ناهم‌راستایی

سعید کردی زاده
شرکت مدیریت تولید برق منتظر قائم
kordizade.s@gmail.com

شرکت مدیریت تولید برق منتظر قائم
(سهامی خاص)

ارتعاشات

◄ ناهم‌راستایی

منظور از ناهم‌راستایی[1] یا ناهم‌محوری دو دستگاه، این است که، محورهای تقارن دو دستگاه در یک امتداد قرار ندارند و بر هم منطبق نیستند. ناهم‌راستایی به دو نوع ناهم‌راستایی موازی[2] یا اُفست[3] و ناهم‌راستایی زاویه‌ای[4] یا گپ[5]، تقسیم‌بندی می‌شود و معمولاً ترکیبی از هر دو نوع، در ماشین‌ها دیده می‌شود.

عوامل ناهم‌راستایی ماشین عبارتند از:

۱- شیم‌هایی[6] که برای هم‌راستاکردن استفاده شده بود، به مرور زمان دچار خوردگی شده‌اند.

شکل ۹- شیم‌هایی که برای هم‌راستاکردن استفاده می‌شود

۲- انبساط حرارتی[1] لوله‌های متصل به ماشین

۳- لوله‌کشی به‌درستی مهار و ساپورت‌بندی نشده باشد و وزن حاصل از لوله‌ها، به ماشین وارد شود.

۴- فونداسیون ماشین به مرور زمان نشست کرده باشد.

۵- قطعه لاستیکی[2] که در بیشتر کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود، آسیب دیده و از بین رفته باشد.

۶- توزیع حرارت در قسمت‌های مختلف شفت، یکنواخت نباشد.

«عوامل ناهم‌راستایی» که بخشی از کارگاه آنالیز ارتعاشات است، در فیلم لینک زیر، کامل توضیح داده شده است. برای تماشای فیلم، به آدرس www.kordizade.com/misalignment مراجعه یا بارکد را اسکن کنید.

1 Misalignment
2 Parallel Misalignment
3 Offset
4 Angular Misalignment
5 Gap
6 Shim

1 Thermal Growth
2 Rubber

پیامدهای ناهم‌محوری ماشین عبارتند از:

۱- افزایش ارتعاش.

۲- نشتی و خرابی آب‌بندها.

ناهم‌راستایی محورها سطح آب‌بندها را از حالت تقارن خارج و بین آنها فاصله ایجاد می‌کند. فضای ایجادشده موجب نشتی سیال درون ماشین به بیرون می‌شود.

۳- خرابی بیرینگ‌ها.

ناهم‌محوری ماشین، بارهای نامتقارن و اضافی را بر ساچمه‌های بیرینگ تحمیل می‌کند. پیامد این تنش‌های بیش‌ازحد و متناوب، افزایش لرزش، داغ‌شدن بیرینگ و خرابی آن است. همچنین ناهم‌محوری در یاتاقان‌های ژورنال نیز، نازک‌شدن فیلم روغن را بین شفت و یاتاقان ژورنال در پی دارد و به سطوح بابیت یاتاقان آسیب جدی می‌زند.

۴- آسیب چرخ‌دنده‌ها.

افزایش لقی بین دندانه‌ها به دلیل عیب ناهم‌محوری، موجب گرم شدن، لرزش و خرابی زودهنگام چرخ‌دنده‌های گیربکس می‌شود.

۵- خرابی کوپلینگ‌ها.

نیروهای نامتقارن ناشی از ناهم‌راستایی، موجب تنش‌های اضافی و افزایش دما در کوپلینگ‌ها می‌شوند و سرانجام، اجزای انعطاف‌پذیر فرسوده می‌کند.

۶- افزایش تلفات مکانیکی.

هم‌راستابودن محورها در میزان راندمان انتقال توان، نقش بسیار موثری دارد و ناهم‌راستایی، راندمان را کاهش و انرژی مصرفی را افزایش می‌دهد.

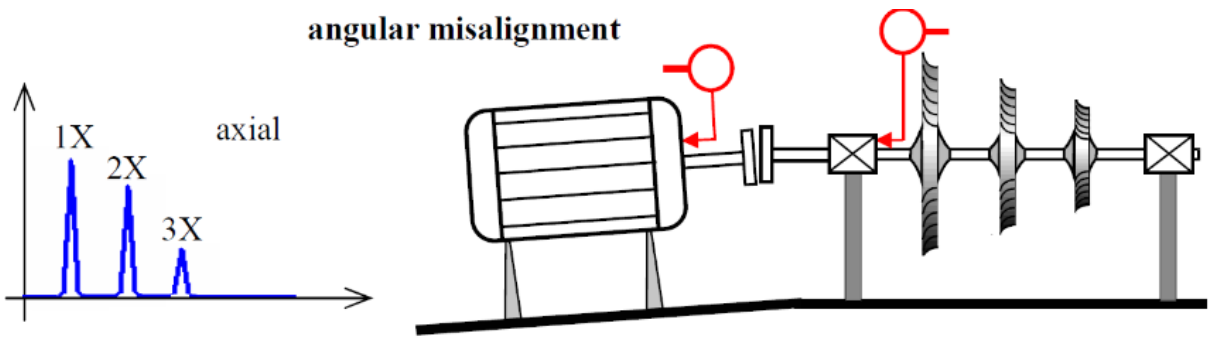
۷- کاهش قابلیت اطمینان و ضریب ایمنی

با افزایش ناهم‌محوری، عمر اجزای ماشین و قابلیت کارکرد آنها، کاهش می‌یابد.

انواع ناهم‌راستایی و روش‌های تشخیص آنها

ناهم‌راستایی زاویه‌ای

در ناهم‌راستایی زاویه‌ای، محورهای ماشین همدیگر را قطع می‌کنند و با یکدیگر، زاویه می‌سازند. این پدیده با ارتعاش محوری زیاد و اختلاف فاز ۱۸۰ درجه دو طرف کوپلینگ شناخته می‌شود. معمولاً دامنه غالب ارتعاش، در فرکانس‌های 1X و 2X وجود دارد؛ اما وجود هارمونیک‌ها یا مضارب صحیح دور ماشین مانند 1X، 2X و 3X نیز، رایج است. همچنین این احتمال هست که قله‌های ارتعاشی در بخشی از ماشین، در جهت افقی و در بخش دیگری از ماشین، در جهت عمودی باشند.

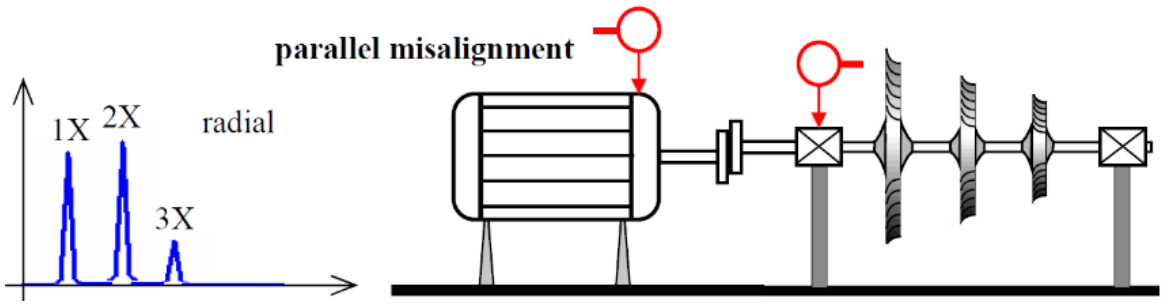


شکل ۱۰- ناهم‌راستایی زاویه‌ای

گروه خبری نتصا را به نشانی NetsaNews در صفحات مجازی دنبال کنید.

ناهم‌راستایی موازی

در ناهم‌راستایی موازی، محورهای ماشین با همدیگر موازی هستند؛ ولی از یکدیگر فاصله دارند که به این فاصله، اُفست گفته می‌شود. در این حالت، دامنه ارتعاشات شعاعی از ارتعاشات محوری بیشتر می‌شود و در بیشتر موارد، دامنه 2X از 1X بزرگ‌تر است و اختلاف آنها، به نوع کوپلینگ بستگی دارد. در این نوع ناهم‌راستایی، اختلاف فاز دو طرف کوپلینگ در جهت شعاعی، ۱۸۰ درجه و سیگنال حوزه زمان، به شکل W یا M است.



شکل ۱۱- ناهم‌راستایی موازی

علت ایجاد ایجاد 1X و 2X در ناهم‌راستایی

دلیل ایجاد 1X و 2X در عیب ناهم‌راستایی، این است که با هر بار چرخش شفت، نیرویی به یاتاقان‌های نگه‌دارنده شفت اعمال می‌شود که باعث می‌شود پایه‌های یاتاقان، نیروی واکنشی به شفت وارد کنند. این مساله، از حرکت شفت در جهاتی که تمایل دارد، جلوگیری می‌کند. از این رو، نمودار موج سینوسی ارتعاشات، به حداکثر خود نمی‌رسد و سیگنال حوزه زمان آن، به شکل سینوس سربریده است. وقتی دستگاه آنالایزر ارتعاشات، سیگنال حوزه زمان را به طیف فرکانسی تبدیل می‌کند، این سینوس سربریده، هارمونیک‌های دور اصلی یعنی 1X و 2X را ایجاد می‌کند. به عبارت دیگر، هارمونیک‌ها نتیجه پردازش سیگنال به‌دست‌آمده از حرکت محدودشده شفت هستند. هرچه شدت ناهم‌راستایی بیشتر باشد، قسمت سربریده سینوس افزایش می‌یابد و هارمونیک‌های بیشتری از 1X مانند 2X، 3X و یا 4X، در طیف فرکانسی دیده می‌شود. برخلاف طیف فرکانسی عیب لقی مکانیکی، این هارمونیک‌ها معمولاً باعث رشد ارتعاش در سطح[1] طیف فرکانسی نمی‌شوند.

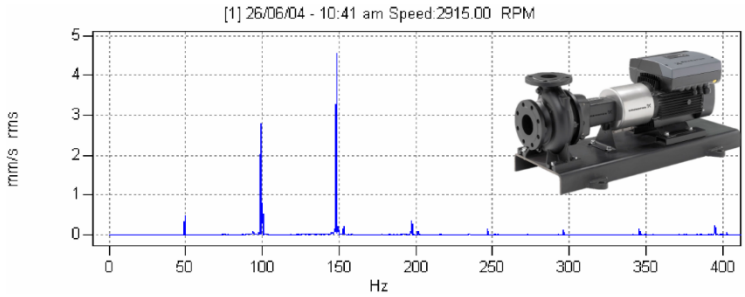
کوپلینگ مقداری از نیروی اضافی حاصل از ناهم‌راستایی را جبران می‌کند و مابقی آن، به یاتاقان تحمیل می‌شود. به همین دلیل، بسیاری از ناهم‌راستایی‌ها تا زمانی که کوپلینگ یا یاتاقان خراب نشوند، ناشناخته می‌مانند و نشانه‌هایی شبیه عیوب سایش و لقی دارند. بنابراین با دیدن دامنه کوچک در فرکانس‌های 1X و 2X، باید به وجود عیب ناهم‌راستایی، شک کنیم.

نمونه واقعی از ناهم‌راستایی

معمولاً ناهم‌راستایی شفت‌ها، ترکیبی از ناهم‌راستایی زاویه‌ای و ناهم‌راستایی موازی است. برای مثال، طیف فرکانسی یک الکتروپمپ با دور نامی ۲۹۱۵ rpm، در شکل ۱۲ نشان داده شده است. همان گونه که در شکل می‌بینید، عیب ناهم‌راستایی در این الکتروپمپ، ترکیبی از ناهم‌راستایی زاویه‌ای و موازی است. با توجه به اینکه دامنه 2X از دامنه 1X بیشتر است، می‌توان نتیجه گرفت که ناهم‌راستایی موازی، از ناهم‌راستایی زاویه‌ای بیشتر است.

1 Noise Floor

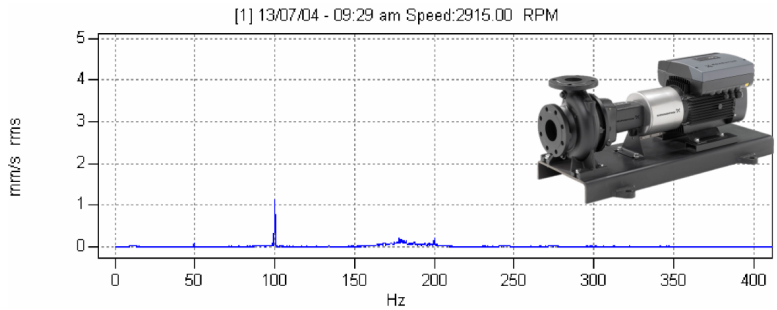
قبل از همراستا کردن شفت



شکل ۱۲ – طیف فرکانسی الکتروپمپ دچار عیب ناهم‌راستایی

طیف فرکانسی این الکتروپمپ بعد از الاینمنت، در شکل ۱۳ نشان داده شده است. کاهش دامنه ارتعاشات، درست‌بودن عملیات الاینمنت و هم‌راستاشدن شفت الکتروموتور را با شفت پمپ نشان می‌دهد.

بعد از همراستا کردن شفت



شکل ۱۳ – طیف فرکانسی الکتروپمپ پس از عملیات الاینمنت

بسیاری از ناهم‌راستایی‌ها تا زمانی که کوپلینگ یا یاتاقان خراب نشوند، ناشناخته می‌مانند و نشانه‌هایی شبیه سایش و لقی دارند.

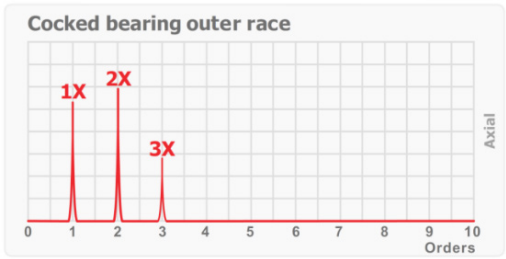
ناهم‌راستایی بیرینگ نصب‌شده روی شفت

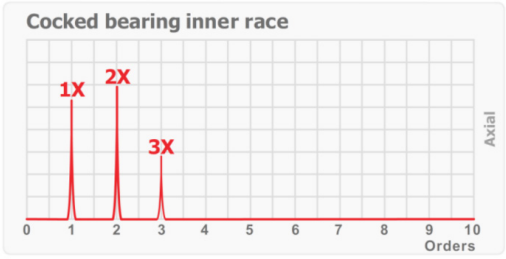
بیرینگ‌هایی که روی شفت نصب می‌شوند، باید با شفت هم‌راستا باشند. در غیر این صورت، حتی اگر کوپلینگ‌ها هم‌راستا باشند، باز هم ارتعاشات حاصل از ناهم‌راستایی پدید می‌آید.

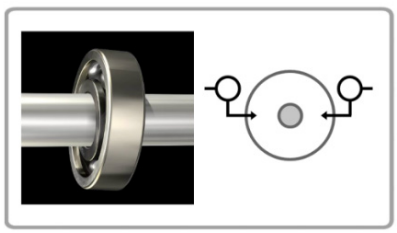
عواملی مانند تراشکاری نادرست شفت و خمیدگی آن در محل اتصال به هوزینگ بیرینگ و رعایت‌نکرن تولرانس‌های نصب، به ناهم‌راستایی بیرینگ روی شفت[1] منجر می‌شود. ناهم‌راستایی بیرینگ و شفت، ارتعاش محوری قابل‌توجهی دارد و حرکت پیچشی با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه در نقطه بالا و پایین یا چپ و راست صفحه محوری هوزینگ بیرینگ ایجاد می‌کند. در این حالت، تلاش برای هم‌راستاکردن کوپلینگ‌ها یا بالانس‌کردن شفت، مشکل ارتعاشات را حل نمی‌کند و معمولاً باید بیرینگ را دمونتاژ و به روش درست نصب کنیم.

1 Cocked Bearin

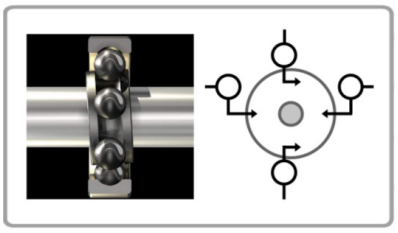
گروه خبری نتسا را به نشانی NetsaNews در صفحات مجازی دنبال کنید.







ناهم‌راستایی رینگ خارجی بیرینگ



ناهم‌راستایی رینگ داخلی بیرینگ

شکل ۱۴- ناهم‌راستایی بیرینگ نصب‌شده روی شفت

برای تماشای فیلم «انواع ناهم‌راستایی و روش‌های تشخیص آنها» به آدرس زیر مراجعه یا بارکد را اسکن کنید.

www.kordizade.com/parallel-angular-misalignment

روش‌های تفکیک‌کردن عیب آنبالانسی و ناهم‌راستایی

در ماشین‌های بزرگی که به یاتاقان ژورنال مجهز هستند، تشخیص ناهم‌راستایی از آنبالانسی، دشوار است. شاید بگویید این دو عیب، با اندازه‌گیری ارتعاشات محوری، به‌آسانی تشخیص داده می‌شوند؛ زیرا در طیف فرکانسی ناهم‌محوری، شاهد فرکانس 1X و 2X هستیم؛ اما آنبالانسی، مؤلفه شاخصی در طیف فرکانسی اندازه‌گیری‌شده در جهت محوری ندارد.

در پاسخ باید بگوییم که در بیشتر توربین‌ها و ژنراتورها، معمولاً اندازه‌گیری ارتعاش در جهت محوری و نصب سنسور در این راستا، امکان‌پذیر نیست. علاوه بر این، ارتعاشات محوری آنها در بیشتر مواقع، کم‌اثر است. بنابراین تشخیص این دو عیب با تحلیل ارتعاشات محوری، تقریباً امکان‌پذیر نیست.

به طور کلی، تفاوت‌های ارتعاشات ناهم‌راستایی و آنبالانسی، عبارتند از:

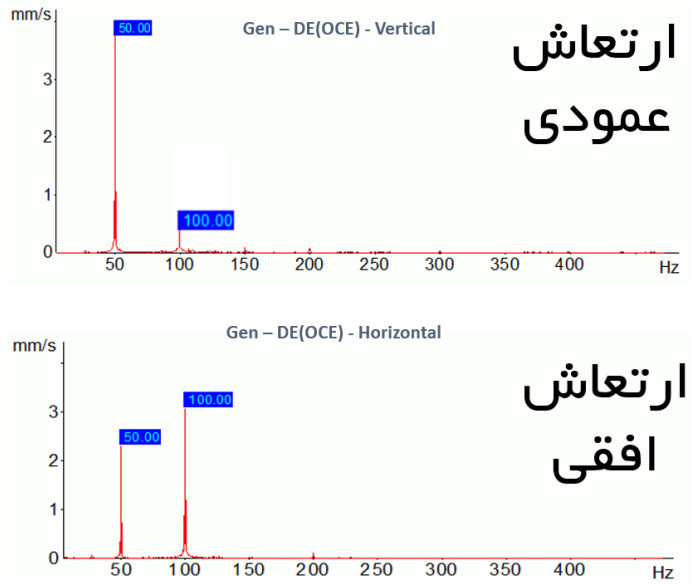
۱- در ناهم‌راستایی، ارتعاشات ماشین به دما و بار وابسته است و از سرعت دورانی شفت، مستقل می‌باشد؛ اما در آنبالانسی، ارتعاش به سرعت شفت، وابستگی مستقیم دارد و به دما و بار وابسته نیست.

۲- زاویه فاز در ناهم‌راستایی، ناپایدار ولی در آنبالانسی، پایدار است.

۳- در ناهم‌راستایی با جابه‌جاکردن سنسور روی یک بیرینگ، ۱۸۰ درجه اختلاف فاز ایجاد می‌شود.

۴- در ناهم‌راستایی با جداکردن کوپلینگ، ارتعاشات سیستم محرک (الکتروموتور یا توربین) کاهش می‌یابد.

اکنون با ارائه مثالی واقعی، به موضوع مهم تفکیک عیب آنبالانسی و ناهم‌راستایی ماشین می‌پردازیم. در اینجا، یک ژنراتور که به توربین گازی V94.2 کوپل می‌شود، انتخاب شده است. به کمک دستگاه آنالایزر ارتعاشات و در راستایی شعاعی یاتاقان Gen-DE(OCE)، ارتعاش عمودی و افقی اندازه‌گیری شد. طیف فرکانسی آن در شکل ۱۵ آمده است.



شکل ۱۵ – طیف فرکانسی یاتاقان DE(OCE) ژنراتور

بر اساس طیف فرکانسی ارتعاش عمودی، عیب غالب ماشین، آنبالانسی است و ناهم‌راستایی تشخیص داده نمی‌شود؛ اما بررسی ارتعاشات شعاعی در جهت افقی و هارمونیک‌های 1X، 2X، نشان می‌دهد این ژنراتور، عیب ناهم‌راستایی دارد. در بررسی‌های تکمیلی مشخص شد که این ژنراتور، به دلیل گرفتگی بخشی از کولرهای مسیر خنک‌کننده، به صورت موضعی داغ شده و به همین علت، انبساط حرارتی ژنراتور، ناهم‌راستایی را به دنبال داشته است.

بنابراین اگر می‌خواستیم با طیف فرکانسی ارتعاشات محوری یا ارتعاشات شعاعی عمودی مشکل این ژنراتور را تشخیص دهیم، دچار اشتباه می‌شدیم.

فیلم آموزشی‌ای که درباره «روش‌های تشخیص‌دادن عیب آنبالانسی و ناهم‌راستایی» برایتان در نظر گرفته شده است، در جمع‌بندی مناسب این مطالب، به شما کمک می‌کند. برای تماشای این فیلم، به آدرس زیر مراجعه کنید.

www.kordizade.com/misalignment-and-ubalance

گروه خبری نتسا را به نشانی NetsaNews در صفحات مجازی دنبال کنید.