بررسی استراتژی های مختلف نگ ری و تعمیرات (کدمقاله ۴۶۸)

محسن شاکری[۱] ، جلال برادران مطیع[۲] ، رسول خدابخشیان[۳]

چکیده

برای ارزیابی و انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات «نت»، ابتدا باید اهداف مؤسسات تولیدی را به عنوان معیارهای مقایسه ای تنظیم کرد. مسأله سیاست مناسب «نت» را می توان یک مسأله تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)[۴] دانست. تولید کنندگان مختلف، ممکن است دارای اهداف «نت» متفاوتی باشند که در این میان می توان مواردی از قبیل ایمنی، هزینه، ارزش افزوده و توجیه پذیری را نام برد. به طور کلی روش های«نت» را می توان به چهار بخش عمده تقسیم نمود، که شامل «نت» عکس العملی یا اصلاحی، «نت» مبتنی بر زمان یا دوره ای، «نت» مبتنی بر شرایط و «نت» پیشگویانه می باشند. در این مقاله سعی شده است ضمن بررسی هریک از روش های فوق به مزایا و معایب آن ها پرداخته و با تشریح کامل تکنیک های پایش وضعیت، «نت» مبتنی بر شرایط[۵] را به عنوان کارآمد ترین روش به منظور ایمنی بالا و کاهش هزینه و ارتقای کیفیت و بهره وری معرفی نماییم.

کلید ژه: استراتژی، نگ داری و تعمیرات «نت»، تصمیم گیری چند معیاره، هزینه و ارزش افزوده

۱- عضو هیات علمی گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی، پست الکترونیک: shakeri_mohsen@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی

4 - MCDM=multiple Criteria Decision Making

5 - Conditoin Based Monitoring

مقدمه

رقابت شدید به همراه فناوری پیشرفته و رو به رشد کنونی، تغییرات زیادی را در دورنمای صنعت پدید آورده است. به طور پیوسته محصولات، روش ها، فرایند ها، و سیستم های جدید، ابداع و مورد بهره برداری قرارمی گیرند. به همین دلیل باید با رعایت برنامه های صحیح، سطوح بهره برداری از تجهیزات بهبود یابد. علیرغم افزایش هزینه های مواد و کارکنان، تلاش مداومی جهت کاهش یا تثبیت هزینه های بهره بـ داری و تولید وجود دارد. لذا افزایش اثر بخشی، کارائی، بازدهی، قابلیت اطمینان(پایایی)[1]، به کارگ ری و بهره برداری دستگاه ها، تجهیزات و ماشین آلات، یک ضرورت اقتصادی می باشد.

از آنجائی که حجم سرمایه گذاری در احداث مراکز صنعتی و تولیدی قابل ملاحظه است، مدیریت مناسب نظام های " نت" به منزله صیانت از سرمایه های ملی کشور لازم است، و برای استفاده بهینه وافزایش عمر مفید دستگاهها، تجهیزات، ماشین آلات در مراکز صنعتی و تولیدی، نیاز به یک تشکیلات منسجم و پایدار که متولی" نت" علمی باشد اجتناب ناپذیر ست. ولذا یاست مناسب " نت" می تواند نقش بسیار مهمی در دسترس پذیری[2] و پایایی، کیفیت تولید و ایمنی سیستم داشته باشد. به طور کلی نگ ری و تعمیرات را می توان به دو بخش عمده تقسیم نمود: " نت" اصلاحی[3] و " نت" پیشگیرانه[4] [۷و۸] .

تعمیرات اصلاحی نوعی از تعمیرات است که بعد از خرابی سیستم بوقوع می پیوندد و هدف آن جلوگیری از رخدادن حوادث ناشی از خرابی است. " نت" پیشگیرانه نوعی از تعمیرات است که قبل از خرابی سیستم بوقوع می پیوندد و هدف آن حفظ حالت سیستم در وضعیتی کاملا مشخص است که از طریق بازرسی، شناسائی و پیشگیری از وقوع خرابی انجام می گ رد[۱۱] " نت"پیشگیرانه نیز خودشامل۳ بخش است: " نت"،مبتنی بر زمان[5] ، " نت" تعمیرات مبتنی بر شرایط[6] و" نت" پیشگویانه[7]. در حالی که Bateman[۴]، نگهداری و تعمیرات را به۳ بخش عمده طبقه بندی نموده که شامل " نت" اصلاحی، " نت" پیشگیرانه و " نت" پیشگویانه که دو " نت" آخری می تواند از شکست احتمالی شرکت ها جلوگیری نماید. صاحبان صنایع شیوه های گوناگونی را برای" نت" اتخاذ نموده اند. هر یک از این شیوه ها، دارای مزایا و معایبی است که سبب بهبود یا تضعیف عملکرد کل سیستم می شود و به همین خاطر، روش های ضعیف به تدریج از صحنه رقابت تنگاتنگ صنعتی کنار گذاشته شده اند و روش های پیشرفته با قابلیت های بیشتر، جایگزین آنها می شوند. هر چند در بسیاری از بخش های صنعت کشور ما، هنوز روش های قدیمی" نت" به کار گرفته می شوند، لذابه منظور وارد شدن به عرصه رقابت تنگاتنگ اقتصادی و افزایش بهره وری وکیفیت محصولات ونیز برای دستیابی به توسعه پایدار صنعتی، به کارگیری روش های پیشرفته، امری ضروری است. به همین منظور هزینه نگهداری وتعمیرات که به عنوان یکی از سنگین ترین هزینه ها در واحد های صنعتی شناخته می شود، با انتخاب شیوه مناسب" نت" ممکن است تا حد زیادی کاهش یابد.

۱-بررسی استراتژی های مختلف نگ ری و تعمیرات

۱-۱ " نت" عکس العملی[8]

" نت"عکس العملی را " نت" اصلاحی یا " نت" مبتنی بر خرابی[9] و یا " نت" از کار افتادگی[10] نیز می نامند. در این روش دستگاه تا زمانی که خراب نشده است، هیچ گونه تعمیراتی در آن صورت نمی پذیرد[۱۰]. هر چند این روش را می توان در مورد ماشین های سبک و کم اهمیت به کار برد، ضعف آن در تضمین کارکرد مداوم و مطمئن کارخانه، واضح است، زیرا خرابی ناگهانی یک دستگاه حساس، می تواند منجر به توقف خط تولید شود وحتی ممکن است به سایرماشین آلات مرتبط نیز صدماتی وارد کند. این گونه توقف های غافلگیرانه، ممکن است برای یافتن قطعات یدکی وانجام تعمیرات، تا مدت طولانی، ادامه یابد که ضررهای

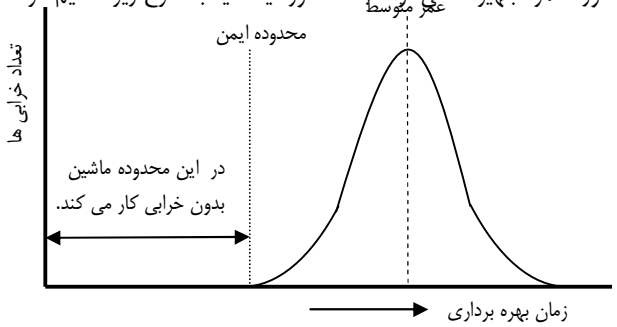
---

1 Reliability
2 Availability
3 Corrective Maintenance
4 Preventive Maintenance
5 Time Based Preventive Maintenance
6 Condition Based Preventive Maintenance
7 Predictive Maintenance
8 Reactive Maintenance
9 Failure Based Maintenance
10 Breakdown Maintenance

سنگینی به همراه دارد " نت" اصلاحی در واقع همان استراتژی قدیمی" نت" است که هنوز در برخی از صنایع که سود حاشیه ای[1] آنها زیاد است استفاده می شود. این روش " نت" بهره برداری تا شکست[2] نیز نامیده می شود.

۱-۲ " نت" دوره ای[3]

در روش " نت" دوره ای، که به" نت" پیشگیرانه نیز مشهور است، 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 وتوزیع 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 روشPMهرچند 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 خطر $h(t)$ بر حسب زمان که(دلالت بر دوره عمر تجهیزات می کند) را نشان می دهد. نرخ 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 ن رد و به صورت $h(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)}$ نشان داده می شود. در این فرمول $f(t)$ تابع چگالی شک ت و$F(t)$ تابع توزیع شکست نام دارند. منحنی شکل(۲)بنام منحنی وان حمام[4] 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-ناحیه شکست اولیه یا 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 ولذا امکان خرابی، بالا است، این موضوع بیشتر ناشی از شکست های نخستین، قطعات و اجزا می باشند. در این ناحیه، $h(t)$ نرخ خطر و $f(t)$ تابع چگالی شکست، با زمان کاهش می یابد و مقارن با توابع فوق نمائی[5] 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.

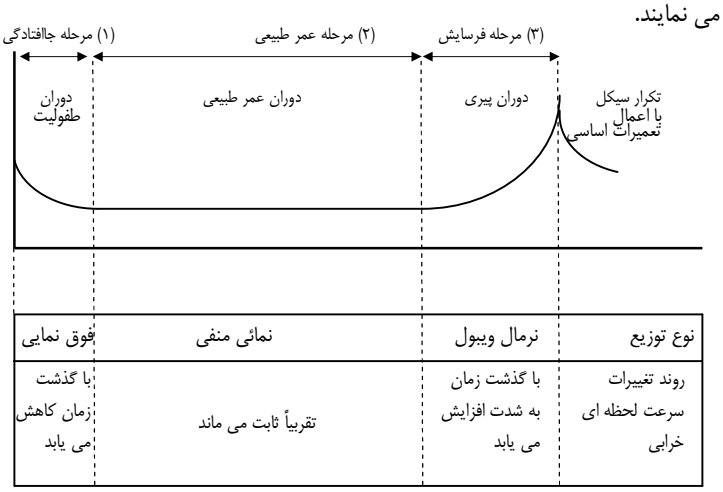
ب- ناحیه شکست ضمنی یا تصادفی

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

1 Marginal Profit
2 Run to Failure
3 Time Based Maintenance
4 Bathtub curve
5 Hyper Exponential Distribution Function

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 ناحیه شکست تصادفی، نرخ خطر h(t)، گرایش به ثابت بودن وتابع چگالی شکست f(t)، گرایش به نمائی منفی[1] ، بودن را دارد[۴].

ج-ناحیه شکست فرسایشی : هم چنانکه قطعات و اجزا یا تجهیزات به سن فرسودگی می رسند، علائم زوال وشکست های زیادی رخ می دهد. به عبارتی سرعت خرابی لحظه ای دستگاهها روند افزایشی به خود گرفته ودر 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 خطر h(t) و تابع چگالی شکست f(t) یک ظاهر کوهان ار(گرایش به توزیع نرمال و ویبول[2]) 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 ارد شود، آن را تعمیر می نمایند.



شکل۲- منحنی وان حمام

اشکال اصلی روشPM، این است که تعداد دفعات تعمیر و در نتیجه هزینه " نت" را افزایش می دهد. در حقیقت، تعداد زیادی از ماشین آلات که در وضعیت نامناسبی در حال کارکردن هستند وتا مدت ها می توانند به کار کرد خود بدون مشکلی ادامه بدهند، با فرارسیدن دوره تعمیر، متوقف شده، قطعات آنها تعمیر یا تعویض می گردند. بروز خرابی ها و مشکلات بعد از تعمیر نیز، از طرف دیگر بر تعداد تعمیرات می افزاید.

۳-۱ " نت" براساس وضعیت[3]

به خاطر رفع ایرادی که در روشTBM وجود دارد، روش CBM به کار گرفته شده است. در این شیوه، که به " نت" پیش گویانه[4] نیز مشهور است، تعمیر یا تعویض، بر اساس وضعیت کار کرد ماشین انجام می شود. دراین روش، به جای کارهای تعمیراتی دوره ای که در TBM انجام می گیرد، کار تشخیص عیب و نظارت بر عملکرد ماشین، به صورت دوره ای انجام می گیرد. به زبان ساده تر، در CBM، کاری که در دوره های زمانی ثابت مختلف انجام می گیرد، کار تعمیراتی نیست بلکه کار نظارت بر عملکرد ماشین است و تعمیرات دوره ای برنامه ریزی شده، جای خود را به مانیتورینگ(رؤیت و چک کردن)دوره ای دستگاه می دهد. دانستن وضعیت سلامتی ماشین، کمک می کندتا برنامه زمان بندی شده ای برای تعمیرات اساسی ماشین قابل اعمال باشد. از روی نمودار شکل (۲)با توجه به روش CBM، زمان بین تعمیرات افزایش یافته و شناختی از وضعیت ماشین تا خرابی کامل وجود دارد. روشCBM، به ماشین اجازه می دهدکه عمر کامل خود را سپری کند و تا زمان بروز خرابی ، به کار ادامه دهد.

1 Negative Exponential Distribution Function
2 Weibull Distribution
3 Condition Based Maintenance
4 PdM : Predictive Maintenance

معمولا در فاصله زمانی، شروع خرابی تا خاموش شدن ماشین، امکان هماهنگی های لازم برای تعمیرات وجود دارد، بنابراین، با اینکه ماشین تا مرز خرابی پیش می رود، به حالت بحرانی خرابی نمی رسد. حسن اصلی برنامه CBM، در واقع، کم کردن هزینه های" نت "و نیز به حداقل رساندن احتمال خرابی ها و توقف ماشین است.

۱-۳-۱ اهداف و مزایای CBM

روش CBM، دارای مزایای گوناگونی است که هر یک می تواند انگیزه ای برای اجرای این سیستم در یک واحد صنعتی باشد. مهمترین اهدافی که از اجرای این روش دنبال می گردد، به شرح زیر است:

۱-۳-۱-۱ به حد اقل رساندن تعداد دفعات توقف ماشین آلات

وجود تعداد زیادی ماشین در خط تولید به صورت پیاپی، سبب می شود که خرابی یک ماشین ، کل خط را متوقف کند. حال اگر خرابی ماشین ها، به صورت تصادفی وپیش بینی نشده رخ بدهد، خط تولید به دفعات زیادی متوقف خواهد شد.CBM، با پیش بینی زمان خرابی ماشین ها و انجام توقف های از قبل تعیین شده، امکان تعمیر همه ماشین هایی را که دارای احتمال خرابی تا زمان توقف بعدی هستند را فراهم می کند. بدین ترتیب، با جلوگیری از توقف های نا خواسته، تعداد کل توقف ها را به حداقل می رساند.

۱-۳-۱-۲ کاهش دادن زمان توقف ماشین آلات

اگر توقف ماشین آلات، به صورت اتفاقی و برنامه ریزی نشده باشد، امکان دارد که قطعات یدکی و تجهیزات مورد نیاز برای انجام تعمیرات، ویا متخصصان تعمیرات، در محل حاضر نباشند و زمان زیادی برای فراهم کردن این مقدمات، سپری شود. روشCBM، با انجام توقف های برنامه ریزی شده، امکان تهیه وگردآوری کلیه تجهیزات و افراد مورد نیاز را برای انجام تعمیرات در زمان توقف از قبل، فراهم می سازد و به این ترتیب، از طولانی شدن زمان توقف جلوگیری می کند.

۱-۳-۱-۳ کاهش مصرف قطعات یدکی

هنگام تعمیر یک ماشین، اکثر قطعات یدکی و قابل تعویض ماشین، جایگزین می گردند، در صورتی که ممکن است فقط یک قطعه خراب شده باشد و بقیه قطعات سالم باشند. روشCBM، با مشخص نمودن علت خرابی و محل آن، به شناسایی قسمت های معیوب ماشین کمک می کند. بدین ترتیب با کمک آن، می توان از تعویض قطعات سالم جلوگیری و حجم قطعات یدکی مصرف شده را به حد اقل رساند.

۱-۳-۱-۴ کاهش هزینه

استفاده از CBM سبب می شود که هر ماشین ، تا رسیدن به مرز خرابی کار کند و به این ترتیب از تعمیر و یا تعویض ماشین آلات سالم، در هنگام توقف اجباری کارخانه، جلوگیری می کند. در نتیجه، با استفاده از CBM از صرف هزینه های غیر ضروری، در " نت" ، ممانعت می شود.

۱-۳-۱-۵ افزایش کیفیت محصول

تغییر در وضعیت ماشین به خاطر ایجاد شدن خرابی در برخی از قسمت های آن، می تواند به کیفیت محصول تولید شده، لطمه وارد کند. در حالی که ماشین، به کار عادی خود ادامه می دهد. این موضوع سبب می شود که کیفیت محصول یا عملکرد کارخانه دچار افت شود. بدون آنکه دلیل آن مشخص گردد. با استفاده از CBM می توان از این گونه تغییرات کوچک در وضعیت ماشین الات، به سرعت مطلع و اقدامات لازم را به عمل آورد.

۱-۳-۱-۶ بالا بردن ایمنی و ضریب اطمینان ماشین آلات

خرابی ناگهانی ماشین آلات، در پاره ای موارد، می تواند خطر آفرین باشدو منجر به زیان های جانی و مالی گردد. رؤیت دائم شرایط ماشین درCBM، ضمن جلوگیری از وقوع حوادث ناگوار به خاطر خرابی ناگهانی یک دستگاه، ضریب اطمینان استفاده از ماشین آلات را افزایش می دهد.

۱-۳-۲ اجزای تشکیل دهنده CBM

CBM از سه بخش اصلی تشکیل شده است

سخت افزار: سخت افزار شامل ابزارهای دقیق اندازه گیری، سنسور ها، ترانسدیوسرها، کابل های انتقال اطلاعات و در مجموع کلیه تجهیزات و لوازمی است که در جهت اندازه گیری علائم مشخصه، جمع آوری و نگهداری آنها به کار می روند.

نرم افزار: نرم افزار معمولا یک برنامه کامپیوتری است که اطلاعات تهیه شده توسط سخت افزار را دریافت می کند و روی آن پردازش های گوناگونی را انجام می دهد. به عنوان مثال، تهیه نمودارهای مختلف، که نشان دهنده وضعیت یک ماشین باشد، و ثبت و نمایش روند تغییرات مشخصات یک ماشین با زمان، یا اعلام هشدار در صورتی که علائم مشخصه یک ماشین وارد وضعیت بحرانی شده باشد، از جمله فعالیت هایی است که یک نرم افزار انجام می دهد.

کارشناس: نیروی کارشناس نیز بخشی از مجموعه CBM است که علاوه بر مدیریت و برنامه ریزی سیستم و نظارت بر کار سخت افزار و نرم افزار، وظیفه نهایی را درباره تحلیل داده های جمع آوری شده و تصمیم گیری در مورد ماشین آلات بر عهده دارد. گروه کارشناسان، با بهره گیری از دانش وتجربه خود، داده های جمع آوری شده را ارزیابی کرده و عیوب و علت آنها را حدس می زنند. در طی سالیان گذشته، سعی بر این بوده است که با بکارگیری نرم افزارهای قوی تر و هوشمند تر، نقش نیروی انسانی را کمتر نمایند و وظایف بیشتری را به نرم افزار محول نمایند. اما با این حال، هنوز استفاده از کارشناس، امری اجتناب ناپذیر است. برای اجرای موفق پایش وضعیت در یک کارخانه و دستیابی به نتایج مطلوب آن، حضور هر سه بخش اشاره شده، در کنار هم ضروری می باشد و در صورت وجود ضعف در هر یک این بخش ها، نتیجه مطلوب از پایش وضعیت گرفته نخواهد شد و نمی توان از قابلیت های آن، به طور کامل بهره برد.

۱-۴ " نت" فعال[1]

در روش " نت" فعال که شامل نت پیشگویانه[2]، و" نت" پیشگیرانه[3] [۱۰]، می باشد، علاوه بر پیش بینی خرابی دستگاه با کمک داده برداری از وضعیت دستگاه سعی می شود که علل بروز عیوب و مشکلات مختلف نیز فهمیده و سعی در بر طرف کردن آن عوامل، عمر دستگاه طولانی تر گردد. بدین ترتیب علاوه بر مزایای روش CBM، تعداد خرابی ها کمتر، عمر ماشین آلات طولانی تر و حجم کارهای تعمیراتی کاهش می یابد. به کار گ ری این روش، احتیاج به یک گروه متخصص و با تجربه دارد، که با کمک وسایل وابزار دقیق اندازه گیری، بتوانند از وضعیت ماشین مطلع شوند. باید توجه داشت که در این روش، علاوه برتشخیص بروز مشکل در ماشین، با انجام بررسی های دقیق، علت بروز مشکل شناسایی و نسبت بر رفع آن اقدام می شود. در اغلب مقالات، " نت" یشگویانه را نشات گرفته از " نت" مبتنی بر شرایط می دانند[۱۲].

معیارهای مقایسه ای

برای ارزیابی و انتخاب استراتژی مناسب" نت" ، ابتدا باید اهداف مؤسسات تولیدی را بعنوان معیارهای مقایسه ای تنظیم کرد تولید کنندگان مختلف ممکن است دارای اهداف تعمیراتی متفاوتی باشند. اما بطورکلی این اهداف را می توان به وارد زیر تقسیم بندی کرد.

ایمنی: دراکثر کارخانجات مواد شیمیائی و انرژی، بحث ایمنی بسار مهم است . عوامل مؤثر در ایمنی عبارتند از:

- پرسنل: بسیاری از تجهیزات در صورت خرابی می توانند خسارات جدی به پرسنل حاضر در محل وارد نمایند(همانند لوله های فشارقوی در کارخانجات شیمیائی ونیروگاهها)
- تجهیزات: توقف ناگهانی تجهیزات می تواند خسارت جدی به ورد.
- محیط: بعنوان مثال خرابی تجهیزات حاوی مایعات سمی می تواند موجب خسارت به محیط شود.

هزینه: استراتژی های مختلف" نت" دارای هزینه های سخت افزاری، نرم افز ری و آموزش پرسنل متفاوتی هستند که در بخش (۱-۳-۲)توضیح داده شد.

---

1 Proactive Maintenance
2 Predictive Maintenance=PdM
3 Preventive Maintenance

ارزش افزوده[1] یک برنامه مناسب " نت" باید بتواند با کاهش در موجودی قطعات یدکی، کاهش در ضایعات تولید و روش شناسائی سریع خرابی، ارزش افزوده کسب کند.

- موجودی قطعات یدکی: بطورکلی،" نت" اصلاحی نسبت به سایر روش های تعمیرات، به قطعات یدکی بیشتری احتیاج داردکه در برخی از موارد این قطعات بسیار گران هستند.
- ضایعات تولید: خرابی ماشین آلات کلیدی و مهم در طی خط تولید، می تواند هزینه های زیادی را به صورت ضایعات تولید، ایجاد نماید.انتخاب استراتژی مناسب تعمیرات برای هر ماشین می تواند ضایعات تولید آن را کاهش دهد.
- شناسائی خطا: روش های پیش بینی و تشخیص خطا که در تعمیرات مبتنی بر شرایط و تعمیرات پیشگویانه وجود دارد می تواند به مهندسان کمک کند تا زمان و علل رخداد خرابی را بفهمند. در نتیجه زمان های تعمیرات را کاهش و دسترس پذیری سیستم تولیدی را افزایش دهند.

توجیه پذیری[2]**:** توجیه پذیری استراتژی مختلف " نت" به دو عامل "پذیرش توسط اپراتور ها"و "درجه اطمینان از روش مورد استفاده" بستگی ارد.

- پذیرش توسط نیروی کار: مدیران و پرسنل تعمیرات روشی را ترجیح می دهند که از نظر جرا و درک ساده تر باشد.
- اطمینان از روش مورد استفاده: با وجود توسعه روش های تعمیرات مبتنی بر شرایط و تعمیرات پیشگویانه، اما هنوز این دو روش برای برخی از تجهیزات تولیدی غیرقابل بکارگیری می باشند.

۲ تکنیک های پایش وضعیت

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 مختلفCBM، 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 ودر پاره ای از ماشین آلات و موقعیت ها، می توانند مفید واقع شوند. همچنین برای اندازه گیری کمیت مورد نظر، هر تکنیک نیاز به تجهیزات خاصی دارد.در جدول(۱) تکنیک های متداول پایش وضعیت، به همراه کاربرد و تجهیزات مورد نیاز را نشان می دهد.

1 added Value
2 Feasibility

جدول(۱) تجهیزات و کاربرد تکنیک های مختلفCBM

تکنیک	تجهیزات	کاربرد
ترموگرافی	پیزومتر، دوربین مادون قرمز	یاتاقانها ، سایش، اتصالات الکتریکی،نشت سیال، عایق های حرارتی....
صوت	میکروفن، صدا سنج	صدای انتشار یافته در اتاق موتور، نشت سیال تحت فشار، 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
تست غیرمخرب(NDT)	اشعهX، جریان گردابه، اولتراسونیک	بررسی ضخامت ها، خوردگی وترک
ذرات روغن	آزمایشگاه آنالیز روغن	تخمینی از وضعیت روغن وذرات سایشی
تحلیل جریان	آنالیزر، سنسورجریان	موتورهای الکتریکی،ژنراتورها،ترانسفورماتورها
عملکرد	سنسورهای اندازه گیری پارامترهای فرایند	توربین،کمپرسور،پمپ،موتور

۲-۱ آنالیز ارتعاشات

همه ماشین ها در حین کار، ارتعاش می کنندو مقدار این ارتعاش در ماشین های مختلف متفاوت ست. یک ماشین نو با طراحی خوب، دارای حداقل دامنه ارتعاش است. این ارتعاش 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 به طور کلی رفتار دینامیکی ماشین تغییر می کند. این تغییر رفتار، باعث ایجاد نیروهای ارتعاشی نامطلوب در سیستم می شود وعلاوه بر اعمال بار بیش از حد به اجزای مختلف، عامل اتلاف انرژی نیز می شود. این نیروها ، به نوبه خود، باعث تشدید استهلاک ماشین شده و خرابی ماشین را سرعت می بخشند[۱]

هر حرکت ارتعاشی، با سه مشخصه: دامنه، فرکانس و فاز شناخته می شود. دامنه نشان دهنده اندازه بزرگی سیگنال ارتعاشی است. در مورد ارتعاشات ناشی از عیوب مکانیکی مربوط به یک ماشین، دامنه ارتعاشات؛ شدت عیب ماشین را نشان می دهد، یعنی هرچه دامنه بزرگتر باشد، ارتعاشات دستگاه بیشتر ودر نتیجه مشکل، جدی تر است. دامنه ارتعاشات، به نوع ماشین بستگی دارد و همیشه با دامنه ارتعاشات یک ماشین مشابه نو و سالم، مقایسه می گردد. محدوده مجاز ارتعاشات برای ماشین ها و شرایط کار کرد مختلف نیز در استاندارد ها یا توسط سازندگان، مشخص شده اند. از طریق ارزیابی ارتعاشات مکانیکی می توان اختلال در امور عملیاتی و آسیب های در حال گسترش را در مراحل اولیه تشخیص و همچنین می توان علل آسیب های شدید را قبل از وقوع تعیین و اقدامات اصلاحی را از مدت ها قبل برنامه ریزی نمودتا از آسیب های بعدی و از کارافتادگی های ناگهانی[1] جلوگیری شود.

در تکنیک آنالیز ارتعاشات، میزان ارتعاشات ماشین، با استفاده از سنسورهای مخصوص[۳]، اندازه گیری می شود. به این منظور می توان یکی از پارامترهای جابجایی، سرعت یا شتاب ارتعاشات را اندازه گیری کرد[۲]. ضمناً، تصمیم گ ی در انتخاب پارامتر اندازه گیری، باید با دقت و با توجه به شرایط کاری ماشین و اهداف اندازه گیری انجام شود. همان گونه که بیان گردید، دامنه ارتعاشات هر ماشین، معیاری از وضعیت سلامت آن است از طرفی ارتعاش، پایداری زید و تاثیر پذیری کمی از عوامل محیط دارد و به این علت، می تواند یک پارامتر مناسب برای تکنیکCM باشد.علاوه بر این، تجزیه و تحلیل ارتعاشات می تواند به منظور عیب یابی در ماشین ها استفاده شود. اکثر مشکلات مکانیکی ماشین های دوار، به

1 breakdown

صورت علائم ارتعاشی یا تغییر در مشخصه های ارتعاشی سیستم ظاهر می گردد. از طرف دیگر، هر عیب یا مشکل مکانیکی، علائم ارتعاشی مخصوص به خود ایجاد می کند. به این ترتیب می توان با تحلیل ارتعاشات ماشین، به مشکلات و عیوب آن پی برد. عیوب عمده ای که در ماشین آلات مشاهده می گردند وعلائم ارتعاشی ایجاد می کنند، شامل نامیزانی، عدم هم محوری[1] خمیدگی شافت، خروج از مرکز[2]، لقی مکانیکی، سایش روتور، ترک شافت، مشکلات یاتاقان های ژورنال، معایب یاتاقان های غلتشی، کاویتاسیون و مسائل مربوط به جعبه دندها می باشند.

۲-۲ آنالیز روغن

یکی دیگر از روش های پایش وضعیت که در اکثر ماشین ها اهمیت فوق العاده ای دارد، آنالیز روغن است.در برخی موارد مانند یاتاقان های ژورنال هیدرو دینامیک، روغن ، اساس کارکرد یاتاقان می باشد. اهمیت آنالیز روغن به این دلیل است که اگر روغن کیفیت خود را از دست دهد، باعث می شود که روانسازی به خوبی انجام نگیرد و قطعات و اجزای ماشین تحت سایش قرار گیرند. آلاینده های روغن دلیل اصلی خرابی سیستم های هیدرولیک می باشند. با توجه به اینکه روغن، با تمامی قطعات متحرک ماشین در ارتباط است، پس از مدتی، ذرات سایشی و مواد آلاینده در آن نفوذ نموده وروغن، 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 کرد. مهمترین مشخصه فیزیکی روغن، لزجت است که نشان دهنده قابلیت سیلان روغن است. هرچه لزجت روغن بیشتر باشد، قابلیت سیلان کمتری دارد. بـ ای آنکه روغن کاری به خوبی انجام شود و فیلم روغن، ضخامت کافی برای جلوگیری از سایش 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 مشاهده مقادیر ذرات سایشی مختلف موجود در روغن، می توان قطعاتی را تشخیص داد که دچار سایش و خوردگی شده اند. به این ترتیب که در مورد ماشین و برای هر یک از ذرات سایشی موجود در روغن، یک محدوده مجاز تعیین می شود و مقدار موجود روغن، با این محدوده مجاز مقایسه می شود. از طرف دیگر می توان با استفاده از میکروسکوپ، شکل ذرات سایشی را بر رسی و با توجه به شکل و اندازه ذرات، علت ایجاد این ذرات را تشخیص داد.

۲-۳ 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.

۲-۴ 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[3] 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.

۲-۵ تجزیه وتحلیل عملکرد[4]

1 Misalignment
2 Eccentricity
3 Acoustic Energy
4 Performance Analysis

بسیاری از واحد های صنعتی، بازدهی را در حیطه مسائل نگهداری در نظر نمی گیرند. با این حال ، ماشینی که با بازدهی قابل قبول کار نکند، میزان تولید و سود دهی را تا حد زیادی کاهش می دهد. بنابراین در یک برنامه جامع CMباید پارامترهای فرایند[1] نیز اندازه گیری و بررسی گردد. به عنوان مثال، در مورد یک پمپ که نقش حساسی در واحد صنعتی به عهده دارد، آنالیز ارتعاشات می تواند وضعیت مکانیکی پمپ را تعیین کند. همچنین با ترموگرافی می توان اطلاعاتی راجع به وضعیت سلامت موتور الکتریکی و یاتاقان ها بدست آورد. در این حالت اگرچه ممکن است ماشین ظاهرا به خوبی کار کند، ولی احتمال کاهش تدریجی بازدهی پمپ وجود داردکه با هیچ یک از روش های آنالیز ارتعاشات، آنالیز روغن و.... قابل تشخیص نیست. در این حالت، اندازه گیری بازدهی کلی دستگاه می تواند یک معیار مناسب از وضعیت دستگاه و همچنین یک بررسی اقتصادی از کار کرد آن باشد.

۲-۶ تجزیه و تحلیل جریان الکتریکی[2]

با توجه به جایگاه ماشین های الکتریکی(ژنراتورها و موتورهای الکتریکی)در مراکز صنعتی، نگهداری وتعمیرات این دسته از تجهیزات از اهمیت بسزائی بر خوردار است. دراین مورد ، معمولا علاوه بر روش های آنالیز ارتعاشات، ترموگرافی و تجزیه و تحلیل روغن، فن تجزیه و تحلیل جریان الکتریکی نیز استفاده می شود. با استفاده از فن تجزیه وتحلیل جریان، عیوبی نظیر شکست میله های روتور، خروج از مرکز، خرابی یاتاقان ها و حتی نامیزانی و لقی پی قابل تشخیص است.سیگنال جریان مورد بررسی در حالت ایده آل، به صورت یک موج سینوسی ساده است و بنابراین در طیف فرکانسی آن، تنها یک فرکانس مشاهده می گردد. با توجه به اینکه تمامی عیوب، تغییراتی را در توزیع شار مغناطیسی داخلی به وجود می آورند، در طول کار کرد ماشین، متناسب با عیوب ایجاد شده در آن، ترکیب های زیادی در جریان موتور یا ژنراتور ایجاد می شوند. بنابراین در سیگنال واقعی، علاوه بر فرکانس خط و هارمونیک هایش، پیک های(Peaks)دیگری نیز مشاهده می شوند. این طیف فرکانس جریان، به عنوان مشخصه جریان ماشین الکتریکی شناخته می شود و با تحلیل آن می توان به عیوب ایجاد شده در ماشین پی برد.

1 Process Parameters
2 Motor Current Signature Analysis

نتیجه گیری

در این مقاله بررسی و انتخاب استراتژی بهینه " نت" مورد مطالعه قرار گرفت. مسأله انتخاب سیاست مناسب " نت" را می توان به نوعی یک مسأله تصمیم گیری چند معیاره(MCDM) دانست. در صنایعی که تعمیرات سنتی دارند همه تلاش ها برای کاهش هزینه ها با وقوع یک خرابی نقش بر آب شده چرا که تعمیرات بزرگترین عامل هزینه ساز در صنعت است، ولی در عین حال با انتخاب روش های علمی و مدرن و از طرفی با توسعه رو به رشد تکنولوژی باید خواسته های مشتری مورد توجه قرار گرفته لذا متعاقب آن توسعه محصول، تامین مواد اولیه، تولیدو توزیع نیز با سرعت انجام شود از طرفی سرویس های " نت" که خود بخش کلیدی از تولید بحساب می آیند نیز با همان سرعت پیشرفت نماید. با ساخت ماشین هائی با نگ اری و تعمیر آسان و اتخاذ راهبرد های " نت" مبتنی بر شرایط و بهبود جریان اطلاعات بین شرکت ها با زمینه های مشترک می توان عوامل آسیب های در حال رشد[1] را تشخیص داده ، علت آسیب و اجزای آسیب دیده را شناسائی و در نهایت عمر باقیمانده را پیشگوئی نمائیم. زیرا که یک ضرر بزرگ می تواندباعث ورشکستگی یک شرکت شود. از طرفی نیز با انتخاب شیوه " نت" مبتنی بر شرایط می توان هزینه کل را از طریق کاهش تعداد خرابی ها، کم کردن تعداد دفعات توقف ماشین آلات و زمان توقف آنها و بهبود ایمنی کار کمینه کرده که متعاقب آن ارتقای کیفیت و بهره وری را به دنبال خواهد داشت.

فهرست منابع

[۱]. بهزاد،م. سپنا لو،ک.۱۳۸۶ اصول و مبانی ارتعاشات در نگ اری و تعمیرات و عیب یابی ماشین های دوار. شرکت ملی صنایع پترشیمی

[۲]. رضائی، و. سعیدی،س.۱۳۸۵. مبانی ارتعاشات و ارزیابی. نشر ام

[۳]. تمیزی،ه. رضائی،و. خسروی،م.۱۳۸۱. عیب یابی ماشین های دوار، نشر حسام

[۴]. رستمیان،ه.۱۳۸۶. نگ اری و تعمیرات بهره ور فراگیر۲، انتشارات ت مه

[۵]. حاج شیر محمدی،ع.۱۳۷۹.نگ داری و تعمیرات بهره ور فرگیر، انتشارات ارکان

[6]. TriantaphyllouB,E. 1997" Determining the most important criteria in Maintenance decision making"Journal of Quality in Maintenance Engineering 1997 Vol. 3: 15-28

[7]. Li,J.R., Khoo,L.P., Tor,S.B., 2006 "Generation of posit multiple Components disassembly sequence for maintenance using a disassembly constraints graph. International Journal Production Economics 102, 51-65

[8]. Wayenbergh, G., Pintelon, L., 2004. "Maintenance concept development: A case study", International Journal of Production Economics 89, 395-405

[9]. Bateman,J." Preventive Maintenance: stand alone manufacturing compared with cellular manufacturing industrial management", 37(1)(1995)19-21

[10]. Swanson,L. " Linking Maintenance strategies to performance" int. J. Production Economics 70 (2001) 237-244

[11]. Wang,H. 2002. "A survey of maintenance policies of deteriorating systems." European Journal of operation Research 139, 469-489.

[12]. Sharman, R.K., Kumar, P., 2005. "FLM to select suitable maintenance strategy in process industries using Miso model" Journal of Quality in Maintenance Engineering 11(4), 359-374

1 on- going damage