ارزیابی عیوب پمپ هیدرولیک تراکتور MF399 در دو سطح سرعت دورانی ۳۵۰ و ۷۰۰ دور در دقیقه با خوردگی ۲۵ و ۵۰ درصد

بهروز احمدی[۱*] ، داود محمدزمانی[۲] ، مهرداد نوری خاجوی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۳۰

چکیده

نگهداری و تعمیرات در صنعت و به خصوص ماشین‌ها ضروری است. ماشین‌های کشاورزی به علت کار در شرایط بار زیاد، زمین‌های ناهموار، محیط آلوده به گردوخاک و دیگر شرایط سخت اقلیمی به برنامه نگهداری و تعمیرات دقیق، منظم، قطعات ومواد مصرفی با کیفیت خوب نیازمند می باشد. در غیر اینصورت هزینه نگهداری و تعمیرات بسیار زیاد خواهد شد و ماشین‌های در تقویم زراعی مشخص، در دسترس و قابل استفاده نخواهد بود. تعمیرات پیش‌بینانه جزء روش‌های مدرن تعمیرات است که صرفه اقتصادی بسیاری از نظر افزایش تولید و کاهش آسیب‌های جانبی و ثانویه به دستگاه‌های دیگر و خرابی ناگهانی خواهد داشت. بنابراین اعمال یک برنامه پایش وضعیت در واقع پیش بینی زمان دقیق خرابی، کاهش وقفه‌های زمانی در بهره برداری از ماشین‌های کشاورزی، افزایش ایمنی، صرفه جوئیهای مالی و به طور کلی افزایش در راندمان برداشت محصول از واحد سطح را بوجود می‌آورد. آنالیز ارتعاشات قوی‌ترین و متداول‌ترین روش برای تعیین و تشخیص عیوب سامانه‌های چرخ‌دنده‌ای است. استفاده از طیف فرکانسی مربوط به ارتعاشات اجزاء ماشین‌ها به منظور تعیین میزان و محل عیب اجزاء یکی از روش‌های نوین در فرآیند اندازه‌گیری الکترونیکی ارتعاشات محسوب می شود. هدف از این تحقیق تعیین عیوب مربوط به اجزاء اصلی پمپ هیدرولیک تراکتور نظیر چرخ‌دنده‌ها توسط آنالیز طیف فرکانسی ارتعاشات بدست آمده توسط سامانه اندازه‌گیری الکترونیکی ارتعاشات بود. به منظور اندازه‌گیری ارتعاشات یک میز آزمایشگاهی طراحی و اجزاء سامانه اندازه‌گیری، پمپ هیدرولیک تراکتور مسی فرگوسن399، الکتروموتور بر روی آن نصب شد. آزمون-ها در دو سطح سرعت دورانی ۳۵۰ و ۷۰۰ دور در دقیقه برای محور ورودی پمپ هیدرولیک انجام گرفت. عیوب ایجاد شده بر روی دنده شامل خوردگی ۲۵ و ۵۰ درصد بر روی چرخ‌دنده هرزگرد مربوط به پمپ اول و خوردگی چرخ دنده هرزگرد مربوط به پمپ دوم بود. داده‌برداری توسط دستگاهVibrotest مدل VT60انجام گرفت.(نتایج تحلیل داده‌ها در حوزه فرکانس و زمان نشان داد شدکه فرکانس۵ الی HZ ۱۰۵ در تمامی سرعت‌های دورانی با افزایش خوردگی در چرخ‌دنده، ارتعاشات در فرکانس بالاتر و دامنه ارتعاشی کمتر مشاهده شد.

کلمات کلیدی: آنالیز فرکانسی ارتعاشات، عیب، حوزه فرکانس، پمپ هیدرولیک دنده‌ای

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیک، گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
[۲] استادیار، گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
[۳] استادیار، گروه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
(* نویسنده مسئول: behrouz.ahmadi55@gmail.com)

۱.مقدمه

با توجه به نقش حساس پمپ هیدرولیک فرمان در عملکرد تراکتور و خساراتی نظیر قفل فرمان که ممکن است در اثر از کار افتادگی آن به وجود آید، تعیین و تشخیص به موقع عیوب اجزاء آن از اهمیت فراوانی برخوردار است. از طرفی گوناگونی عیوب و شرایط کاری اغلب چرخ‌دنده‌ها که معمولا در کنار سایر اجزا متحرک بکار می‌روند، سازوکار پیچیده درگیری چرخ‌دنده‌ها، وجود عوامل مزاحم در محیط کاری مانند نویز و بسیاری از عوامل دیگر شناسایی و تعیین زود هنگام عیوب در چرخ‌دنده‌ها را به کاری مشکل تبدیل نموده است.

در گذشته از روش‌های مختلفی برای کنترل بی‌عیب بودن چرخ‌دنده‌ها استفاده می‌شد. گوش کردن به صدای تولید شده از سامانه چرخ‌دنده توسط فرد مجرب و بازرسی چشمی دنده‌ها از جمله این روش‌ها می‌باشد. نیاز به مجرب بودن نیروی انسانی، خطاهای انسانی و متوقف شدن دستگاه در هنگام کنترل آن، از جمله کاستی‌های مربوط به این روش‌ها است. در این تحقیق، هدف اصلی تعیین عیوب مکانیکی موجود در اجزاء پمپ هیدرولیک فرمان تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ شامل چرخ‌دنده‌ها با کاربرد آنالیز سیگنال‌های ارتعاشی به دست آمده از یک سیستم اندازه‌گیری الکترونیکی است.

از دیگر اهداف کاربردی این تحقیق، طراحی و ساخت یک میزکار آزمایشگاهی به منظور اندازه‌گیری عیوب مکانیکی سیستم‌های مکانیکی پمپ هیدرولیک فرمان با استفاده از یک حسگر شتاب‌سنج ارتعاشی، چرخش‌سنج برای اندازه‌گیری سرعت دورانی، پردازنده و یک رایانه همراه به منظور جمع‌آوری داده‌های ارتعاشی بوده است.

پیشرفت‌های اخیر در زمینه نرم‌افزارها و سخت-افزارهای رایانه‌ای و اجزا جانبی آن‌ها زمینه را برای انجام عملیات عیب‌یابی به کمک رایانه فراهم نموده است. بدین طریق امکان نظارت پیوسته بر عملکرد دستگاه مورد نظر وجود خواهد داشت و تشخیص و تعیین عیوب با دقت بالاتری انجام خواهد شد.

تحقیقات بسیاری در زمینه سامانه‌های پایش وضعیت[1]، برای کاهش زمان نگهداری و تعمیرات اجزا مکانیکی انجام شده است. پایش وضعیت در این زمینه را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود. تشخیص عیب و تخمین عیب. در تشخیص عیب، آسیب وارد شده به طور دقیق مورد بررسی قرار گرفته و تعیین می گردد اما در تخمین عیب، معیوب بودن دستگاه و عمر باقیمانده آن تخمین زده می‌شود (هری و دکر[2]، ۲۰۰۳).

در میان روش‌های عیب‌یابی در سیستم‌های مکانیکی، روش آنالیز سیگنال‌های ارتعاشی، قوی-ترین و متداول‌ترین روش برای تعیین و تشخیص عیوب سیستم های چرخ‌دنده‌ای است.

دلیل این موضوع را می‌توان شناخت بهتر سازوکارهای ارتعاشی عملکرد چرخ‌دنده‌ها، امکان منسوب نمودن تغییرات در سیگنال‌های ارتعاشی به رفتار دینامیکی چرخ دنده ها و عیوب آن دانست. در این روش، ارتعاشات ناشی از درگیری چرخ‌دنده‌ها که به بدنه و سازه پوسته[1] منتقل می‌شود، توسط یک حسگر ارتعاش‌سنج ثبت شده و توسط دستگاه‌های آنالیزور و یا برنامه‌های رایانه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. با توجه به این‌که حسگر به صورت مستقیم با سازه در تماس است؛ به جز لرزش‌های محیطی که از طریق شاسی به بدنه منتقل می‌شود و

[1]. Condition Monitoring
[2]. Harry and Decker

ارتعاشات سازه‌ای، عامل مزاحم دیگری (نویز) وجود نخواهد داشت. بنابراین با انتخاب محیط آزمون در محلی مناسب و طراحی مناسب شاسی می‌توان ارتعاشی با نسبت سیگنال به نویز مناسب از مجموعه‌های چرخ دنده ای برداشت نمود.

با مطالعه ادبیات پژوهش بیان شده در این بخش، می‌توان واکاوی ادبیات مرتبط با موضوع تحقیق را در جدول زیر خلاصه نمود:

سارتین ارهان و همکاران در سال(۲۰۰۶) در تحقیق انجام گرفته نشان دادن که، آنالیز ارتعاشی مزایای زیادی در کارخانجات تولید ماشین ها به عنوان یک تکنیک تشخیص خواهد داشت. و همپنین، آنها نشان دادند که وقتی یک عیب در یاتاقان ها به حداکثر خود می رسد، سطوح دامنه با فرکانس بالا اغلب کاهش می یابد و همچنین عمر یاتاقان ها را می توان توسط رفتار ارتعاش و زمان به کارگیری آن تخمین زد.

بارتلموز و ریمروز ذر سال(۲۰۰۹) روش بسیار ساده‌ای برای بررسی شرایط کاری جعبه‌دنده‌های سیاره ای است، کافی است سیگنال‌های ارتعاش ناشی از تحریکات خارجی (بارهای خارجی) اندازه-گیری و طیف ساده متناسب با شرایط مختلف‌کاری در سرعت های دورانی مختلف محاسبه شوند.

چنیمایا و موهانتی[1] در (۲۰۰۶) از طریق آنالیز شدت جریان موتور و تابع تبدیل موج ارتعاشات چرخ‌دنده‌ها را مورد بررسی قرار داده اند. آن‌ها نشان دادند که می توان از آنالیز علائم جریان موتور(MCSA) برای تشخیص نواسانات در بار چرخ‌دنده‌ها بهره برد و آن را همراه با روش تبدیل موج منقطع(DWT) جایگزین روش قدیمی اندازه-گیری و بررسی ارتعاشات ماشین ها قرار داد.

زارعی و پشتان در سال(۲۰۰۷) با استفاده از جریان القایی استاتور در یک الکتروموتور توانستند با به کارگیری تبدیل موج(meyer) به تشخیص عیب یاتاقان ها بپردازند. مزیت این روش تشخیص عیوب اولیه یاتاقان‌ها می باشد.

رفیعی و همکاران در سال(۲۰۱۰) از توابع موج مبنا (مادر) برای تشخیص عیب خودکار چرخ-دنده‌ها و یاتاقان‌ها بهره بردند، آنها از ۳۲۴ تابع موجود مبنا برای مقایسه آن با سیگنال‌های موج ناشی از نتایج آزمایشگاهی استفاده کردند و از میان تابع Daubechies44 (db۴۴) بسیار شبیه به سیگنال-های ارتعاش چرخ‌دنده و یاتاقان بود. آن‌ها همچنین نشان دادند که ممان مرکزی چهارم (cwc-svs) منطبق با عیوب یاتاقان و چرخ‌دنده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. مراحل آزمایشگاهی

هدف این تحقیق، ارائه یک تکنیک جدید برای شناسایی عیوب پمپ هیدرولیک فرمان، با استفاده از سیگنال‌های ارتعاشی بر اساس روش FFT می باشد. رفتار سیگنال‌های بدست آمده از پمپ هیدرولیک، غیر خطی و غیر ایستا می‌باشد. آزمایش‌ها بر اساس ثبت و ضبط سیگنال‌های بدست آمده از پمپ هیدرولیک در دور های متفاوت و در حالت سالم و معیوب توسط دستگاه Vibro test 60، هدایت می‌شود. این دستگاه دارای کارایی مختلفی می‌باشد، از آن جمله می‌توان به محاسبه ارتعاشات چرخ دنده هاو.... اشاره کرد. با استفاده از این دستگاه می‌توان سیگنال‌ها را در حوزه فرکانس بدست آورد، در واقع این دستگاه سیگنال فرکانس بر حسب دامنه را ارائه

[1] Davis Wrigonlit Tremaine

می دهد. برای انتقال از حوزه فرکانس به حوزه زمان با توجه به این که دستگاه با استفاده از روش FFT سیگنال مورد نظر را محاسبه می‌کند، می‌توان با استفاده از روش IFFT[1] سیگنال را به حوزه زمان بازگرداند. در نهایت سیگنال‌های به دست آمده مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد.

۲.۲. آزمون کارگاهی

جهت انجام آزمون‌های عیب‌یابی و تهیه سیگنال‌های مورد نیاز به منظور تحقیق بر روی اثر عیوب بر سیگنال سامانه‌های چرخ‌دنده‌ای، یک میزکار آزمایشگاهی آماده شد و سیگنال‌های به دست آمده از آن در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت

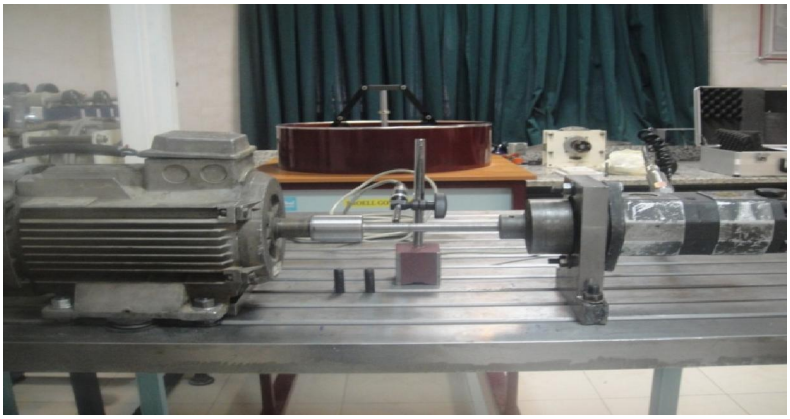
آن‌چه که در میزکار آزمایشگاهی مورد استفاده در عیب‌یابی دارای اهمیت است، طراحی مناسب سازه و اتصالات مجموعه است و این طراحی باید به گونه‌ای باشد که در حین کارکرد مجموعه، ایجاد نشود. علاوه بر این مطلب، وجود ارتعاش انتقال یافته از محیط اطراف به مجموعه یکی از عوامل مهم و اثرگذار بر روی عملیات داده برداری می باشد.

یک مجموعه آزمایشی برای آزمون عیب‌یابی چرخ‌دنده‌ها در مجموعه آزمایشگاه‌های مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد واحد تاکستان، آماده و نصب گردید که در آن از یک موتور الکتریکی با توان ۳ اسب بخار به عنوان محرک، پمپ هیدرولیک فرمان تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹، سازه‌های شاسی نگهدارنده و مجموعه کوپلینگ و میله رابط به عنوان سامانه انتقال حرکت استفاده شده است. نمایی از میزآزمایشگاهی آزمایشگاهی در شکل ۱ نشان داده شده است.

۳و ۲. داده برداری

عملیات داده‌برداری در این تحقیق به وسیله (شکل۳-۲) و یک حسگر شتاب‌سنج پیزوالکترونیک صورت گرفت. مزیت VT60دستگاه ارتعاش‌سنج عمده شتاب سنج‌های پیزوالکترونیک وسیع بودن محدوده فرکانسی و دینامیکی آن‌ها در نصب و به کارگیری می‌باشند. این حسگرها ارتعاش وارد شده را به یک سیگنال الکتریکی پیوسته تبدیل می‌کنند.

[1] . Inverse Fast Fourie Translate



شکل۱:میز کار آزمایشگاهی سامانه داده‌برداری

Fig.1. The basic device modeling in Solidworks software design

شکل ۲: حسگر شتاب سنج پیزوالکترونیک و کابل

ساده‌ترین راه برای گسسته نمودن یک سیگنال، ثبت نمودن مقادیر نمونه در فواصل زمانی T می باشد. این کار را می‌توان با ضرب نمودن یک قطار ضربه با فواصل زمانی معین در سیگنال مورد نظر انجام داد. دوره زمانی نمونه برداری با توجه به محدوده فرکانسی، سیگنال و امکانات سخت افزاری موجود برای تحلیل مشخص می‌گردد. در صورتی که فرکانس نمونه برداری بالا باشد؛ تعداد نمونه‌های سیگنال در واحد زمان یاد شده و تحلیل آن زمان‌بر می‌شود.

در این مطالعه اندازه‌گیری سیگنال‌های ارتعاشی مجموعه توسط شتاب سنج مدل 608A111 و دستگاه ارتعاش سنج مدل VT60 محصول شرکت B&K[1] انجام شد. شتاب‌سنج ذکر شده دارای گستره فرکانسی ۰/۵هرتز تا ۱۰ کیلو هرتز می باشد. دستگاه ارتعاش‌سنج VT60 نیز دارای دو کانل داده برداری با ولتاژ ورودی ۵± ولت می باشد. نمایی از شتاب‌سنج، کابل و دستگاه ارتعاش سنج VT60را در شکل ۲ ملاحظه می شود.

[1]. Bruel & Kjaer Vibro

شکل ۳: نمایی از شتاب سنج، کابل و دستگاه ارتعاش سنجVT60

شتاب‌سنج به وسیله یک پایه مغناطیس دائم یا اتصال پیچ و مهره به پوسته پمپ هیدرولیک متصل می شود. خروجی شتاب‌سنج به صورت سیگنال الکتریکی از طریق سیم و درگاه مربوطه به یکی از کانال های دستگاه ارتعاش سنج VT60 منتقل شده و پس از انجام عملیات گسسته سازی، از طریق PC CARD و RAM READER وارد رایانه شده و با استفاده از نرم افزار xms[1] به فرمت txt ذخیره می‌شود. عملیات پردازش و تحلیل سیگنال‌های ذخیره شده توسط نرم افزار MATLAB یا هر نرم افزار دیگری قابل انجام است. قابل ذکر است داده‌برداری در عیوب متفاوت و هر دنده در ۳مرحله یا وضعیت طبق جدوال ۱ الی ۳ که به پیوست می‌باشد ثبت شده است.

گاهی سرعت چرخش هم نامیده می‌شود. کمیتی است برای این تعداد دوران یک جسم در واحد زمان. بنابراین این کمیت، از جنس بسامد بوده و در سامانه SI برحسب هرتز(دور بر ثانیه) بیان می‌شود. در کاربردهای متداول مهندسی، بیشتر از یکای دور بر دقیقه rpm برای سرعت دورانی استفاده می‌شود.

این شتاب سنج برای اندازه‌گیری پارامترهای دینامیکی(از قبیل شتاب، نوسان، لرزه‌های مکانیکی) استفاده می‌کند. همانند سایز سنسورهای مبدل یک شتاب سنج پیزوالکترونیک نیز نوعی از انرژی را به نوع دیگری تبدیل کرده و یک سیگنال الکتریکی متناسب با مقدار، مورد نظر اندازه گیری کنیم

۲.۴. ایجاد عیوب

پس از گرفتن سیگنال از پمپ هیدرولیک در حالت سالم، برای مشاهده اثر عیوب و تحقیق در مورد آن‌ها، عیب مربوطه بر روی چرخ‌دنده‌ها ایجاد می شود و عملیات داده‌برداری دوباره انجام می شود. در این مطالعه با توجه به امکانات موجود عیب کچلی دندانه[2] مورد بررسی قرار گرفت. عیب مورد نظر روی چرخ‌دنده هرزگرد سوار شده برپمپ طبقه اول ایجاد گردید. مراحل پیشرفت از کچلی ۲۵درصد دندانه تا برداشته شدن کامل آن را نشان می دهند. این عیب توسط سنگ زنی دندانه بود. شکل ۴ کچلی ۲۵درصد را نشان می دهد.

همچنین عیب دیگری که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، عیب کچلی یا خوردگی روی

[1] . Extended Monitoring Software

[2] . Pitting

چرخ دنده هرزگرد پمپ طبقه دوم ایجاد شد که مورد ارزیابی واقع گردید.

شکل ۴: میان چرخش چرخ دنده

۳. نتایج و مباحث

۳.۱.۱. نتایج بررسی

تحلیل نتایج حاصل از آزمون‌های کارگاهی سامانه اندازه‌گیری ارتعاش پمپ هیدرولیک فرمان تراکتور MF399 ارائه خواهد شد. در ابتدا مقایسه بین نتایج حاصل از تحلیل طیف فرکانسی پمپ هیدرولیک در سه حالت بدون عیب، با عیب خوردگی ۲۵، ۵۰و ۱۰۰ درصد بر روی یکی از دندانه‌های چرخ‌دنده هرزگرد پمپ طبقه اول و سپس چرخ دنده هرزگرد مربوط به طبقه دوم این پمپ هیدرولیک ارائه خواهد شد.

با توجه به این که نرم افزار مورد استفاده در داده‌برداری ارتعاشی نرم افزار تخصصی XMS مربوط به شرکت B&K می‌باشد و نیز با عنایت به اینکه این نرم افزار به‌صورت مستقیم طیف ارتعاشی را از حوزه زمانی به حوزه‌ی فرکانسی با استفاده از FFT تبدیل می‌کند، لذا نیازی به استفاده از سایر نرم‌افزارها برای این تبدیل نیست و از منحنی‌های خروجی ارائه شده توسط نرم افزارXMS استفاده شده است.

۳.۱.۲. بررسی طیف فرکانسی پمپ هیدرولیک در حالت سالم

در این حالت همان‌گونه که در فصل سوم اشاره شد، پمپ هیدرولیک مورد نظر بدون هیچ‌گونه عیوب ساختاری و تعمدی مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفت.

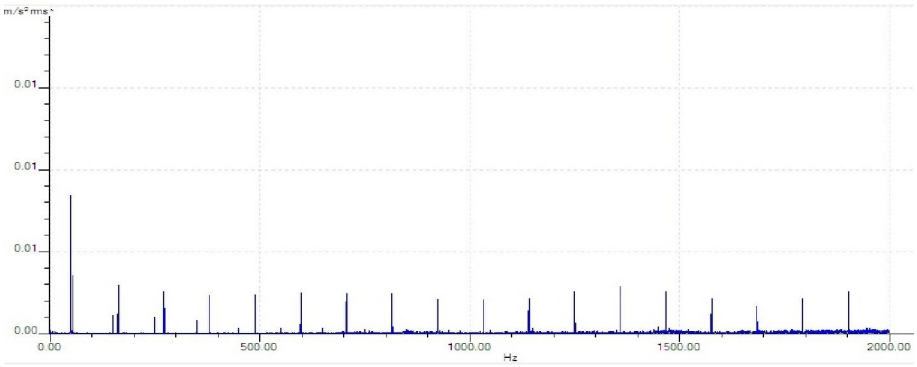
بررسی‌ها در سه سرعت دورانی ۳۵۰، ۷۰۰ و ۱۰۰۰rpm به روی شافت ورودی پمپ هیدرولیک انجام شد. با توجه به تعداد بسیار زیاد داده‌های آزمون و منحنی‌های حاصل از آن و به منظور جلوگیری از افزایش حجم پایان‌نامه تنها نتایج بررسی‌ها در سرعت دورانی rpm در شافت ورودی پمپ هیدرولیک ارائه شده است. داده‌ها و منحنی‌های سرعت دورانی در لوح فشرده همراه پایان‌نامه ارائه شده است.

فرکانس درگیری GMF چرخ دنده‌ها در طبقه اول پمپ در سرعت دورانی ۳۵۰ دور در دقیقه بدین صورت محاسبه می شود:

$$Fm=Fn\times Fr=12\times 350/60=70HZ$$

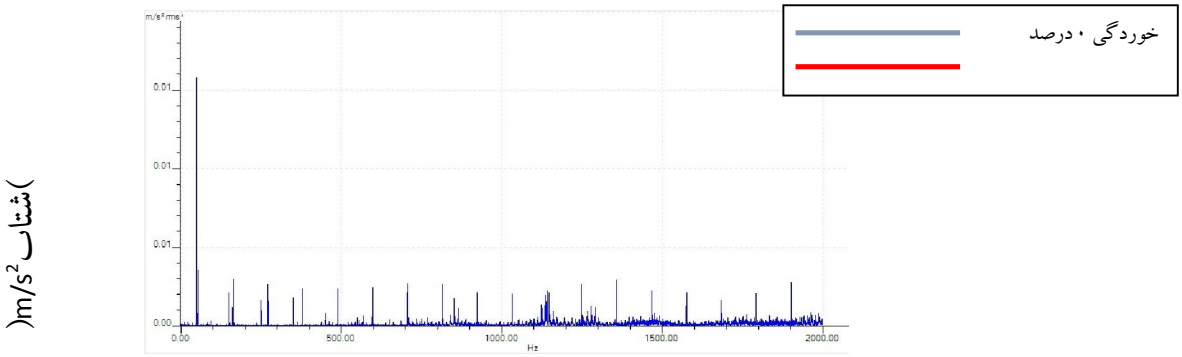
همانگونه که در منحنی شکل ۷-۱ ملاحظه می شود در فرکانس ۷۰HZ که معادل با فرکانس درگیری

چرخ دنده‌ها در سرعت دورانی ۳۵۰ دور در دقیقه است اول هارمونیک طیف فرکانس شکل گرفته است. دامنه ارتعاش در این فرکانس ۰/۰۱ متر بر مجذور ثانیه است. ولی در سایر فرکانس‌ها دامنه ارتعاش کمتر از ۰/۰۱ متر بر مجذور ثانیه است.



شکل ۵: طیف فرکانسی طبقه اول پمپ هیدرولیک فرمان در سرعت دورانی ۳۵۰ دور در دقیقه

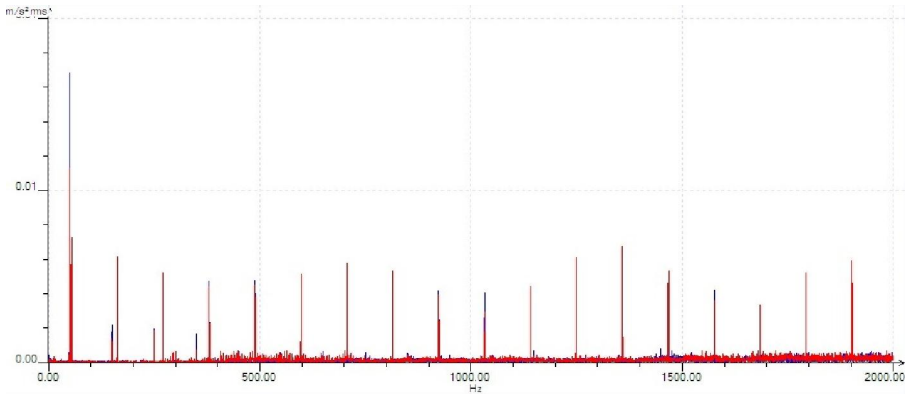
همانگونه که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود طیف فرکانسی حاصل از چرخش محور پمپ در سرعت دورانی ۳۵۰ دور در دقیقه در حالتی که شتاب سنج بر روی پوسته طبقه اول پمپ نصب شده باشد در پهنای فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اندازه‌گیری شده است .با توجه به تغییرات محدود شتاب ارتعاشی اجزا پوسته پمپ هیدرولیک، همانگونه که در شکل ۵ ملاحظه می شود دامنه شتاب به بیشینه ۰/۰۱ متر بر مجذور ثانیه رسیده است. از آنجا که معیار تشخیص عیب در چرخ‌دنده‌ها نوعا بر اساس تناوب و محل پیک فرکانس‌ها است لذا میزان دامنه(شتاب ارتعاشی)معیار قرار نمی گیرد. از طرفی پیداکردن هارمونیک‌های طیف فرکانسی نیز در این مورد از اهمیت ویژه ای برخوردار است.



شکل ۶: طیف فرکانسی طبقه پمپ هیدرولیک فرمان در سرعت دورانی ۷۰۰دور در دقیقه

فرکانس

با افزایش سرعت دورانی به ۷۰۰ دور درقیقه طیف فرکانس ارتعاشات پوسته طبقه اول پمپ بر اساس نوسانات شکل ۶ اندازه‌گیری شده است. فرکانس درگیری (GMF) چرخ دنده‌ها(۱۴۰ هرتز)، دومین هارمونیک طیف فرکانس شکل گرفته است. که دامنه طیف در این فرکانس کمتر از ۰/۰۱متر بر مجذور ثانیه می باشد و این بدان معناست که با افزایش سرعت دورانی پمپ، دامنه ارتعاشات در فرکانس درگیری چرخ دنده‌ها کاهش یافته است. اما همانگونه که در شکل ملاحظه می شود در فرکانس هایی با مضرب صحیح از فرکانس درگیری چرخ دنده، هارمونیک‌ها از دامنه نوسانی بیشتری در مقایسه با شکل ۵ برخوردار هستند و این بدان معناست که با افزایش سرعت دورانی، میرایی در ارتعاشات چرخ‌دنده‌ها کاهش یافته است. همانگونه که در شکل ملاحظه می‌شود با افزایش فرکانس میزان میرایی به مراتب کاهش بیشتری داشته است بدین مفهوم که با افزایش فرکانس، میرایی ارتعاش پوسته پمپ کاهش داشته است.

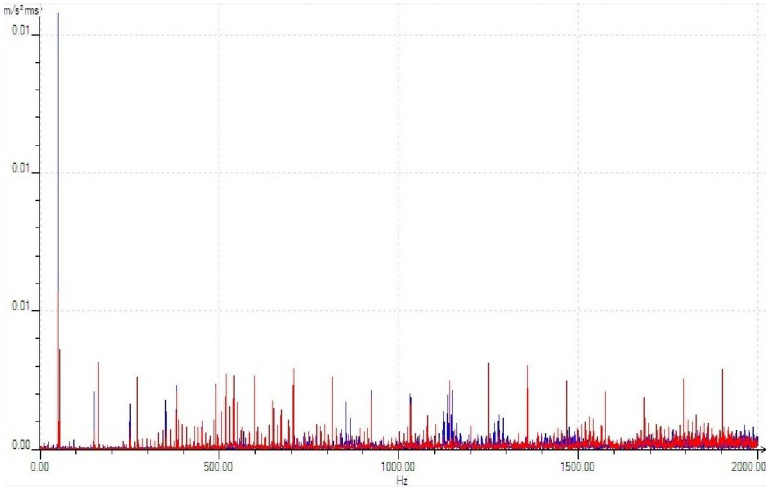


شکل ۷: مقایسه طیف فرکانسی پمپ هیدرولیک فرمان با خوردگی ۲۵ درصد بر روی چرخ دنده هرزگرد طبقه اول در سرعت دورانی ۳۵۰ دور در دقیقه

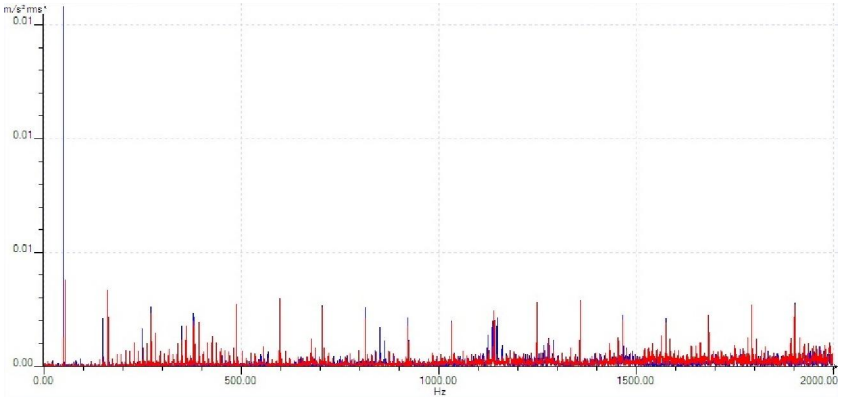
شکل۷ طیف فرکانس طبقه اول پمپ هیدرولیک فرمان را در حالتی که یکی از دندانه‌های چرخ دنده هرزگرد این طبقه به صورت دستی و تعمدی دچار عیب کچلی به میزان ۲۵ درصد شده است را در مقایسه با حالت سالم نشان می دهد. همانگونه که قبلا هم مشخص شد GMF در این حالت ۷۰ هرتز می باشد. در هر دو طیف فرکانس (سالم و معیوب) در فرکانس GMF، دامنه ارتعاشی دارای بیشینه مقدار خود (۰/۰۱ متر بر مجذور ثانیه)است. دامنه ارتعاشی طیف اندازه گیری شده چرخ دنده با خوردگی ۲۵ درصد بر روی یکی از دندانه‌های چرخ دنده هرزگرد طبقه اول پمپ در تمام فرکانس‌ها کمتر از دامنه ارتعاس در حالت سالم است. لذا یکی از نتایج قابل ملاحظه تفاوت دامنه ارتعاشی پوسته در دو حالت سالم و معیوب است.

همانگونه که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود باند سفید در حالت سالم در مقایسه با حالت خوردگی ۱۰۰درصد بر روی چرخ دنده هرزگرد طبقه اول در سرعت دورانی ۳۵۰ دور در دقیقه بیشتر است. از طرفی میرایی ارتعاشات در حالت سالم به مراتب

کمتر از حالت معیوب است. اما در هر دو حالت هارمونیک‌ها در سمت چپ پیک‌ها واقع شده است.



با افزایش سرعت دورانی از ۳۵۰ به ۷۰۰ دور در دقیقه در پمپ خوردگی ۲۵ درصدبر روی چرخ دنده هرزگرد طبقه اول، دامنه هارمونیک‌ها افزایش یافته است. در GMF معادل ۷۰ هرتز در سرعت دورانی ۳۵۰ دور در دقیقه و GMF ۱۴۰ هرتز که در سرعت دورانی ۷۰۰ دور در دقیقه تفاوتی در فرکانس، دامنه، و هارمونیک‌های آن دیده نمی‌شود.



۳.۱. تحلیل

شکل‌بندی‌های مختلف جعبه‌دنده‌ها، تفاوت در نوع و تعداد المان‌های تشکیل دهنده آن‌ها مانند یاتاقان‌ها و چرخ‌دنده‌های مختلف، نویزپذیری زیاد، افزوده شدن رزنانس‌های سازه‌ای بدنه و ارتعاشات سایر المان‌های گردشی به سیگنال، و وجود انواع مختلف عیوب در چرخ‌دنده‌ها و احتمال تشابه اثر آن‌ها با عیوب سایر المان‌های جعبه‌دنده و وجود شرایط کاری مختلف مانند سرعت‌های گردشی، و بارهای اعمالی متفاوت، از جمله عواملی هستند که عیب یابی در جعبه‌دنده‌ها و چرخ‌دنده‌ها را با مشکلاتی همراه می‌کند.

آنالیز ارتعاشات قوی‌ترین و متداول‌ترین روش برای تعیین و تشخیص عیوب سامانه‌های چرخ‌دنده-

ای است. استفاده از طیف فرکانسی مربوط به ارتعاشات اجزاء ماشین‌ها به منظور تعیین میزان و محل عیب اجزاء یکی از روش‌های نوین در فرآیند سامانه اندازه‌گیری الکترونیکی ارتعاشات مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری ارتعاشات یک میز آزمایشگاهی طراحی و اجزاء سامانه اندازه‌گیری، پمپ هیدرولیک، الکترو موتور بر روی آن نصب شد. آزمون‌ها در سه سطح سرعت دورانی ۳۵۰ rpm و ۷۰۰ برای شافت ورودی پمپ هیدرولیک در سه دور مختلف انجام گرفت. عیوب ایجاد شده بر روی پمپ هیدرولیک شامل خوردگی ۲۵ و ۵۰ درصد بر روی چرخ‌دنده هرزگردمربوط به طبقه اول و خوردگی بر روی چرخ دنده هرزگرد مربوط به طبقه دوم پمپ هیدرولیک بود. داده‌برداری توسط دستگاه Vibrotest مدل VT60 انجام گرفت. نتایج تحلیل داده‌ها در حوزه فرکانس نشان داد که فرکانس۵ الی ۱۰۵ Hz در تمامی سرعت‌های دورانی با افزایش خوردگی در چرخ‌دنده، ارتعاشات در فرکانس بالاتر و دامنه ارتعاشی کمتر مشاهده شد . با در نظر گرفتن این مطالب می‌توان نتیجه گرفت که بکارگیری روش آنالیز طیف فرکانسی در تشخیص عیوب مربوط به اجزاء پمپ هیدرولیک مورد بررسی (تراکتور) توانست درتشخیص عیوب آن مؤثر واقع گردد.

منابع

۱- تیلور جیمز ، ۱۳۹۰، هندبوک آنالز ارتعاشات، ترجمه کریمی حمید، سیاوش خیرالله،چاپ کنکاش اصفهان

۲- تمیزی هوتن، رضایی وحید، خسروی محمداسماعیل، ۱۳۸۱، عیب‌یابی ماشین آلات دوار، انتشارات پرس صانکو ، چاپ اول

۳- تمیزی هوتن، خسروی محمد اسماعیل ، ۱۳۸۶، بالانس در محل،انتشارات حسام، چاپ دوم

۴- حامدی جهانبخش، ۱۳۸۷، ارتعاشات مکانیکی، مرکز نشر جهش، چاپ اول.

1. A.S. Sekhar ,2004, Detection andmonitoring of crack in a coast-down rotor supported on fluidfilm bearings. Tribology International 279–287

2. C.N.Tan, J. Mathew,1990, Monitoring the Vibration of Variable and Varying speed Gearbox, the Instituation of Engineers Australia Vibration And Noise Conference Melbourn

3. Cyrus,B., Meher-Homji, P.E.Ferofze J. Meher-Ho,ji, Rustam B.2004,Vibration and Debris Analysis for Condition Monitoring of Gear boxes-An Integrated Approach,Boyce Engineering International

4. Enayet B.Halim , Sirish L.Shan,Ming J.Zuo and M.A.A.Shoukat, 2003, Fault Detection of Gearbox from Vibration Signals using Time-frequency Domain Averaging.Chemical and Materials Engineering Department, University of Alberta,Edmonton, AB, Canada

5. J. Zarei and J. Poshtan, Bearing fault detection using wavelet packet transform of induction motor stator current. Tribology International ۲۰۰۷. ۴۰: p. ۷۶۳–۷۶۹

6. Jing Lin , Ming J,2004, Mechanical Fault Detection Based on the Wavelet De-Noising Technique,journal of Vibration and Acoustics, January , vol.۱۲۶

7. James J. Zakrajsek, 1996, Gear tooth Fatigue crack in Advance of Complete

Fracture, Technology Showcase on Integrated Monitoring, Diagostics and Failure Prevention.

MF399 tractor hydraulic pump defect assessment on two levels 350 and 700 rpm rotational speed Corrosion 25 and 50 Percentage

Behroo Ahmadi*[11], Davod.M.Zamani[12], Mehrdad Nori Khajavi[13]

Received: 29 August 2015
Accept: 19 November 2015

Abstract

In industry, especially car maintenance is essential. Agricultural machinery due to the high load, terrain, environments contaminated with dust and other unfavorable climatic conditions the accurate maintenance programs, regular, good quality consumer materials and components need to be. Otherwise, the cost will be very high maintenance machines specified in cultivation calendar, will not be accessible and usable. Therefore, applying a monitoring program to predict the exact time of the failure, reduce the intervals in the operation of agricultural machinery, Increased safety, efficiency, financial savings and overall increase in the harvest of the unit creates. Vibration analysis is the most powerful and most used method for identifying defects is gearing systems. The use of the frequency spectrum of the vibration machine components in order to determine the extent and location of the fault components of modern methods is in the process of electronic measuring vibrations. The aim of this study was to determine the defects associated with major components such as gears tractor hydraulic pump vibration frequency spectrum obtained by analysis by electronic measurement system was Vibrations. In order to measure the vibrations of a lab bench design and components of the measurement system, hydraulic pump MF399 tractor, electric motor was installed on it. Tests at two levels of 350 and 700 rpm for input shaft rotational speed hydraulic pump was. Including corrosion defects on the gear wheel pinion gears 25 and 50 percent on the first pump and the second pump corrosion was freewheeling gear. The operation was carried out by Vibrotest VT60 model. (The analysis of the data shown in the time and frequency domains The frequency of 5 to HZ105 at all speeds time with increased corrosion in gear, vibration in a higher frequency and amplitude less.

Key Words: Vibration frequency analysis, Troubleshooting, The frequency domain, Hydraulic pump gear

[11] Master of Science Engineering of mechanic of agricultural machinery, Islamic Azad University -Takestsn Branch.
[12] Assistant Professor , mechanic of agricultural machinery Islamic Azad University-Takestsn Branch.
[13] Assistant Professor , mechanic, Islamic Azad University-Takestsn Branch.
*corresponding author: behrouz.ahmadi55@gmail.com