

بررسی و ریشه‌یابی ارتعاشات بالای سرد کننده گازی و ارائه راه کار جهت رفع عیب

محمد فولادی وندا^۱، محمدرضافنی^۲، قاسم خوانساری^۳

شرکت عملیات انتقال گاز - منطقه یک

Mohammad_fouladi@yahoo.com

چکیده

در این مقاله ارتعاش بالا یک نمونه سرد کننده گازی بررسی و مورد تحقیق و مطالعه قرار گرفته است و پس از اندازه گیری ارتعاشات و طیف های بدست آمده و آزمایش های انجام شده از قبیل تست ضربه با بدست آمدن فرکانس طبیعی سازه نتیجه گرفته شد که دستگاه در حالت تشدید کار می کرد و از طرف دیگر این پدیده باعث بوجود آمدن لقی در سازه شده بود که با ارائه راهکارهای مناسب از قبیل تقویت سازه مورد نظر و نیز تغییراتی در طراحی اولیه عیب اصلاح گردید. قابل ذکر است عیب مورد بررسی، بسیار متداول در تجهیزات صنعتی می باشد.

واژه‌های کلیدی: طیف، تست ضربه، فرکانس طبیعی، تشدید، لقی.

مقدمه

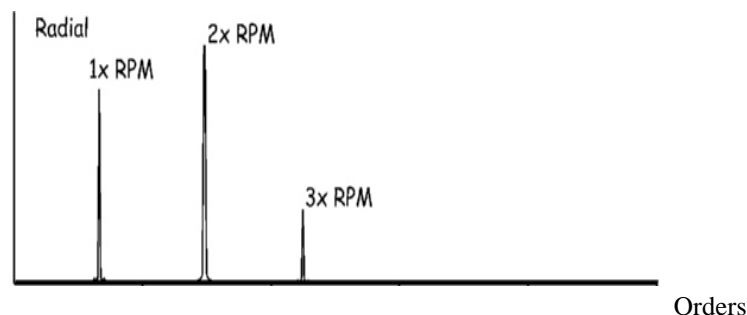
همانطور که می دانیم محدودیت ها و ضعف هایی در استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (Preventive maintenance) از قبیل وجود نداشتن روش موثر در جهت پیش بینی خرابی احتمالی و یا تعویض زودرس قطعات طبق برنامه کارکرد بدون در نظر گرفتن عمر و کیفیت آنها وجود دارد که با ارائه استراتژی تعمیر و نگهداری بر پایه نظارت بر وضعیت (condition monitoring) اهمیت و جایگاه آنالیز ارتعاشات در این روش در جهت تشخیص معایب تجهیزات دوار بدون نیاز به توقف که خود باعث بوجود آمدن کاهش بسیاری از هزینه ها می گردد سبب گردیده این روش در بسیاری از صنایع مورد توجه خاصی قرار گیرد. در این مقاله سعی شده است ارتعاش بالا یک نمونه از سرد کننده گازی موجود در منطقه یک عملیات انتقال گاز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد و عیب مورد نظر تشخیص و راهکار مناسب جهت رفع عیب ارائه گردد.

- ۱- کارشناس مکانیک اداره مهندسی و تحلیل سیستمها
- ۲- کارشناس ارشد مکانیک اداره مهندسی و تحلیل سیستمها
- ۳- کارشناس مکانیک اداره عملیات تاسیسات تقویت فشار گاز

با توجه به برنامه دوره ای اندازه گیری ارتعاشات توسط واحد مکانیک اداره مهندسی و تحلیل سیستم ها مشاهده گردید که کلیه سرد کننده های گازی موجود در تاسیسات شهید دستگیری این منطقه طبق استاندارد ISO 2372 نسبت به سرد کننده های گازی مشابه دارای ارتعاش بالا و روند افزایشی می باشند. در نتیجه با همکاری پرسنل عملیات و تاسیسات منطقه تاریخچه دستگاهها مورد بررسی قرار گرفت تا منبع ارتعاش شناسایی و ارائه طریق گردد. لازم به ذکر است این خنک کننده های گاز که با عبور هوا از پایین به بالا که پس از عبور از فین ها ولوله های گاز باعث تبادل گرمایی بین هوا ولوله ها می شوند هدف آن خنک کردن گاز خروجی کمپرسورهای گاز است و مشتمل از یک الکتروموتور با دور ۱۴۵۰ دور بر دقیقه که با کوپلینگ فنی قابل انعطاف پذیر به یک عدد گیربکس با نسبت دور ۵ به ۱ که توسط شفتی بطول ۲/۱۵ متر باعث چرخش فن خنک کننده گاز که شامل ۴ عدد پره بطول تقریبی ۲ متر می باشند.

نتایج و بحث

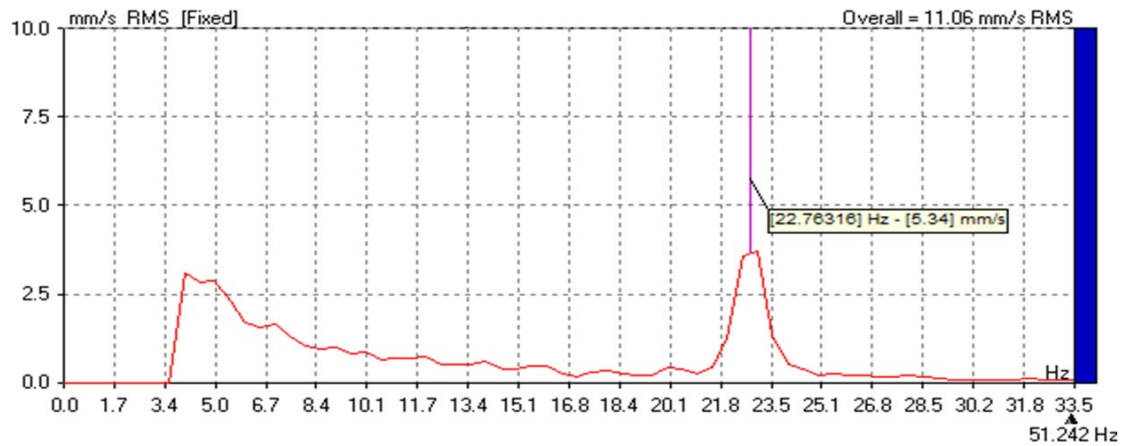
همان طور که می دانیم حدود ۴۰ درصد عیوب مربوط به عدم تعادل وزنی، ۳۰ درصد مربوط به عدم وجود هم خطی بودن، ۱۰ درصد مربوط به تشدید و تنها ۲۰ درصد مربوط به بقیه عیوب است در نتیجه در مرحله اول تجهیزات از نظر عدم تعادل وزنی، عدم وجود هم خطی بودن و تشدید بررسی شدند. حال نظر به این که تا آن زمان برنامه نظارت بر وضعیت (cm) اجرا نشده بود کلیه تجهیزات می توانستند دارای ترکیبی از عیوب بوده و یا به اصلاح بیمار باشند که این عمر منجر گشته بود در طیف های فرکانس آنها طیف های یک برابر دور (1x)، دو برابر دور (2x) و در بعضی موارد سه برابر دور (3x) همانطور که در شکل یک نشان داده شده، مشهود شد.



شکل ۱: طیف های مشاهده شده در اندازه گیری ها

بدین صورت طیف های فوق مشکوک به عیوب عدم تعادل وزنی (unbalance)، عدم وجود هم خطی بودن (misalignment)، تشدید (Resonance)، لقی (looseness) بوده است که اقدامات ذیل به ترتیب صورت گرفت: بدین صورت کلیه پره ها قبل از نصب وزن شده و پره های هم وزن روبرو یکدیگر قرار گرفته و گرانیگاه آن نیز تعیین و مجموعه چهار تایی تشکیل شده و در زمان نصب هر چهار زاویه پره ها با توجه به پیشنهاد سازنده بین ۱۱ تا ۱۳ درجه قرار گرفتند. پس از اقدامات فوق ارتعاشات تجهیزات تا حد چشمگیری کاهش یافته ولی طبق استاندارد در مرحله مجاز قرار نداشتند. همان طور که اشاره شده با مشهود بودن طیف های 1X, 2X, 3X و بررسی عدم تعادل وزنی، تنظیم زوایای پره ها و هم محور کردن کوپلینگ ها در این مرحله سازه نگهدارنده سرد کننده های گازی مورد نظر مورد بررسی قرار گرفت بدین صورت با توجه به بام باران هوایی تاسیسات این احتمال می رفت سازه مورد نظر دچار آسیب شده و فرکانس طبیعی آن تغییر کرده و نزدیک به دور ماشین شده است لذا از سازه ذکر شده آزمایش تست ضربه (Bump test) توسط دستگاههای اندازه گیری (Vibrotest 60 و Easy Viber) برای دست یافتن به فرکانس طبیعی آن گرفته شد.

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود فرکانس طبیعی سازه تقویت نشده ۲۲/۷Hz بود که بیشتر از ۱۵ درصد به فرکانس دورماشین نزدیک می باشد که این پدیده باعث بوجود آمدن لرزش شدیدی در سازه فوق گردیده است.

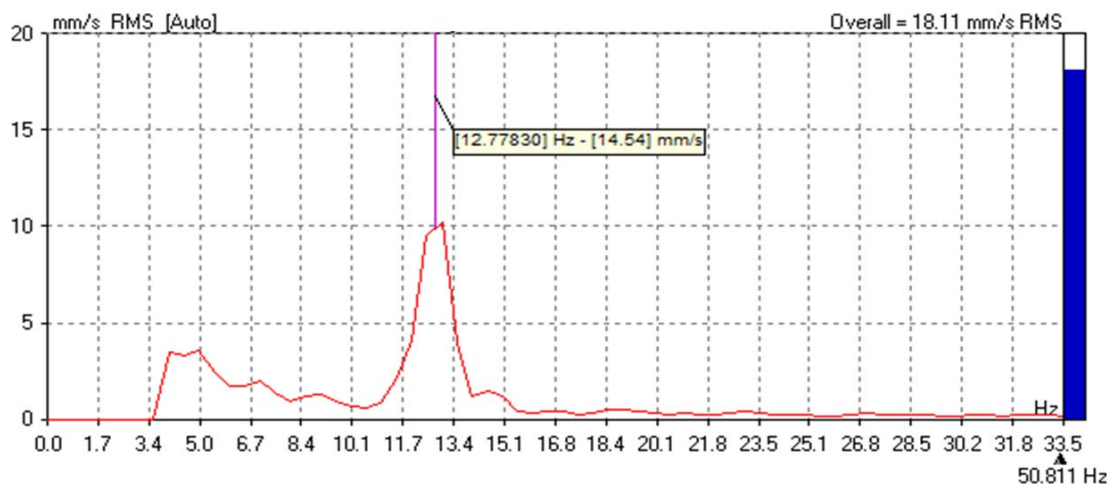


شکل ۲: تست ضربه گرفته شده از سازه تقویت نشده توسط دستگاه Easy viber

لذا با اضافه نمودن تسمه های تقویتی سازه فوق تقویت شد و با تغییر جرم و سختی آن (طبق فرمول ۱) فرکانس طبیعی آن تغییر داده شد.

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (1)$$

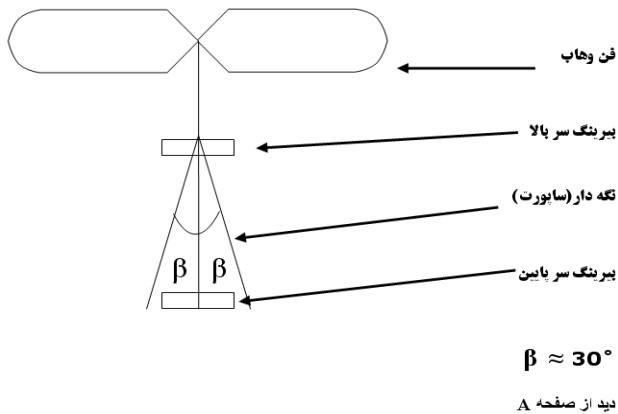
f_n فرکانس طبیعی سازه، K ضریب سختی سازه، M جرم سازه می باشد. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود پس از تقویت سازه فرکانس طبیعی سازه به ۱۲/۷Hz تغییر کرده است.



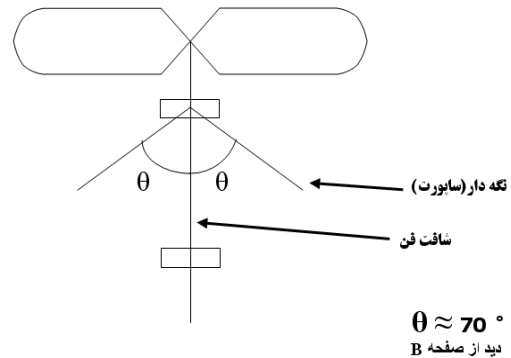
شکل ۳: تست ضربه گرفته شده از سازه تقویت شده توسط دستگاه Easy viber

پس از انجام مراحل فوق ارتعاشات سازه و تجهیزات تا حدود زیادی کاهش یافت. ولی پس از بررسی و اندازه گیری های انجام شده مجدد، مشخص شده سازه نگهدارنده الکتروموتور و گیربکس سرد کننده گازی که به سازه اصلی به صورت سبیدی متصل

است دارای ارتعاش بالا در جهت افقی موازی با محور کوپلینگ الکتروموتور و گیربکس که صفحه A نامیده شده، می باشد. لازم به ذکر است صفحه عمود بر آن صفحه B نامگذاری شده که در شکل های ۵ و ۴ نشان داده شده است. لذا این سازه با توجه به اختلاف فاز ۱۸۰ درجه آن با سازه اصلی دچار پدیده لقی بوده که با بررسی آن مشخص گردید در انتهای بالای فن ساپورت های نگهدارنده زاویه اتصال آنها به محفظه یاتاقان بالای شفت فن طبق شکل ۵ و ۴ با زوایای θ و β می باشد.

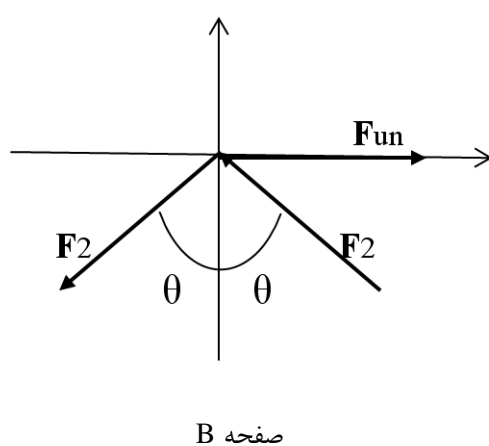


شکل ۵: دید از صفحه A

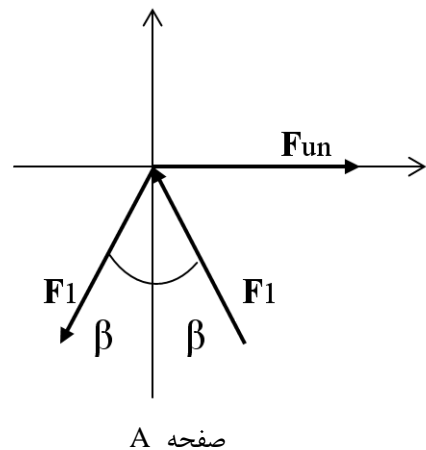


شکل ۴: دید از صفحه B

θ زاویه اتصال ساپورت های نگهدارنده به محفظه یاتاقان بالای شفت فن در صفحه B، β زاویه اتصال ساپورت های نگهدارنده به محفظه یاتاقان بالای شفت فن در صفحه A می باشد. همان طور که می دانیم با کوچکترین نیروی عدم تعادل وزنی بوجود آمده با صرف نظر از بقیه نیروها در نقاط اتصال ساپورت ها به محفظه بیرینگ بالایی طبق شکل ۶ و ۷ خواهیم داشت.



شکل ۷: تعادل نیروها در صفحه B



شکل ۶: تعادل نیروها در صفحه A

$$F_{un} = mrw^2 \quad (۲)$$

F_{un} نیروی عدم تعادل وزنی، M جرم عدم تعادل وزنی، r فاصله جرم عدم تعادل وزنی از مرکز شفت، w سرعت زاویه ای می باشد. از تعادل نیروها در صفحه A و B خواهیم داشت:

$$F_{un} = \sqrt{F_2^2 \sin^2 \theta + F_1^2 \sin^2 \beta} \quad (3)$$

آنگاه:

$$\sqrt{F_2^2 \sin^2 \theta} = \sqrt{F_1^2 \sin^2 \beta} \quad (4)$$

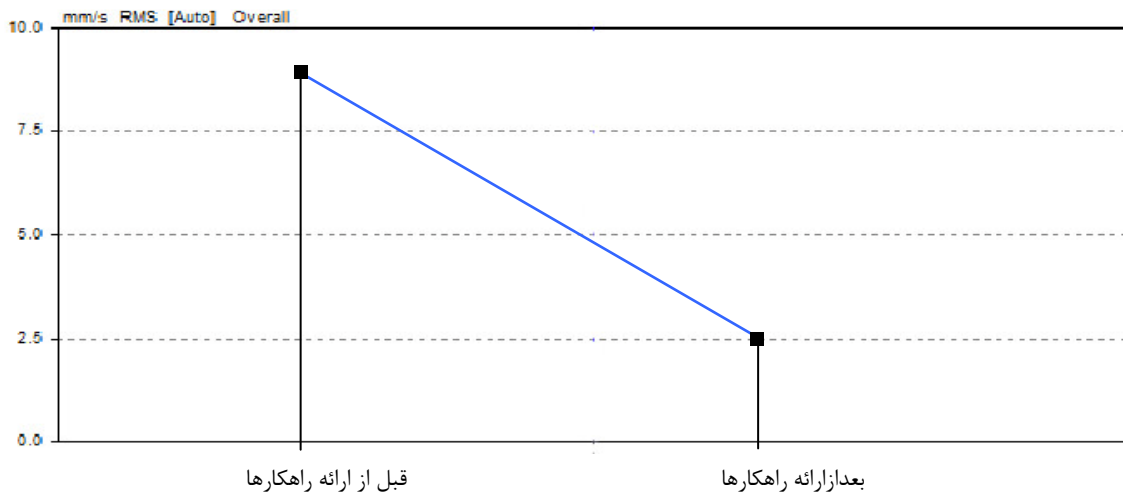
و: $\theta > \beta$
بنابراین:

$$F_1 > F_2 \quad (5)$$

همان طور که ملاحظه می شود سازه در صفحه A باید دارای استقامت بیشتری باشد ولی با توجه به خستگی ها و لقی های بوجود آمده مشاهده گردید جابجایی و ارتعاشات در صفحه A بسیار بیشتر از صفحه B شده است و با اصلاح در طراحی سازه فوق و اضافه نمودن تسمه های تقویتی بگونه ای که زاویه β به سمت زاویه θ افزایش یابد، ارتعاشات و جابجایی در صفحه A به حداقل کاهش یافت.

نتیجه گیری

با اصلاح در طراحی سازه فوق و اضافه نمودن تسمه های تقویتی که در سرد کننده گازی مجاور صورت گرفت کلیه ارتعاشات در جهات مختلف فونداسیون و سازه نگهدارنده کاهش چشمگیری یافت و در دامنه مجاز استاندارد قرار گرفت. در شکل ۸ اندازه گیریهای کلی ارتعاشات قبل و بعد از ارائه راه کارهای انجام شده نشان داده شده است.



شکل ۸: اندازه گیریهای کلی ارتعاشات قبل و بعد از ارائه راه کارهای انجام شده

در تاسیسات فوق حدود ۸ عدد سرد کننده گازی وجود دارد که عمده خرابی های آن از ناحیه گیربکس سرد کننده گازی است و قیمت تقریبی هر عدد گیربکس حدود ۷۰۰ میلیون ریال می باشد که با ارائه راهکار فوق ما می توانیم زمان تعمیر و از بین رفتن قطعات را از دو سال به چهار سال برسانیم. لذا می توانیم از اتلاف بسیاری از هزینه ها و زمان مورد نیاز جهت تعمیر آنها در جهت اقتصاد کشور صرفه جویی نماییم.

مراجع

- [۱] و، تامسون - م، داهله، تئوری ارتعاشات و کاربردهای آن، نورپردازان، ۱۳۸۲
- [۲] ا، ابروانی، ارتعاشات و بالانس دستگاه های مکانیکی، شرکت ره آوران فنون پتروشیمی، ۱۳۸۵