

شناسایی عیوب یک الکتروموتور با استفاده از آنالیز ارتعاشی و زاویه فاز

محسن غیاث آبادی^۱، علیرضا ارغوان^{۲*}، احسان جمشیدی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، کارشناس واحد CM، شرکت کرینات سدیم سمنان، سمنان، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۳- استادیار، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

* سمنان، صندوق پستی 3519697951، ar.arghavan@semnaniau.ac.ir

چکیده

تحوالات و تغییرات عظیمی که در واحد های صنعتی در ابعاد مختلف به وجود آمده است سبب گشته تا روش ها و سیستم های نوین جایگاه ارزشمندی در این میان به خود اختصاص دهند و تلاش در زمینه ی استقرار چنین سیستم هایی سبب حرکت به سمت بهبود، کارآمدی و در نتیجه بهره‌وری بیشتر شده است. این تحقیق بر اساس استفاده از روش های مختلفی چون آنالیز تبدیل فوری سریع، منحنی شکل موج، وضعیت یاتاقان های غلطکی و زاویه فاز در فضای فرکانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و به دنبال آن عیوب و منشأ احتمالی آنها کاندید شده‌اند. پس از انجام دیتا برداری و بررسی نتایج، عیب ناشی از نابالانسی پولی الکتروموتور و نیز عدم همراستایی پولی‌ها در سیستم انتقال قدرت آن مشخص شد. عیوب مذکور با استفاده از تغییرات دامنه ارتعاشاتی و زاویه فاز مربوطه شناسایی و رفع شده است.

کلیدواژگان

آنالیز تبدیل فوری سریع، الکتروموتور، شناسایی عیب، ناهم محوری، یاتاقان

Identify the drawbacks of an electric motor using fast Fourier transform analysis

Mohsen Ghasabadi¹, Ali Reza Arghavan^{2*}, Ehsan Jamshidi³

1- Master student of mechanics, expert unit CM, Soda Ash Co. Semnan, Semnan, Iran

2- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

3- Strategic Center for Energy and Sustainable Development, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

* semnan P.O.B: 3519697951, ar.arghavan@semnaniau.ac.ir

Abstract

Developments and major changes in the industrial units in different dimensions come into being discourages many new methods and systems to allocate valuable place in the meantime, And efforts in the areas of deployment of such systems will move to improve efficiency and productivity has increased as a result. This research is based on methods such as, Fast Fourier analysis, curve waveform, the bearing rollers and phase angle in frequency space were analyzed, followed by imperfections and their possible origin have been nominated. After surveying data and survey results, the disadvantage caused by the unbalance of electric monetary and non-monetary alignment in transmission was measured. The vibration amplitude and phase angle errors associated with the use of changes and fixes have been identified.

Keywords

Fast Fourier Transform analysis, Electro, Fault detection, Misalignment, Bearing

انولوپ^۱ برای آشکار سازی عیب بلبرینگ را بررسی کرد، که ابتدا با اعمال سیگنال ارتعاشات بدست آمده از بلبرینگ به یک فیلتر میان‌گذر طراحی شده، فرکانس‌های پایین مربوط به عیب‌های ناهم‌محوری و عدم تعادل و فرکانس‌های بالا مربوط به نویز را حذف می‌کنیم. سپس با اعمال الگوریتم انولوپ، سیگنال مربوط به عیب بدست می‌آید [۱]، حلمی در سال (۲۰۰۹) به مطالعه موردی بکارگیری فرآیند کنترل وضعیت الکترومیکسرها یاتاقان‌های ذخیره فرآورده‌های نفتی پرداخته است [۲]، معصومی در سال (۲۰۰۹) بررسی ارتعاشات یک دستگاه دوار را بررسی کرد، که مورد مطالعاتی ایشان یک توربین می‌باشد که بر اثر افزایش ارتعاشات از سرویس خارج گردید [۳]، مهدی درویش و همکارش در سال (۲۰۱۰) به تشخیص علت و رفع مشکل ارتعاش بالای روتور ژنراتور واحد اول نیروگاه مارون پرداختند، که با اندازه گیری و آنالیز نسبی شفت از طریق سنسورهای جابجایی دایمی نصب شده روی ماشین و نصب سنسور فتوالکتریک جهت قرانت مقادیر فاز مشکل

۱- مقدمه

اندازه گیری‌های ارتعاشی معمولاً به دو منظور کلی انجام می‌شوند. یکی به منظور مراقبت و بررسی سلامتی دستگاه بر مبنای یک برنامه مشخص و دیگری به منظور فرایند تحلیل که با هدف نهایی برطرف ساختن عیب ماشین است. برای منظور دوم وسایل اندازه گیری ارتعاشی می‌توانند علت را بفهمند و بنابراین تعمیر مقتضی می‌تواند انجام گیرد.

خرابی در ماشین آلات و قطعات مکانیکی به مرور شروع شده و توسعه می‌یابد و در نهایت منجر به از کارافتادگی سیستم مکانیکی می‌شود. چنین روندی، امری طبیعی است، ولی آنچه که مهم است شناسایی خرابی‌های اولیه و جلوگیری از گسترش آنها است. برطرف کردن عیب‌های اولیه در ماشین آلات با هزینه نسبتاً کمی صورت می‌پذیرد. در حالی که اگر خرابی‌های جزئی برطرف نشود چه بسا ممکن است بخش‌های دیگری از ماشین را نیز تحت تأثیر قرار داده و خرابی عمده ای در سیستم بوجود آید.

اختری‌راد در سال (۲۰۰۵) کاربرد تبدیل موجک بسته‌ای در عیب‌یابی بلبرینگ موتور القایی روش جدید در تعیین محدوده فیلتر میان گذر در روش

۳-۱- نابالانسی

نابالانسی جرمی در سر فصل مشکلات ارتعاشی قرار دارد زیرا معمول تر از همه است و تشخیص آن هم آسان تر است. نابالانسی شرایطی است که مرکز جرم با مرکز دوران یکی نیست. این حالت به دلیل توزیع نامتوازن جرم حول مرکز دوران به وجود می آید. جمع برداری تغییرات چگالی در نقاط مختلف رامی توان به عنوان یک بردار یا یک وزنه در یک نقطه از سطح در نظر گرفت. (برای یک صفحه نازک که بالانس تک صفحه ای در مورد آن مد نظر است) این بردار گفته شده را می توان بصورت یک جرم سنگین در یک نقطه از روتور تصور کرد. این نقطه سنگین روتور و شافت را می گرداند و باعث ایجاد تغییر مکان می شود که این مطلب در یاتاقانها قابل احساس است. عملیات رفع نابالانسی شامل پیدا کردن میزان این جرم و مکان آن است و سپس قرار دادن جرمی برابر با آن در مقابل آن (۱۸۰ درجه) تا اثر یکدیگر را خنثی کنند. این عمل مرکز جرم را دوباره بر مرکز دوران منطبق می کند و نتیجه آن چرخش نرم و بی نقص روتور خواهد بود.

میزان لنگی که به وسیله یک ساعت اندیکاتور اندازه گیری می شود ارتباطی با نابالانسی جرمی دو مقدار مستقل از هم هستند. یک روتور کاملاً میزان ممکن است دارای لنگی قابل توجهی باشد. اگر توزیع جرم یک روتور با جرم میزان کننده برطرف شود در این صورت وجود لنگی باعث اعمال نیروی بزرگی به یاتاقانها نخواهد شد و چنانچه لقی به اندازه کافی باشد روتور به مدت نامحدودی در این شرایط کار خواهد کرد.

عوامل ایجاد نابالانسی می تواند بخاطر ناهمگونی در ریخته گری، چگالی نایکنواخت مواد، خطا در ساخت، شکاف یا کنده شدن جرم هنگام کار باشد. برای مقاصد تجزیه و تحلیل همیشه نابالانسی ارتعاشی با دامنه بالا و فرکانس ۱X RPM (یک برابر دور روتور) ایجاد می شود، دامنه ارتعاشات با میزان عدم تعادل متناسب است، دامنه ارتعاشات در جهت شعاعی بیشتر است، زاویه فاز پایدار است و با ۹۰ درجه جابجایی پیک آپ، زاویه فاز هم ۹۰ درجه تغییر می کند. در طول طیف ممکن است قله های دیگری هم موجود باشند که به نابالانسی مربوط می شوند، مثل هارمونیک های سرعت دوران و این در حالتی است که نابالانسی شدید باشد. همچنین عیوب دیگری هم ممکن است ارتعاشی با فرکانس دور اصلی ۱X ایجاد کنند که این امر عملیات تصمیم گیری و تشخیص نابالانسی را پیچیده تر میکند و تجربه نشان داده است که اگر در فرکانس ۱X ارتعاشی غیر عادی مشاهده شد نابالانسی باید در لیست عیوب احتمالی قرار گیرد [23].

۳-۲- عیوب یاتاقان های غلطکی

یاتاقان های غلطکی تحت سخت ترین استانداردها تولید می شوند. در نتیجه آنها یکی از دقیق ترین مصنوعات هستند که ساخته می شوند. تحت شرایط عملیاتی ایده آل، یاتاقانها می توانند سالها بخوبی کار کنند. ولی شرایط عملیاتی بندرت ایده آل بوده در نتیجه بیرینگها هرگز به حداکثر عمر مفیدشان نمی رسند. عمر یک یاتاقان غلطکی وابسته به شرایطی که تحت آن بیرینگ ساخته شود، دقتی که در حمل و نقل و انبار کردن آن بکار رفته، نحوه نصب، شرایط بار و شرایط عملیاتی کلی می باشد.

عیوب قطعات مختلف یاتاقان های غلطکی، ارتعاشات با فرکانس بالا ایجاد می کنند. فرکانس های ارتعاشات لزوماً مضربی از دور شافت نیست ولی مقدار حدود نرمال تا خطر فرکانس خرابی یاتاقان های غلطکی به دور شافت بستگی دارد، میزان آن با توجه به دور شافت طبق شکل ۱ (منحنی انرژی اسپایک -g

ارتعاش بالای شفت نامیزانی جرمی باقیمانده قابل توجه در روتور تشخیص داده شد [۴]، مصطفوی و همکارانش در سال (۲۰۱۰) به مدلسازی کمپرسور رفت و برگشتی پتروشیمی فن آوران با استفاده از نرم افزار ادمس^۱ و بررسی علل شکست دسته کراس هد کمپرسور پرداختند، تا بتوانند علت اصلی شکست دسته پیستون را بدست آورند [۵]، نادری پور و همکارانش (۲۰۱۱) کاربرد آنالیز ارتعاشات در عیب یابی گیربکس پمپ رفت و برگشتی را بررسی کردند. در این مقاله آنالیز و عیب یابی را با استفاده از تکنیک های مختلف نظیر اورال^۲، انولوپ، اسپکتروم^۳ و کپستروم^۴ به شناسایی عیب پرداخته شده است [۶]، تحلیل ارتعاشات در ماشین های دوار توسط معصومی و میمندپور (۲۰۱۰) انجام گرفت [۷]، اهرار و خالد (۲۰۱۲) تکنیک های آنالیز ارتعاشات برای تشخیص عیوب گیربکس را مورد بررسی قرار دادند [۸]، تیواری و بی واپورکار (۲۰۱۳) نیز به تشخیص عیب گیربکس با استفاده از تجزیه و تحلیل کپستروم پرداختند، در تحقیق مذکور تبدیل سیگنال لرزش از گیربکس به سیگنال ولتاژ با استفاده از یک مبدل پیزوالکتریک انجام شده و سپس این سیگنال ها در نرم افزار تجزیه و تحلیل شده و نتایج نشان می دهند که ضرایب طیف، تشخیص عیب در دنده را تسهیل می کند [۹]، همچنین تشخیص ترک در دندانه چرخنده گیربکس با استفاده از تجزیه و تحلیل ارتعاشات توسط نسیم و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد [۱۰]، آبدالا و همکاران (۲۰۱۴). تشخیص نامیزانی یک گیربکس سیاره ای بر اساس تجزیه و تحلیل ارتعاش بررسی کردند [۱۱]، زینگ و همکاران (۲۰۱۵) به شناسایی عیب رولبرینگ بر اساس پارامتر ویژگی زمان-فرکانس و شبکه عصبی موجک پرداخته اند، در ابتدا پارامترهای ویژگی زمان از سیگنال ارتعاش استخراج شده، سپس از حالت تجربی، تجزیه سیگنال های رولبرینگ را انجام داده و در نهایت از آن به عنوان نمونه برای آموزش شبکه عصبی موجک استفاده کرده اند. این تحقیق پایه نظری را برای تشخیص عیب در ماشین آلات دوار فراهم می کند [۱۲].

۲- الکتروموتور^۵

موتور الکتریکی، نوعی ماشین الکتریکی است که الکتریسیته را به حرکت مکانیکی تبدیل می کند. عمل عکس آن که تبدیل حرکت مکانیکی به الکتریسیته است، توسط ژنراتور انجام می شود. این دو وسیله بجز در عملکرد، مشابه یکدیگر هستند. اکثر موتورهای الکتریکی توسط الکترومغناطیس کار می کنند، اما موتورهایی که بر اساس پدیده های دیگری نظیر نیروی الکترواستاتیک و اثر پیزوالکتریک کار می کنند، هم وجود دارند.

ایده کلی این است که وقتی که یک ماده حامل جریان الکتریسیته تحت اثر یک میدان مغناطیسی قرار می گیرد، نیرویی بر روی آن ماده از سوی میدان اعمال می شود. در یک موتور استوانه ای، چرخانه (روتور) به علت گشتاوری که ناشی از نیرویی است که به فاصله ای معین از محور چرخانه به چرخانه اعمال می شود، می گردد.

۳- برخی از عیوب ارتعاش زا

1-ADAMS
2-Overall
3-Spectrum
4- Cepstrum
5 - Electric motor

در این روابط (جدول ۱)، n بیانگر تعداد ساچمه‌ها، فرکانس چرخش شفت، قطر ساچمه‌ها BD ، قطر خارجی رینگ بیرونی $D1$ و قطر خارجی رینگ داخلی $D2$ و زاویه تماس β در یاتاقان غلطکی تماس مایل می‌باشد. لازم به ذکر است که برای یاتاقان‌های غلطکی شیار عمیق $\beta=0$ لحاظ می‌گردد. بدین ترتیب با معلوم بودن نوع یاتاقان، اطلاعات هندسی آن مشخص و فرکانس‌های مربوط به خرابی‌های هر المان را محاسبه نمود، که فرکانس‌های مربوط به یاتاقانهای الکتروموتور در جدول ۲ محاسبه شده است. در این تحقیق برای این منظور از نرم افزار SpectraPro نیز استفاده گردید که نتایج مشابهی بدست آمده است [۲۲].

جدول ۱ معادلات محاسبه فرکانس خرابی یاتاقان‌های غلطکی

| معادله | مخفف انگلیسی | اجزاء معیوب |
|--|--------------|------------------|
| $1/2 \times f_r \times [1 - (BD/PD \times \cos\beta)]$ | FTF | خرابی قفسه |
| $PD/BD \times f_r \times [1 - (BD/PD \times \cos\beta)]^2$ | BSF | خرابی ساچمه‌ها |
| $n/2 \times f_r \times [1 - (BD/PD \times \cos\beta)]$ | BPF O | خرابی رینگ خارجی |
| $n/2 \times f_r \times [1 + (BD/PD \times \cos\beta)]$ | BPF I | خرابی رینگ داخلی |
| $PD = (D1 + D2) / 2$ | | |

جدول ۲ محاسبه فرکانس خرابی توسط نرم افزار SpectraPro

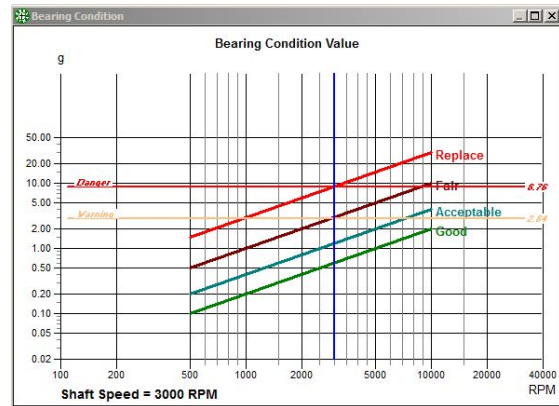
| خرابی اجزاء یاتاقان | یاتاقان ۶۲۰۸ ابتدای موتور | یاتاقان ۶۳۰۸ انتهای موتور |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| BPFO | ۳/۶۰۶۰ | ۳/۰۷۲۰ |
| BPMI | ۵/۳۹۴۰ | ۴/۹۲۶۰ |
| FTF | ۰/۴۰۰۷ | ۰/۳۸۴۰ |
| BSF | ۲/۴۱۸۰ | ۲/۰۴۰۰ |

۳-۳- زاویه فاز

مشخصه مهم دیگر ارتعاشات اختلاف زاویه فاز است. موقعیت یک قطعه نوسانی در یک زمان معین نسبت به یک نقطه ثابت و یا یک نقطه نوسانی دیگر را زاویه فاز تعریف می‌کنیم.

از طریق مقایسه مقادیر زاویه فاز در نقاط مختلف اندازه گیری بر روی ماشین یا هر سازه دیگری، می‌توان شمایی از چگونگی حرکت اجزاء مختلف آن نسبت به یکدیگر به دست آورد. در برخی موارد، مشخصات فرکانسی ارتعاشات ناشی از عیوب مختلف، مشابه یکدیگر می‌باشند و لذا تمایز بین این عیوب تنها از طریق منحنی اسپکتروم امکان پذیر نخواهد بود و می‌بایست از سایر مشخصات ارتعاشات مانند زاویه فاز برای تشخیص عیب استفاده کرد، علی‌رغم تشابه منحنی‌های اسپکتروم، الگوی زاویه فاز (شکل ۳) در مورد اشکالات مختلف، متمایز می‌باشد [۱۴].

SE)، بدست می‌آید. برای مثال حالتی که ساچمه‌های یاتاقان تمایل به چسبیدن یا سر خوردن پیدا می‌کنند، فرکانس ارتعاشات مستقیماً با عمل ساییدن و برخورد مرتبط خواهد بود و با دور شافت ارتباطی ندارد. دامنه ارتعاشات به میزان خرابی یاتاقان‌های غلطکی بستگی خواهد داشت [۲۰-۲۲]. با پیدایش خرابی یاتاقان‌های غلطکی و همچنین مشکلات دیگری همچون روانکاری، وجود ذرات درون گریس یا روغن، که باعث برخورد اجزاء داخلی یاتاقان‌های غلطکی گردد (تماس دو فلز با هم)، ارتعاشات فرکانسهای بالا، افزایش می‌یابد، که با تحت کنترل قرار دادن وضعیت یاتاقان‌های غلطکی می‌توان در زمان مناسب به خرابی آنها پی‌برد [۱۴].

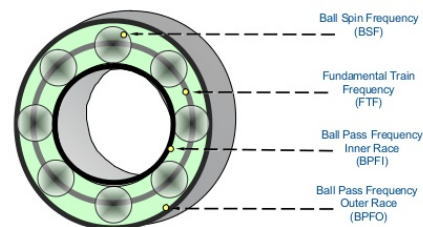


شکل ۱ استاندارد خرابی یاتاقان‌های غلطکی بر حسب g

در شکل ۲ مشاهده می‌شود، یک یاتاقان غلطکی در حالت کلی از چهار نوع المان تشکیل شده که خرابی هر کدام از آنها از علائم خاصی برخوردار می‌باشند. با توجه به نوع یاتاقان‌های مورد استفاده در این دستگاه می‌توان قطر حلقه‌ها، قطر ساچمه‌ها و تعداد آنها را مشخص کرده و با کمک روابط موجود که در جدول ۱ آورده شده‌اند فرکانس‌های چهارگانه خرابی رینگ خارجی ۱، خرابی رینگ داخلی ۲، خرابی ساچمه‌ها ۳ و خرابی قفسه ۴ را محاسبه نمود [۲۲].

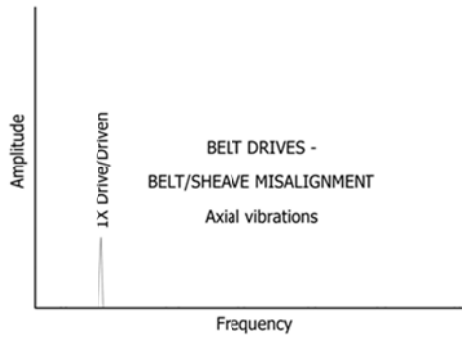
Roller Bearing Faults

Four different bearing frequencies

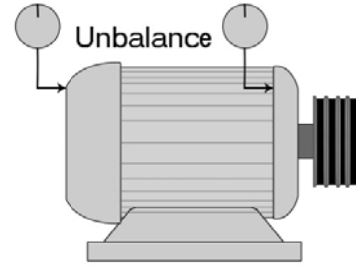


شکل ۲ اجزاء یاتاقان غلطکی

- 1-Ball Pass Freq. of Outer Race (BPFO)
- 2-Ball Pass Freq. of Inner Race (BPMI)
- 3-Ball Spin Freq. (BSF)
- 4-Fundamental Train Freq. (FTF)



شکل ۵ طیف نمونه نا هم محوری در پولی‌ها

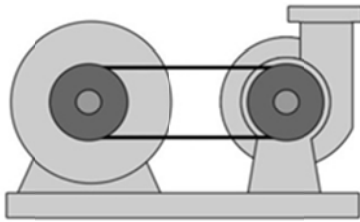


شکل ۳ نمونه الگوی زاویه فاز در سیستم دوار برای عیوب لقی ساختاری

۴- مشخصات کلی دستگاه

۴-۱- مشخصات دستگاه

در جدول شماره ۳ مشخصات الکتروموتور، پمپ و نوع یاتاقان‌های استفاده شده در تجهیز ذکر شده است و در شکل ۷ اندازه پولی‌ها و فاصله بین آنها نشان داده شده که در بدست آوردن فرکانسهای عیوب تسمه‌ها، مشکلات پولی‌ها و همچنین بدست آوردن دور روتور پمپ کمک می‌کند و شکل ۶ نمایی از تجهیز ات مورد بررسی می‌باشد.



شکل ۶ نمایی از تجهیز

جدول ۳ مشخصات الکتروموتور و پمپ

| الکتروموتور | |
|----------------|----------------------------------|
| Y132S2-2W | سریال مدل |
| 7.5kw, 380 W | توان |
| AC | برق مصرفی |
| 2900 RPM, 50Hz | سرعت |
| 54 | میزان عایق |
| 0.89 | ضریب قدرت Ø |
| 6208 | شماره یاتاقان غلطکی ابتدای موتور |
| 6308 | شماره یاتاقان غلطکی انتهای موتور |
| پمپ | |
| 25.40ZJYT2-Z | سریال مدل |
| 7.5kw, 380 W | ظرفیت |
| 10Bar | توان |
| 80 | میزان عایق |
| 54 | |
| NU2208 | شماره یاتاقان غلطکی ابتدای روتور |
| 22308 | شماره یاتاقان غلطکی انتهای روتور |

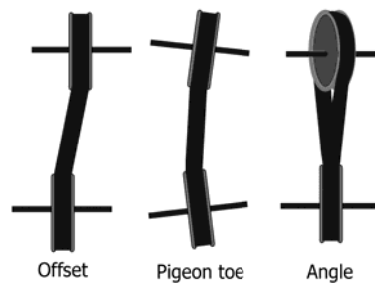
۴-۳- عیوب ناشی از تجهیزات تسمه ای

رفتار ارتعاشی ناشی از ناهم محوری پولی‌ها^۱ (شکل ۴) روی تسمه‌ها باعث ایجاد ارتعاشات در فرکانس برابر دور ۱X RPM (شکل ۵) در جهت محوری روی فرکانس‌های سیستم محرک یا متحرک می‌شود و ارتعاشات محوری الکتروموتور برابر دور الکتروموتور است.

رفتار ارتعاشی ناشی از خارج از مرکزی پولی‌ها^۲ باعث ارتعاشات روی فرکانس برابر دور ۱X RPM همان پولی خواهد شد و بیشترین دامنه معمولاً در جهت طولی تسمه است و روی هر دو پولی ارتعاش با این فرکانس مشاهده می‌شود که با بالانس کردن پولی وضعیت بدتر شده و باعث ایجاد ارتعاشات القایی و افزایش تنش‌های خستگی روی تسمه می‌شود [۱۵-۱۷].

فرکانس نوسانات تسمه یک فاکتور کلیدی در تعیین طبیعت مسئله می‌باشد. اگر تسمه تنها به نیروهای محرک دیگر عکس العمل نشان دهد، فرکانس ارتعاشات احتمالاً همان فرکانس نیروی محرک خواهد بود. در صورت وجود عیب در تسمه فرکانس ارتعاشات مضرب صحیحی از دور تسمه است. مضرب مزبور وابسته به طبیعت مسئله و همچنین تعداد پولی‌ها و هرزگردها می‌باشد [۲۳].

طول تسمه / (دور پولی RPM * قطر پولی * ۳.۱۴) = دور تسمه

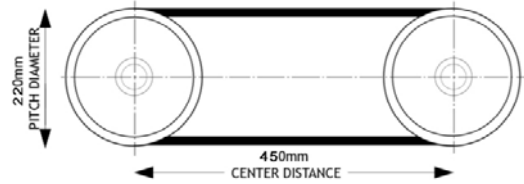


شکل ۴ حالت‌های ناهم محوری در پولی‌ها

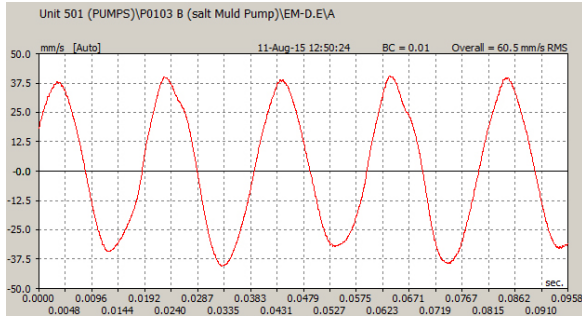
1 - Misalignment (offset, pigeon toe, angle)
2 - Eccentric

مقادیر گذشته و وضعیت یاتاقان در شرایط بهره برداری صحیح بررسی گردید، مشاهدات نشان داد که یاتاقان‌ها در سلامت کامل می‌باشند.

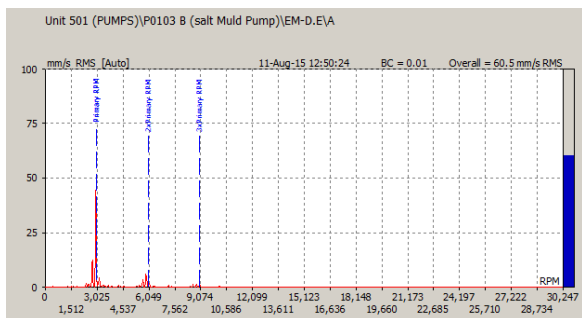
با توجه به آنالیز ارتعاشی صورت گرفته، بیشترین مقدار ارتعاشات mm/s ۵۰.۵ در جهت محوری مشاهده شد. پیدایش مؤلفه RPM ۱X برابر با ۵۰ Hz که برابر با دور موتور می‌باشد، در جهت محوری^۵ ابتدای موتور (شکل ۱۰) قابل رویت می‌باشد و وجود این پیک ارتعاشی به تنهایی در طیف و همینطور وجود یک موج سینوسی در طیف زمان (شکل ۹) بدون نویز نشان دهنده وجود نابالانسی در سیستم آورنگ می‌باشد.



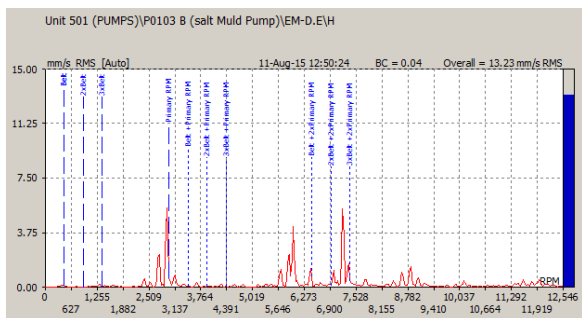
شکل ۷ اندازه پولی‌ها و فاصله آنها



شکل ۹ طیف موج در جهت شعاع عمودی ابتدای الکتروموتور



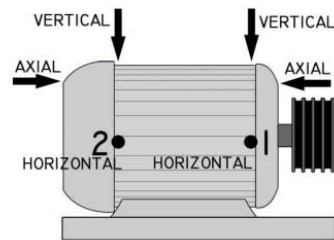
شکل ۱۰ طیف FFT در جهت محوری ابتدای الکتروموتور



شکل ۱۱ طیف FFT در جهت شعاع افقی ابتدای الکتروموتور

۴-۲-پایش وضعیت

در شروع پایش وضعیت از طریق اندازه گیری ارتعاشات، نقاط مربوط بر روی ماشین آلات شناسایی گشت، (شکل ۸) دو نقطه و هر نقطه در سه جهت شعاع عمودی، شعاع افقی و محوری روی یاتاقان‌های الکتروموتور انجام شد.



شکل ۸ تعیین نقاط داده برداری بروی دستگاه جهت نصب شتاب سنج‌ها

اندازه گیری‌های اولیه، زاویه فاز و سلامت سنجی یاتاقان‌های ماشین آلات با مقایسه روند ارتعاشات^۱، طیف تبدیل فوریه سریع^۲، مقدار استاندارد انرژی اسپایک g-SE، طیف منحنی زمان^۳ با توجه به حدود هشدار و خطر برای معیارهای سلامت سنجی یاتاقان‌های غلطکی و پیدا کردن عیوب در شرایط بهره برداری صحیح انجام گردید و دیتا برداری‌ها بطور کامل انجام شد.

۴-۳-تفسیر طیف‌ها



نمودار سیگنال زمانی و پاسخ فرکانسی بدست آمده از دستگاه دیتاکالکتور با استفاده از نرم افزار SpectraPro آنالیز و خروجی حاصل از آن در تمامی طیف‌ها نشان داده شده است.

روند ارتعاشات، مشخص کردن فرکانس‌های خرابی اجزاء یاتاقان‌های غلطکی، فرکانس‌های ضریب دور، اعمال حدود استانداردهای ISO 10816، استاندارد G-SE^۴، وارد کردن نوع یاتاقان‌ها برای محاسبه فرکانس خرابی یاتاقان‌ها و تحلیل کردن فرکانس‌ها روی طیف‌ها و مقایسه فرکانس‌ها با پیک-های موجود در طیف‌ها به کمک نرم افزار SpectraPro انجام می‌گردد.

سلامت سنجی یاتاقان‌های ماشین آلات با مقایسه روند ارتعاشات، طیف سیگنال زمانی، طیف تبدیل فوریه سریع و وضعیت یاتاقان با حدود استاندارد هشدار و خطر برای معیارهای سلامت سنجی یاتاقان‌های غلطکی با توجه به

- 1 -Trending
- 2 -Fast Fourier Transform(FFT)
- 3 -Waveform
- 4 - SPIKE ENERGY ACCELERATION IN "g" UNITS

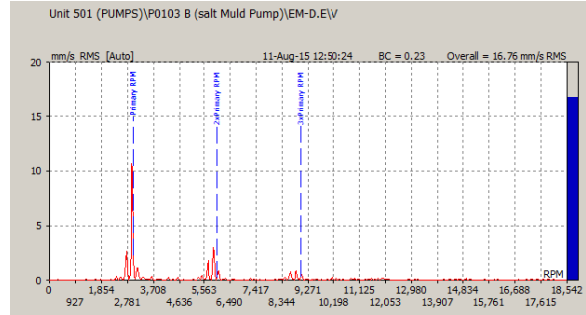
5 -Vertical

| جدول ۴ مقادیر زاویه فاز برای عیب نابالانسی سیستم یک سرآزاد | | |
|--|-----------|---|
| موقعیت پراپ شتاب سنج | زاویه فاز | |
| محوری ابتدای موتور | ۹۰~۹۵ |  |
| محوری انتهای موتور | ۹۰~۹۵ |  |

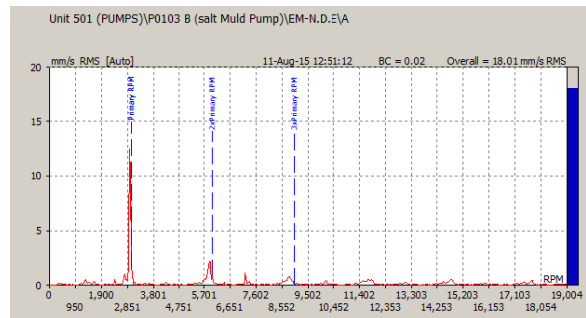
۵- نتیجه

بعد از نصب تسمه‌ها و در سرویس قرار دادن پمپ مجدداً دیتا برداری از نقاط مورد آزمایش صورت گرفت و پیک ارتعاش یک برابر دور با دامنه کمتری (۱۰ mm/s) در طیف مشاهده شد. حال میبایست به تفسیر طیف یک تجهیز با سیستم انتقال قدرت توسط تسمه پرداخت. یادآوری شود که مولفه یک برابر دور تنها شامل عیب نابالانسی در تجهیزات تسمه‌ای نمی‌گردد، از عیوب دیگر با این علائم می‌توان به عدم همراستایی پولی های موتور و پمپ اشاره کرد و چون پیک ارتعاشی تسمه‌ها نیز در طیف نمایان می‌باشد و از طرفی از زمانی که تسمه‌ها نصب گردید مجدداً ارتعاش افزایش یافت می‌توان گفت که باید عیوب مربوط به تسمه‌ها بررسی گردد [۳].

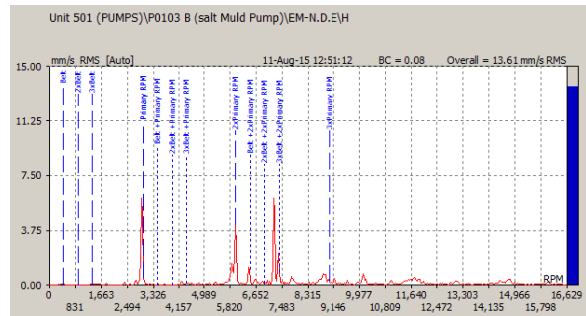
سیس با توجه به مستندات ذکر شده همراستایی پولی‌ها بررسی گردید و مشخص شد که پولی‌ها با هم الاینمنت نمی‌باشند و با تنظیمات الاینمنت، مجدداً دیتا برداری شد که نتیجه حاصله شرایط کاری نرمال دستگاه (شکل-های ۱۶ و ۱۷) در حد استاندارد بدست آمد.



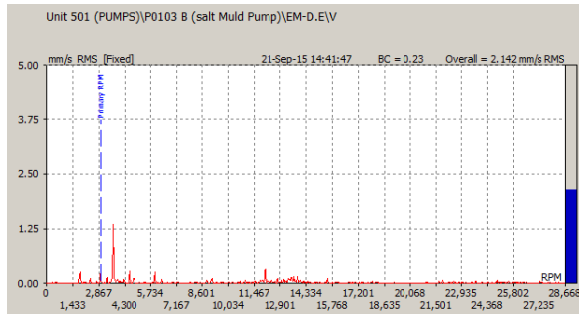
شکل ۱۲ طیف FFT در جهت شعاع عمودی ابتدای الکتروموتور



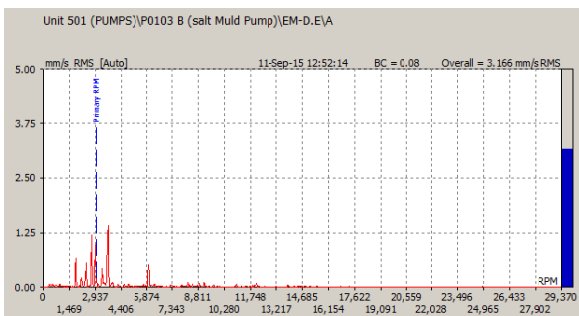
شکل ۱۳ طیف FFT در جهت محوری انتهای الکتروموتور



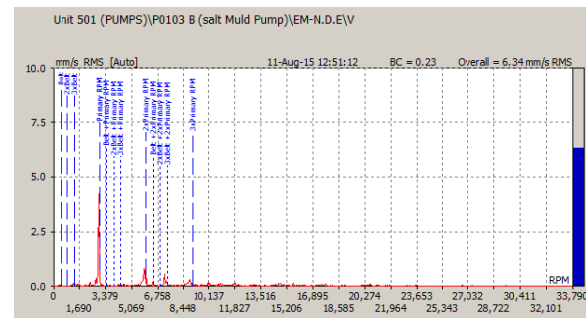
شکل ۱۴ طیف FFT در جهت شعاع افقی انتهای الکتروموتور



شکل ۱۶ طیف FFT بعد از رفع عیب الاینمنت در جهت شعاع عمودی ابتدای موتور



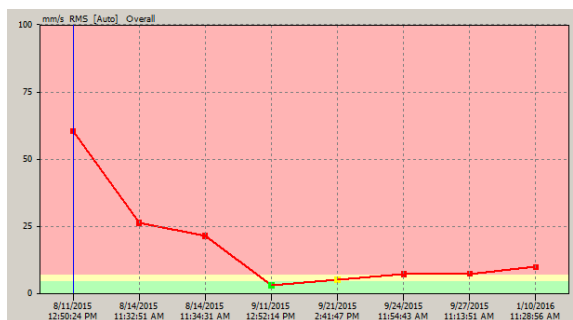
شکل ۱۷ طیف FFT بعد از رفع عیب الاینمنت در جهت محوری ابتدای موتور



شکل ۱۵ طیف FFT در جهت شعاع عمودی انتهای الکتروموتور

زاویه فاز نیز برای شناسایی عیب نابالانسی در فولی موتور انجام گرفت که زوایای بدست آمده از زاویه فاز در جدول ۴ ذکر شده تشخیص این تست هم، وجود عیب نابالانسی در سیستم را نشان داد.

در پایان بعد از اصلاحات عیوب، میزان ارتعاشات (شکل ۱۸) شرایط نرمال بودن دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ سابقه ارتعاشات قبل و بعد از تعمیرات

۶- مراجع

- [1] A. Akhtari, J. Zaraei, J. Poshtan, Application of wavelet packet bearing fault detection in induction motors new method of determining the range of bandpass filters in the envelop method for the detection of bearing faults, Esfahan, Iran, 2005. (In Persian)
- [2] H. Helmi, A. Soleymani, Case Study Using electric mixer process control, petroleum storage tanks Vibration Analysis of a rotary device, Tehran, Iran, 2009. (In Persian)
- [3] Gh. Masomi, B. Meymanadpor, Vibration Analysis of a rotary device, Machine condition monitoring and troubleshooting fourth Technical Conference, Tehran, Iran, 2010. (In Persian)
- [4] M. Darvish, V. Rezaei, Identify the cause and remedy the problem of high vibration power generator rotor unit Maroon, Abadan, Iran, 2010. (In Persian)
- [5] M. Mostafavi, S. Khobani, F. Hashemi, Reciprocating compressors for petrochemical modeling software technologists with ADAMS and crosshead compressor failure category, Abadan, Iran, 1389. (In Persian)
- [6] I. Naderi, D. Karami, A. Razavizade, The use of vibration analysis in troubleshooting gears reciprocating pump, Tehran, Iran, 2011. (In Persian)
- [7] Gh. Masomi, B. Meymanadpor, Vibration Analysis of a rotary device, Machine condition monitoring and troubleshooting fourth Technical Conference, Tehran, Iran, 2010. (In Persian)
- [8] H. Road, some observation of the detection of rolling element bearing outer race fault, september 2006. (In Persian)
- [9] G. M Abdalla, X. Tian, D. Zhen, A. Ball, Misalignment diagnosis of a planetary gearbox based on vibration analysis, july 2014.
- [10] L. Nasib, K. Midzodzi, S. Sakhara, Detection gear tooth cracks using cepstral analysis in gearbox of helicopters, jan 2013.
- [11] H. Road, some observation of the detection of rolling element bearing outer race fault, september 2006.
- [12] W. Xing, Q. Xiangdong, L. Baojin, Rolling bearing fault diagnosis based on time-frequency feature parameter and wavelet neural network, 2015.
- [13] H. Gholizadeh, Net maintenance, mechanical principles (In Persian)
- [14] R. Keith Mobley, ROOT CAUSE FAILURE ANALYSIS.
- [15] Gh. Kazemi, Introduction to predictive maintenance (In Persian)
- [16] Gh. Kazemi, How we take care of the situation of rotating machines, (In Persian)
- [17] M. Behzad, K. Sepanko, M. Asayesh, A. RohaniNasab, Principles of Vibration, pp. 89-108, Tehran: National Petrochemical Company, 2008 (In Persian)
- [18] R. Keith Mobley, Machinery vibration analysis & predictive Maintenance, pp. 98-142, TS192.M625 1999.
- [19] M. Nasreazadani, Vibration and its applications in the analysis of defects machineries, PP. Esfahan: Department of Education Esfahan Oil Refining Co. (In Persian)
- [20] M. Firozpor, Preventive and predictive maintenance planning rotary, pp. 138-180, Netherlands 2015.
- [21] S. Mackay, Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance, pp. 138-180, Netherlands 2004.
- [21] G-SE (SPIKE ENERGY ACCELERATION IN "g" UNITS
- [22] g. taylor, Handbook of vibration analysis, 1390