



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۲۵۰

چاپ اول

اردیبهشت ۱۳۹۲

INSO

16250

1st.Edition
May.2013

پایش وضعیت و عیب‌یابی ماشین‌ها -
راهنمایی‌های عمومی

Condition monitoring and diagnostics of
machines — General guidelines

ICS:17.160

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عبار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« پایش وضعیت و عیب‌یابی ماشین‌ها – راهنمایی‌های عمومی »

رئیس:

صالحی، حمدالله
(دکتری فیزیک)

سمت و / یا نمایندگی:

عضو هیئت علمی دانشکده علوم
دانشگاه شهید چمران اهواز

دبیر:

پولادزاده، آذر دخت
(لیسانس فیزیک)

کارشناس

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

بازفتی، مراد
(فوق لیسانس نفت)

سرپرست تعمیرات لایه آزمائی
شرکت ملی حفاری خوزستان

بهرامی، مهدی
(فوق لیسانس مکانیک)

سرپرست مرکز خدمات مهندسی
و بازرسی جهاد دانشگاهی
خوزستان

پولادزاده، احمد
(لیسانس برق)

کارشناس

پولادزاده، اعظم
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس

توسلی، رویا
(لیسانس چوب)

کارشناس

جلالی، شیرزاد
(لیسانس مکانیک)

کارشناس تعمیرات پتروشیمی
فن‌آوران ماهشهر

کارشناس تدوین اداره کل
استاندارد خوزستان

چراغی، حسین
(فوق لیسانس متالورژی)

عضو هیئت علمی دانشکده
مهندسی دانشگاه شهید چمران
اهواز

حاج نایب، علی
(دکتری مکانیک)

کارشناس تدوین اداره کل
استاندارد خوزستان

خوشنام، فرزانه
(فوق لیسانس شیمی)

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد
اهواز

فانی، الهام
(فوق لیسانس فیزیک)

کارشناس

کریمی بیرگانی، کاوه
(لیسانس شیمی)

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد
اسلامی واحد اهواز

گودرزی، مصطفی
(فوق لیسانس مکانیک)

کارشناس

منجم‌زاده، مرجان
(فوق لیسانس شیمی معدنی)

کارشناس

مولایی، کاوه
(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

کارشناس تدوین اداره کل
استاندارد خوزستان

مهرمولایی، فاطمه
(فوق لیسانس شیمی آلی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ بخش‌های اصلی رویه پایش وضعیت
۴	۵ تحلیل سودآوری هزینه
۴	۶ ممیزی تجهیزات
۶	۷ ممیزی بحرانی بودن و قابلیت اعتماد
۷	۸ روش پایش
۱۱	۹ داده‌برداری و تحلیل
۱۳	۱۰ انتخاب اقدام تعمیر
۱۴	۱۱ بازبینی
۱۵	۱۲ آموزش
۱۶	پیوست الف (اطلاعاتی) مثال‌هایی از پارامترهای پایش وضعیت
۱۸	پیوست ب (اطلاعاتی) مقایسه عیب(ها) با پارامتر(ها)ی اندازه‌گیری شده یا تکنیک- (ها)
۲۸	پیوست پ (اطلاعاتی) اطلاعات نوعی که در هنگام پایش انواع ماشین نشان داده شده در پیوست الف باید ثبت شوند
۳۱	پیوست ت (اطلاعاتی) بخش‌های اصلی استانداردهای پایش وضعیت
۳۵	پیوست ث (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

پیش گفتار

استاندارد "پایش وضعیت و عیب‌یابی ماشین‌ها – راهنمایی‌های عمومی" که پیش نویس آن در کمیسیون - های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در یکصد و هفتادمین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۰/۱۲/۱۱ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 17359: 2011, Condition monitoring and diagnostics of machines— General guidelines

پایش وضعیت و عیب‌یابی ماشین‌ها – راهنمایی‌های عمومی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین راهنمایی‌هایی برای رویه‌های کلی مورد استفاده در زمان راه‌اندازی یک برنامه پایش وضعیت برای ماشین‌ها است و شامل ارجاع به استانداردهای مورد نیاز مربوطه در این فرآیند است.

این استاندارد برای تمام ماشین‌ها کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است.

بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع الزامی زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 2041, Mechanical vibration, shock and condition monitoring - Vocabulary¹

2-2 ISO 13372, Condition monitoring and diagnostics of machines - Vocabulary

2-3 ISO 13379-1, Condition monitoring and diagnostics of machines - Data interpretation and diagnostics techniques - Part 1: General guidelines

2-4 ISO 13381-1, Condition monitoring and diagnostics of machines - Prognostics - Part 1: General guidelines

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استانداردهای ISO 2041 و ISO 13372 اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود.

۱-۳

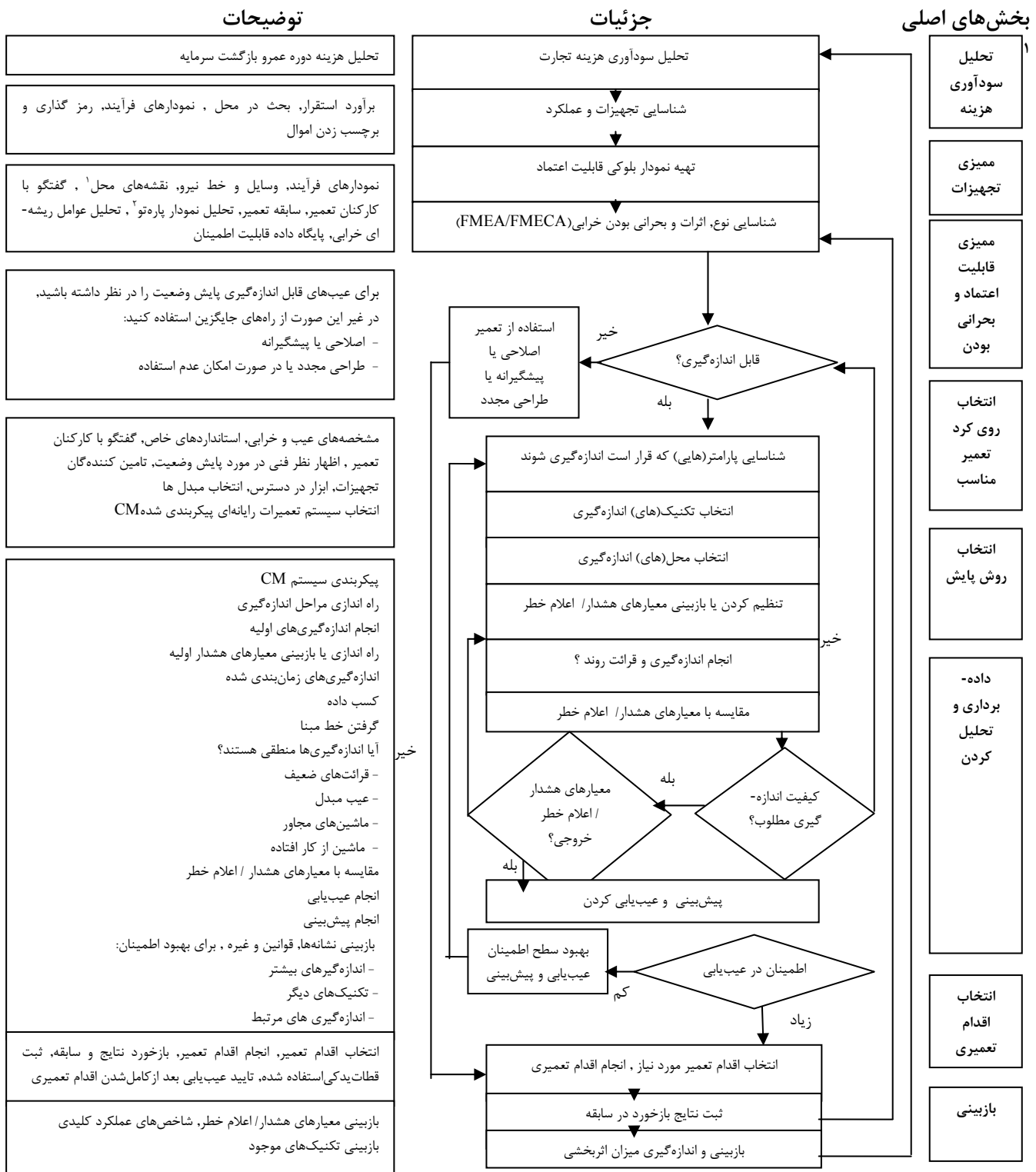
تجهیزات

ماشین یا مجموعه‌ای از ماشین‌ها، شامل همه‌ی اجزاء کنترل فرآیند یا ماشین می‌باشد.

۱- استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۱۹ جهت بهره‌برداری موجود است.

۴ بخش‌های اصلی رویه پایش وضعیت

یک رویه کلی که مجاز است در زمان اجرای برنامه پایش وضعیت استفاده شود، در بندهای ۵ تا ۱۱ شرح داده شده و به صورت نموداری در شکل ۱ نشان داده شده است. جزئیات مراحل کلیدی که باید پیروی شوند، در این بندها شرح داده شده است. توصیه می‌شود فعالیت‌های پایش وضعیت در راستای شناسایی و اجتناب از انواع عوامل ریشه‌ای خرابی انجام شود. تکنیک‌های ویژه پایش وضعیت فقط به طور خلاصه معرفی شده‌اند. جزئیات بیشتر در استانداردهای دیگر آورده شده که مراجع آن‌ها در پیوست ت و کتاب‌نامه موجود است.



شکل ۱- نمودار گردش رویه پایش وضعیت

1- Site
2- Pareto

۵ تحلیل سودآوری هزینه

تحلیل اولیه سودآوری هزینه و امکان شکل‌گیری شاخص‌ها و مبنای عملکردی کلیدی صحیح به اندازه-گیری اثر بخشی هر برنامه پایش وضعیت کمک می‌کند. مواردی که باید مورد توجه قرار گیرند، شامل موارد زیر است:

- هزینه دوره عمر؛
- هزینه تولید از دست رفته؛
- خسارت وارده؛
- ضمانت و بیمه.

۶ ممیزی تجهیزات

۱-۶ شناسایی تجهیزات

شمای کلی ماشینی با فرآیندها و اجزاء نوعی که باید در فرآیند مدیریت پایش وضعیت در نظر گرفته شود، در شکل ۲ نشان داده شده است. تمامی تجهیزات و منابع نیروی مربوطه، سیستم‌های کنترل و سیستم‌های نظارت موجود را فهرست و به طور واضح شناسایی کنید.



شکل ۲- فاکتورهای سیستم تاثیرگذار بر پایش وضعیت

1- Resonances

2- Flywheel

۲-۶ شناسایی عملکرد تجهیزات

اطلاعات زیر را شناسایی کنید:

- سیستم، ماشین یا تجهیزات برای انجام چه کاری مورد نیاز هستند؟
- وضعیت‌های کاری یا گستره وضعیت‌های کاری ماشین یا سیستم شامل چیست؟

۷ ممیزی بحرانی بودن و قابلیت اعتماد

۱-۷ نمودار بلوکی^۱ قابلیت اعتماد

تهیه یک نمودار بلوکی قابلیت اعتماد سطح بالای ساده، شامل این که آیا تجهیزات دارای اثر قابلیت اعتماد سری یا موازی است، می‌تواند مفید باشد. استفاده از پارامترهای قابلیت دسترسی و قابلیت اعتماد برای بهبود نحوه هدف قرار دادن فرآیندهای پایش وضعیت توصیه می‌شود. اطلاعات تفصیلی در مورد تولید نمودارهای بلوکی قابلیت اعتماد در مراجع کتاب‌نامه موجود است.

۲-۷ بحرانی بودن تجهیزات

ارزیابی بحرانی بودن تمام ماشین‌ها به منظور ایجاد یک فهرست اولویت‌دار از ماشین‌هایی که باید در برنامه پایش وضعیت قرار بگیرند (یا نگیرند) توصیه می‌شود. این فهرست مجاز است یک سیستم رتبه‌بندی ساده بر اساس پارامترهای زیر باشد:

- هزینه ماشین در زمان وقفه یا هزینه‌های تولید از دست رفته؛
- نرخ‌های خرابی و زمان میانگین برای تعمیر؛
- فراوانی؛
- خسارت وارده یا ثانویه؛
- هزینه جایگزینی ماشین؛
- هزینه تعمیر یا قطعات یدکی؛
- هزینه‌های دوره عمر؛
- هزینه سیستم پایش؛
- ایمنی و تاثیر محیطی.

می‌توان به یک یا چند پارامتر فوق اهمیت داد و جهت تولید فهرست اولویت‌بندی یک فرمول ایجاد کرد. در زمان انتخاب روش‌های پایش مجاز است از نتایج این فرآیند استفاده شود (بند ۸ را ببینید).

۳-۷ تحلیل نوع، اثرات و بحرانی بودن خرابی

توصیه می‌شود که یک تحلیل نوع و اثرات خرابی^۱، یا یک تحلیل نوع، اثرات و بحرانی بودن خرابی^۲، به منظور شناسایی پارامترهای بالقوه، نشانه‌ها و عیب‌های مورد انتظاری که باید اندازه‌گیری شوند که وقوع یا رخداد عیب‌ها را نشان می‌دهد، انجام شود.

ممیزی‌های FMEA و FMECA اطلاعاتی را در گستره پارامترهایی که باید برای انواع خرابی ویژه اندازه‌گیری شوند، تولید می‌کنند. به طور کلی پارامترهایی باید در نظر گرفته شوند که وضعیت عیب را یا به وسیله افزایش یا کاهش در مقدار اندازه‌گیری شده مشخص یا ویژه یا توسط بعضی تغییرات دیگر در مقدار مشخص، مثل منحنی‌های عملکرد کمپرسور یا پمپ، منحنی‌های عملکرد فشار-حجم موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی و دیگر منحنی‌های کارایی نشان می‌دهند.

مثال‌هایی از پارامترهای اندازه‌گیری شده که ممکن است در نظر گرفتن آن‌ها برای گستره‌ای از انواع ماشین‌های معمول مفید باشد، در پیوست الف آمده است.

پیوست ب شامل مثالی از یک صورت‌بندی (جدول ب-۱) است که می‌تواند برای هر نوع ماشین، کامل شود و هر عیب را با یک یا چند نشانه یا پارامتر اندازه‌گیری شده که اتفاق افتادن یک عیب را نشان می‌دهد، ارتباط دهد. مثال‌های کامل شده برای انواع ماشین‌های نشان داده شده در پیوست الف، در جدول‌های ب-۲ تا ب-۱۰ آمده است.

ارجاع به روش‌های تفصیلی بیشتر برای انجام FMEA و FMECA در کتاب‌نامه آمده است.

۴-۷ وظایف تعمیرات جایگزین

اگر نوع خرابی، هیچ نشانه قابل اندازه‌گیری نداشته باشد، ممکن است لازم باشد روی کردهای تعمیرات جایگزین به کار برده شوند. این اقدامات شامل راه‌اندازی اولیه (آزمون اولیه)، راه‌اندازی تا از کار افتادن، تعمیرات اصلاحی، تعمیرات پیش‌گرانه یا تعمیرات اصلاحی (طراحی مجدد) می‌باشد.

۸ روش پایش

۱-۸ تکنیک‌های اندازه‌گیری

برای پارامتر قابل اندازه‌گیری ویژه‌ای که در نتیجه انتخاب قبلی، کاربردی در نظر گرفته می‌شود، یک یا چند تکنیک اندازه‌گیری ممکن است مناسب باشد. پارامترهای اندازه‌گیری شده می‌توانند اندازه‌گیری‌های ساده‌ای از مقادیر کلی یا مقادیر متوسط زمانی باشند. برای پارامترهای معین مثل جریان، ولتاژ و ارتعاش، اندازه‌گیری‌های ساده از مقادیر کلی ممکن است برای نشان دادن وقوع یک عیب کافی نباشند. تکنیک‌هایی مثل اندازه‌گیری فازی و طیفی ممکن است برای آشکارسازی تغییرات ناشی از عیب‌ها، لازم باشند.

1- FMEA
2- FMECA

مثال‌هایی از پارامترهای پایش شده مفید برای بررسی تعدادی از انواع ماشین‌ها در پیوست الف آمده است. مثال‌های استانداردهایی که ممکن است برای شناسایی روش‌های اندازه‌گیری ویژه و همچنین پارامترهای انواع ماشین‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرند، در کتاب‌نامه آمده است. گستره و محدوده کاربرد استانداردهای مربوط به پایش وضعیت و عیب‌یابی در پیوست ت نشان داده شده است.

سیستم‌های پایش وضعیت می‌توانند به شکل‌های مختلف باشد. این سیستم‌ها ممکن است از تجهیزات اندازه‌گیری که به طور دائم، نیمه دائم نصب شده یا قابل حمل هستند، استفاده کند یا ممکن است شامل روش‌هایی مثل نمونه‌برداری سیالات یا دیگر مواد برای تحلیل در محل^۱ یا از راه دور^۲ باشد.

۸-۲ درستی پارامترهای پایش شده

در بیشتر موارد، درستی مورد نیاز پارامترهای مورد استفاده برای پایش وضعیت و عیب‌یابی ماشین، نباید لزوماً همانند درستی مورد نیاز برای اندازه‌گیری‌های دیگر مثل آزمون عملکرد، باشد. روش‌هایی که در آن‌ها از روند مقادیر استفاده می‌شود، می‌توانند در جایی که قابلیت تکرار اندازه‌گیری مهم‌تر از درستی مطلق اندازه‌گیری است، مؤثر واقع شود. اصلاح پارامترهای اندازه‌گیری شده، برای مثال شرایط اتمسفری استاندارد مربوط به فشار و دما، ممکن است لزوماً برای پایش وضعیت عادی ضروری نباشد. در صورت نیاز به چنین عملی، در استاندارد آزمون پذیرش مناسب، توصیه‌هایی داده شده است. منتخبی از استانداردهای مربوط به آزمون پذیرش و عملکرد در کتاب‌نامه موجود است.

۸-۳ امکان پایش

توصیه می‌شود که به امکان جمع‌آوری داده‌های اندازه‌گیری شده شامل دسترسی آسان، پیچیده‌گی سیستم داده‌برداری، سطح فرآیند داده‌های مورد نیاز، الزامات ایمنی، هزینه و وجود یا عدم وجود سیستم‌های کنترل یا نظارتی که از قبل پارامترهای بهره را اندازه‌گیری می‌کردند، توجه شود. مثال‌های عیب‌ها و پارامترهایی که باید برای تشخیص آن عیب‌ها اندازه‌گیری شوند، بر اساس نوع ماشین در پیوست ب آمده است. اگر چه عیب‌ها بر اساس نوع ماشین ارائه شده‌اند، توصیه می‌شود که تمام سیستم ماشین، در فرآیند تصمیم‌گیری و پایش موجود باشد.

۸-۴ شرایط کاری در طی پایش

در صورت امکان، پایش بهتر است هنگامی که ماشین به یک مجموعه وضعیت‌های کاری از پایش تعیین شده (برای مثال دمای کاری طبیعی) رسیده است یا، طی شرایط گذرا^۳، یک وضعیت شروع و پایان وضعیت و نمایه کاری از پایش تعیین شده (برای مثال در طی توقف ماشین) واقع می‌شود، صورت گیرد. این شرایط همچنین ممکن است برای یک پیکربندی خاص ماشین جهت تعیین خطوط مبنا مورد استفاده قرار گیرند.

1- Local
2- Remote
3- Transients

اندازه‌گیری‌های بعدی با مقادیر خط مبنا، برای تشخیص تغییرات مقایسه می‌شود. روند اندازه‌گیری‌ها در واضح کردن پیشرفت عیب‌ها مفید است.

بهتر است اندازه‌گیری پارامترهای مختلف، در صورت امکان، در زمان یکسان یا تحت وضعیت‌های کاری یکسان انجام شود. برای ماشین‌هایی با سرعت‌های متغیر یا وظایف متفاوت، ممکن است رسیدن به وضعیت‌های اندازه‌گیری‌های مشابه با ایجاد تغییرات در سرعت، بار یا بعضی پارامترهای کنترلی دیگر امکان‌پذیر باشد. همچنین توانایی تعیین این‌که اگر تغییر در یک یا چند پارامتر به علت رخداد عیب یا به علت تغییر در وظیفه یا وضعیت‌های کاری باشد، دارای اهمیت است.

۸-۵ فواصل زمانی پایش

بهتر است به فواصل زمانی بین اندازه‌گیری‌ها و این‌که نمونه‌برداری پیوسته یا دوره‌ای مورد نیاز است، توجه شود. فواصل زمانی پایش اولیه به نوع عیب، نرخ رشد آن و در نتیجه به نرخ تغییر پارامترهای مربوطه بستگی دارد. مدت سپری شده بین تشخیص عیب و خرابی واقعی به عنوان زمان منجر شدن به خرابی (LTTF)^۱ شناخته شده است و به ویژه بر نوع سیستم پایش لازم برای تشخیص نشانه عیب ویژه تأثیرگذار است. در هر صورت، فاصله زمانی پایش همچنین در پارامترهایی همچون وضعیت‌های کاری (برای مثال دوره‌های وظیفه)، هزینه و بحرانی بودن نیز مؤثر است. شامل کردن این پارامترها با تحلیل هزینه اولیه یا تحلیل بحرانی بودن، مفید است.

۸-۶ نرخ داده‌برداری

در وضعیت‌های پایدار، نرخ داده‌برداری بهتر است به اندازه کافی سریع باشد تا یک مجموعه کامل از داده‌ها قبل از تغییر وضعیت‌ها حاصل شود. در حالت‌های گذرا، داده‌برداری سرعت بالا می‌تواند ضروری باشد.

۸-۷ ثبت پارامترهای پایش شده

ثبت پارامترهای پایش شده بهتر است حداقل شامل، اطلاعات زیر باشد:

الف) داده‌های ضروری برای توصیف ماشین؛

ب) داده‌های ضروری برای توصیف وضعیت‌های کاری؛

پ) مکان اندازه‌گیری؛

ت) فرآیند کردن و یكاهای کمیت اندازه‌گیری شده؛

ث) اطلاعات مربوط به تاریخ و زمان.

اطلاعات مفید دیگر برای مقایسه، شامل جزئیات سیستم‌های اندازه‌گیری مورد استفاده و درستی هر سیستم اندازه‌گیری می‌شود. توصیه می‌شود که جزئیات پیکربندی ماشین و هر تغییراتی در قطعه نیز در نظر گرفته شود. اطلاعات نوعی که بهتر است در زمان پایش ثبت شود در پیوست پ آمده است و مثالی از صورت‌بندی نوعی برای ثبت داده‌های اندازه‌گیری و ارزیابی در جدول پ-۱، نشان داده شده است.

۸-۸ مکان‌های اندازه‌گیری

مکان‌های اندازه‌گیری بهتر است به گونه‌ای انتخاب شوند که بهترین امکان تشخیص عیب را بدهند. نقاط اندازه‌گیری بهتر است به صورت منحصربه‌فرد شناسایی شود. استفاده از یک برچسب دائمی یا نشانه شناسایی توصیه شده است.

پارامترهایی که باید مورد توجه قرار بگیرند:

- ایمنی؛
- انتخاب حس‌گر؛
- مناسب‌سازی سیگنال^۱؛
- حساسیت بالا برای تغییر در وضعیت عیب؛
- حساسیت کاهش یافته در نتیجه وجود اثرهای دیگر؛
- تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها؛
- تضعیف یا کاهش شدت سیگنال؛
- قابلیت دسترسی؛
- محیط؛
- هزینه‌ها.

برای پایش وضعیت ارتعاش، اطلاعات مکان‌های اندازه‌گیری در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۳۵۴۶ (در جدول ت-۱ فهرست شده‌اند) آمده است.

برای پایش وضعیت بر مبنای اصطکاک‌شناسی^۲، اطلاعات مکان‌های اندازه‌گیری در استاندارد ISO 14830-1 آمده است.

۸-۹ معیارهای اولیه هشدار / اعلام خطر

معیارهای اولیه هشدار / اعلام خطر بهتر است به گونه‌ای تعیین شوند که سریع‌ترین امکان تشخیص رخداد یک عیب را بدهند. هشدارها ممکن است دارای مقادیر واحد یا چند سطحی باشند که در هر دو حالت مقادیر ممکن است افزایشی یا کاهش‌ی باشند. مرحله تغییرات که در مجموعه قبلی محدوده‌های هشدار رخ داده است، مادامی‌که از میزان هشدار تجاوز نکرده، هنوز ممکن است نیاز به بررسی داشته باشد. معیارهای هشدار / اعلام خطر همچنین می‌توانند در نتیجه فرآیندی کردن چندین اندازه‌گیری یا مجموعه‌ای مانند احاطه کردن سیگنال پویا باشند.

معیارهای هشدار / اعلام خطر بهتر است با گذشت زمان به عنوان یک فرآیند تکراری، بهینه‌سازی شوند. برای پایش وضعیت ارتعاش، اطلاعات معیارهای هشدار / اعلام خطر در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۳۵۴۶ (در جدول ت-۱ فهرست شده)، استاندارد ISO 10816 (تمام قسمت‌ها) و استاندارد ISO 7919 (تمام قسمت-ها) آمده است.

1- Signal

2- Tribology-based

برای پایش وضعیت بر مبنای اصطکاک‌شناسی، اطلاعات معیارهای هشدار / اعلام خطر در استاندارد ISO 14830-1 آمده است.

۸-۱۰ داده‌های خط مبنا

داده‌های خط مبنا، داده‌ها یا مجموعه‌هایی از داده‌ها هستند که زمانی که عملکرد تجهیزات قابل قبول و پایدار شناخته شوند، اندازه‌گیری یا مشاهده شوند. اندازه‌گیری‌های بعدی می‌توانند با این مقادیر خط مبنا برای تشخیص تغییرات مقایسه شوند. بهتر است داده‌های خط مبنا شرایط پایدار اولیه ماشین را ترجیحاً در شرایط طبیعی کاری به دقت تعریف کنند. برای ماشین‌هایی با چندین حالت عملکردی ممکن است لازم باشد برای هر یک از این حالات، خط مبنایی ایجاد کرد.

یادآوری- برای خط‌های مبنا همچنین این امکان وجود دارد که نسبت به حالت پایش وضعیت معمولی شامل پارامترها و نقاط اندازه‌گیری بیشتری باشند.

ممکن است برای تجهیزات جدید و تجهیزاتی که تعمیر اساسی شده‌اند دوره سازگاری^۱ وجود داشته باشد. بنابراین معمول است که یک تغییر در مقادیر اندازه‌گیری شده طی روزها یا هفته‌های اول عملکرد دیده شود. بنابراین، بهتر است قبل از داده‌برداری خط مبنا برای تجهیزات جدید یا در مورد تجهیزات تعمیر اساسی شده قبل از ایجاد دوباره خط مبنا زمانی برای سازگاری در نظر گرفته شود.

برای تجهیزاتی که در یک دوره معین به کار برده شده‌اند و برای اولین بار پایش شده‌اند نیز یک خط مبنا می‌تواند به عنوان یک نقطه مرجع روند ایجاد شود.

۹ داده‌برداری و تحلیل

۹-۱ اندازه‌گیری و بررسی روند

رویه کلی برای داده‌برداری شامل گرفتن اندازه‌ها و مقایسه آن‌ها با روندهای سابق، داده‌های خط مبنا یا داده‌های نماینده برای همان ماشین یا ماشین‌های مشابه است. مدیریت رویه جمع‌آوری داده‌های پایش وضعیت، اغلب به صورت لحظه‌ای^۲ از طریق مرتب کردن اندازه‌گیری‌هایی که باید انجام شوند بر اساس یک برنامه زمان‌بندی شده، صورت می‌گیرد. جمع‌آوری داده‌ها همچنین می‌تواند به صورت غیر لحظه‌ای^۳ از طریق گرفتن اندازه‌ها از سابقه دستگاه مدیریت شود. سپس انجام اندازه‌گیری‌ها باید به گونه‌ای منظم زمان‌بندی شود به طوری تناوب آن‌ها نسبت به حالت خرابی مورد انتظار بیشتر باشد. برای بسیاری از تکنیک‌های پایش وضعیت، سیستم‌های رایانه‌محور^۴ موجود هستند که به مدیریت داده‌برداری، مسیرهای جمع‌آوری داده‌ها، ثبت و روند اندازه‌گیری‌ها کمک می‌کنند.

1- Wear-in period

2- On-line

3- Off-line

4- Computer-based systems

۲-۹ کیفیت اندازه‌گیری‌ها

کیفیت هر اندازه‌گیری لازم است تعیین شود. دلایل زیادی موجب اندازه‌گیری‌های ضعیف است. این دلایل ممکن است شامل موارد زیر باشند:

- سوار کردن نادرست مبدل؛

- عیب در مبدل؛

- عیب در کابل؛

- یک سیگنال اشباع شده در نتیجه گستره اندازه‌گیری نادرست؛

- نرخ ناکافی نمونه‌برداری برای تشخیص نرخ واقعی تغییر پارامتر اندازه‌گیری شده.

اگر کیفیت اندازه‌گیری ضعیف تشخیص داده شود یا مورد تردید باشد، ممکن است لازم باشد که اندازه‌گیری‌ها تکرار شوند یا عیب سیستم اندازه‌گیری برطرف شود.

۳-۹ مقایسه اندازه‌گیری با معیارهای هشدار / اعلام خطر

اگر مقادیر اندازه‌گیری شده در مقایسه با معیارهای هشدار / اعلام خطر قابل قبول باشد، به جز ثبت مقادیر و ادامه پایش آن‌ها هیچ کاری لازم نیست. اگر مقادیر اندازه‌گیری شده در مقایسه با معیارهای هشدار / اعلام خطر قابل قبول نباشند، فرآیند عیب‌یابی باید شروع شود. مواقعی وجود دارد که هیچ موضوع غیر عادی یا مورد تردید تشخیص داده نشده است اما همچنان عیب‌یابی و پیش‌بینی به دلیل نیاز به تصمیم‌گیری در مورد ارزیابی سلامت ماشین انجام می‌شود به طور مثال در حالتی که قبل از خاموشی کلی وضعیت بررسی می‌شود. این مورد همچنین می‌تواند در مواردی که نشانه‌های دیگری که خارج از برنامه پایش باشند، اما بوسیله دیگر عملگرهای هشدار مثل نوفه، بو یا نشانه‌های چشمی تشخیص داده شده‌اند، وجود داشته باشند.

۴-۹ عیب‌یابی و پیش‌بینی

به طور کلی فرآیند عیب‌یابی با تشخیص ناهنجاری شروع می‌شود. این تشخیص از طریق مقایسه بین توصیف‌کننده‌های فعلی یک ماشین یا از طریق مقایسه با ماشین‌های مشابه یا انتخاب شده با استفاده از تجربه و بر اساس مشخصات سازنده، آزمون‌های راه‌اندازی انجام یا بر اساس داده‌های آماری محاسبه شده‌اند. امکان ادامه عیب‌یابی به نوع، پیکربندی و وضعیت‌های کاری ماشین بستگی دارد. یک عیب ممکن است بوسیله تغییر در یک یا چند پارامتر به دست آمده یا اندازه‌گیری شده از مقادیر خط مبنا تشخیص داده شود. برای انواع ماشین‌های نشان داده شده در پیوست الف، مثال‌هایی از عیب‌ها و نشانه‌های مربوط به آن‌ها یا پارامترهای اندازه‌گیری شده برای هر نوع ماشین در پیوست ب آمده است. زمانی که شرایط اجازه بدهند، مثال‌های بیشتری از عیب‌ها و نوع ماشین بوسیله پایش پارامترهای عملکردی که ممکن است شامل این

استاندارد ملی ایران باشد، نشان داده می‌شوند. تا آن زمان، شناسایی پارامتر عیب با استفاده از تجربه یا نتایج شرایط کاری و بیان موافقت بین سازنده و مشتری ممکن است به دست آید.

رهیافت‌های مختلف برای عیب‌یابی یک ماشین مجاز است استفاده شود. دو رهیافت به صورت زیر هستند:

- رهیافت عیب‌ها/ نشانه‌ها؛

- رهیافت سببی^۱.

رویه‌های تشخیص عیب باید بر طبق استاندارد ISO 13379-1 باشد.

فرآیند پایش وضعیت ممکن است پیشرفت مورد انتظار عیب‌های موجود و آینده و هم چنین زمان تخمین زده شده تا خرابی (ETTF)^۲ را نشان دهد. این عمل به عنوان پیش‌بینی شناخته می‌شود. رویه‌های پیش‌بینی عیب بهتر است بر طبق استاندارد ISO 13381-1 باشند.

اگر اطمینان به عیب‌یابی و یا پیش‌بینی کم باشد، ممکن است بررسی بیشتری لازم باشد. اگر اطمینان در سطح بالایی قرار داشته باشد، ممکن است بتوان کار تعمیر یا اصلاحی را به سرعت شروع کرد.

۹-۵ بهبود اطمینان عیب‌یابی و یا پیش‌بینی

به منظور افزایش اطمینان عیب‌یابی / پیش‌بینی، انجام یک یا چند کار زیر ممکن است ضروری باشد:

(الف) اندازه‌گیری(های) مجدد برای تأیید اندازه‌گیری(ها) و وضعیت‌های اعلام خطر؛

(ب) مقایسه اندازه‌گیری(ها) با روندهای سوابق گذشته؛

(پ) کاهش فواصل زمانی بین اندازه‌گیری‌های بعدی مورد نظر؛

(ت) اندازه‌گیری‌های اضافی در همان مکان‌ها و یا مکان‌های بیشتر؛

(ث) استفاده از فرآیند عیب‌یابی یا تکنیک اندازه‌گیری پیشرفته‌تر؛

(ج) استفاده از تکنیک‌های جایگزین برای اصلاح^۳؛

(ح) اصلاح وضعیت‌های عملکردی یا پیکربندی ماشین برای کمک به عیب‌یابی؛

(خ) بازبینی نشانه‌ها و دستورات؛

(د) تماس با متخصصان دیگر در هنگام وجود ماشین / حالت خرابی ویژه.

۱۰ انتخاب اقدام تعمیر

ساده‌ترین اقدامی که در موارد خاص ممکن است انجام شود، برای مثال برای ماشین‌هایی با شرایط بحرانی پایین، تصمیم برای انجام ندادن هیچ اقدام فوری و ادامه دادن پایش در فواصل زمانی طبیعی است.

به طور کلی، بسته به سطح اطمینان به عیب‌یابی / پیش‌بینی رخداد عیب، توصیه می‌شود یک تصمیم تعمیر و اقدام انجام شود، برای مثال شروع کار بازرسی یا اصلاحی. اگر معیارهای هشدار / اعلام خطر یک وضعیت عیب جدی را نشان دهد، ممکن است نیاز باشد دستگاه بلافاصله خاموش شود.

تصمیم‌های نوعی شامل موارد زیر است:

1- Causal

۲- Estimated time to failure

3- Correlation

- اقدام نکردن، ادامه دادن پایش عادی؛
- کاهش فاصله زمانی تا اندازه‌گیری مورد نیاز بعدی؛
- تغییر (کاهش یا افزایش) در بار، سرعت یا توان عملیاتی ماشین؛
- خاموش کردن ماشین؛
- بازرسی ماشین و یا انجام زود هنگام برنامه معمول تعمیر؛
- انجام تعمیر اصلاحی.

زمانی که اقدامات تعمیر کامل شد، توصیه می‌شود که هر گونه فعالیت تعمیر و تغییرات در ماشین شامل جزئیات قطعات یدکی استفاده شده، مهارت‌های استفاده شده و دیگر عیب‌هایی که طی تعمیر/ ترمیم تشخیص داده شده‌اند، ثبت شوند. توصیه می‌شود این اقدامات در سابقه ماشین ثبت شوند که این کار می‌تواند به عیب‌یابی و پیش‌بینی در آینده کمک کند و همچنین در بازبینی فرآیند پایش وضعیت مفید است. وقتی اقدامات تعمیر انجام شد، بازرسی اجزا برای تایید درستی عیب‌یابی یا پیش‌بینی اولیه مفید است. خرابی‌های تکراری می‌تواند قابلیت اعتماد به سیستم را کاهش و هزینه عملکرد آن را افزایش دهند. اگر بتوان عوامل ریشه‌ای خرابی را شناسایی کرد، اقدام تعمیر می‌تواند به منظور جلوگیری یا کاهش اثر خرابی‌ها بازبینی و بهینه شود. اقدام تعمیر مناسب می‌تواند شامل تکنیک‌های پایش وضعیت مناسب، کارهای تعمیر اضافی، گفتگو با سازنده و اصلاح باشد (طراحی مجدد).

۱۱ بازبینی

پایش وضعیت، یک فرآیند در حال پیشرفت است و تکنیک‌های مربوطه که پیش از این موجود نبوده یا پرهزینه در نظر گرفته می‌شده یا خیلی پیچیده بوده، یا از حیث دیگر امکان ناپذیر در نظر گرفته می‌شده (عدم دسترسی، مشکلات ایمنی و غیره) ممکن است در هنگام بازبینی امکان‌پذیر باشند. توصیه می‌شود که رویه پایش وضعیت شامل یک فرآیند بازبینی باشد که اجازه انجام چنین ارزیابی‌های مجددی را فراهم کند. به طور مشابه توصیه می‌شود اثربخشی تکنیک‌هایی که در حال حاضر در برنامه استفاده می‌شوند ارزیابی شده و هرگونه تکنیک غیر ضروری حذف شود.

معیارهای هشدار/ اعلام خطر ممکن است به علت تغییرات در ماشین مثل فرسایش پیش‌رونده^۱، استهلاک^۲، اصلاح، تغییرات در شرایط کاری یا چرخه وظیفه نیازمند تجدید نظر باشند. مقادیر اندازه‌گیری شده و خطوط مبنا ممکن است به علت اقدام تعمیر، که شامل تغییر در اجزاء، تنظیم یا وظیفه می‌شوند، تغییر کنند. در موارد خاص، پس از چنین تغییراتی ممکن است نیاز به ایجاد مجدد خطوط مبنا باشد. بهتر است یادآوری شود که تغییرات در مقادیر اندازه‌گیری شده ممکن است همچنین به علت تغییرات طبیعی یا کنترل شده در حین وضعیت‌های کاری بوده و لزوماً نشان‌دهنده وضعیت عیب نیستند. عیب‌یابی‌ها بر اساس دستورات ممکن است با در نظر گرفتن این موارد اصلاح شوند.

برای اطمینان از مدیریت داده‌های قابل اطمینان و اثربخش، موارد زیر نیاز به توجه ویژه دارند:

1- Progressive wear

2- Ageing

- بهتر است گزارش‌های مشورتی بر اساس یک زمان‌بندی مناسب منتشر شوند؛
- بهتر است از تمامی داده‌ها به صورت ایمن و منظم نسخه پشتیبان تهیه شود؛
- بهتر است پایگاه داده‌ها در فواصل زمانی مشخص شده منظمی بازبینی، به روز رسانی و اصلاح شوند؛
- بهتر است اعلام خطر دستگاه‌ها در فواصل زمانی مشخص شده منظمی بازبینی و تنظیم شود.

۱۲ آموزش

اطلاعات مربوط به الزامات برای صلاحیت و ارزیابی کارکنانی که پایش وضعیت و عیب‌یابی ماشین‌ها را انجام می‌دهند، در استاندارد ISO 18436 (تمام قسمت‌ها) داده شده و در پیوست ت فهرست شده است.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

مثال‌هایی از پارامترهای پایش وضعیت

جدول الف-۱- مثال‌هایی از پارامترهای پایش وضعیت بر اساس نوع ماشین

پارامتر	نوع ماشین											
	موتور الکتریکی	توربین بخار	توربین گاز هوایی	توربین گاز	صنعتی	پمپ	کمپرسور	مولد	الکتریکی	موتور احتراق داخلی	رفت و برگشتی	فن
دما	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
فشار		•	•	•		•				•		•
فشار (ستون)						•						
نسبت فشار			•	•								
فشار (خلا)		•				•						
جریان هوا			•	•		•			•		•	
جریان سوخت			•	•					•			
جریان سیال		•				•						
جریان الکتریکی	•						•					
ولتاژ	•						•					
مقاومت	•						•					
فاز الکتریکی	•						•					
توان ورودی	•			•	•	•	•				•	
توان خروجی	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
نوفه	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ارتعاش	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
نشر صوتی	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
امواج فراصوتی	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
فشار روغن	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
مصرف روغن	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
روغن (اصطکاک)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
دمانگاری	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
گشتاور	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
سرعت	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
طول		•										
موقعیت زاویه‌ای		•	•	•			•					

ادامه جدول الف - ۱

نوع ماشین	
پارامتر	بازده (به دست آمده)
موتور الکتریکی	•
توربین بخار	•
توربین گاز هوایی	•
توربین گاز صنعتی	•
پمپ	•
کمپرسور	•
مولد	
الکتریکی	
موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی	•
فن	

• این نماد نشان می‌دهد که پارامتر اندازه‌گیری پایش شرایط قابل کاربرد است.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

مقایسه عیب(ها) با پارامتر(ها)ی اندازه‌گیری شده یا تکنیک(ها)

جدول ب-۱ - مثالی از صورت بندی مقایسه عیب(ها) با پارامتر(ها)ی اندازه‌گیری شده یا تکنیک(ها)

نشانه یا تغییر پارامتر											نوع ماشین:
											نمونه عیب‌ها
											۱
											۲
											۳
											۴
											۵
											۶
											۷
											۸
											۹
											۱۰
											۱۱
											۱۲

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

جدول‌های ب-۲ تا ب-۱۰ مثال‌هایی از جدول ب-۱ کامل شده را برای انواع ماشین نشان داده شده در پیوست الف، نشان می‌دهد. در این جدول‌ها برخی از متداول‌ترین عیب‌هایی که انتظار می‌رود رخ دهند را فهرست کرده و آن‌ها را با پارامترها یا تکنیک‌هایی که می‌توانند بر طبق نمایش رخداد عیب‌ها اندازه‌گیری یا پایش شوند، مقایسه کنید.

جدول ب-۲- مثالی از مقایسه عیب‌های موتور الکتریکی با پارامترهای اندازه‌گیری شده و تکنیک‌ها

نشانه یا تغییر پارامتر										نوع ماشین: موتور الکتریکی			
گاز خنک کننده	درات معلق در روغن	شار محوری کامل	زمان برای توقف کامل	دما	ارتعاش	سرعت	گشتاور	توان	تخلیه ناقص	مقاومت	ولتاژ	جریان الکتریکی	مثال‌هایی از عیب
•		•		•	•	•	•	•				•	سیم پیچ‌های روتور
•		•		•	•							•	سیم پیچ‌های استاتور
		•			•							•	روتور خارج از مرکز
				•			•	•			•	•	عیب در ذغال(ها)
	•		•	•	•		•					•	خرابی یاتاقان
•									•	•	•	•	از بین رفتن عایق
		•			•						•	•	کاهش فاز توان ورودی
					•								نامیزانی
					•								عدم هم محوری

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

جدول ب-۳- مثالی از مقایسه عیب‌های توربین بخار با پارامترهای اندازه‌گیری شده و تکنیک‌ها

نشانه یا تغییر پارامتر									نوع ماشین : توربین های بخار	
نشست روغن	ذرات معلق در روغن	زمان برای توقف کامل	دما	ارتعاش	سرعت	فشار یا خلا	توان	اندازه گیری طول	نشست بخار	مثال هایی از عیب
									نشست بخار	
	•	•	•	•			•		•	آسیب دیدگی پره روتور
		•	•	•	•		•		•	لابیرنت ^۱ خراب شده
		•		•					•	روتور خارج از مرکز
•	•	•	•	•		•	•	•		خرابی یاتاقان
•	•	•	•	•				•	•	سایش یاتاقان
	•	•		•					•	فرورفتگی یا برآمدگی روتور
			•	•				•	•	انبساط ناهمگن
				•						نامیزانی
				•						عدم هم محوری

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

۱- labyrinth

جدول ب- ۴ - مثالی از مقایسه عیب‌های توربین گاز هوایی با پارامترهای اندازه‌گیری شده و تکنیک‌ها

نوع ماشین: توربین گاز هوایی										
نشانه یا تغییر پارامتر										
مثال‌هایی از عیب	دمای کمپرسور	فشار کمپرسور یا نسبت فشار	جریان هوا	فشار سوخت یا دبی سوخت	سرعت	دمای مولد گاز فشار یا فشار نسبت فشار	دمای توربین قدرت	دمای خروجی	ارتعاش	ذرات معلق در روغن مصرف یا ناشتی روغن
مسدود شدن ورودی هوا	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
تشکیل رسوب در کمپرسور	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
خرابی کمپرسور	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
واماندگی کمپرسور					•	•			•	
مسدود شدن فیلتر سوخت		•		•	•	•				
نشت آب‌بندی					•	•				•
سوراخ شدن محفظه احتراق				•	•			•		
مسدود شدن مشعل				•	•					
کثیف شدن توربین منبع تغذیه	•	•	•		•	•	•		•	
خرابی توربین منبع تغذیه	•	•	•		•	•			•	•
خرابی یا سایش یاتاقان									•	•
نقص در چرخنده									•	•
نامیزانی									•	
عدم هم محوری									•	

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

جدول ب - ۵ - مثالی از مقایسه عیب‌های توربین گاز صنعتی با پارامترهای اندازه‌گیری شده و تکنیک‌ها

نوع ماشین: توربین گاز صنعتی													
نشانه یا تغییر پارامتر													
مثال‌هایی از عیب	دمای کمپرسور	فشار کمپرسور	جریان هوا	فشار سوخت	یا جریان سوخت	سرعت	دمای خروجی	ارتعاش	توان خروجی	بازده کمپرسور	بازده توربین	کثیفی یا ذرات معلق در روغن	مصرف روغن
مسدود شدن ورودی هوا	•	•	•			•			•				
تشکیل رسوب در کمپرسور	•	•	•	•		•			•	•			
خرابی کمپرسور	•	•	•	•		•			•	•		•	
مسدود شدن فیلتر سوخت		•		•		•			•				
سوراخ شدن محفظه احتراق				•		•			•				
مسدود شدن مشعل				•		•	•		•				
خرابی توربین منبع تغذیه						•	•		•	•		•	
سایش یاتاقان								•				•	
نامیزانی								•					
عدم هم محوری								•					

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

جدول ب-۶ - مثالی از مقایسه عیب‌های پمپ با پارامترهای اندازه‌گیری شده و تکنیک‌ها

نشانه یا تغییر پارامتر									نوع ماشین: پمپ‌ها	
مثال‌هایی از عیب	نشست سیال	اندازه‌گیری طول	توان	فشار یا خلا	سرعت	ارتعاش	دما	زمان برای توقف کامل	ذرات معلق در روغن	نشست روغن
خرابی پروانه		•	•	•	•	•	•	•	•	
آسیب دیدگی در آب‌بندی	•	•		•	•	•				
خارج از مرکز بودن پروانه			•	•	•	•	•	•		
خرابی یاتاقان		•	•		•	•	•	•	•	•
سایش یاتاقان		•				•	•	•	•	
عیب در نصب						•				
نامیزانی						•				
عدم هم محوری		•				•				

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

جدول ب-۷ - مثالی از مقایسه عیب‌های کمپرسور با پارامترهای اندازه‌گیری شده و تکنیک‌ها

نشانه یا تغییر پارامتر									نوع ماشین : کمپرسورها
مثال‌هایی از عیب	نشست سیال	اندازه‌گیری طول	توان	فشار یا خلا	سرعت	ارتعاش	دما	زمان برای توقف کامل ذرات معلق در روغن	نشست روغن
خرابی پروانه		•	•	•	•	•	•	•	
خرابی در آب‌بندی	•	•		•	•			•	
خارج از مرکز بودن پروانه			•	•	•	•	•	•	
خرابی یاتاقان		•	•		•	•	•	•	•
سایش یاتاقان		•				•	•	•	
عیب در سیستم خنک‌کننده	•			•			•	•	
عیب در سوپاپ	•			•		•	•		
عیب در نصب					•	•			
واماندگی کمپرسور		•				•			
نامیزانی						•			
عدم هم محوری		•				•			

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

جدول ب-۸ - مثالی از مقایسه عیب‌های موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی (RIC) با پارامترهای اندازه‌گیری شده و تکنیک‌ها

نشانه یا تغییر پارامتر											نوع ماشین: موتور RIC	
مثال‌هایی از عیب	دمای موتور	فشار سیلندر	جریان هوا	فشار سوخت	جریان سوخت	دمای خروجی	فشار خروجی	ارتعاش	توان خروجی	مصرف روغن	ذرات معلق در روغن	نشست سیال خنک‌کننده
مسدود شدن ورودی هوا	•	•	•				•					
عیب در انژکتور سوخت	•	•	•			•		•	•	•		
عیب در احتراق	•	•				•		•	•	•		
سایش یاتاقان								•			•	
مسدود شدن فیلتر سوخت					•							
نشست آب‌بندی						•				•		
عیب در رینگ پیستون		•							•	•		
عیب در سیستم خنک‌کننده					•					•	•	
عیب در چرخنده تعادل ثانوی								•				
نقص در چرخنده								•			•	
خرابی در چرخ لنگر								•				
عیب در نصب								•				
نامیزانی								•				
عدم هم محوری								•				

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

جدول ب-۹ - مثالی از مقایسه عیب‌های مولد الکتریکی با پارامترهای اندازه‌گیری شده و تکنیک‌ها

نشانه یا تغییر پارامتر										نوع ماشین: مولد الکتریکی	
مثال‌هایی از عیب	جریان الکتریکی	ولتاژ	مقاومت	تخلیه جزئی توان	گشتاور	انتشار فرکانس راد یوپی	ارتعاش	دما	حد پایین شار محوری	ذرات معلق در روغن	گاز خنک- کننده
سیم پیچ‌های روتور	•						•	•	•		•
سیم پیچ‌های استاتور	•						•	•	•		•
روتور خارج از مرکز	•						•		•		
عیب در دغال(ها)	•	•			•			•			
خرابی یاتاقان					•		•	•	•		
کاهش اثر عایق	•	•	•								•
افت توان فاز خروجی	•						•				
نامیزانی							•				
عدم هم محوری							•				

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

جدول ب-۱۰ - مثالی از مقایسه عیب‌های فن با پارامترهای اندازه‌گیری شده و تکنیک‌ها

نوع ماشین: فن									نشانه یا تغییر پارامتر	
مثال‌هایی از عیب	نشست هوا	اندازه‌گیری طول	توان	فشار یا خلا	سرعت	ارتعاش	دما	زمان برای توقف کامل	ذرات معلق در روغن	نشست روغن
خرابی پروانه		•	•	•	•	•	•	•	•	
خرابی درزبند روغن		•		•	•				•	•
خرابی دمنده‌ها ^۱	•									
خارج از مرکز بودن پروانه			•	•	•	•	•	•		
خرابی یاتاقان		•	•		•	•	•	•	•	•
سایش یاتاقان		•				•	•	•	•	
عیب در نصب						•				
تشکیل رسوب در روتور						•				
نامیزانی						•				
عدم هم محوری		•				•				

• این نماد نشان می‌دهد که در صورت بروز عیب نشانه، نشانه ممکن است ایجاد شود یا پارامتر ممکن است تغییر کند.

1- bellows

پیوست پ

(اطلاعاتی)

اطلاعات نوعی که در هنگام پایش انواع ماشین نشان داده شده در پیوست الف باید ثبت شوند

پ-۱ جزئیات ماشین

به طور کلی، برای هر ماشین تحت پایش، توصیه می‌شود اطلاعات زیر ثبت شود.

مثال

کد یا شماره پلاک تجهیز
موتور / مولد / توربین / کمپرسور / پمپ / فن

مورد

شماره شناسایی منحصر به فرد ماشین:
نوع ماشین:

ثبت اطلاعات زیر نیز می‌تواند مفید باشد.

سرعت اسمی:	بر حسب دور بر دقیقه یا هرگز
محدوده سرعت:	سرعت ثابت یا متغییر
توان اسمی:	بر حسب کیلو وات
پیکر بندی:	رانده شده به صورت مستقیم، تسمه‌ای یا میل محوری
تکیه‌گاه ماشین:	نصب شده به صورت ارتجاعی یا صلب
متصل کننده محور:	صلب یا انعطاف پذیر
توان:	الکتریکی / بخار / گاز / رفت و برگشتی / دیزل / هیدرولیک
عملکرد:	رانده یا راننده
مؤلفه:	یاتاقان / آب بندی / چرخنده / پروانه
انواع سیال:	روان کننده / خنک کننده / هیدرولیک

پ-۲ اندازه‌گیری‌ها

برای هر سیستم اندازه‌گیری یا نمونه‌گیری توصیه می‌شود، اطلاعات زیر ثبت شود.

مثال

مورد

تاریخ و زمان (شامل منطقه زمانی)
اندازه‌گیری / نمونه:
نوع وسیله:

تشریح یا کدگذاری شده	مکان, جهت گیری:
جریان گردابی / سرعت / شتاب سنج / شمارشگر ذرات, غیره.	نوع مبدل:
مقدار عددی یا محدوده داده‌ها	مقدار:
میلی‌متر بر ثانیه, متر بر مجذور ثانیه, میلی‌لیتر	واحد‌ها:
پیک ^۱ , پیک تا پیک, جذر میانگین مربع‌های دوره‌ای, قسمت در یک میلیون, غیره.	واحد‌های توصیف‌کننده:

ثبت اطلاعات زیر نیز می‌تواند مفید باشد.

پراب ^۲ , آهنربا, میله, اتصال دهنده, غیره.	روش نصب مبدل:
تعداد نمونه‌ها/ نرخ نمونه‌برداری / نمایش اطلاعات	نمونه‌برداری:
سریع / مبدل فوریر ^۳ دیجیتال / نمایش اطلاعات / متوسط - گیری, غیره.	پردازش:
مقدار / کلی / دامنه / طیف / نمونه, غیره.	نوع اندازه‌گیری:

اطلاعات اضافی زیر نیز می‌تواند ثبت شود.

مثال	مورد
دور بر دقیقه یا هرگز	سرعت در طی اندازه‌گیری:
کیلو وات	توان در طی اندازه‌گیری:
لحظه‌ای یا غیر لحظه‌ای	روش نمونه‌برداری:
دما, فشار	دیگر پارامترهای عملکرد عمده:
نوع و تاریخ آخرین کالیبراسیون یا کالیبراسیون مورد نیاز بعدی	الزامات کالیبراسیون:

پ.۳ اطلاعات دیگر

علاوه بر موارد فوق, می‌توان اطلاعات اضافی در رابطه با ماشین و اندازه‌گیری‌ها را ثبت کرد, برای مثال داده‌های سابقه تعمیرات. مثالی از یک صورت‌بندی به منظور ثبت دارایی و اندازه‌گیری داده‌ها برای انواع ماشین‌های فهرست شده در پیوست الف در جدول پ-۱ نشان داده شده است.

1- Peak
2- Probe
3- Fourier

جدول پ-۱- صورت‌بندی ثبت جزئیات ماشین نمونه

کلیات												
شماره ثبت:.....						محل نصب:.....						
تاریخ:.....						شخص اندازه‌گیر:.....						
جزئیات ماشین / مجموعه												
شماره شناسایی منحصر به فرد ماشین:.....						شماره نوع / سریال:.....						
نوع: موتور / مولد / توربین / کمپرسور / پمپ / فن ^(۱)						نیروی محرکه (توان): الکتریکی / بخار / گاز / RIC / دیزل / هیدرولیکی ^(۱)						
پیکربندی: مستقیم / تسمه‌ای / میل محور / محرک / متحرک ^(۱)						عملکرد: محرک / متحرک ^(۱) اتصال: صلب / انعطاف‌پذیر ^(۱)						
سرعت اسمی:..... دور بر دقیقه						توان اسمی:..... کیلو وات						
سرعت واقعی:..... دور بر دقیقه						توان در طی اندازه‌گیری:..... کیلو وات						
نصب: صلب / ارتجاعی ^(۱) بطور مستقیم / روی سطح پی ^(۱) ساعت کارکرد:.....						نوع (انواع) یاتاقان:.....						
سازنده:.....						نوع (انواع) یاتاقان:.....						
جزئیات هر سیستم اندازه‌گیری												
نوع وسیله اندازه‌گیری:.....						سازنده:.....						
نوع مبدل:..... سازنده:.....						اتصالات:..... واحدها:.....						
نوع مبدل:..... سازنده:.....						اتصالات:..... واحدها:.....						
برای ماشین رفت و برگشتی:												
تعداد سیلندرها: ۱۶/۱۲/۸/۶/۵/۴/۳/۲ ^(۱)						چرخه عملکردی: دوزمانه / چهار زمانه / تک کاره / دوکاره ^(۱) ضربه / اثر ^(۱)						
شکل												
طرح کلی از ماشین در زیر کشیده شود.												
در صورت کاربرد، ثبت اندازه‌گیری‌ها، قرائت‌ها، اشکال و غیره باید ضمیمه شده و موقعیت‌ها و نقاط اندازه‌گیری و شرایط در زمان اندازه‌گیری را ارائه دهند.												
(۱) حذف شود یا در صورت مناسب بودن اعمال شود.												

پیوست ت

(اطلاعاتی)

بخش‌های اصلی استانداردهای پایش وضعیت

جدول ت - ۱ استانداردهای پایش وضعیت و عیب‌یابی که توسط ناحیه نشان داده شده

پایش وضعیت و عیب‌یابی ناحیه‌ها						عنوان	استانداردها
کاربرد	آموزش	مدیریت داده	عیب‌یابی و پیش‌بینی	تکنیک‌ها	بخش‌های اصلی		
					•	ماشین‌آلات- پایش شرایط و عیب‌یابی- راهنمایی‌های عمومی برای پارامترهای عملکردی مورد استفاده	استاندارد ملی ایران شماره ۹۰۸۱
					•	پایش وضعیت و تشخیص عیب ماشین‌ها - پایش وضعیت ارتعاش- قسمت اول - روش‌های اجرایی کل	استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۴۶-۱
					•	پایش وضعیت و تشخیص شرایط ماشین‌ها- انتشار آکوستیکی	استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۴۲
					•	Condition monitoring and diagnostics of machines General guidelines	ISO 17359
					•	Condition monitoring and diagnostics of machines _Vocabulary	ISO 13372
					•	Condition monitoring and diagnostics of machines _Vibration condition monitoring _part2:	ISO 13373-2
					•	Condition monitoring and diagnostics of machines — Tribology-based monitoring and diagnostics — Part 1: General guidelines	ISO 14830-1

ادامه جدول ت - ۱

پایش وضعیت و عیب‌یابی ناحیه‌ها					عنوان	استانداردها
کاربرد	آموزش	مدیریت داده	عیب‌یابی و پیش‌بینی	تکنیک‌ها		
				•	Condition monitoring and diagnostics of machines — Thermography — Part 1: General procedures	ISO 18434-1
				•	Condition monitoring and diagnostics of machines — Ultrasound — Part 1: General guidelines	ISO 29821-1
			•		Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 3: Basic techniques for diagnostics	ISO 13373-3
			•		Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for qualification and assessment of personnel — Part 1: Requirements for assessment bodies and the assessment process	ISO 13379-1
			•		Condition monitoring and diagnostics of machines — Prognostics Part 1: General guidelines	ISO 13381-1
		•			Condition monitoring and diagnostics of machines — Data processing communication and presentation — Part 1: General guidelines	ISO 13374-1
		•			Condition monitoring and diagnostics of machines — Data processing communication and presentation — Part 2: Data processing	ISO 13374-2
		•			Condition monitoring and diagnostics of machines — Data processing communication and presentation — Part 3: Communication	ISO 13374-3

ادامه جدول ت - ۱

پایش وضعیت و عیب‌یابی ناحیه‌ها						عنوان	استانداردها
بخش‌های اصلی	تکنیک‌ها	عیب‌یابی و پیش‌بینی	مدیریت داده	آموزش	کاربرد		
				•		Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements or qualification and assessment of personnel — Part 1: Requirements or assessment bodies and the assessment process	ISO 18436-1
				•		Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for qualification and assessment of personnel — Part 2: Vibration condition monitoring	ISO 18436-2
				•		Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for qualification and assessment of personnel — Part 3: Requirements for training bodies and the training process	ISO 18436-3
				•		Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for qualification and assessment of personnel — Part 4: Field lubricant analysis	ISO 18436-4
				•		Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements ISO 18436-5 for qualification and assessment of personnel — Part 5: Lubricant laboratory technician/analyst	ISO 18436-5

ادامه جدول ت - ۱

پایش وضعیت و عیب‌یابی ناحیه‌ها						عنوان	استانداردها
کاربرد	آموزش	مدیریت داده	عیب‌یابی و پیش‌بینی	تکنیک‌ها	بخش‌های اصلی		
	•					Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for qualification and assessment of personnel — Part 6: Acoustic Emission	ISO 18436-6
	•					Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for qualification and assessment of personnel — Part 7: Thermography	ISO 18436-7
•						Mechanical vibration and shock — Performance parameters for condition monitoring of structures	ISO 16587
•						Gas turbines — Data acquisition and trend monitoring system requirements for gas turbine installations	ISO 19860

پیوست ث

(اطلاعاتی)

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۱۷: کمپرسورهای جابه‌جایی-آزمون‌های پذیرش
- [۲] استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۱۴: توربین‌های گازی- برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی
- [۳] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۷۵: خودرو- موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی- عملکرد- قسمت اول: اعلام توان، مصرف سوخت و مصرف روغن روانکار و روش‌های آزمون- الزامات تکمیلی موتور برای استفاده عمومی
- [۴] استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۰۷۵: خودرو- موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی- عملکرد- قسمت سوم: اندازه‌گیری‌های آزمون
- [۵] استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۶۴: فن‌های صنعتی- آزمایش عملکردی با استفاده از مجراهای استاندارد
- [۶] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۸۰۸: لرزش مکانیکی ماشین‌های غیر رفت و برگشتی- اندازه‌گیری بر روی شفت‌های دوار و معیارهای ارزشیابی- قسمت اول: راهنمایی‌های عمومی
- [۷] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۹۸۰۸: لرزش مکانیکی ماشین‌های غیر رفت و برگشتی- اندازه‌گیری بر روی شفت‌های دوار و معیارهای ارزشیابی- قسمت دوم: موله‌های توربین
- [۸] استاندارد ملی ایران شماره ۴-۹۸۰۸: لرزش مکانیکی ماشین‌های غیر رفت و برگشتی- اندازه‌گیری بر روی شفت‌های دوار و معیارهای ارزشیابی- قسمت چهارم: دستگاه توربین با یاتاقان‌های فیلم روغنی
- [۹] استاندارد ملی ایران شماره ۵-۹۸۰۸: لرزش مکانیکی ماشین‌های غیر رفت و برگشتی- اندازه‌گیری بر روی شفت‌های دوار و معیارهای ارزشیابی- قسمت پنجم: مجموعه‌های ماشین در پایگاه‌های تولید و پمپاژ توان هیدرولیکی

- [۱۰] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۴۰۹: موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی راه‌اندازی شده با دستگاه‌های مولد جریان متناوب- قسمت اول: کاربرد دسته‌بندی و عملکرد
- [۱۱] استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۰۴۰۹: موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی راه‌اندازی شده با دستگاه‌های مولد جریان متناوب- قسمت ششم: روش‌های آزمون
- [۱۲] استاندارد ملی ایران شماره ۹-۱۰۴۰۹: موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی راه‌اندازی شده با دستگاه‌های مولد جریان متناوب- قسمت نهم: سنجش و ارزیابی- ارتعاشات مکانیکی
- [۱۳] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۷۶۹: واحدهای جعبه دنده- شرایط پذیرش- قسمت دوم: تعیین ارتعاشات مکانیکی
- [۱۴] استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۱۷: پمپ‌های روتودینامیکی- آزمون‌های پذیرش عملکرد هیدرولیکی- رتبه I و رتبه II
- [۱۵] استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۱: لرزش مکانیکی- الزامات آزمون لرزش برای تجهیزات کشتی و اجزای ماشین‌آلات
- [۱۶] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۸۱۰: لرزش مکانیکی ارزشیابی لرزش ماشین از طریق اندازه‌گیری بر روی اجزای غیر دوار- قسمت اول: رهنمودهای عمومی
- [۱۷] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۹۸۱۰: لرزش مکانیکی ارزشیابی لرزش ماشین از طریق اندازه‌گیری بر روی اجزای غیر دوار- قسمت دوم: موله‌ها
- [۱۸] استاندارد ملی ایران شماره ۳-۹۸۱۰: لرزش مکانیکی ارزشیابی لرزش ماشین از طریق اندازه‌گیری بر روی اجزای غیر دوار- قسمت سوم: ماشین‌های صنعتی با توان اسمی بالاتر از ۵ کیلووات و سرعت‌های اسمی بین ۱۲۰ r/min و ۱۵۰۰۰ r/min
- [۱۹] استاندارد ملی ایران شماره ۴-۹۸۱۰: لرزش مکانیکی ارزشیابی لرزش ماشین از طریق اندازه‌گیری بر روی اجزای غیر دوار- قسمت چهارم: دستگاه توربین گاز با یاتاقان‌های فیلم روغنی
- [۲۰] استاندارد ملی ایران شماره ۵-۹۸۱۰: لرزش مکانیکی ارزشیابی لرزش ماشین از طریق اندازه‌گیری بر روی اجزای غیر دوار- قسمت پنجم: مجموعه‌های ماشین

- [۲۱] استاندارد ملی ایران شماره ۶-۹۸۱۰: لرزش مکانیکی ارزشیابی لرزش ماشین از طریق اندازه‌گیری بر روی اجزای غیر دوار- قسمت ششم: ماشین‌های رفت و برگشتی
- [۲۲] استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۳۵۰: فن‌های صنعتی- آزمایش کارایی فن‌های جت
- [۲۳] استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۶۹۴: فن‌های صنعتی- ویژگی‌هایی برای بالانس و سطوح ویبره
- [۲۴] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۷۷۲: ماشین‌های الکتریکی دوار- قسمت اول: مقادیر اسمی و عملکرد تجدید نظر استاندارد ملی شماره ۳۷۷۲
- [۲۵] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳-۶۰۳۰۰: مدیریت قابلیت اعتماد- قسمت ۱-۳: راهنمایی‌های کاربردی- فنون تحلیلی برای قابلیت اعتماد- راهنمایی بر روش‌شناسی
- [۲۶] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۳-۶۰۳۰۰: مدیریت قابلیت اعتماد- قسمت ۲-۳: راهنمای کاربردی- جمع‌آوری داده‌های قابلیت اعتماد از میدان
- [۲۷] استاندارد ملی ایران شماره ۳-۳-۶۰۳۰۰: مدیریت قابلیت اعتماد- قسمت ۳-۳: راهنمای کاربرد- هزینه- یابی چرخه‌ی عمر
- [۲۸] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱-۳-۶۰۳۰۰: مدیریت قابلیت اعتماد- قسمت ۱۱-۳: راهنمای کاربرد- نگهداری متمرکز بر قابلیت اعتماد
- [۲۹] استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۳۹۱: فنون تحلیل قابلیت اطمینان سیستم- روش اجرایی تحلیل نوع و اثرات وقوع خرابی (FMEA)
- [۳۰] استاندارد ملی ایران شماره ۶۱۰۷۸: فنون تحلیل و قابلیت اعتماد- نمودار بلوکی و روش‌های بولی قابلیت اطمینان
- [۳۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۳۵۴۶: پایش وضعیت و تشخیص عیب ماشین‌ها- پایش وضعیت ارتعاش- قسمت اول: روش‌های اجرایی کل

[32] ISO / IEC 2382-14, *Information technology_ vocabulary_ part 14: Reliability, maintainability and availability*

[33] ISO 5151, *Non-ducted air conditioners and heat pumps_ Testing and rating for performance*

[34] ISO 5389, *Turbocompressors_ Performance test code*

[35] ISO 6954, *Mechanical vibration _ Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships*

[36] ISO 7919-3, *Mechanical vibration _Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts _ Part 3: Coupled industrial machines*

[37] ISO 10816-7, *Mechanical vibration _ Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts _ part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts*

[38] ISO 14830-1, *Condition monitoring and diagnostics of machines_ Tribology –based monitoring and diagnostics_ part 1: General guidelines*

[39] ISO 14695, *Industrial fans _ Method of measurement of fan vibration*

[40] ISO 19499, *Mechanical vibration _ Balancing _ Guidance on the use and application of balancing standards*

[41] IEC 60034-1, *Rotating electrical machines_ part 1: Ratings and performance*

[42] IEC 61025, *Fualt tree analysis (FTA)*

[43] ASME power test code PTC 10, *performance test code on Compressors and Exhausters*

[44] ASME power test code PTC 22, *performance test code on Gas Turbines*

[45] ASME power test code PTC 46, *performance test code on Overall Plant Performance*
