزیابی وضعیت کلی ماشین بصورت سریع و ارزان با استفاده از مقادیر حدی (کلی) تعریف شده در استانداردها یا توصیه شده توسط سازنده دستگاه انجام می شود. وضعیت اجزاء مختلف ماشین به کمک روش تحلیلی ارزیابی شده و عیوب در حال رشد بموقع تشخیص داده میشود. وضعیت یک ماشین در حال کار ، عیوب وارده و عواقب ناشی از رشد عیوب ، توسط علائمی نظیر تغییر در میزان ارتعاش، افزایش دمای بیرینگ و افزایش شدت صوت بروز داده میشود. در عیب یابی ماشین آن دسته از علائمی را که حاوی اطلاعات زیاد و قابل اندازه گیری با هزینه پایین باشند اهمیت دارد. ارتعاشات مکانیکی مشخصات برجسته زیر را فراهم می آورد:

۱. وضعیت کلی ماشین را نشان می دهد.
 ۲. اثرات دینامیکی ایجاد شده روی فونداسیون و محیط توسط ماشین را آشکار می کند.
 ۳. اصول لازم برای عیب یابی و رفع عیوب در ماشین آلات را فراهم می آورد.
- ارتعاشات تولید شده در ماشین آلات ، عمدتاً از نوع چرخشی^۳ و لغزشی^۴ می باشد. که اغلب ، نیروهای گریز از مرکز^۵ ناشی از نامیزانی جرمی ، نیروهای هیدرولیکی^۶ و مغناطیسی^۷ موجود در روی روتور علت ارتعاش آن میباشد. نیروها و ارتعاشات ناشی از آن بوسیله اجزاء غلتشی در یاتاقانهای ضد اصطکاکی یا فیلم روغن در یاتاقانهای ژورنال ، به محفظه یاتاقانها و از آنجا به فونداسیون ماشین منتقل می شوند. میزان دامنه ارتعاش منتقل شده به عواملی مانند خاصیت سختی و میراکنندگی فیلم روغن ، یاتاقان و فونداسیون بعلاوه جرم روتور ، یاتاقان و فونداسیون وابسته است. عیوب در یاتاقانهای غلتشی ناشی از جدا شدن موضعی مواد ، ترک ناشی از خستگی روی سطوح تماس در یاتاقان ، خرد شدن یا ترک برداشتن اجزاء غلتشی می باشد بر اثر ساختمان هندسی یاتاقان ، زمانیکه سطوح آسیب دیده با هم درگیر می شوند

Overall Methods	-۱
Analytical Methods	-۲
Rotating Vibration	-۳
Oscillating forces	-۴
Centrifugal forces	-۵
Hydraulic forces	-۶
Magnetic forces	-۷

باعث تولید ضربه هایی می شوند که حاصل آن تولید امواج ارتعاشی و صوتی است که از طریق حلقه بیرونی و محفظه یاتاقان به بیرون منتشر می شوند.

استانداردهای بین المللی جهت، اندازه گیری و ارزیابی ارتعاشات توصیه هایی برای انجام دادن اندازه گیریها، انتخاب نقاط اندازه گیری، محدوده فرکانسی و مقادیر حدی ارزیابی را ارائه می دهند. که در مورد کاوی مورد بحث از استاندارد ISO-10816 استفاده شده است مقادیر حدی ارزیابی شدت ارتعاش توصیه شده استاندارد به عواملی مانند نوع فونداسیون و اندازه یا توان ماشین بستگی دارند. با توجه به استانداردهای مقادیر حدی ارتعاش و مقایسه ارتعاشات میکسر مورد بحث با این استانداردها میتوان از طریق مقدار انحراف مقادیر اندازه گیری شده از مقدار موجود در استانداردها به میزان بحرانی بودن ارتعاشات میکسر پی برد. موتور میکسر مورد بحث دارای توان 45kw بوده که فونداسیون آن انعطاف پذیر میباشد. با توجه به استاندارد ISO-10816 ماشین های با توان بین 15 kw تا 75kw و با فونداسیون فلزی الکترومیکسر جزء ماشینهای متوسط و کلاس M محسوب میشود. جداول شماره ۳ و ۴ مقادیر مجاز ارتعاشی نقاط مختلف میکسر را براساس استاندارد ISO-10816 (نوع فونداسیون FILEXIBEL؛ توان دستگاه 45KW) نشان می دهد.

ضمن اینکه در مدارک فنی سازنده دستگاه نیز حدودی برای مقادیر ارتعاشی مجاز در زمان آزمایش دستگاه وجود دارد که این مقادیر بصورت کلی بوده و تنها بصورت توصیه اعلام شده است و تعیین سلامت دستگاه به کارشناسان کنترل وضعیت واگذار شده است زیرا که احتمال وجود عیب منجر به خرابی در مقادیر کمتر از میزان پیشنهادی سازنده دستگاه دور از انتظار نیست.

جدول ۳ - مقادیر حدی برای ارزیابی ارتعاشات مکانیکی نقاط A و B مطابق ISO-10816 و با توجه به سرعت چرخش محور میکسر (420RPM)

Acceleration rms (mm/s ²)	Velocity rms (mm/s)	
0.4 >	2.7 >	وضعیت خوب
0.4 - 1.0	2.7 - 5	وضعیت هشدار
1.0 <	5 <	وضعیت غیر مجاز

جدول ۴ - مقادیر حدی برای ارزیابی ارتعاشات مکانیکی نقاط C و D و E مطابق ISO-10816 و با توجه به سرعت چرخش محور الکتروموتور و چرخنده پنیون (1470RPM)

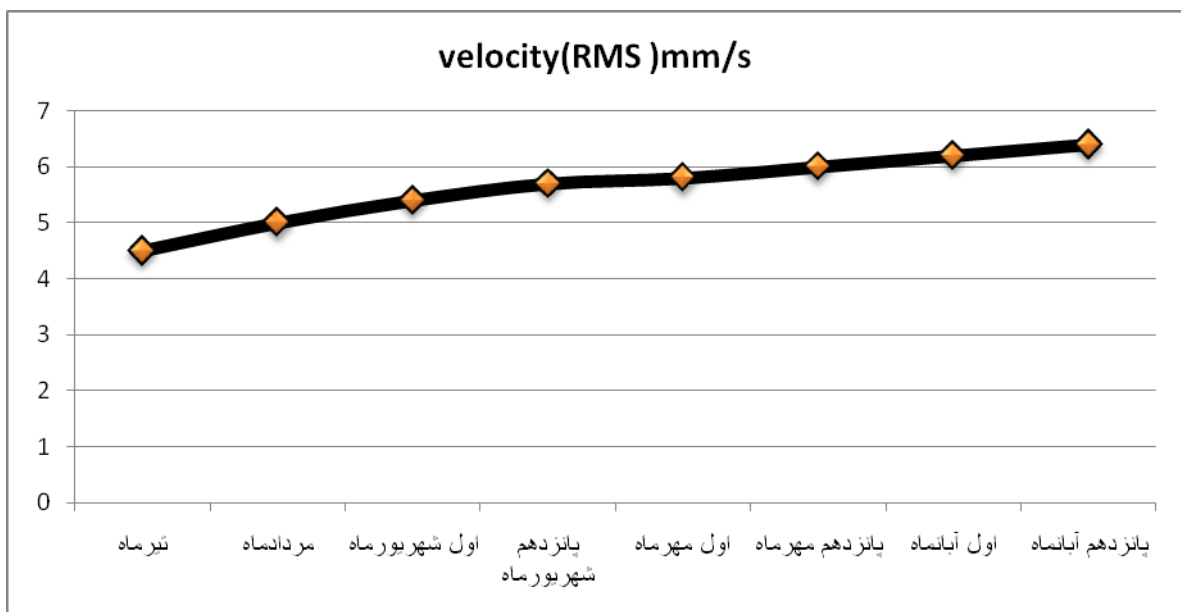
Acceleration rms (mm/s ²)	Velocity rms (mm/s)	
0.8 >	3.5 >	وضعیت خوب
0.8 - 1.5	3.5 - 6	وضعیت هشدار
1.5 <	6 <	وضعیت غیر مجاز

پس از اندازه گیری اولیه و اطمینان از عملکرد مناسب دستگاه مقادیر حاصل بعنوان مرجع جهت مقایسه با مقادیر ارتعاشی در اندازه گیریهای آتی و بررسی آسانتر روند ارتعاشی آن در نرم افزار دستگاه اندازه گیری ثبت گردید. همانطور که در جدول شماره ۳ ملاحظه میشود مقادیر ارتعاشی اندازه گیری شده از میکسر قبل از شروع خرابی به تفکیک نقاط در محدوده مجاز مطابق استاندارد میباشد.

جدول ۵ - مقادیر ارتعاشی نقاط مختلف اندازه گیری شده میکسر

E	D	C	B	A	نقاط اندازه گیری
2.7	2.5	3.5	3.0	2.3	OVERALL VELOCITY(RMS)

در ادامه اندازه گیریهای صورت گرفته طبق برنامه زمانی تعیین شده رشد ارتعاشی در برخی نقاط اندازه گیری ارتعاش محسوس بود. شکل ۳ نموداری است از روند مقادیر ارتعاشی ثبت شده در نقطه C محل قرار گیری بیرینگهای چرخنده پنیون در محدوده زمانی مشخص شده که روند رو به رشد ارتعاش در آن نقطه را نمایش میدهد.



شکل ۳- نمودار روند ارتعاشی نقطه C محل استقرار بیرینگهای چرخنده پنیون

بنابراین وجود عیب در مرحله آغازین در نقطه C که محل قرارگیری بیرینگهای پنیون گیربکس میکسر می باشد بموقع تشخیص داده شد که جهت اطمینان از عملکرد دستگاه و جلوگیری از توقف آن در اثر خرابی ناگهانی مدت زمان دوره اندازه گیری از یک ماه به ۱۵ روز تقلیل پیدا کرد.

تحلیل و آنالیز فرکانسی طیف فرکانس ارتعاشی

در این قسمت مقادیر اندازه گیری شده در شرایط عملیاتی ماشین در مرحله خرابی بیرینگهای پنیون گیربکس مورد بررسی قرار میگیرد. ملاک های ارزیابی در این مرحله مقایسه مقادیر کلی ارتعاش با مقادیر حدی استاندارد و نیز استفاده از مقادیر پیشنهادی سازنده و حدود مجاز تعریف شده توسط آن مرجع از نظر ارتعاش ، دمای گیربکس و شدت صوت می باشد. با

استفاده از فرکانسهای ارتعاشی حاصل از روابط تحلیلی مربوط به خرابی و عیوب در بیرینگهای غلتشی (جدول ۶ و ۷) به تحلیل و آنالیز فرکانسهای ارتعاشی می پردازیم.

جدول ۶- فرکانسهای مربوط به عیوب بال بیرینگ به شماره 7313

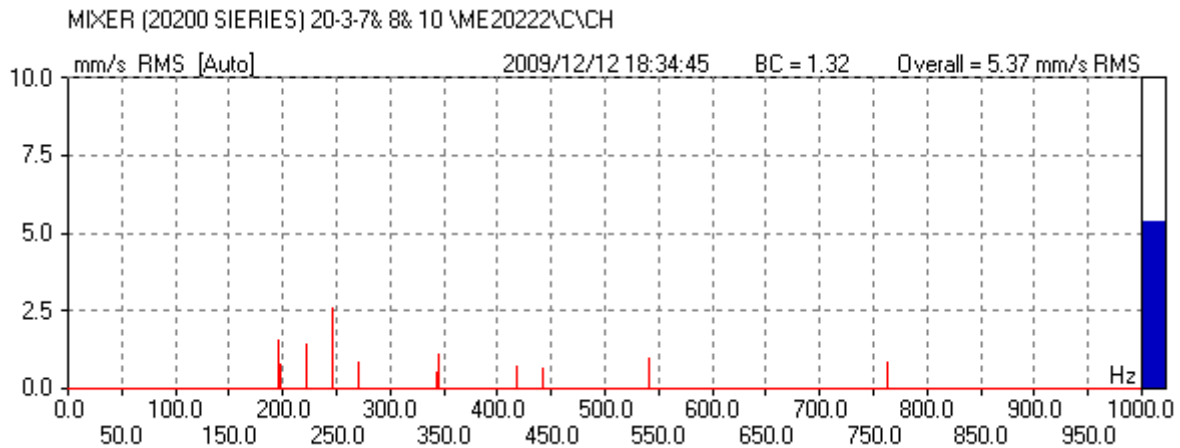
مشخصه بیرینگ (NO. BEARING)	سرعت شفت (Shaft speed)
SKF 7313BG	24.99 HZ
فرکانس خرابی رینگ داخلی (BPFI)	فرکانس خرابی رینگ خارجی (BPFO)
178.43 HZ	121.45 HZ
فرکانس خرابی قفسه بیرینگ (FTF)	فرکانس خرابی ساچمه (BSF)
10.12 HZ	51.88 HZ

جدول ۷- فرکانسهای مربوط به عیوب رول بیرینگ به شماره 22215

مشخصه بیرینگ (NO. BEARING)	سرعت شفت (Shaft speed)
SKF 22215	24.99 HZ
فرکانس خرابی رینگ داخلی (BPFI)	فرکانس خرابی رینگ خارجی (BPFO)
206.92HZ	268.39 HZ
فرکانس خرابی قفسه بیرینگ (FTF)	فرکانس خرابی ساچمه (BSF)
10.87 HZ	93.11 HZ

همانطور که در طیف فرکانسی دستگاه مشخص است (شکل ۴) میزان ارتعاش کلی (rms) 5.37mm/s بوده که بیش از مقدار مجاز است (میزان مجاز ارتعاشات کلی Overall(rms) این دستگاه بر اساس ISO- 10816 می باشد). پیک غالب در نقطه CH (راستای افقی) 2.58mm/s در فرکانس 246Hz است، در جهت مذکور مقدار فاکتور BC^۱ از مقدار اولیه 0.6g به 1.32g در پایان ۵ ماه کارکرد دستگاه در زمان اجرای برنامه مراقبت وضعیت (CM) رسیده است. که با بررسی های صورت پذیرفته مشخص شد پیک مذکور مربوط به فرکانس خرابی رینگ خارجی رول بیرینگ می باشد (جدول ۸).

۱- فاکتور BC (Bearing Condition) یکی دیگر از روشهای تشخیص عیب در بیرینگها است که با استفاده از سنسور ارتعاشی شتاب سنج شوک ها یا ضربه های پالسی حاصل از عیوب بیرینگ را در محدوده فرکانسی بیش از 1KHz را اندازه گیری می کند.



شکل ۴ - طیف ارتعاشی نقطه CH در مرحله خرابی بیرینگ و درگیری دندانه های گیربکس

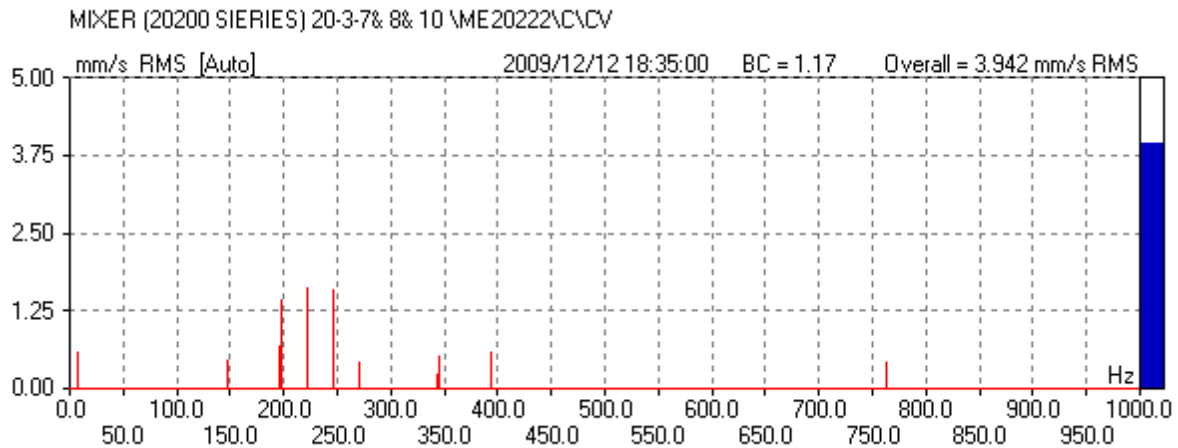
جدول ۸- مقادیر فرکانسهای ارتعاشی در نقطه CH (در راستای افقی)

Nos	Frequency (Hz)	mm/s RMS
1	246.00	2.58
2	221.50	1.42
3	541.25	0.94
4	270.50	0.84
5	762.50	0.81
6	418.50	0.71
7	442.50	0.65

همچنین با توجه به وجود فرکانسهای بالا در طیف فرکانسی و همچنین بالا بودن مقدار فاکتور BC که مربوط به وضعیت بیرینگ میباشد احتمال وجود خرابی در بیرینگ را مسجل شده است. در ضمن در طیف فرکانسی، فرکانسهای مربوط به درگیری دندانه های چرخ دنده ها^۱ و فرکانسهای کناری^۲ آن نیز مشاهده میشود که مقادیر آن قابل ملاحظه میباشد. لازم به ذکر است که چرخ دنده ها از نوع متعام، مخروطی مارپیچ و کاهنده با نسبت دور ۰.۲۸۶ است که تعداد دندانه های چرخدنده های پینیون و اصلی به ترتیب ۱۴ و ۴۹ میباشد. چرخدنده های مخروطی مارپیچی برای انتقال حرکت از دو محور متقاطع که زاویه بین آنها نود درجه است بکار می روند. دندانه ها در اینجا به صورت منحنی هستند و به سمت نوک مخروط جمع شده اند. این چرخ دنده دو نیروی محوری و شعاعی را به بیرینگ وارد می آورد.

۱- Gear mesh

۲- Side Band



شکل ۵ - طیف ارتعاشی نقطه CV در مرحله خرابی بیرینگ و درگیری دندانه های گیربکس

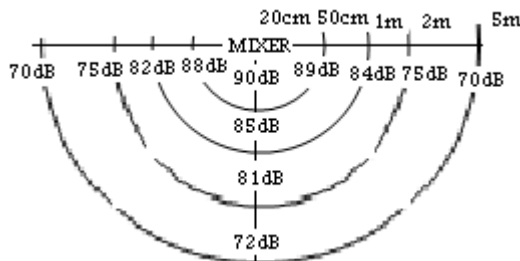
جدول ۹- مقادیر فرکانسهای ارتعاشی در نقطه CV (در راستای عمودی)

Nos	Frequency (Hz)	mm/s RMS
1	221.75	1.597
2	197.00	1.429
3	7.25	1.183
4	394.25	1.176
5	344.50	1.035
6	147.75	0.457
7	762.75	0.432
8	270.50	0.415

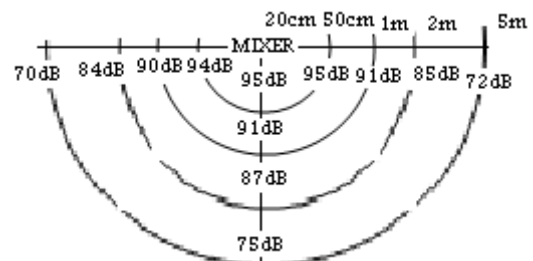
در جهت عمودی نقطه CV (شکل ۵ و جدول ۹) فرکانس غالب ارتعاش 221.75Hz با دامنه 1.6mm/s میباشد. و مقدار ارتعاش فرکانس درگیری دندانه نیز در این جهت قابل ملاحظه است. بنابراین مقادیر اندازه گیری مطابق با جداول ۸ و ۹ فرکانسهای ارتعاشی خرابی اجزاء بیرینگ در محدوده فرکانسهای عیب بیرینگ حاصل از روابط تحلیلی که به شکل هندسی، شرایط نصب و سرعت چرخش روتور بستگی دارد قرار دارد.

آنالیز صوت و ترموگرافی

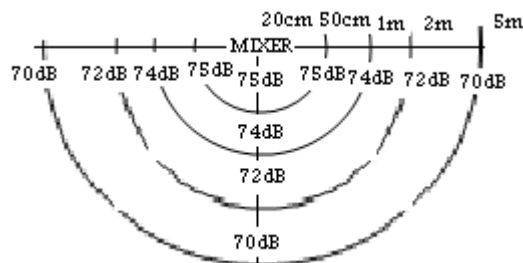
یکی دیگر از راههای تشخیص خرابیها استفاده از آنالیز صوت است. تجهیزات و قطعات دوار در زمان گردش صداهایی از خود بوجود می آورند این صداها در صورتیکه قطعات (بلبرینگها و رولبرینگها و ..) بخوبی روانکاری نشوند و یا بدلیل ناهمراستایی و نیز ضربه ها و تماسهای شدید سطوح فلزی به یکدیگر، افزایش می یابد. شکلهای ۶ و ۷ و ۸ مقادیر و محدوده شدت صوت اندازه گیری شده در فواصل مشخص از میکسر را نشان میدهد. البته قابل ذکر است که تا شعاع ۵۰ متری از میکسر دستگاهی که تولید صدا کند وجود ندارد.



شکل ۷- مقادیر شدت صوت میکسر بعد از تعمیر



شکل ۶- مقادیر شدت صوت میکسر در زمان خرابی



شکل ۸- محدوده عادی مقادیر شدت صوت تعریف شده توسط سازنده میکسر

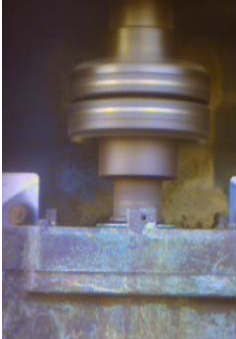


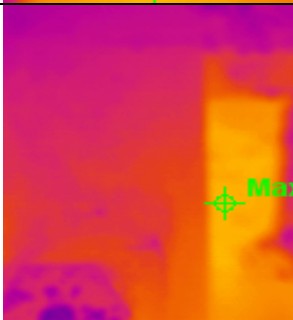

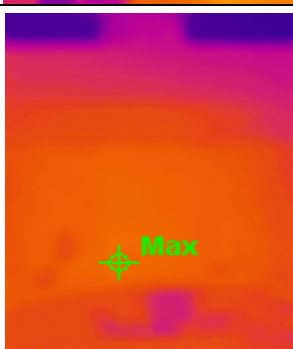
بر اساس آزمونهای صدا سنجی سازنده از دستگاه در محیط آزمایشگاهی مقدار حداکثر شدت صوت دستگاه در محدوده 75dB میباشد که پس از اندازه گیری مقادیر شدت صوت بیش از 85dB حاصل شد.

اغلب تجهیزات مکانیکی دارای محدودیت های دمایی مجاز عملیاتی هستند که می توان از تصویربرداری حرارتی مادون قرمز (ترموگرافی) جهت کنترل وضعیت آنها و یا وجود برخی عیوب مانند عدم هم محوری، نشستی سیال و... استفاده کرد. بر اساس توصیه سازنده مقدار حداکثر دمای مجاز روانکاری گیربکس 70C (دمای محیط 45 C) میباشد. جهت اندازه گیری مقدار کلی دما و طیف کامل آن از ترمومتر لیزری و دوربین ترموگرافی بعنوان ابزار حرارت سنجی مورد استفاده قرار گرفت. همانطور که در جدول شماره ۱۰ ملاحظه میشود، شکلها و الگوی توزیع دمایی در زمان خرابی بخوبی نشان دهنده محل وجود عیب را مشخص میکند. مقدار بیشینه دمایی در زمان خرابی 70C (دمای محیط 25 C) میباشد.

با توجه به توضیحات ارائه شده مشکلات میکسر به شرح زیر تشخیص داده شد:

۱. خرابی رینگ خارجی رول بیرینگ 22215 چرخنده پینیون
۲. نامناسب بودن لقی بین دندانه های چرخ دنده (Back lash)
۳. ساییدگی دندانه ها (Abrasion)

جدول ۱۰- تصاویر ترموگرافی گیربکس میکسر

تصویر معمولی	تصویر حرارتی	شرح
		تصویر اول: کوپلینگ و گیربکس میکسر
		تصویر دوم: محل بیرینگها و چرخدنده پینیون
		تصویر سوم: بدنه گیربکس



شکل ۶- اثرات خوردگی وسایش در چرخدنده پینیون
شکل ۷- اثرات سایش در چرخدنده اصلی محور میکسر
پس از صدور دستور کار تعمیراتی ، دستگاه به کارگاه ماشینری منتقل شد و کلیه قطعات از یکدیگر جدا شدند . و موارد ذیل مشاهده شد:

۱. افزایش لقی بین دندانه ها
 ۲. ساییدگی یکنواخت کنس ها و ساچمه بیرینگهای چرخ دنده پینیون
 ۳. ساییدگی دندانه ها
 ۴. خوردگی دندانه ها
- همانطور که در شکل‌های ۶ و ۷ ملاحظه میشود اثرات ساییدگی و خوردگی در چرخدنده ها مشهود است که جهت بازسازی و رفع عیب به کارگاه جوشکاری و تراشکاری ارسال شدند.

نتیجه

استفاده از روشهای پردازش پیشرفته در آنالیز ارتعاشات کمک شایانی به شناسایی و رفع مشکلات ماشین آلات دوار مینماید. در این مقاله با استفاده از این روش و کاهش دوره های زمانی اندازه گیری ارتعاشی و استفاده از صوت سنجی و دما سنجی ضمن تشخیص شروع خرابی دستور کار تعمیراتی (با ذکر دقیق اجزا خرابی) به واحدهای تعمیراتی جهت کار بر روی میکسر صادر شد.

مراجع

- [۱] هوتن تمیزی، وحید رضایی، محمد اسماعیل خسروی، عیب یابی ماشین آلات دوار، انتشارات خسروی، ترجمه ۱۳۸۱.
- [۲] مهدی بهزاد، کیوان سپانلو، مسعود آسایش، عباس روحانی بسطامی، اصول ومبانی ارتعاشات در نگهداری، تعمیرات و عیب یابی ماشین آلات دوار، انتشارات شرکت ملی صنایع پتروشیمی، تالیف ۱۳۸۶

1. [4] R.Keith Mobley, An introduction to Predictive maintenance, P114, 2002.
2. [5] ISO-10816.