5th International Conference on MAINTENANCE

انجمن نگهداری و تعمیرات ایران

پنجمین کنفرانس بین المللی نگهداری و تعمیرات

صیانت از سرمایه های ملی و بهبود راهبری

خلاصه مقالات

تهران

مرکز همایش های رازی

۷ و ۸ آبان ماه ۸۷

28 & 29 October

2008

۸۰۱۵-۱۰۱۵-۱

مهندسی نت پیشگیرانه و پایش وضعیت در ماشین های راهسازی

رسول خدابخشیان کارگر
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
rasool632000@yahoo.com

محسن شاکری
عضو هیات علمی گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

جلال برادران مطیع
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
ra_kh544@stu-mail.um.ac.ir

چکیده

امروزه پایش وضعیت یکی از بخش های ثابت در برنامه های نگهداری و تعمیرات پیشرفته است. با پیشرفت تکنولوژی در تولید ماشین های راهسازی و افزایش هزینه های تعمیراتی، آشکار سازی وضعیت ماشین ها برای دستیابی به اهداف مختلف به شکل یک ضرورت غیرقابل انکار در آمده است. پایش وضعیت، اجازه کارکردن را به ماشین تا قبل از خرابی می دهد. یکی از اهداف مهم در پایش وضعیت ماشین آلات راهسازی، جلوگیری از نواقص عمده توسط آنالیز کردن روند خرابی در مراحل اولیه پیشرفت و همچنین اعلان وضعیت آن می باشد که به عنوان نت(تعمیر و نگهداری) شناخته می شود. برای برقراری اتوماسیون نت در ماشینها، روش های متعددی وجود دارد که برای اهدافی همچون جلوگیری از تعمیرات اضافی، تشخیص و پیشگویی معایب قبل از خرابی و کاهش ضایعات به کار می رود. در این مقاله، تمامی روشهای مطرح در اتوماسیون نت را مورد بررسی قرار داده و اهمیت آن ها را با ذکر نتایج یک مطالعه موردی نشان می دهیم. نتایج حاصله موید این مطلب است که با برقراری یک برنامه موثر پایش وضعیت می توان تا۵۰٪ مخارج تعمیراتی را کاهش داد.

واژه های کلیدی

اتوماسیون، نگهداری وتعمیرات، پایش وضعیت، پیشگویی معایب، ماشین های راهسازی

مهندسی نت پیشگیرانه و پایش وضعیت در ماشین های راهسازی

رسول خدابخشیان کارگر[1]، محسن شاکری[2]، جلال برادران مطیع[1]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۲-عضو هیات علمی گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

rasool632000@yahoo.com

ra_kh544@stu-mail.um.ac.ir

چکیده

امروزه پایش وضعیت یکی از بخش های ثابت در برنامه های نگهداری و تعمیرات پیشرفته است. با پیشرفت تکنولوژی در تولید ماشین های راهسازی و افزایش هزینه های تعمیراتی، آشکار سازی وضعیت ماشین ها برای دستیابی به اهداف مختلف به شکل یک ضرورت غیرقابل انکار در آمده است. پایش وضعیت، اجازه کارکردن را به ماشین تا قبل از خرابی می دهد. یکی از اهداف مهم در پایش وضعیت ماشین آلات راهسازی، جلوگیری از نواقص عمده توسط آنالیز کردن روند خرابی در مراحل اولیه پیشرفت و همچنین اعلان وضعیت آن می باشد که به عنوان"نت"(نگهداری و تعمیرات) شناخته می شود. برای برقراری اتوماسیون نت در ماشینها، روش های متعددی وجود دارد که برای اهدافی همچون جلوگیری از تعمیرات اضافی، تشخیص و پیشگویی معایب قبل از خرابی و کاهش ضایعات به کار می رود. در این مقاله، تمامی روشهای مطرح در اتوماسیون نت را مورد بررسی قرار داده و اهمیت آن ها را با ذکر نتایج یک مطالعه موردی نشان می دهیم. نتایج حاصله مؤید این مطلب است که با برقراری یک برنامه مؤثر پایش وضعیت می توان تا۵۰٪ مخارج تعمیراتی را کاهش داد.

واژه های کلیدی: اتوماسیون، نگهداری وتعمیرات، پایش وضعیت، پیشگویی معایب، ماشین های راهسازی

مقدمه

در مدیریت سنتی، نگهداری و تعمیرات به عنوان ابزار پشتیبانی، غیر بهره ور و کم اهمیت که مزیت ناچیزی را برای موسسات در نظر می گرفت، مد نظر قرار گرفته می گرفت. اما در نگرش نوین نگهداری و تعمیرات، تاسیسات و ماشین آلات به عنوان بخش ضروری عملیات مرکز تولیدی مورد توجه قرار می گیرد و بکارگیری استراتژی های اثر بخش نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه موجب افزایش ارزش افزوده قابل توجهی در فعالیت های تولیدی می گردد، به همین دلیل نگهداری به عنوان یک اصل در مقیاس جهانی در موسسات تولیدی مورد استفاده قرار می گیرد [۲]. در این نگرش سیستم نگهداری و تعمیرات، اصل بر آماده نگاه داشتن تجهیزات و دستگاه ها می باشد. هدف از برنامه ریزی اصولی در مورد تجهیزات و ماشین آلات در این سیستم به صفر رسانیدن تعمیرات اضطراری، توقفات ناگهانی و افزایش قابلیت پیش بینی تعمیرات دوره ای و برنامه ریزی شده و تعمیرات اساسی می باشد.

رقابت شدید به همراه فن آوری پیشرفته و رو به رشد کنونی، تغییرات زیادی را در دورنمای صنعت پدید آورده است. به طور پیوسته محصولات، روشها، فرآیند ها و سیستم های جدید ابداع و مورد بهره برداری قرار می گیرند. به همین دلیل باید با رعایت برنامه های صحیح، سطوح بهره برداری از تجهیزات بهبود یابد. در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران که بیشتر وارد کننده تکنولوژی و ماشین آلات از کشورهای پیشرفته می باشند، لازم است که در امر نگهداری و تعمیرات با استفاده از تکنیک ها و سیستم های پیشرفته، سرمایه گذاری های لازم صورت پذیرد تا بتوان حداکثر بهره وری از سرمایه های هزینه شده در خرید ماشین آلات را بعمل آورد.

اتوماسیون نمودن و به کارگیری تکنیک های مناسب برای نگهداری از ماشین آلات، مسلما" در بالا بردن کیفیت و طول عمر ماشین ها، بهره وری بیشتر از ماشین ها، تولید بیشتر و تقلیل هزینه ها کمک شایانی می کند. لازم به ذکر است که هزینه های نگهداری و تعمیرات بستگی به نوع ماشین و موارد خاص آن دارد. این هزینه ها معمولا"بین ۱۵٪ تا۴۵٪ از هزینه کالاهای تولید شده را شامل می شود. امروزه با تحولی که در بکارگیری شبکه های عصبی و منطق فازی در نگهداری از ماشین ها و تشخیص عیوب ایجاد شده و با توجه به تنوعی که در تکنیک ها و سیستم های مختلف نگهداری و تشخیص عیوب در ماشین های مختلف وجود دارد، راه، برای اتوماسیون کردن ماشین ها با بکارگیری تکنیک های مختلف نگهداری از سیستمهای مکانیکی هموار شده است.

مواد وروشها

در اتوماسیون نت ضمن تاکید بر روی اصلاح خرابی های اتفاقی و از کار افتادن غیر منتظره تجهیزات، با بهره گیری مناسب از علوم، آمار و احتمالات و پژوهش های عملیاتی، شبیه سازی، اقتصاد مهندسی، تئوری صف و ارائه مدل های مختلف برای حالات مختلف انواع دستگاه ها و تجهیزات ابداع شد که متخصصین این رشته می توانستند خرابی ها را پیش بینی کرده و جهت نگهداری و تعمیرات آنها را برنامه ریزی کنند[۳]. از جمله مهمترین پارامتر های کمی جهت رسیدن به نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، قابلیت اطمینان[۱] و قابلیت تعمیر (نگهداشت پذیری)[۲] می باشد. سیستم نت پیشگیرانه مانند تمامی سیستم های دیگر جهت اندازه گیری درصد موفقیت، نیازمند شاخص می باشد. از این شاخص ها می توان برای تعیین قابلیت یک دستگاه، یک دپارتمان یا خط تولید استفاده کرد. از مهمترین شاخص های قابلیت اطمینان می توان شاخص های زیر ا نام برد:

---

[۱] Reliability
[۲] Maintainability

- میانگین فاصله زمانی بین خرابی ها(MTBF[۳])

این شاخص به عنوان یک ابزار، برای اندازه گیری سیستم نگهداری پیشگیرانه مطرح است. کاربرد دیگر این شاخص، پیش بینی و تشخیص زمان تقریبی وقوع خرابی بعدی و به دنبال آن برنامه ریزی لازم برای مقابله با خرابی بعدی و انجام تعمیرات موردنیاز می باشد.

$$MTBF = \frac{T}{n}$$

که در آن T مجموع زمان در دسترس دستگاه و n تعداد خرابی ها ست.

- میانگین مدت زمان تعمیرات(MTTR[٤])

اگر فرض کنیم یک سیستم که در n نوبت گذشته دچار خرابی شده و زمان لازم برای تعمیر سیستم در نوبت j برابر Tj بوده است، آنگاه متوسط زمان لازم برای تعمیر آن برابر خواهد بود با:

$$MTTR = \frac{\sum_{j=1}^{n} T_j}{n}$$

که در آن T_j مدت زمان تعمیر در دوره خرابی j و n تعداد دفعات خرابی است.

طبق تعریف استاندارد های ژاپن، یک خرابی یا از کار افتاده گی، از کار افتادن یک وظیفه یا عمل مشخص در یک شیئ نظیر یک سیستم تولیدی، یک ماشین و یا یک قطعه است. با توجه به این تعریف دو مفهوم از خرابی برداشت می شود. یکی خرابی هایی است که منجر به از کار افتاده گی کامل یک وظیفه و یا یک عمل گردد و دومی خرابی هایی است که منجر به افت و کاهش یک وظیفه و عمل است. در این مقاله منظور خرابی، نوع اول از کار افتاده گی کامل مورد نظر است.

- قابلیت دسترسی یا پتانسیل بهره برداری[٥]

نسبت بهره برداری عبارت است از زمان اشغال به زمان خالص بهره برداری. و یا با توجه به اینکه اکثر ماشین ها نمی توانند پیوسته در حال کار باشند و زمان هایی را در تعمیر سپری می کنند، ناچار به تعریف پتانسیل بهره برداری در ماشین ها هستیم . با توجه به تعریف MTTR و MTBF، قابلیت بهره برداری از رابطه زیر بدست می آید:

$$Availability = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

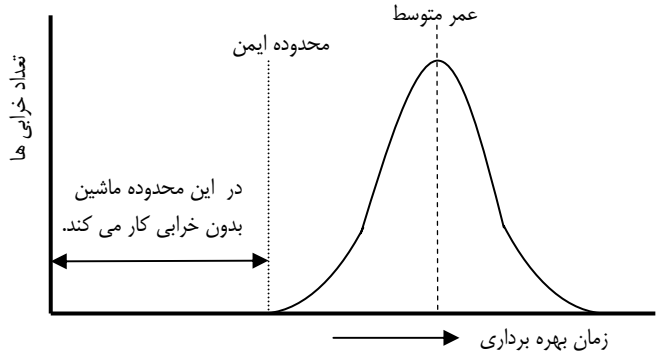
بنابراین، پتانسیل بهره برداری یک ماشین با افزایش عمر کاری ماشین و کاهش زمان تعمیرات قابل افزایش است.

در روش " نت" پیشگیرانه ، تعمیر ویا تعویض، به صورت دوره ای، درفواصل زمانی معین، انجام می گیرد. به منظور جلوگیری از خرابی ناگهانی ماشین، فاصله زمانی بین تعمیرات، کمی کوتاه تر از عمر ماشین انتخاب و برای تخمین عمر از روش های آماری استفاده می شود. عمر ماشین، یک متغیر تصادفی در نظر گرفته شده و توزیع تعداد خرابی بر حسب زمان کار کرد ماشین، به شکل یک توزیع نرمال، مانند شکل(۱) و فاصله زمانی بین تعمیرات، بر اساس این شکل تعیین می شود. اجرای روشPM هرچند از تعداد خرابی های ناگهانی و توقف های خارج از برنامه می کاهد، ولی نمی تواند آن را به صفر کاهش دهد. این مسأله در شکل(۲) که نرخ شکست h(t) بر حسب زمان که(دلالت بر دوره عمر تجهیزات می کند) را نشان می دهد. نرخ شکست یا خطر، مقیاس نرخ لحظه ای شکست است یعنی احتمال شکست مابین زمان t و t+dt ، که نشان می دهد در آنجا هیچ شکستی تا زمان t وجود ندارد و به صورت $h(t) - \frac{f(t)}{1-F(t)}$ نشان داده می شود. در این فرمول f(t) تابع چگالی

---

[۳] Mean Time Between Failures
[٤] Mean Time To Repair
[٥] Availability

شکست و$F(t)$ تابع توزیع شکست نام دارند. منحنی شکل(۲) بنام منحنی وان حمام معروف است [۵]. دوره عمر تجهیزات می تواند به سه دوره یا ناحیه به شرح زیر تقسیم گردد.



شکل۱- توزیع نرمال خرابی ها در روش پیشگیرانه

الف-مرحله جا افتادگی

همانطوری که در شکل(۲) دیده می شود، در ابتدای راه اندازی ماشین، دستگاهها احتیاج به تنظیم شدن و رفع نواقص و سازگار شدن با محیط را دارند و لذا امکان خرابی، بالا است، این موضوع بیشتر ناشی از شکست های نخستین، قطعات و اجزا می باشند. در این ناحیه، $h(t)$ نرخ شکست و $f(t)$ تابع چگالی شکست، با زمان کاهش می یابد و مقارن با توابع فوق نمایی[۶] می باشد. در دوران جا افتادگی سیستم ها مخصوصا سیستم های مکانیکی نظیر موتور اتومبیل همواره توصیه می شود که موتور ها در دور کم کارکنند تا از بروز خرابی(سائیدگی)در آنها جلوگیری شود.عوامل شکست های نخسین عبارتند از: عیب های طراحی، عیب های ساخت، عیب های نصب، عیب های راه اندازی و عیب های بهره برداری.

ب- مرحله عمر طبیعی

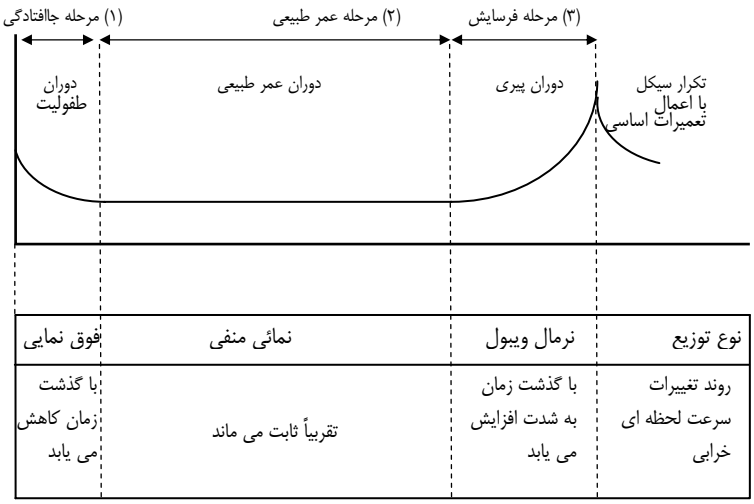
این ناحیه میانی است، که در آن تعداد کمتری شکست رخ می دهد، به عبارتی در دوران عمر طبیعی باید " نت" پیشگیرانه عمدتاً معطوف به انجام عملیات لازم برای حفظ سیستم در موقعیت موجود باشد چنین عملیاتی شامل روغنکاری، تمیز کاری، بازرسی های متناوب برای دست یابی به اشکالات احتمالی و رفع آنها می باشد. جالب توجه است که در این دوران، اعمال عملیات پیشگیری شامل تعویض(نوسازی) قطعات نه تنها به حال سیستم نافع نخواهد بود بلکه احتمال و سرعت خرابی ها را افزایش خواهد داد. شکست هنگامی رخ می دهد که تنش های محیطی یا عملیاتی از مقاومت طراحی قطعات و اجزا تجاوز کند. در مرحله عمر طبیعی یا ناحیه شکست تصادفی، نرخ شکست $h(t)$، گرایش به ثابت بودن وتابع چگالی شکست$f(t)$، گرایش به نمائی منفی[۷] بودن را دارد.

ج-مرحله فرسایش

هم چنانکه قطعات و اجزا یا تجهیزات به سن فرسودگی می رسند، علائم زوال و شکست های زیادی رخ می دهد. به عبارتی سرعت خرابی لحظه ای دستگاهها روند افزایشی به خود گرفته و در نتیجه در این دوران هر مقدار که از عمر دستگاه می گذرد، سرعت لحظه ای (احتمال خرابی) در آن بیشتر خواهد شد. در ناحیه شکست فرسایشی، یک افزایش در نرخ شکست یا خطر$h(t)$ و تابع چگالی شکست$f(t)$ یک ظاهر کوهان دار(گرایش به توزیع نرمال) دارد. در این ناحیه از سرعت خرابی های لحظه ای سیستم کاسته می شود. عوامل مهم در شکست فرسایشی عبارتند از اضافه بار، لق بودن و زوال متالورزیکی .روشPMدر فاز آخر مؤثر است و قبل از اینکه ماشین به این فاز وارد شود، آن را تعمیر می نمایند.

---

[۶] Hyper Exponential Distribution Function
[۷] Negative Exponential Distribution Function



شکل۲- منحنی وان حمام

تشخیص معایب در ماشین ها را می توان به عنوان تکنیکی برای دقت و کنترل ضریب اطمینان وضعیت ماشین و پیشگویی آینده آن نام برد. پایش وضعیت در برگیرنده محاسبات و کنترل همه پارامترهای لازم اولیه و ثانویه ای است که توسط ماشین به هنگام کار کردن ارائه می شود. فشار و درجه حرارت پارامترهای اولیه می باشند، در حالیکه ارتعاشات، صدا، خوردگی پارامتر های ثانویه می باشند. بطور کلی می توان گفت پایش وضعیت به دو روش زیر صورت می گیرد:

۱- چک کردن وضعیت ماشین در مواقع مختلف.[۸]

۲- آشکار سازی وضعیت ماشین در تمامی مواقع[۹].

در روش اول پایش وضعیت، زمان چک کردن بستگی به محاسبات ثبت شده در مواقع بررسی دارد و دقت در ادامه کار ماشین یا پیشگویی زمان توقف جهت تعمیرات اساسی را مشکل می سازد. ولی در روش دوم با توجه به محاسبه و تفسیرمداوم اطلاعات گرفته شده از ماشین، تعمیرات در مراحل اولیه قابل تشخیص بوده و با توجه به روند پیشروی آن می توان تصمیم دقیق تری جهت خواباندن ماشین و زمان مناسب تعمیرات گرفت. برای رسیدن به این اهداف بایستی سه مرحله پایش وضعیت را اجرا نمود که عبارتند از:

الف- کشف پیشرفت خرابی در مراحل اولیه.

ب- تشخیص مبدأ عیب.

ج- پیشگیری.

پایش وضعیت، با تکنیک و روش های مختلفی اجرا می گردد. هر تکنیک، به طور خاص، بر روی برخی علائم مشخصه از وضعیت کار کرد ماشین تمرکز دارد و پارامتر های خاصی را اندازه گیری می نماید که نشان دهنده وضعیت سلامت ماشین است. پارامتر اندازه گیری شده با توجه به مشخصات ماشین تعیین می گردد. به عنوان مثال این پارامتر می تواند ارتعاشات ماشین، صدای ایجاد شده توسط ماشین، ذرات آلاینده موجود در روغن، دمای نقاط مختلف ماشین باشد. به این ترتیب، روش های مختلف CBM[۱۰]، با توجه به پارامتر اندازه گیری شده، آنالیز ارتعاشات، آنالیزصدا، آنالیز روغن، آنالیز دما نامیده می شوند. هر کدام از این تکنیک ها، کاربرد مشخصی دارند و در پاره ای از ماشین

[۸] Condition Checking
[۹] Trend Monitoring
[۱۰] Condition Based Maintenance

آلات و موقعیت ها، می توانند مفید واقع شوند. همچنین برای اندازه گیری کمیت مورد نظر، هر تکنیک نیـاز بـه تجهیـزات خاصـی دارد.در جدول(۱) تکنیک های متداول پایش وضعیت، به همراه کاربرد و تجهیزات مورد نیاز را نشان می دهد.

جدول(۱) تجهیزات و کاربرد تکنیک های مختلفCBM

تکنیک	تجهیزات	کاربرد
ترموگرافی	پیزومتـــر، دوربـــین مادون قرمز	یاتاقانها ، سایش، اتصالات الکتریکی،نشت سیال، عایق های حرارتی....
صوت	میکروفن، صدا سنج	صدای انتشار یافته در اتاق موتور، نشت سیال تحـت فشـار، رینگ پیستون
ارتعاشات	آنالیزر، شتاب سنج	عیوب یاتاقان،گیربکس،عدم هم محوری، نامیزانی، خمیدگی و ساییدگی شافت ها، بررسی ترک و عدم روان کاری صحیح
تســـــــــــت غیرمخرب(NDT)	اشـــعهX، جریـــان گردابه، اولتراسونیک	بررسی ضخامت ها، خوردگی وترک
ذرات روغن	آزمایشـــگاه آنـــالیز روغن	تخمینی از وضعیت روغن وذرات سایشی
تحلیل جریان	آنـــــــــــالیزر، سنسورجریان	موتورهای الکتریکی،ژنراتورها،ترانسفورماتورها
عملکرد	سنســـورهای انـــدازه گیـــری پارامترهـــای فرایند	توربین،کمپرسور،پمپ،موتور

آنالیز ارتعاشات

همه ماشین ها در حین کار، ارتعاش می کنند و مقدار این ارتعاش در ماشین های مختلف متفاوت است. هـدف از انـدازه گیری ارتعاش، تعیین نیروهای دینامیکی قابل قبول وارده بر اجزای ماشین و مانیتورینگ ایـن اجـزاء بـرای جلـوگیری از وارد شدن بارهای دینامیکی اضافی است. یک ماشین نو با طراحی خوب، دارای حداقل دامنه ارتعاش است. ایـن ارتعـاش اشکالی در ماشین بوجود نخواهد آورد. اما با استهلاک ماشین، اجزای آن به تدریج ساییده شده ولقی های آن افزایش می یابد. در نتیجه تغییر شکل اجزا زیاد شده و همچنین در برخی از موارد، فوندانسیون ماشین نشست پیدا کرده و بـه طـور کلی رفتار دینامیکی ماشین تغییر می کند. این تغییر رفتار، باعث ایجاد نیروهای ارتعاشی نامطلوب در سیستم مـی شـود وعلاوه بر اعمال بار بیش از حد به اجزای مختلف، عامل اتلاف انرژی نیز می شود. این نیروها ، به نوبه خود، باعث تشـدید استهلاک ماشین شده و خرابی ماشین را سرعت می بخشند[۵]

هرحرکت ارتعاشی، با سه مشخصه: دامنه، فرکانس و فاز شناخته می شود. دامنـه نشـان دهنـده انـدازه بزرگـی سـیگنال ارتعاشی است. در مورد ارتعاشات ناشی از عیوب مکانیکی مربوط به یک ماشین، دامنه ارتعاشات؛ شـدت عیـب ماشـین را نشان می دهد، یعنی هرچه دامنه بزرگتر باشد، ارتعاشـات دسـتگاه بیشـتر ودر نتیجـه مشـکل، جـدی تـر اسـت. دامنـه ارتعاشات، به نوع ماشین بستگی دارد و همیشه با دامنه ارتعاشات یـک ماشـین مشـابه نـو و سـالم، مقایسـه مـی گـردد. محدوده مجاز ارتعاشات برای ماشین ها و شرایط کار کرد مختلف نیز در استاندارد ها یا توسط سازندگان، مشـخص شـده

اند. از طریق ارزیابی ارتعاشات مکانیکی می توان اختلال در امور عملیاتی و آسیب هـای در حـال گسـترش را در مراحـل اولیه تشخیص و همچنین می توان علل آسیب های شدید را قبل از وقوع تعیین و اقدامات اصلاحی را از مـدت هـا قبـل برنامه ریزی نمود تا از آسیب های بعدی و از کارافتادگی های ناگهانی[11] جلوگیری شود.

در تکنیک آنالیز ارتعاشات، میزان ارتعاشات ماشین، با استفاده از سنسورهای مخصوص[۵]، اندازه گیری می شود. به ایـن منظور می توان یکی از پارامترهای جابجایی، سرعت یا شتاب ارتعاشات را اندازه گیری کرد[۵]. ضمناً، تصـمیم گیـری در انتخاب پارامتر اندازه گیری، باید با دقت و با توجه به شرایط کاری ماشین و اهداف اندازه گیری انجام شـود. همـان گونـه که بیان گردید، دامنه ارتعاشات هر ماشین، معیاری از وضعیت سلامت آن است از طرفی ارتعـاش، پایـداری زیـاد و تـاثیر پذیری کمی از عوامل محیط دارد و به این علت، می تواند یک پارامتر مناسب برای تکنیـک CM باشـد.عـلاوه بـر ایـن، تجزیه و تحلیل ارتعاشات می تواند به منظور عیب یابی در ماشین ها استفاده شود. اکثر مشکلات مکانیکی ماشـین هـای دوار، به صورت علائم ارتعاشی یا تغییر در مشخصه های ارتعاشی سیستم ظاهر می گـردد. از طـرف دیگـر، هـر عیـب یـا مشکل مکانیکی، علائم ارتعاشی مخصوص به خود ایجاد می کند. به این ترتیب می توان با تحلیل ارتعاشـات ماشـین، بـه مشکلات و عیوب آن پی برد. عیوب عمده ای که در ماشین آلات مشاهده می گردند وعلائم ارتعاشـی ایجـاد مـی کننـد، شامل نامیزانی، عدم هم محوری[12] خمیدگی شافت، خروج از مرکز، لقی مکانیکی، سایش روتور، تـرک شـافت، مشـکلات یاتاقان های ژورنال، معایب یاتاقان های غلتشی، کاویتاسیون و مسائل مربوط به جعبه دنـدها مـی باشـند. ابزارهـای لازم برای اندازه گیری پارامتر های ارتعاشی عبارتند از: ترانسدیوسرها، تقویت کننده های سیگنال(آمپلی فایر)، فیلترها، مبدل آنالوگ به دیجیتال، دستگاه ذخیره کننده اطلاعات ارتعاشی، دستگاه تحلیل گر و وسایل نمایش کیت ها.

آنالیز روغن

یکی دیگر از روش های پایش وضعیت که در اکثر ماشین ها اهمیت فوق العـاده ای دارد، آنـالیز روغـن اسـت. در برخـی موارد مانند یاتاقان های ژورنال هیدرو دینامیک، روغن، اساس کارکرد یاتاقان می باشد. اهمیت آنالیز روغن به ایـن دلیـل است که اگر روغن کیفیت خود را از دست دهد، باعث می شود که روانسازی به خـوبی انجـام نگیـرد و قطعـات و اجـزای ماشین تحت سایش قرار گیرند. آلاینده های روغن دلیل اصلی خرابی سیستم های هیدرولیک می باشـند. بـا توجـه بـه اینکه روغن، با تمامی قطعات متحرک ماشین در ارتباط است، پس از مـدتی، ذرات سایشـی و مـواد آلاینـده در آن نفـوذ نموده و روغن، کیفیت خود را از دست می دهد، بنابراین، باید همواره اطلاعات کافی در مورد کیفیت روغن موجود باشد. با آنالیز روغن می توان مشخصه های فیزیکی روغن، آلاینده ها و ذرات سایشی موجود در آن را مشخص کـرد. مهمتـرین مشخصه فیزیکی روغن، لزجت است که نشان دهنده قابلیت سیلان روغن است. هرچه لزجت روغن بیشتر باشـد، قابلیـت سیلان کمتری دارد. برای آنکه روغن کاری به خوبی انجام شود و فیلم روغن، ضخامت کافی برای جلوگیری از سـایش را داشته باشد، باید از لزجت مناسبی بر خوردار باشد. افزایش دما باعث کاهش لزجت روغن می شود.

با توجه به اینکه هر ماشین از قطعات متعددی تشکیل شده است که از مواد مختلف ساخته شده اند. با مشـاهده مقـادیر ذرات سایشی مختلف موجود در روغن، می توان قطعاتی را تشخیص داد که دچار سایش و خـوردگی شـده انـد. بـه ایـن ترتیب که در مورد ماشین و برای هر یک از ذرات سایشی موجود در روغن، یک محدوده مجاز تعیین مـی شـود و مقـدار موجود روغن، با این محدوده مجاز مقایسه می شود. از طرف دیگـر مـی تـوان بـا اسـتفاده از میکروسـکوپ، شـکل ذرات سایشی را بر رسی و با توجه به شکل و اندازه ذرات، علت ایجاد این ذرات را تشخیص داد.

---

[11] breakdown

[12] Misalignment

آنالیز دما

برخی از عیوب بوجود آمده در ماشین ها، باعث بالارفتن دما می شود. به عنوان مثال می توان به مشکلات یاتاقان ها اشاره کرد. همچنین عیوب اغلب تجهیزات الکتریکی، منجر به افزایش دما در آنها می گردد. آنالیز دما به دو صورت امکان پذیر است. در یک حالت ، دمای قطعه به وسیله یک دماسنج اندازه گیری و به طور خودکار با حداکثر دمای مجاز مقایسه می شود. اگر دما از حد مجاز گذشت، یک آلارم، اپراتور را از این امر مطلع می کند. این سیستم مانیتورینگ دما نامیده می شود که در بسیاری از سیستم ها مانند خودرو و کامپیوتر نیز وجود دارد. در حقیقت در این حالت جمع آوری داده ها به صورت مستقیم است. در حالت دیگر که نیاز به تجهیزات نشانگر دما دارد، از قطعات و اجزای موردنظر، عکس حرارتی گرفته می شود،که عکسبرداری حرارتی نامیده می شود. کلیه سطوح، بسته به میزان درجه حرارتشان دارای یک نرخ تشعشع حرارتی هستند. این تشعشع مادون قرمز[۱۳] است. البته جنس و خواص سطوح نیز بر میزان انتشار تشعشع مادون قرمز تاثیر می گذارد. تشعشع مادون قرمز برای چشم انسان نامرئی است، ولی می توان آن را از طریق سیستم نشانگر دما مرئی نمود.

آنالیز صدا

بسیاری از عیوب ایجاد شده در ماشین آلات، علائمی به صورت صدا ایجاد می کنند. از جمله می توان به مشکلات مربوط به یاتاقان ها، جعبه دنده ها، پمپ هاو کمپرسور ها و همچنین به کاویتاسیون اشاره کرد. انرزی صوتی[۱۴] در اثر رها شدن انرژی در یک محیط مادی ایجاد و به صورت موج در آن محیط منتشر می شود. در آنالیز صدا معمولا این محیط مادی هوا است و شدت انرژی منتشر شده، به وسیله سنسورهای مخصوص اندازه گیری می شود. به این ترتیب می توان از شدت صدای ایجاد شده برای بررسی وضعیت ماشین استفاده نمود. علاوه بر این، امکان تحلیل طیفی صدا نیز وجود دارد. تفاوت تحلیل طیفی در آنالیز صدا و آنالیز ارتعاشات در این است که در آنالیز ارتعاشات معمولا" محدوده فرکانس ۱ هرتز تا ۲۰ کیلو هرتز بررسی می شود، در حالیکه در تجزیه و تحلیل صدا محدوده فرکانس ۲۰ تا ۱۰۰ کیلو هرتز بررسی می شود.

مطالعه موردی

بر اساس یک مطالعه موردی که در طی مدت سه سال به اجرای روش پایش وضعیت در ماشین های راه سازی به وسیله روش پیشگویی پرداخته شدو بر اساس مشاهداتی که در کشت و صنعت جوین انجام گرفت نتایج مفید زیر بدست آمد .در سال اول، اطلاعات بدون برقراری سیستم پایش وضعیت و در سال دوم با برقراری این سیستم در ۵۰٪ از ماشین ها و در سال سوم با برقراری آن در ۱۰۰٪ ماشین ها نتایج زیرحاصل شد. تعداد۴۰۰ ماشین از نوع گریدر، کمپرسی، بولدوزر، لودر و غلتک برای آزمایش انتخاب شدند.

جدول(۲)- هزینه های برقراری سیستم و میزان خواباندن ماشین

هزینه های برقراری سیستم(ریال)			میزان خواباندن ماشین (ساعت)		
سال۸۳	سال۸۴	سال۸۵	سال۸۳	سال۸۴	سال۸۵
۰	۳۱۵۰۰۰۰۰۰۰	۸۵۰۰۰۰۰۰۰	۱۲۵۰۰۰	۹۵۰۰۰	۷۵۰۰۰

[۱۳] Infra red
[۱۴] Acoustic Energy

جدول(۳)- میزان انبار قطعات یدکی و دستمزد

میزان انبار قطعات یدکی(ریال)			میزان دستمزد و اضافه کاری (ساعت)		
سال۸۳	سال۸۴	سال۸۵	سال۸۳	سال۸۴	سال۸۵
۵۴۵۰۰۰۰۰	۵۵۰۰۰۰۰۰	۶۱۰۰۰۰۰۰	۳۲۱۰۰۰۰۰	۲۹۵۰۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰۰۰

جدول(۴)- وضعیت تعمیرات انجام شده و دستگاه های بازسازی شده

سال	تعداد ماشین های تحت تعمیر	فضای مورد استفاده جهت تعمیرات(متر مربع)	هزینه صرف شده جهت تعمیرات(ریال)
۸۳	۶۵	۷۰۰۰	۴۵۸۰۰۰۰۰۰۰
۸۴	۹۰	۱۲۰۰۰	۴۸۰۰۱۰۰۰۰۰
۸۵	۱۰۰	۱۵۰۰۰	۵۲۰۰۰۰۰۰۰۰
جمع کل	۲۵۵	۳۴۰۰۰	۱۴۵۸۰۱۰۰۰۰۰

جدول(۵)- مقایسه نیروی انسانی و زمان کل با احتساب زمان هدر رفته مورد نیاز جهت بازسازی اساسی ماشین آلات

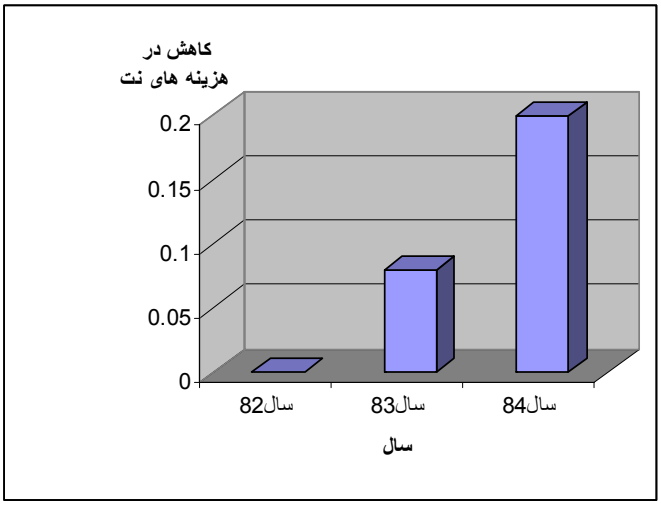
ردیف	نوع دستگاه	تعداد(نفر)	ساعت	نفر- ساعت
۱	کمپرسی	۲۲	۸۰	۱۷۶۰
۲	غلتک	۲۰	۱۸۰	۳۶۰۰
۳	لودر	۲۵	۳۸۰	۹۵۰۰
۴	گریدر	۲۵	۴۰۰	۱۰۰۰۰
۵	بولدوزر	۲۷	۴۵۰	۱۲۱۵۰

با توجه به جداول ارزش افزوده[۱۴] در اثر برقراری سیستم و با احتساب نرخ تورم به طور میانگین ۱۴٪ نتایج زیر حاصل شده است.

ردیف	شرح	سال۸۲	سال۸۳	سال۸۴
۱	کاهش در هزینه های نت	۰	٪۸	٪۲۰
۲	کاهش در انبار قطعات یدکی	۰	٪۱۲	٪۱۸
۳	کاهش در دست مزد و اضافه کاری	۰	٪۱۶	٪۲۵
۴	کاهش در میزان خواباندن ماشین	۰	٪۲۵	٪۴۰

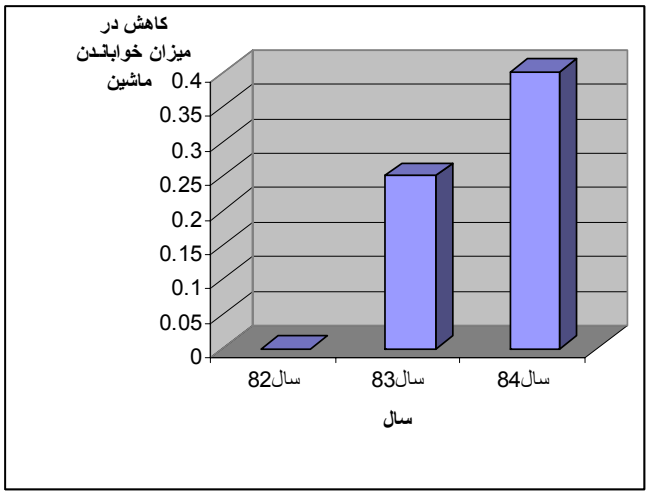
نتیجه گیری

بسیاری از واحد های صنعتی، بازدهی را در حیطه مسائل نگهداری در نظر نمی گیرند. با این حال، ماشینی کـه بـا بـازده قابـل قبول کار نکند، میزان تولید و سود دهی را تا حد زیادی کاهش می دهد. بنابراین در یک برنامه جـامع CM بایـد پارامترهـای فرآیند نیز اندازه گیری و بررسی گردد(آنالیز ارتعلشات، روغن، ترموگرافی).در این حالت اندازه گیری بازدهی کلی دسـتگاه مـی تواند یک معیار مناسب از وضعیت دستگاه و همچنین یک بررسی اقتصادی از کارکرد آن باشد. استفاده از روشها و تکنیک های مختلف پایش وضعیت و اتوماسیون کردن نگهداری باعث بالا بردن بهره وری ماشینها، صرف هزینه هـای کمتـر در نگهـداری و تعمیر، کاهش زمان تعمیر و کاهش انبار قطعات یدکی می شود. نتایج حاصله مؤید این مطلب است که با برقراری یـک برنامـه مؤثر پایش وضعیت، میزان هزینه های نت و میزان خواباندن ماشین به میزان قابل قبولی کاهش مـی یابـد(شـکلهای۳ و۴). در نهایت با به بکارگیری این سیستم می توان تا۵۰٪ مخارج تعمیراتی را کاهش داد.



شکل۳- کاهش در هزینه های نت با بکارگیری یک برنامه پایش وضعیت

[۱۴] Added Value



شکل٤- کاهش در میزان خواباندن ماشین با بکارگیری یک برنامه پایش وضعیت

منابع

۱- یعقوبعلی دارابـی، کـاربرد تکنیـک Condition Monitoring دربهینـه سـازی برنامـه نگهـداری و تعمیـرات ماشـین آلات کشاورزی(تراکتور)، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۸۱

۲- حاج شیر محمدی، ع. نگهداری وتعمیرات(نت) بهره ور و فراگیر، انتشارات ارکان، ۱۳۷۹.

۳- حاج شیر محمدی، ع. برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات(مدیریت فنی)، انتشارات غزال، ۱۳۷۷.

۴- بهزاد. م، سپنا لو،ک. اصول و مبانی ارتعاشات در نگهداری و تعمیرات و عیب یابی ماشـین هـای دوار. شـرکت ملـی صـنایع پترشیمی، ۱۳۸۶.

۵- رضائی، و. سعیدی، س. مبانی ارتعاشات و ارزیابی. نشر حسام، ۱۳۸۵.

۶- تمیزی، ه. رضائی، و. خسروی، م. عیب یابی ماشین های دوار، نشر حسام، ۱۳۸۱.

۷- رستمیان، ه.. نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر(جامع)، انتشارات ترمه.

۸- Lluize Otavio, "Machinary failure analysis Hand book" Gulf cover publication, 2006

۹- Robert Kertis, "Effective Maintenance Planiiing and Scheduling" Carolina Plant Engineering and Maintenance Conference, March 2003 Greenville, SC.

۱۰-A.K.Govil,RELIABILITY Engineering Mcgraw-hill Publication,New Delhi,1983