

EMD روشی نوین در عیب‌یابی جعبه دنده‌ها

مهشید مزروعی سبدانی^۱

شرکت صنایع شیمیایی ایران

mmazrooei@yahoo.com

چکیده

به طور معمول نمودار FFT پر استفاده‌ترین ابزار نزد متخصصان آنالیز ارتعاشات است. اما بسیاری از اطلاعات مربوط به رفتار ماشین به دلایل مختلف از جمله، فیلتر شدن بعضی فرکانسها، روی هم افتادن فرکانسهای نزدیک به هم با توجه به وضوح انتخابی، ممکن است در نمودار FFT حذف گردند. با در نظر گرفتن اهمیت جعبه دنده در اجزا ماشین آلات صنعتی لازم است یک فرایند وضعیت‌سنجی و تشخیص عیب مناسب، برای جلوگیری از کارکرد بد و خرابی این اجزاء در هنگام کار ارائه شود. در چنین شرایطی استفاده از روش EMD ابزار مفیدی در تشخیص زود هنگام عیوب جعبه دنده‌ها می‌باشد. در این مقاله روش تئوری روش EMD و چگونگی استخراج IMFS (Intrinsic Mode Functions) بررسی شده است. با توجه به بررسی‌ها و تئوری نوشته شده در نهایت بر روی یک جعبه دنده معیوب مورد تحلیل قرار گرفت. مشاهده می‌گردد فرکانسهای عیب به راحتی قابل مشاهده هستند.

واژه‌های کلیدی: جعبه دنده، موجک Meyer، EMD، empirical mode decomposition.

مقدمه

تکنیکهای مورد استفاده برای بررسی وضعیت سلامت ماشین‌آلات و عیب‌یابی آنها به صورت مختلف تکنیکهای CM نامیده می‌شود.

در طول ۶۰ سال گذشته، پیشرفتهای زیادی در زمینه، تکنولوژی و عملکرد سیستمهایی که در اندازه‌گیری وضعیت تجهیزات به کار می‌رود انجام گرفته‌است. از ابزارهای اندازه‌گیری مکانیکی که برای گرفتن یک شکل موج دینامیکی ساده و با فرکانس پایین به کار می‌روند تا دستگاههای اندازه‌گیری دیجیتالی و پیشرفته امروزی، آنالیزهای دقیق جریان و ذرات شیمیایی آنالیز جریان موتورهای الکتریکی و مدارات همه تغییرات زیادی یافته که عمده تغییرات در ۱۵ سال اخیر بوده است. ارتعاشات بیانگر کارکرد ماشین و شرایط قطعات داخلی آن می‌باشد با توجه به اینکه هرگونه عیب در ماشین‌آلات دوار تاثیر مشخصی بر ارتعاشات ماشین مذکور دارد. این روش، روش قدرتمندی است و کارایی آن مرهون رشد نرم افزاری و سخت افزاری پردازشگرهای سیگنال می‌باشد.

^۱ کارشناس ارشد مکانیک - بازرسی فنی

بهترین راه نگهداری از ماشین آلات دوار کشف و ارزیابی آنها در حین کار است. اگر مسئله ای به موقع کشف شود، زمانی که عیوب جزئی بوده و تاثیری در عملکرد ماشین ندارند، و بتوان علل بروز آن را در حین کار ماشین ارزیابی کرد بسیار مفید می باشد.

در روش CM ۹۰٪ از خرابی جعبه دندهها و قطعات دیگر حائز اهمیت ماشین را می توان ماهها قبل از آنکه رخ دهد پیش بینی نمود. با بهره گیری از روشهای عیب یابی می توان برخی از صدمات وارده، میزان عمر باقیمانده و وقوع خرابی های ناخواسته را پیشگویی نمود.

مشکل عمده تشخیص عیب در مراحل اولیه خرابی جعبه دندهها این است که دارای دامنه پایینی بوده و اغلب با ارتعاشات قویتر سایر اجزاء دستگاه پوشیده می شوند. اغلب در مراحل اولیه خرابی، دامنه های ارتعاشی خیلی مختصری دیده می شود با توسعه عیب انرژی کلی ایجاد شده توسط ضربه های عیب افزایش پیدا خواهد کرد ولی در باند فرکانسی پهنتری دیده می شود و در نتیجه تشخیص عیوب چرخنده های جعبه دنده در میان ارتعاشات دیگر اجزای ماشین مشکل می باشد.

روش های مختلف آنالیز عیوب در چرخنده ها

با توجه به نقش حساس چرخنده ها در عملکرد بسیاری از دستگاه ها و خسارات فراوانی که ممکن است در اثر از کار افتادگی آنها به وجود آید، تعیین و تشخیص به موقع عیوب در چرخنده ها از اهمیت فراوانی برخوردار است. از طرفی گوناگونی عیوب و شرایط کاری اغلب چرخنده ها که معمولاً در کنار سایر اجزاء متحرک دیگر به کار می روند، مکانیسم پیچیده درگیری چرخنده ها، وجود عوامل مزاحم در محیط کاری مانند نویز، وجود مولفه های نامعین و بسیاری از عوامل دیگر شناسایی و تعیین عیوب در چرخنده ها را به کاری مشکل تبدیل کرده است. به علاوه شرایط بوجود آمده در صنایع امروزی در کنار خصوصیات روشهای سنتی استفاده از این روشها را ناکارآمد کرده است و استفاده از روشهای مدرن و اتوماتیک را به امری ضروری تبدیل شده است.

از جمله روشهایی که در یافتن عیوب چرخنده ها متداول است می توان به اندازه گیری درجه حرارت، آنالیز روغن و آنالیز سیگنالهای صوتی و ارتعاشی اشاره نمود.

در میان روشهای اشاره شده با توجه به خصوصیات هر یک از این روشها، آنالیز سیگنالهای ارتعاشی در میان سایر روشها از خصوصیات منحصر به فردی برخوردار است و قدرت بالاتری در آشکار سازی اثر عیب دارد و به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد.

آنالیز ارتعاشات قویترین و متداولترین روش برای تعیین و تشخیص عیوب سیستم های چرخنده ای و چرخنده ها می باشد. دلیل این موضوع را می توان شناخت بهتر مکانیسم های ارتعاشی عملکرد چرخنده و امکان منسوب نمودن تغییرات در سیگنال ارتعاشی به رفتار دینامیکی جعبه دنده و عیوب آن دانست. در این روش ارتعاشات ناشی از درگیری چرخنده ها که به بدنه و سازه جعبه دنده منتقل می شود، توسط یک سنسور ارتعاش سنج ثبت شده و توسط دستگاه های آنالیزر و یا برنامه های کامپیوتری مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

روشهای آنالیز ارتعاشی به چند دسته کلی تقسیم می شوند از جمله :

- آنالیز حوزه زمان
- آنالیز حوزه فرکانس
- آنالیز حوزه زمان - فرکانس

تحقیقات بسیاری در زمینه عیب یابی اجزاء دوار - از جمله چرخنده ها - از طریق آنالیز ارتعاشات انجام شده است. روشهای حوزه زمان معمولاً از ابزارهای آماری استفاده می کنند. جذر میانگین مربعی، فاکتور کرسر و ... از جمله شاخصهای حوزه زمان هستند که در عیب یابی چرخنده ها استفاده فراوانی دارند.

به دست آوردن طیف فرکانسی از سیگنال زمانی از طریق تبدیل فوریه اساس کار روشهای حوزه فرکانس می باشد. طیف فرکانسی برای شناسایی فرکانس های غالب موجود در سیگنال و یافتن دید کلی در مورد سیگنال بسیار مفید می باشد. طیف فرکانسی برای شناسایی فرکانس های غالب موجود در سیگنال و یافتن دید کلی در مورد سیگنال بسیار مفید می باشد. اما از آنجا که طیف فرکانسی، دامنه ارتعاشات در کل بازه زمانی سیگنال را نشان می دهد تغییرات موضعی در سیگنال را به خوبی آشکار نمی کند.

روشهای زمان-فرکانس یک توزیع فرکانسی در بازه های زمانی مختلف از سیگنال نشان می دهد و از این نظر قابلیت آشکار سازی تغییرات موضعی در سیگنال را دارد.

نمایش همزمان در حوزه های زمان و فرکانس در آنالیز سیگنالهای ناپایستار بسیار سودمند است. چرا که همه اجزا در محدوده فرکانس مورد نظر، سکانسهای آنها و تغییرات با زمان را می توان در یک نمودار نشان داد. روشهایی که بر مبنای تبدیل فوریه زمان کوتاه از جمله مهمترین و پر کاربردترین روشهای حوزه زمان فرکانس می باشند. این روشها در کنار مزایای خود دارای معایبی می باشند که از جمله آنها می توان به ثابت بودن عرض تابع پنجره آنالیز در اسپکتوگرام است که در تعیین دقت زمانی و فرکانسی، محدودیتهایی به وجود می آورد.

تبدیل موجک برای نمایش خصوصیات فرکانسی سیگنال در زمانهای متفاوت استفاده می کند. روش تبدیل موجک با توجه به قابلیتهایش در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از دیگر قابلیتهای تبدیل موجک که می تواند در انجام عملیات عیب یابی موثر و کارا باشد، توانایی در حذف نویز می باشد که تحقیقات انجام شده نتایج مثبتی را در این زمینه در پی داشته است. [۵]، [۴] و [۱]

رفتار ارتعاشی چرخنده ها و عیوب آنها

سیگنال چرخنده های ایده ال (دنده های یکسان با واصل کاملاً مساوی) با پریود زمانی $T=1/f_m$ تکرار می شود که در آن f_m فرکانس در گیری (حاصلضرب تعداد دندانه ها در فرکانس دوران چرخنده ها) می باشد. غیر خطی بودن فرآیند در گیری باعث می شود که در طیف سیگنال علاوه بر فرکانس در گیری، هارمونیکهای آن نیز وجود داشته باشد. یک تغییر ناگهانی دامنه در فرکانس در گیری، هنگامی که شرایط بار و سرعت بدون تغییر است، می تواند نشانه یک مشکل در چرخنده باشد. از هارمونیکهای فرکانسی در گیری نیز می توان برای مشاهده علائم تغییر و غیر عادی بودن که ناشی از وجود عیب می باشد، استفاده نمود.

علاوه بر تغییرات نسبتاً طولانی دامنه در فرکانس در گیری، نظیر آنچه که به وسیله تغییرات در بار ایجاد می شود، ممکن است تغییرات کوتاهی که به وسیله دینامیک فرآیند در گیری تولید می شود، وجود داشته باشد. آنچه از نظر عیب یابی مهم است آن است که این تغییرات، در خصوصیات در گیری در دور تا دور چرخنده تفاوتی نشان می دهند و ممکن است به صورت سایه باندهایی دیده شوند که با فاصله یک یا هردو فرکانس دوران شفتها در طرف فرکانس در گیری قرار گیرند.

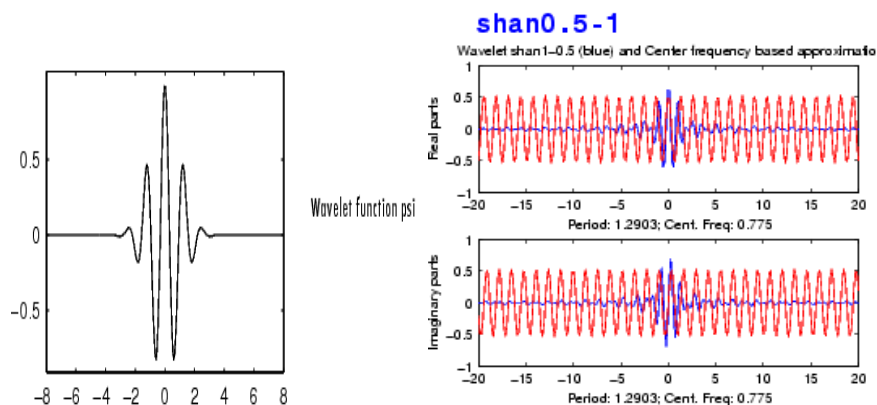
اگر فرآیند در گیری دندانه در دور تا دور چرخنده یکسان باشد فرکانس در گیری حاصله چه در دامنه چه در فرکانس ثابت خواهد بود. هر انحراف، نظیر آنچه که ممکن است بوسیله حرکت یکی از چرخنده ها نسبت به دیگری، خطاهای فاصله یا پروفیل دندانه، نوسان در بار یا تغییرات در سفتی دنده ها تولید شود، به حرکت ترکیبی از مدولاسیون دامنه و فرکانس مربوط به فرکانس در گیری ظاهر می شود. یک عیب موضعی نظیر ترک خوردگی دندانه باعث مدولاسیون بیشتر سیگنال ارتعاشی چرخنده توسط یک سیگنال ضربه با انرژی پایین می شود. ماهیت پهن باند بودن سیگنالهای ضربه باعث بوجود آمدن سایه باندهای مدولاسیون در هارمونیکهای فرکانس در گیری می شود. در این خلال ممکن است رزنانسهای سازه ای نیز بوسیله ضربات ناشی از عیب چرخنده، تحریک شوند.

ناهمسانی فاصله بین دنده ها، باعث می شود که تماس دنده ها در خارج از دایره گام صورت گیرد و در نتیجه ممکن است که با مدولاسیون فرکانس در اطراف فرکانس نامی در گیری همراه گردد. این در حالی است که مدولاسیون دامنه در اثر تغییرات بار ناشی از نامنظمی های موجود در سطوح تماس دنده ها بوجود می آید. عیوب گسترده نظیر سایش و عیوب موضعی نظیر ترک

خوردگی نیز باعث این دو نوع مدولاسیون می شوند. اما در عیوب موضعی تغییرات در دامنه و فاز سریع و شدید است در حالیکه در عیوب گسترده تغییرات به کندی صورت می گیرد. تغییرات مربوط به عیوب موضعی با پیروید دوران چرخنده، معیوب صورت می گیرد.

معرفی موجک و روش تبدیل موجک

همانطور که در تبدیل فوریه، یک سیگنال به صورت مجموع یک سری موجهای سینوسی با فرکانسهای مختلف بیان می شود، در تحلیل موجک، سیگنال به مجموع یک سری از موجکهای بدست آمده از جابه‌جا کردن و گسترش دادن یک موجک مادر، شکسته می شود. موجک، بر خلاف موج سینوسی (پایه تبدیل فوریه) که نامتناهی است و کاملاً پیوسته و متناوب است، یک سیگنال زمانی محدود با متوسط دامنه صفر و معمولاً نامتقارن و بی نظم است. چند نمونه موجک در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- نمونه موجک

با نگاه کردن به موج سینوسی و موجکها، واضح است که سیگنالهایی با تغییرات تیز و ناگهانی را، با موجکهای نامنظم بهتر از موج سینوسی کاملاً پیوسته و متناوب می توان تحلیل نمود. همچنین اتفاقات و پدیده‌های نقطه‌ای و موضعی را نیز با موجک بهتر می توان نمایش داد. توابع موجک همانند اجزای گذرای سیگنالهای ارتعاشی، دارای انرژی موضعی در حوزه زمان هستند. به همین دلیل این توابع ابزار خوبی برای شناسایی این اجزای گذرا می باشند. تعریف تبدیل موجک پیوسته در رابطه زیر آورده شده است. در این رابطه $\psi(t)$ موجک مادر، علامت ستاره نشانه مزدوج مختلط، کمیت a ضریب انبساط موجک و بیانگر میزان کشیدگی موجک و کمیت b جابجایی زمانی موجک است.

$$CWT(a, b) = \frac{1}{a} \int_0^{\infty} s(t) \cdot \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt$$

در حین تحلیل، موجک بوسیله کمیت b در طول زمان جابجا می شود تا در موقعیت دلخواهی از سیگنال که می خواهیم تحلیل کنیم قرار گیرد. سپس برای تمرکز روی محدوده فرکانسی مورد نظر، از کمیت a و به عبارت دیگر از انبساط و یا انقباض موجک استفاده می کنیم. وقتی از ضرایب a ی بزرگتر (بزرگتر از یک) استفاده می کنیم، موجک منبسط شده (کش پیدا می کند) و روی فرکانسهای کوچکتر تمرکز پیدا می کند و بر عکس وقتی از ضرایب a ی کوچکتر (کوچکتر از یک) استفاده می کنیم، موجک منقبض شده (جمع می شود) و روی فرکانسهای بزرگتر تمرکز پیدا می کند. [۷] و [۲] و [۳]

مرور مختصری بر تئوری روش EMD^۱

سیگنال ارتعاشی چرخنده معمولاً غیر ساکن و غیر خطی می باشد و فرکانسهایش ترکیب می شود و با زمان تغییر می کند. بنابراین تحلیل فرکانسی که می تواند اطلاعاتی در حوزه زمان و فرکانس به وجود آورد مفید می باشد. روش EMD بر اساس فرض ساده پایه گذاری شده است که هر سیگنال شامل موجهای ساده سینوسی متفاوتی می باشد. بر اساس این روش هر سیگنال را می توان به تعدادی IMF's تجزیه کرد برای تجزیه سیگنال حوزه زمان و به دست آوردن IMF's باید مراحل زیر را انجام داد:

- (۱) تعیین همه نقاط ماکسیمم و مینیمم های محلی یک سیگنال
- (۲) همه نقاط ماکسیمم را با خط Spline درجه سه به یکدیگر متصل کرد همین کار برای نقاط مینیمم هم انجام می گیرد.
- (۳) مقدار متوسط خطوط Spline مربوط به ماکسیمم و مینیمم را محاسبه و برابر m_1 و تفاوت آن با مقدار سیگنال اصلی ورودی مربوط به ارتعاشات $(x(t))$ را برابر h_1 قرار داده می شود.

$$x(t) - m_1 = h_1$$

مقدار h_1 اولین عضوی است که باید بررسی شود که آیا IMF's هست یا خیر. برای این کار باید دو شرط چک گردد.

empirical mode decomposition -1

- در همه اطلاعات تعداد اکسترمم ها و صفر های سیگنال با یکدیگر باید حداکثر یکی اختلاف داشته باشند.

- مقدار متوسط دامنه محلی ماکسیمم و مینیمم هر قسمت سیگنال برابر باشند.
اولین جزء IMF از اطلاعات تهیه می شود. باید جزء c_1 از سیگنال جدا شود.

$$r_1 = x(t) - c_1$$

r_1 مثل سیگنال پایه رفتار می کند و باز پروسه بالا تکرار می شود.

$$r_{n-1} - c_n = r_n$$

(۴) اگر h_1 جزء IMF's نباشد h_1 به عنوان یک سیگنال مبنا عمل می کند و مراحل ۱، ۲، ۳ را باید تکرار کرد.
این مراحل را تا k مرحله تکرار کرده تا به مرحله ای برسیم که جزء IMF's باشد.

$$h_1 - m_{11} = h_{11}$$

$$c_1 = h_{1k}$$

این پروسه تجزیه وقتی کامل می شود که r_n تابع یکنواخت باشد. برای این موضوع شرط زیر باید چک گردد.

$$sd = \sum_t \left[\frac{|h_{n-1}(t) - h_n(t)|^2}{h_{n-1}^2(t)} \right] < \varepsilon$$

n مراحل انجام این پروسه می باشد و ε بین ۰.۲ تا ۰.۳ در نظر گرفته می شود.
اگر تابع r شرط بالا را داشته باشد الگوریتم تمام می باشد و گر نه دوباره باید مراحل قبل تکرار شود.

$$x(t) = \sum_{j=1}^n c_j + r_n$$

برای هر کدام از IMF با توجه به C_j ، انتقال هیلبرت به صورت زیر تعریف می شود.

$$H[c_j(t)] = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{c_j(t)}{t-t_0} dt$$

سیگنال به صورت زیر ساخته می گردد.

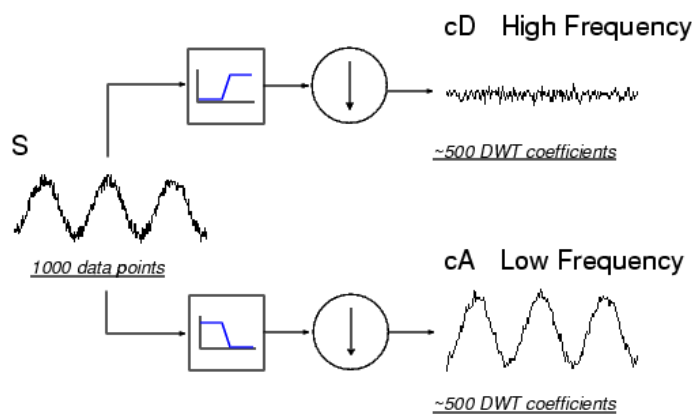
$$Z_i(t) = C_i(t) + jH[C_i(t)] = a_i(t)e^{j\phi_i(t)}$$

$$a_i(t) = \sqrt{C_i(t)^2 + H[C_i(t)]^2}$$

$$\phi_i(t) = \arctan \frac{H[C_i(t)]}{C_i(t)}$$

$$\omega_i(t) = \frac{d\phi_i(t)}{dt}$$

خرابی محل یا سائیدگی باعث ایجاد ضربه های پرریودیک متوالی در سیگنال ارتعاشات می شود. اندازه و پرریود تکرار این ضربه ها با توجه به سرعت چرخش، تعداد دندان های چرخنده تعیین می شود. با توجه به اینکه معمولاً عیوب چرخنده ها در فرکانس بالا ایجاد می شود، بنابراین برای کاهش فرکانس پایین یک تابع Wavelet بر روی سیگنال اثر داده می شود. وقتی تابع موجک db10 بر روی یک سیگنال اثر می کند سیگنال به دو قسمت تقسیم می شود یکی فرکانس بالا و دیگری فرکانس پایین می باشد. (شکل ۲) در واقع با اعمال انتقال هیلبرت بر روی سیگنال به دست آمده، سیگنال $B(t)$ بر اساس ضریب Wavelet گسترش می یابد.



شکل ۲ چگونگی تقسیم بندی Daubechies(db10) را بر روی سیگنال نشان می دهد.

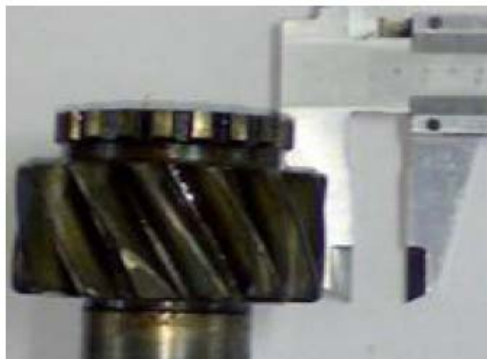
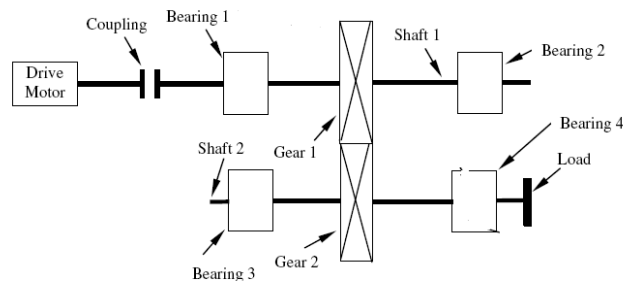
تجزیه $B(t)$ با استفاده از روش EMD، IMFها به صورت C_1 تا C_n به دست می آید. با توجه به فرکانس عیوب چرخنده ها، IMFهای مفید جدا می گردد. سیگنال به صورت زیر می گردد با به دست آوردن اسپکترام ترکیبات IMFها جدا گردیده به تعیین عیب در جعبه دنده پرداخته می شود. [۱] و [۲] و [۳]

$$x(t) = RP \sum_{i=1}^n a_i(t) e^{j\phi_i(t)} = RP \sum_{i=1}^n a_i(t) e^{j \int \omega_i(t) dt}$$

آزمایش عملی

به منظور انجام تستهای عیب یابی و تهیه سیگنالهای مورد نیاز جهت تحقیق بر روی اثر عیوب بر سیگنال سیستمهای چرخنده ای، از مجموعه آزمایشگاهی ساخته شده سیگنال چرخنده معیوب استخراج گردیده است. این مجموعه شامل یک موتور الکتریکی به عنوان محرک، سازه های زیرین و دو شافت که بر روی آنها بلبرینگ نیز قرار دارد شکل ۳ نمای شماتیک از آن را نشان می دهد.

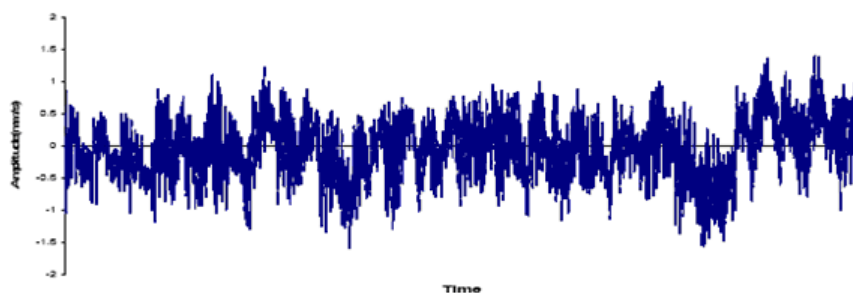
در این آزمایش به بررسی یک جعبه دنده با دو چرخنده که تعداد دندانه هر چرخنده ۳۷ عدد می باشد فرکانس چرخشی چرخنده معیوب برابر با ۷ HZ می باشد و نمونه برداری توسط دستگاه ارتعش سنج on line با فرکانس ۲۰۴۸ هرتز انجام می گیرد. یکی از دندانه های این چرخنده توسط سنگ زدن معیوب گردیده است.



شکل ۳- تصویر دستگاه و چرخنده معیوب

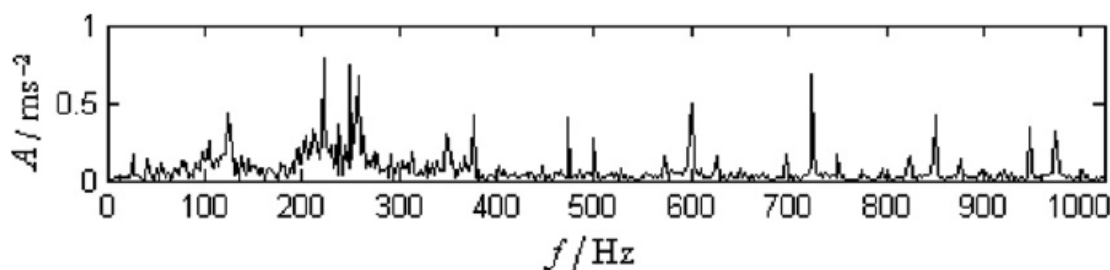
فرکانسهای GMF (فرکانس درگیری چرخنده می باشد که برابر با حاصلضرب تعداد دندانه های چرخنده در فرکانس دوران چرخنده ها می باشد) مربوط چرخنده معیوب ۲۵۹ هرتز می باشد. شکل ۴ ارتعاشات این چرخنده را در حوزه زمان نشان می دهد.

نمایش زمانی چرخنده معیوب



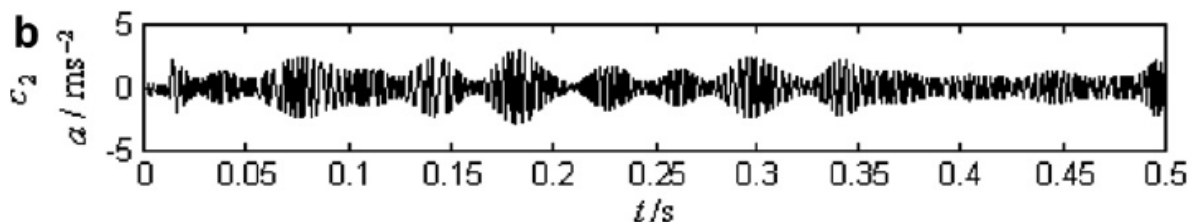
شکل ۴- چرخنده معیوب در حوزه زمان

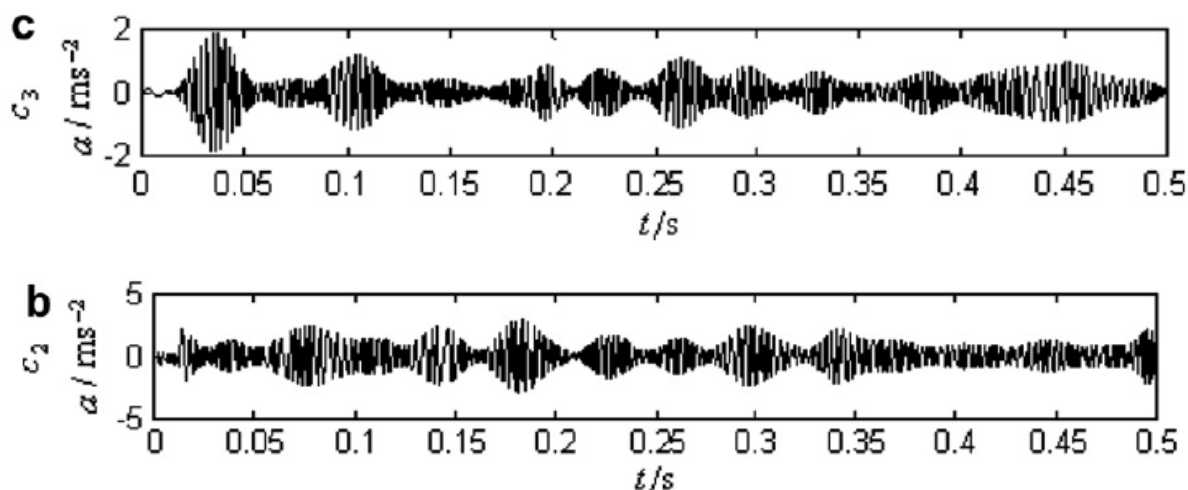
در ابتدا از روش فوریه برای تحلیل استفاده می گردد. همانگونه که در شکل ۵ مشاهده می گردد در فرکانس ۲۵۹ هرتز عیبی مشاهده نمی گردد. تحلیل فرکانسی برای عیوب پیشرفته قابل مشاهده می باشد.



شکل ۵- تحلیل فرکانسی فوریه

در روش EMD برای کاهش فرکانسهای پایین یک موجک Daubechies که یک تابع Wavelet است بر روی سیگنال اثر داده می شود. وقتی تابع موجک بر روی یک سیگنال اثر می کند سیگنال به دو قسمت تقسیم می شود یکی فرکانس بالا (cd1) و دیگری فرکانس پایین (ca1) می باشد. با تبدیل هیلبرت بر روی فرکانسهای بالا سیگنال جدیدی به دست می آید که روش EMD بر روی آن اثر داده می شود. در برنامه Matlab روش فوق بر روی سیگنال شکل ۴ اثر داده شده است.





شکل ۶ - تعدادی از IMF های حاصل از چرخنده معیوب

تجزیه $B(t)$ با استفاده از روش EMD، IMFs ها به صورت c_1 تا c_{10} به دست می‌آید. با توجه به فرکانس چرخنده معیوب، IMFs های مفید جدا گردیده است. سیگنال به صورت زیر می‌گردد با به دست آوردن اسپکترام ترکیبات IMFs جدا گردیده به تعیین عیب در چرخنده پرداخته می‌شود. شکل ۷ تحلیل فرکانسی حاصل را نمایش می‌دهد.

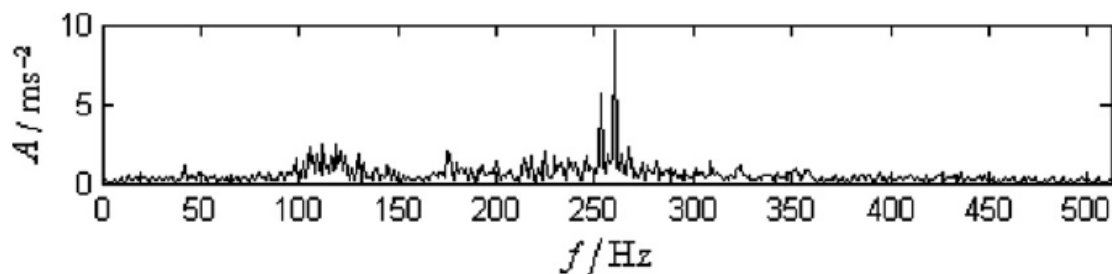
$$x(t) = RP \sum_{i=1}^n a_i(t) e^{j\phi_i(t)} = RP \sum_{i=1}^n a_i(t) e^{j \int \omega_i(t) dt}$$

$$H(\omega, t) = RP \sum_{i=1}^n a_i(t) e^{j \int \omega_i(t) dt}$$

$$h(\omega) = \int_0^T H(\omega, t) dt$$

$$H^\circ = \text{Re}(\dots + a_i(t) e^{j \int \omega_i(t) dt} + \dots + a_j(t) e^{j \int \omega_j(t) dt} + \dots)$$

$$h^\circ(\omega) = \int_0^T H^\circ(\omega, t) dt$$



شکل ۷ - تحلیل فرکانسی بر روی سیگنال شکل ۴ بعد از اعمال روش EMD

همانگونه که در شکل ۷ مشاهده می‌گردد دامنه بالایی در فرکانس ۲۵۹ هرتز می‌باشد که مربوط به فرکانس خرابی چرخنده ها می‌باشد بعد از آن دامنه‌ها کاهش می‌یابد. این روش کارایی خوبی در عیب یابی چرخنده ها دارد.

نتایج

در بررسی روشهای تحلیل ارتعاشات چرخنده ها مشخص شد که عیوب پیشرفته توسط کلیه روشها امکان پذیر می باشد. همانگونه که در تستها مشخص گردید روش تحلیل طیف فرکانسی با استفاده از تحلیل فوریه ابزاری خوبی است ولی مشکل آن عدم توانایی در تحلیل دقیق و توصیف یک سیگنال غیر متناوب، مثل سیگنال گذرا است این امر به دلیل فرض متناوب بودن و نامتناهی بودن طول سیگنال در تعریف تبدیل فوریه است. در مورد سیگنالهای ضربه مانند سیگنالهای فرکانس بالا با دامنه کم توانایی کمتری دارد

تشخیص عیوب کوچک و سطحی در حضور عیوب بزرگتری که در پمپ یا موتور حادث می گردد با توجه به تاثیرات زیادی که این عیوب در طیفهای ارتعاشی می گذارند، کار بسیار دشواری و گاهی غیر ممکن است. شلوغی طیفهای به دست آمده باعث پیچیده شدن این عیبها می گردد. تشخیص عیوب ریز و با دامنه کم مانند بلبرینگها و چرخنده ها احتیاج به روشها و اندازه گیری های قوی دارد.

روش EMD، روش مفیدی در عیب یابی جعبه دنده ها می باشد ابتدا سیگنال را به وسیله یک تابع موجک که شباهت زیادی با ضربه دارد تقریب می زنیم که توانایی ارائه نتایج واضح تری را از رشد و شناسایی این عیوب دارد. روش EMD روش تقریباً کاملی می باشد که تبدیل موجک، تبدیل هیلبرت و فوریه در برنامه آن استفاده می گردد. روش EMD روش تجزیه سیگنال اصلی به سیگنالهای به وجود آورنده آن می باشد. تعداد IMF به وجود آمده و انتخاب آنها با توجه به محدوده عیوب نکته قابل توجهی می باشد.

نکته ای که باید به آن توجه نمود پارامترهایی از قبیل نوع پنجره، فرکانس نمونه برداری، طول تبدیل فوریه فیلترهای انتخابی در روش اینولوپ تعداد IMFهای انتخابی در روش EMD و نوع موجک انتخابی تاثیری زیادی در وضوح نتایج دارد.

مراجع

- [1]-Tang, Y .,and Sun, Q., 2003, "Application of the continuous Wavelet Transform to Bearing Defect Diagnosis," ASME Journal of Tribology, 125(10), pp. 871-873.
- [2]-Xianfeng.F.,and Ming J Zuo.,2004,"Gearbox fault detection using empirical mode decomposition," ASME Internatinal Mechanical Congress and Exposition.
- [3]-Dejie,Yu.,and Junsheng ,Cheng., and Yu,Yang.,2003,"Application of EMD method and Hilbert Spectrum to the fault diagnosis of roller bearings,"Mechanical System and Signal Processing vol. 19, , pp. 259-270
- [4]- N.E.Huang,1998, "The empirical mode decomposition and Hilbert spectrum for nonlinear and nonstationary time series analysis," Porc. Roy. Soc. London A, vol. 454, pp. 903-995, 1998.
- [5]-Peng, Z.K., Chu, F.L."Application of the Wavelet Transform in Machine Condition Monitoring and Fault Diagnostics", Mechanical Systems and Signal Processing,2003.
- [6]-Kryter, R.C. and Hynes, H.D., " Condition Monitoring of Machinery, Using Motor Current Signature Analysis", Sound and Vibration , Vol.23, No.9,pp.14-21 , 1989.

[۷] س. نوریان، عیب یابی جعبه دنده ها با استفاه از روشهای ارتعاشاتی، دانشگاه صنعتی اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، صفحه ۱۳۴ تا ۱۵۳، تابستان ۱۳۸۳.