

سر فصلهای دوره آنالیز ارتعاشات برای عیب‌یابی ماشین آلات دوار (سطح دو)

آنالیز ارتعاشات چیست؟

نگهداری و تعمیرات بر اساس وضعیت (CBM)، مؤثرترین استراتژی موجود برای مدیریت دارایی‌های فیزیکی است که برای پیاده‌سازی این استراتژی از ابزار پایش وضعیت (Condition Monitoring) استفاده می‌شود. روشها و تکنیکهای همچون آنالیز ارتعاشات، آنالیز روغن و ذرات فرسایشی، ترموگرافی، آنالیز آلتراسونیک و... از جمله تکنیکهای مز می‌باشند که در این میان و به اذعان اغلب متخصصین، آنالیز ارتعاشات یکی از اساسی ترین و کارآمدترین تکنیکهای مز برای ماشین آلات و تجهیزات دوار است. در بسیاری از صنایع و کارخانجات، تجهیزات دوار جزء تجهیزات کلیدی به شمار می‌روند، لذا اهمیت تکنیک آنالیز ارتعاشات برای اجرای مز در اینگونه صنایع کاملاً آشکار است. آنالیز ارتعاشات، در واقع تصویری از رفتار دینامیکی ماشین به دست می‌دهد. اما با توجه به اینکه رفتار دینامیکی ماشین در شرایط مختلف کارکرد (وجود یا عدم وجود عیب مکانیکی، الکتریکی، هیدرودینامیکی و...) متفاوت خواهد بود، از این رهگذر امکان ارزیابی وضعیت ماشین و تشخیص عیوب مختلف ایجاد می‌شود.

اهداف دوره:

- مرور کلی مفاهیم اولیه و تئوری ارتعاشات و روشهای اندازه‌گیری آن
- آشنایی با مبانی پردازش سیگنال ارتعاشات
- شناخت روشهای مختلف عیب‌یابی از طریق آنالیز ارتعاشات
- مرور و تکمیل روش عیب‌یابی به کمک منحنی فرکانسی ارتعاشات (تحلیل طیف ارتعاشات)
- آشنایی با چگونگی ارزیابی وضعیت بیرینگها به کمک منحنی Envelope
- آشنایی با مفهوم زاویه فاز و روشهای اندازه‌گیری و تحلیل آن
- ارائه نکات کلیدی برای بهینه‌سازی برنامه CM ارتعاش سنجی

بخش اول:

مروری بر مفاهیم اولیه

سرفصلها:
 • ارتعاشات و مشخصه‌های مهم حرکت ارتعاشی (دامنه - فرکانس - فاز)
 • معرفی کاربردهای علم ارتعاشات در صنعت
 • امکانات مورد نیاز برای اندازه‌گیری و تحلیل ارتعاشات
 • مروری بر انواع سنسورهای ارتعاش سنجی
 • مروری بر تجهیزات داده برداری ارتعاشات
 • روشها و تکنیکهای مختلف آنالیز ارتعاشات
 • تحلیل مقدار کلی ارتعاشات و عیب‌یابی اولیه به کمک آن

بخش دوم:

مبانی پردازش سیگنال ارتعاشی و تهیه منحنی فرکانسی

سرفصلها:
 • سیگنال خام ارتعاشات
 • مراحل پردازش سیگنال برای به دست آوردن منحنی فرکانسی
 • تأمین برق سنسور
 • اعمال فیلتر
 • انواع فیلترها و کاربردهای آنها
 • خطای aliasing
 • نمونه‌گیری از سیگنال و تبدیل آنالوگ به دیجیتال
 • الگوریتم FFT و مشخصات مهم آن: Windowing و تأثیر آن بر منحنی فرکانسی
 • آشنایی با انواع Window و مشخصه‌های آنها
 • انواع میانگین‌گیری
 • تأثیر Overlap
 • تعداد خطوط (Lines) و زاویه فاز)

Noof/بواهمیت رزولوشن
 - تعریف رنج دینامیکی و اهمیت آن

بخش سوم:

عیب‌یابی به کمک تحلیل فرکانسی

ارتعاشات
 سرفصلها:
 • مروری بر مسائل اولیه، نامیزانی جرمی (آبالاتسی)
 • نااهم محوری (میس‌الاینمنت)
 • خمیدگی شفت
 • انواع لقی مکانیکی

عیوب و ارتعاش مربوط به تسمه و پولی
 • مباحث تکمیلی:

- تشخیص و ارزیابی مشکلات ناشی از رزونانس
 - مراحل خرابی بیرینگهای غلتشی
 - مشکلات بیرینگهای لغزشی (ژورنال)

- بررسی و ارزیابی مشکلات چرخ دنده‌ها

- تماس فیزیکی (Rub)
 - ارتعاشات ناشی از جریان سیال
 - ارتعاشات ناشی از اشکالات الکتریکی در موتورهای القایی (AC)
 - بررسی ارتعاشات ضرباتی (beat)
 موضوع soft foot و اعوجاج پوست

بخش چهارم:

تحلیل به کمک زاویه فاز

سرفصلها:
 • زاویه فاز و کاربردهای آن
 • روشهای اندازه‌گیری زاویه فاز و ابزارهای مورد نیاز
 • روش مستند سازی داده‌های فاز
 • تشخیص عیوب مختلف به کمک تحلیل فاز
 • مایتریگ برداری ارتعاشات (دامنه)

• مقدمه‌ای بر نمین شکل مود طبیعی به کمک فاز

بخش پنجم:

پارامترهای بیرینگهای غلتشی

(BC) و منحنی Envelope
 سرفصلها:
 • آشنایی با پارامترهای بیرینگهای غلتشی (BC)
 • مراحل پردازش سیگنال برای به دست آوردن منحنی Envelope
 • ارزیابی بیرینگهای غلتشی به کمک منحنی Envelope
 • سایر کاربردهای منحنی Envelope

بخش ششم:

مباحث تکمیلی در تدوین و اجرای برنامه CM مبتنی بر ارتعاش سنجی

سرفصلها:
 • روشهای مختلف نرد پارامترهای ارتعاشی:
 • مقدار کلی ارتعاش
 • (مروری بر استانداردهای مرتبط با ارتعاشات تجهیزات دوار)
 • پارامتر بیرینگهای غلتشی
 • Spectrum Bands
 • Envelope Bands

• تحلیل آماری برای تعیین مقدار مجاز ارتعاشات
 • نکات کلیدی در تدوین و معیاری برنامه CM ارتعاش سنجی
 • فرایند اجرایی CM ارتعاش سنجی طبق استاندارد ISO 13373-۱

بخش هفتم:

معرفی منابع و مراجع برای مطالعه بیشتر

آنالیز ارتعاشات چیست؟

نگهداری و تعمیرات بر اساس وضعیت (CBM)، مؤثرترین استراتژی موجود برای مدیریت دارایی‌های فیزیکی است که برای پیاده‌سازی این استراتژی از ابزار پایش وضعیت (Condition Monitoring) استفاده می‌شود. روشها و تکنیکهایی همچون آنالیز ارتعاشات، آنالیز روغن و ذرات فرسایشی، ترموگرافی، آنالیز آلتراسونیک و ... از جمله تکنیکهای مز می‌باشند که در این میان و به اذعان اغلب متخصصین، آنالیز ارتعاشات یکی از اساسی ترین و کارآمدترین تکنیکهای مز برای ماشین آلات و تجهیزات دوار است. در بسیاری از صنایع و کارخانجات، تجهیزات دوار جزء تجهیزات کلیدی به شمار می‌روند. لذا اهمیت تکنیک آنالیز ارتعاشات برای اجرای مز در اینگونه صنایع کاملاً آشکار است. آنالیز ارتعاشات، در واقع تصویری از رفتار دینامیکی ماشین به دست می‌دهد. اما با توجه به اینکه رفتار دینامیکی ماشین در شرایط مختلف کارکرد وجود یا عدم وجود عیب مکانیکی، الکتریکی، هیدرودینامیکی و ... متفاوت خواهد بود، از این رهگذر امکان ارزیابی وضعیت ماشین و تشخیص عیوب مختلف ایجاد می‌شود.

اهداف دوره:

- تشریح مفاهیم اولیه و تئوری ارتعاشات
- تشریح روشهای اندازه‌گیری ارتعاشات
- آشنایی با انواع امکانات و تجهیزات داده برداری و کاربردهای هر کدام
- معرفی روشهای مختلف عیب یابی از طریق آنالیز ارتعاشات
- تشریح چگونگی عیب یابی به کمک منحنی طیف فرکانسی یا اسپکتروم ارتعاشات
- ایجاد شناخت درباره مراحل طراحی و اجرای برنامه CM ارتعاشات سنجی
- معرفی استانداردهای موجود در زمینه ارتعاشات

□ مقدمه

- سیستم‌های نگهداری و تعمیرات
- ارائه‌ی یک گزارش مالی از عملکرد CM
- معرفی استراتژی پایش وضعیت و تکنیک‌های مرتبط با آن

□ تعاریف و مفاهیم پایه

- تعریف ارتعاش
- دامنه، فرکانس و فاز
- انواع ارتعاش

• هارمونیک چیست؟

- امواج ضربه‌ای
- جابجایی، سرعت و شتاب
- فرکانس طبیعی و تشدید
- ضربه تقویت
- میرایی
- امیدانس مکانیکی
- مویبیلیتی
- ... و ...

□ تجهیزات اندازه‌گیری و فرایند داده برداری در آن

- ابزارهای اندازه‌گیری
- سنسورها
- انواع سنسور
- ارتعاش سنج
- تبدیل سیگنال
- تعریف سیگنال‌ها
- تبدیل فوری
- نمونه‌گیری
- الیازینگ
- پنجره‌گیری
- دامنه‌ی دینامیکی
- میانگین‌گیری
- انواع فیلترها
- مقیاس‌های اندازه‌گیری
- انواع نویز
- مدل‌سازی

• رفتارهای خطی و غیرخطی

- تکنیک‌های مراقبت وضعیت و روش‌های اندازه‌گیری
- نقاط نمونه برداری
- اصول و محدودیت‌های نمونه‌گیری
- ملاک ارزیابی وضعیت ارتعاش ماشین
- تکنیک‌های اندازه‌گیری وضعیت بیرینگ
- تکنیک زاویه‌ی فاز
- کپسول
- تحلیل پوش
- CPB
- ارتعاشات تولیدی در ماشین
- ... و ...

□ عیوب ارتعاشی متداول

- منابع ارتعاشی
- نابالانسی و انواع آن
- تاهم محوری و انواع آن
- ... و ...

• کاربرد فاز

- تشخیص عیوب به کمک تکنیک فاز
- لقی‌های مکانیکی و انواع آن
- شافت خمیده
- سایش در روتور
- مشکلات بیرینگ‌ها
- مشکلات پمپ‌ها
- ... و ...

• مورد کاوی

- به همراه توزیع کتاب هندبوک آنالیز ارتعاشات ترجمه‌ی اینجانب و آقای مهندس خلیل اله سیاوش