

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس

مهندسی نگهداری ماشین‌های الکتریکی گردان

ترجمه:

مهران کاویانی سید محسن حسینی

اعضای هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

علیرضا مهاجر

کارشناس مهندسی برق - قدرت

سر شناسنامه	: تاوئر، پیتر ج.، ۱۹۴۶- م
عنوان و نام پدید آور	: مهندسی نگهداری ماشین‌های الکتریکی گردان / نویسنده پیتر ج. تاوئر، جیمز پنمن؛ [ترجمه] مهران کاویانی، سیدمحسن حسینی، علیرضا مهاجر.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۳۵۴ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-6594-18-7
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Condition monitoring of electrical machines., c1987.
یادداشت	: واژه‌نامه.
موضوع	: ماشین‌آلات برقی -- بازرسی
شناسه افزوده	: پنمن، جیمز
شناسه افزوده	: Penman, James
شناسه افزوده	: کاویانی، مهران، ۱۳۳۹-، مترجم
شناسه افزوده	: حسینی، سیدمحسن، ۱۳۶۱-، مترجم
شناسه افزوده	: مهاجر، علیرضا، ۱۳۶۷-، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۱ م۹ ت۲ / TK۲۳۱۳
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱۰۴۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۱۰۴۳۹۷



دانشگاه تربیت دبیر رجائی

عنوان	: مهندسی نگهداری ماشین‌های الکتریکی گردان
ترجمه	: مهندس مهران کاویانی، دکتر سیدمحسن حسینی اعضای هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، و مهندس علیرضا مهاجر
ویراستار علمی	: مهندس مهران کاویانی
ویراستار ادبی	: عباس مرادی
نوبت چاپ	: اول - تابستان ۱۳۹۳
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: نگین سبز
چاپ	: برهان
طراح جلد	: مهندس یاور اسفندیاری
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس و صفحه‌آرا	: نیره فیروزی
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ۱۵,۰۰۰ تومان
شابک	: 978-600-6594-18-7 ISBN
	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۱۸-۷

کلیه حقوق این اثر برای مترجمین دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰،
 ۲۲۹۷۰۰۷۰، نامبر: ۲۲۹۷۰۰۰۳، پست الکترونیکی: Publish@srutu.edu، وب سایت: http://Publish.srutu.edu

مقدمه

اهمیت مراقبت وضعیت در مهندسی واحد صنعتی به میزان اهمیت مهندسی فرآیند افزایش یافته است که به شکل خودکار و تمام مکانیزه عمل نموده و نقش نیروی انسانی را در راه اندازی و فرمان دادن به واحد صنعتی کاهش می دهد. اما ماشین آلات الکتریکی بر طبق عادات و اعتقادات مرسوم، قابل اطمینان بوده و به توجه کمی نیاز دارند، البته به استثنای وقفه های زمانی نادری که در آن واحدهای صنعتی برای بررسی و معاینه خاموش می شوند. علاوه بر این رله های محافظ متداول با عکس العمل سریع برای ماشین های الکتریکی نیز از میزان توجه مورد نیاز برای دستگاه به وسیله بهره بردار و متصدی کاسته اند.

اگرچه ماشین های الکتریکی گردان در قلب و مرکز بیشتر فرآیندهای مهندسی حضور دارند و همانطور که برای کم کردن حاشیه ها و نزدیکتر کردن مرزها طراحی شده اند، اما به دلیل نیاز به قابلیت اطمینان و رشد افزاینده آنها، نیاز به نظارت و کنترل برخط^۱ رفتار و عملکرد ماشین ها افزایش یافته است. این کتاب راهنمایی برای تکنیک ها و روش های موجود و در دسترس است. موضوع کنترل وضعیت ماشین های الکتریکی بخودی خود محدوده بسیار وسیعی را در بر می گیرد که شامل ماشین های گردان و ترانسفورماتورها می شود. برای محدود کردن این گستره، نویسندگان تنها به ماشین های گردان پرداخته اند و تکنیک هایی را ارائه نموده اند که می توانند برای ماشین ها در حین کار اعمال شوند که این باعث صرف نظر کردن از بسیاری از تکنیک های بازرسی و معاینه خارج از خط^۲ شده است.

چاپ اول این کتاب، «کنترل وضعیت ماشین های الکتریکی»، توسط Jim و Peter Tavner و Penma نوشته شده و در سال ۱۹۸۷ به وسیله انتشارات مطالعات پژوهشی به چاپ رسیده است، که کوشش آن در جهت نزدیکتر کردن تعدادی از کارهای فعال رها شده در آن زمان، چه در زمینه صنعت و چه در زمینه دانشگاه، بوده است. در محیط دانشگاهی رشد فزاینده ای در تحلیل های ریاضی درباره ماشین های الکتریکی، مدل سازی معادلات پیچیده مداری به وسیله کامپیوتر و به کارگیری روش های عناصر محدود^۳ برای پیش بینی میدان مغناطیسی به وجود

¹ Online

² Offline

³ Finite element method

آمده است. در صنعت نیز گرایش و علاقه به فراهم آوردن مراقبت بهتر برای ماشین‌های الکتریکی بزرگتر، هم زمان با افزایش هزینه‌های نگهداری، رشد نموده است که خود با در نظر گرفتن جنبه‌های سنگین مالی خرابی یک ماشین بزرگ صورت گرفته است.

کتاب اصلی در ابتدا بر روی ماشین‌های بزرگتر درگیر در تولید انرژی نظیر ژنراتورهای توربینی و ژنراتورهای آبی، پمپ‌های تغذیه بویلرها، کمپرسورهای گازی و راکتورهای چرخاننده گاز هدف‌گذاری شده بود. دلیل این امر این بود که در آن زمان، اینها تنها واحدهای صنعتی بودند که ارزش کافی برای تضمین سرمایه‌گذاری برای توجه به مراقبت وضعیت را داشتند. همچنین این حقیقت را منعکس می‌کند که یکی از نویسندگان در صنایع ملی تولید انرژی کار کرده و روش خود را درباره این موضوع پر رنگ نموده است.

کتاب اصلی نشان داد که مراقبت وضعیت، برای ماشین‌های الکتریکی در مقایسه با بیشتر دیگر واحدهای صنعتی تبدیل انرژی، به نسبت غیر معمول تر می‌باشد. طبیعت میدان الکترومغناطیسی در فرآیند تبدیل انرژی که بنام Raison D'etre (علت وجودی) ماشین‌های الکتریکی معروف است، به کاربر این توانایی را می‌دهد که استنباط بیشتری از فعالیت آنها با توجه به وضعیت پایانه آنها در مقایسه با شرایط عادی که در ماشین‌آلات غیرالکتریکی گردان وجود دارد، داشته باشد. در نسخه ابتدایی این کار نویسندگان از کتاب قدیمی تر پروفیسور Miles Walker بنام «عیب‌یابی مشکلات در ماشین‌های الکتریکی» - چاپ اول در سال ۱۹۲۱- الهام گرفته‌اند.

این کتاب جنبه‌های اصلی کنترل وضعیت ماشین‌های الکتریکی را پوشش داده اما تعدادی از زوایای مهم برای درک این موضوع را تحت پوشش قرار نداده که در پی آن به فعالیت بسیار زیاد در این زمینه رهنمون شده است برای مثال:

- رفتار الکترومغناطیسی ماشین‌های الکتریکی
- رفتار دینامیکی ماشین‌های الکتریکی، بخصوص آنهایی که کنترل‌کننده‌های الکترونیک قدرت برای آنها موجود است
- رفتار سیستم‌های عایقی ماشین‌های الکتریکی

هر کدام از این مقوله‌ها، اکنون بالغ شده‌اند و تبدیل به منبع غنی از دانش‌های بنیادی مرتبط با رفتار ماشین‌ها بخصوص تحت شرایط خطا و نقص شده‌اند. دو مثال برای این موضوع، کتاب «تخمین پارامتر، کنترل وضعیت و عیب‌یابی ماشین‌های الکتریکی» پروفیسور Peter Vas - منتشر شده در سال ۱۹۹۶ و نیز کتاب «عایق‌بندی الکتریکی ماشین‌های گردان،

طراحی، ارزیابی، فرسودگی، آزمایش و تعمیر» Greg C.Stone – منتشر شده در سال ۲۰۰۴ است.

اقتصاد صنایع نیز در نتیجه خصوصی سازی و کاهش کنترل دولت مخصوصاً در صنایع مرتبط با انرژی در بسیاری از کشورها تغییر نموده که این به منزله تأکید بیشتر بر اهمیت فعالیت قابل اطمینان واحدهای صنعتی و ماشین‌آلات- در طول عمر کاری آنها- با صرف نظر کردن از هزینه اولیه برای آنها است.

در نهایت با فراهم بودن و در دسترس بودن قطعات الکترونیکی و نرم‌افزارهای پیشرفته در تجهیزات قدرتمند، کامپیوترها و پردازنده‌های دیجیتالی سیگنال، توانایی ما را در بکارگیری تجهیزات و تحلیل ماشین‌آلات افزایش داده است که کمترین ثمره آن در زمینه مهم تصویر سازی و مجسم نمودن نتایج تحلیل پیچیده مراقبت وضعیت است. در نتیجه این پیشرفت‌ها، مراقبت وضعیت در حال حاضر برای گستره وسیع تری از سیستم‌ها، از محرکه‌های چندصد واتی مقاوم در برابر خطا بکارگرفته شده در صنایع هوافضا گرفته تا ماشین‌آلات چندصد مگاواتی در واحدهای عظیم صنعتی، بکار می‌رود. ارزش همکاری بنیادین تحلیل‌گران در زمینه این پیشرفت‌ها در طول ۲۰ سال گذشته را نمی‌توان نادیده گرفت که البته آنها نقش بزرگی را در آینده ایفا خواهند نمود.

در کتاب جدید «کنترل وضعیت ماشین‌های الکتریکی گردان»، ما نویسندگان اصلی به چندتن از همکارانمان – دکتر Li Ran (کارشناس الکترونیک قدرت و کنترل) و دکتر Howard Sedding (کارشناس نظارت بر سیستم‌های عایقی الکتریکی)، ملحق شده و با هم تصمیم به بنا نهادن کتابی براساس کتاب قبلی و با حفظ محدودیت‌های تنظیم شده در ابتدای همین مقدمه، گرفتیم و نیز با ادغام تجربه‌هایمان در زمینه اهمیت تحلیل ماشین در طول سالیان، زمینه را جهت فراهم نمودن مجموعه‌ای از تکنیک‌های کاملاً به روز، عملی و قابل اجرا برای خواننده فراهم نمودیم که خود انعکاس فعالیت‌های صورت گرفته در ۲۰ سال اخیر است. جهت‌گیری این کتاب به سمت مهندسين حرفه‌ای در زمینه انرژی، مهندسی فرآیند و صنایع تولیدی، محققین و دانشجویان است. همچنین ما محدودیت دیگری نیز برای این کتاب در نظر گرفتیم که آن مدنظر قرار دادن بیشتر خود ماشین نسبت به سیستم‌های کنترلی آن است.

با وجود شناخت رشد فزاینده کاربرد محرکه‌های الکترونیکی سرعت متغیر در صنعت، ما به مسائل و مشکلات خاص آنها به استثنای مواردی که در گذشته رخ داده‌اند، نپرداخته‌ایم. ما

اهمیت این موضوع را برای آینده تصدیق می‌کنیم اما عرصه تحقیق در این زمینه را برای نویسندگان بعدی، خالی می‌گذاریم.

مثال‌های نواقص و خطاها بیشتر بر روی ماشین‌های متداول، متمرکز شده‌اند تا بر روی ماشین‌های بدون جاروبک، رلوکتانسی، آهنربایی و دیگر ماشین‌های مخصوص. این امر بدین دلیل است که صنعت هنوز تحت تسلط و کنترل این ماشین‌های متداول است. اطلاعات «حالت‌خرابی» برای طرح‌های جدیدتر هنوز منتشر نشده است؛ ولی براساس همان تجارب و سوابق ماشین‌های اولیه بنا خواهد شد. در این چاپ (ویرایش) ما مطالعات موردی را حذف نمودیم زیرا گستره و محدوده کاربرد تکنیک‌های مراقبت وضعیت در ماشین‌های الکتریکی هم اکنون به حدی گسترده و پیچیده است که انتخاب کاربردی مناسب از میان نتایج عمومی سخت و مشکل خواهد بود.

ما بخشی را به عنوان «فهرست واژه‌ها و اصطلاحات» ارائه نمودیم و نیز بخش مراجع و منابع را در جهت پوشش اکثر مقالات و کتاب‌هایی که اخیراً چاپ شده و موضوع آنها با موضوع این کتاب همخوانی و مطابقت دارد، گسترش دادیم که شامل بعضی از کارهای اولیه قدیمی‌تر که هنوز هم شایسته بررسی و توجه هستند، می‌باشد. نویسندگان همچنین از این فرصت در جهت تصحیح خطاهای موجود در کتاب پیشین، آرایش مجدد مطالب و اسناد نمایش داده شده و نیز اضافه نمودن اطلاعات مهمی درباره مکانیزم خرابی، قابلیت اطمینان، بکارگیری تجهیزات، پردازش سیگنال و مدیریت ماشین‌های گردان به عنوان بخشی از اموال و دارایی‌ها، بهره‌جسته‌اند که این عوامل روش به کارگیری مراقبت وضعیت را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهند. نهایتاً، نمودارها، تصاویر و عکس‌های نمایش ماشین‌ها، سیستم‌های مراقبتی و پردازش سیگنال استفاده شده در کتاب، در صورت نیاز و به طور مقتضی به روز رسانی شده‌اند.

پیتر - تاونر

دانشگاه دورهام ۲۰۰۶

تقدیر و تشکر

خدای بزرگ را سپاسگزاریم که ما را بر انجام این کار، موفق کرد. امیدواریم این اثر که در نوع خود، بدیع و نتیجه علم و تجربیات ارزشمند نویسنده‌ای صاحب سبک و اعتبار جهانی (جناب آقای پروفیسور تاونر و همکاران) است برای دانش پژوهان و مهندسان ایرانی راه‌گشا و مفید باشد و البته بزرگوارانه اشتباهات احتمالی را از طریق ناشر محترم، کتباً تذکر دهند.

به طور ویژه از اعضای خانواده‌هایمان تشکر می‌کنیم که بخش مهمی از تلاش ما در این کار، با گذشت آنها از وقت و سهم‌شان در زندگی‌هایمان امکان‌پذیر گشت.

همچنین آقای مهندس علیرضا مهاجر با آن که جوان‌ترین عضو گروه ما بود بیشترین وقت و صبر را بذل نمود و جداً از ایشان تشکر می‌کنیم.

در ضمن کارکنان ارجمند و پر تلاش انتشارات دانشگاه شهید رجائی سهمی برجسته در انجام کار ما داشتند و قطعاً بدون پیگیری‌های دلسوزانه‌شان این کار با این کیفیت صورت نمی‌پذیرفت.

و بالاخره از آقای مهندس یاور اسفندیاری به خاطر طراحی جلد کتاب صمیمانه متشکریم.

بهار ۹۳ - مترجمان

فهرست

صفحه	عنوان
أ	مقدمه
ج	تقدیر و تشکر
فصل اول: مقدمه‌ای بر مهندسی نگهداری	
۱	۱-۱ مقدمه
۵	۱-۲ نیاز به مراقبت (پایش)
۱۰	۱-۳ مورد و زمان مراقبت
۱۲	۱-۴ دامنه و میدان دید این متن
۱۶	۱-۵ مراجع
فصل دوم: ساختمان، عملکرد و حالت‌های خرابی ماشین‌های الکتریکی	
۱۷	۲-۱ مقدمه
۱۷	۲-۲ جنس مواد و دمای آنها
۲۰	۲-۳ ساختمان ماشین‌های الکتریکی
۲۰	۲-۳-۱ بخش عمومی
۲۲	۲-۳-۲ هسته استاتور و ساختمان آن
۲۲	۲-۳-۳ روتورها
۲۴	۲-۳-۴ سیم‌پیچ‌ها
۲۶	۲-۳-۵ محفظه‌ها
۳۲	۲-۳-۶ اتصالات
۳۳	۲-۳-۷ خلاصه
۳۳	۲-۴ ساختار ماشین‌های الکتریکی و انواع آنها
۴۰	۲-۵ مشخصات ماشین و حالت‌های خرابی
۴۳	۲-۶ مکانیزم فرسودگی عایقی
۴۳	۲-۶-۱ حالت کلی
۴۴	۲-۶-۲ فرسودگی حرارتی

۴۴	۲-۶-۳ فرسودگی الکتریکی
۴۶	۲-۶-۴ فرسودگی مکانیکی
۴۶	۲-۶-۵ فرسودگی محیطی
۴۸	۲-۶-۶ تقویت فشارهای فرساینده و برآیند آنها
۴۸	۲-۷ حالت‌های خرابی عایقی
۴۸	۲-۷-۱ حالت کلی
۴۹	۲-۷-۲ عایق‌بندی سیم‌پیچ استاتور
۵۷	۲-۷-۳ نقص‌های سیم‌پیچ استاتور
۶۴	۲-۷-۴ خطاهای سیم‌پیچ روتور
۶۹	۲-۸ دیگر حالت‌های خرابی
۶۹	۲-۸-۱ نقص‌های هسته استاتور
۷۰	۲-۸-۲ خطاهای اتصالات (موتورها و ژنراتورهای فشار قوی)
۷۱	۲-۸-۳ نقص‌های سیستم خنک‌کننده آبی (تمام ماشین‌ها)
۷۲	۲-۸-۴ نقص‌های یاتاقان
۷۲	۲-۸-۵ ولتاژهای القایی محور
۷۳	۲-۹ نتیجه‌گیری
۷۶	۲-۱۰ مراجع

فصل سوم: قابلیت اطمینان ماشین‌ها و میزان خرابی معمول

۷۹	۳-۱ مقدمه
۷۹	۳-۲ تعریف واژه‌ها و اصطلاحات
۸۲	۳-۳ توالی خرابی‌ها و اثر آنها بر روی نظارت
۸۳	۳-۴ علل ریشه‌ای و حالت‌های خرابی معمول
۸۳	۳-۴-۱ حالت کلی
۸۵	۳-۴-۲ علل ریشه‌ای
۸۵	۳-۴-۳ حالت‌های خرابی
۸۶	۳-۵ تحلیل قابلیت اطمینان
۹۰	۳-۶ ساختار ماشین
۹۳	۳-۷ میزان خرابی معمول و MTBF ها

۹۶	۳-۸ نتیجه‌گیری
۱۰۰	۳-۹ مراجع

فصل چهارم: ملزومات ابزار دقیق

۱۰۱	۴-۱ مقدمه
۱۰۴	۴-۲ اندازه‌گیری دما
۱۱۴	۴-۳ اندازه‌گیری لرزش
۱۱۴	۴-۳-۱ حالت کلی
۱۱۵	۴-۳-۲ مبدل‌های جابجایی
۱۱۷	۴-۳-۳ مبدل‌های سرعت
۱۱۹	۴-۳-۴ شتاب‌سنج‌ها
۱۲۲	۴-۴ اندازه‌گیری نیرو و گشتاور
۱۲۶	۴-۵ اندازه‌گیری الکتریکی و مغناطیسی
۱۳۰	۴-۶ اندازه‌گیری فرسایش و آلودگی
۱۳۲	۴-۷ کنترل سیگنال
۱۳۴	۴-۸ استخراج داده
۱۳۷	۴-۹ نتیجه‌گیری
۱۳۸	۴-۱۰ مراجع

فصل پنجم: ملزومات پردازش سیگنال

۱۴۱	۵-۱ مقدمه
۱۴۳	۵-۲ تحلیل و آنالیز طیفی
۱۴۹	۵-۳ تحلیل و آنالیز طیفی با مرتبه بالا
۱۵۱	۵-۴ تجزیه و تحلیل همبستگی
۱۵۳	۵-۵ پردازش سیگنال برای ارتعاش
۱۵۳	۵-۵-۱ حالت کلی
۱۵۳	۵-۵-۲ تجزیه و تحلیل تبدیل فوریه طیفی
۱۵۶	۵-۵-۳ میانگین‌گیری زمان و روند تجزیه و تحلیل
۱۵۸	۵-۶ تجزیه و تحلیل موجک (موج کوچک)
۱۶۱	۵-۷ نتیجه‌گیری

۱۶۳ ۵-۸ مراجع

فصل ششم: کنترل دما

۱۶۵	۶-۱ مقدمه
۱۶۵	۶-۲ اندازه‌گیری دمای موضعی
۱۷۱	۶-۳ اندازه‌گیری نقطه داغ و تصویر حرارتی
۱۷۲	۶-۴ اندازه‌گیری جرمی (عمده یا کلی)
۱۷۴	۶-۵ نتیجه‌گیری
۱۷۵	۶-۶ مراجع

فصل هفتم: نظارت شیمیایی

۱۷۷	۷-۱ مقدمه
۱۷۷	۷-۲ تخریب (افت کیفی) عایق
۱۷۹	۷-۳ عوامل مؤثر بر تشخیص (آشکار سازی نقص)
۱۸۲	۷-۴ تشخیص تخریب عایق
۱۸۲	۷-۴-۱ آشکار سازی ذرات: مراقبت و نظارت بر هسته
۱۸۷	۷-۴-۲ آشکار سازی ذرات: تجزیه و تحلیل شیمیایی
۱۹۰	۷-۴-۳ تجزیه و تحلیل خارج از خط گاز
۱۹۲	۷-۴-۴ تجزیه و تحلیل بر خط گاز
۱۹۵	۷-۵ تخریب روغن روانکاری و یاتاقان
۱۹۶	۷-۶ شناسایی تخریب روغن
۱۹۷	۷-۷ شناسایی آلودگی در اثر فرسایش
۱۹۷	۷-۷-۱ حالت کلی
۱۹۸	۷-۷-۲ تکنیک‌های فرو مغناطیسی
۲۰۰	۷-۷-۳ سایر تکنیک‌های شناسایی آلودگی در اثر فرسایشی
۲۰۱	۷-۸ نتیجه‌گیری
۲۰۳	۷-۹ مراجع

فصل هشتم: کنترل ارتعاش

۲۰۵	۸-۱ مقدمه
۲۰۶	۸-۲ پاسخ هسته استاتور

۲۰۶	۸-۲-۱ حالت کلی
۲۰۶	۸-۲-۲ محاسبه حالت‌های طبیعی
۲۱۱	۸-۲-۳ موج نیروی الکترومغناطیسی استاتور
۲۱۴	۸-۳ پاسخ پیشانی کلاف استاتور
۲۱۵	۸-۴ پاسخ روتور
۲۱۶	۸-۴-۱ پاسخ عرضی
۲۱۹	۸-۴-۲ پاسخ پیچشی
۲۲۱	۸-۵ پاسخ یاتاقان
۲۲۱	۸-۵-۱ حالت کلی
۲۲۱	۸-۵-۲ یاتاقان‌های غلتان
۲۲۴	۸-۵-۳ یاتاقان‌های لغزان
۲۲۵	۸-۶ روش‌های کنترلی
۲۲۶	۸-۶-۱ کنترل سطح کلی ارتعاش
۲۲۹	۸-۶-۲ کنترل طیف فرکانس
۲۳۳	۸-۶-۳ نقص‌های قابل تشخیص از روی موج نیروی استاتور
۲۳۴	۸-۶-۴ کنترل نوسان پیچشی
۲۳۸	۸-۶-۵ کنترل پالس ضربه‌ای
۲۴۰	۸-۷ نتیجه‌گیری
۲۴۱	۸-۸ مراجع

فصل نهم: روش‌های الکتریکی پایش وضعیت جریان، شار و توان

۲۴۵	۹-۱ مقدمه
۲۴۵	۹-۲ نواقص استاتور موتور و ژنراتور
۲۴۵	۹-۲-۱ تشخیص نقص سیم‌پیچ استاتور ژنراتور
۲۴۶	۹-۲-۲ کنترل جریان استاتور برای شناسایی نواقص آن
۲۴۶	۹-۲-۳ تشخیص نقص نگهدارنده جاروبک (زغال)
۲۴۷	۹-۲-۴ سیم‌پیچ‌های جستجوگر سوار شده بر روی روتور
۲۴۷	۹-۳ نواقص روتور ژنراتور
۲۴۷	۹-۳-۱ حالت کلی

۲۴۷	۹-۳-۲ خطاهای اتصال به زمین
۲۴۹	۹-۳-۳ خطای اتصال حلقه بر خط
۲۵۸	۹-۳-۴ اتصال بدنه و اتصال حلقه خارج از خط
۲۶۳	۹-۴ نواقص روتور موتور
۲۶۳	۹-۴-۱ حالت کلی
۲۶۳	۹-۴-۲ سیم پیچ‌های جستجوگر فاصله هوایی
۲۶۳	۹-۴-۳ کنترل جریان استاتور برای نواقص روتور
۲۶۷	۹-۴-۴ کنترل جریان روتور
۲۶۹	۹-۵ روش‌های جامع مربوط به موتور و ژنراتور
۲۶۹	۹-۵-۱ حالت کلی
۲۶۹	۹-۵-۲ شار محور
۲۷۴	۹-۵-۳ جریان استاتور
۲۷۵	۹-۵-۴ توان
۲۷۷	۹-۵-۵ ولتاژ یا جریان القایی محور
۲۷۹	۹-۵-۶ فعل و انفعالات مکانیکی و الکتریکی
۲۸۰	۹-۶ تأثیرات عملکرد سرعت متغیر
۲۸۲	۹-۷ نتیجه‌گیری
۲۸۴	۹-۸ مراجع

فصل دهم: روش‌های الکتریکی: پایش تخلیه الکتریکی

۲۸۹	۱۰-۱ مقدمه
۲۸۹	۱۰-۲ پیش زمینه تشخیص تخلیه الکتریکی
۲۹۲	۱۰-۳ روش‌های تشخیص تخلیه الکتریکی در مراحل اولیه
۲۹۲	۱۰-۳-۱ روش تزویج فرکانس بالا (RF)
۲۹۵	۱۰-۳-۲ روش حلقه زمینی گذرا
۲۹۵	۱۰-۳-۳ روش تزویج خازنی
۲۹۷	۱۰-۳-۴ روش RF پهن باند
۲۹۷	۱۰-۳-۵ عمر باقیمانده عایق
۲۹۹	۱۰-۴ مشکلات تشخیص

۳۰۱	۱۰-۵ روش‌های مدرن تشخیص تخلیه‌الکتریکی
۳۰۳	۱۰-۶ نتیجه‌گیری
۳۰۵	۱۰-۷ مراجع

فصل یازدهم: بکارگیری روش‌های هوش مصنوعی

۳۰۹	۱۱-۱ مقدمه
۳۱۱	۱۱-۲ سیستم‌های تخصصی
۳۱۶	۱۱-۳ منطق فازی
۳۲۰	۱۱-۴ شبکه‌های عصبی مصنوعی
۳۲۰	۱۱-۴-۱ حالت کلی
۳۲۰	۱۱-۴-۲ یادگیری کنترل شده
۳۲۴	۱۱-۴-۳ یادگیری کنترل نشده
۳۲۸	۱۱-۵ نتیجه‌گیری
۳۳۰	۱۱-۶ مراجع

فصل دوازدهم: مدیریت دارایی و نگهداری و تعمیرات وضعیت - محور

۳۳۱	۱۲-۱ مقدمه
۳۳۱	۱۲-۲ نگهداری و تعمیرات وضعیت - محور
۳۳۳	۱۲-۳ مخارج در طول عمر مفید
۳۳۴	۱۲-۴ مدیریت دارایی
۳۳۷	۱۲-۵ نتیجه‌گیری
۳۳۸	۱۲-۶ مراجع

فصل اول

مقدمه‌ای بر مهندسی نگهداری

۱-۱ معرفی

ماشین‌های الکتریکی گردان در تمام جنبه‌های زندگی مدرن امروزی هم در سطح خانگی و هم در سطح صنعتی نفوذ کرده‌اند. در جهان توسعه یافته کنونی خانه‌های مدرن بطور متوسط دارای ۲۰ تا ۳۰ موتور الکتریکی در محدوده ۰ تا ۱ کیلو وات برای وسایلی مانند ساعت‌ها، اسباب‌بازی‌ها، ابزارهای خانگی، سیستم‌های تهویه مطبوع هوا و گرمایش هستند. از موتورهای الکتریکی در خودروهای مدرن برای شیشه بالابرها، برف پاک‌کن‌ها، راه‌انداز موتور اصلی (روشن‌کننده) و امروزه حتی بعنوان پیش‌ران در وسایل نقلیه هیبریدی استفاده می‌شود.

برطبق گزارشات دریک خودروی مرسدس بنز سری S بیش از ۱۲۰ ماشین الکتریکی مجزا بایکدیگر ترکیب و تلفیق شده‌اند. اکثریت کاربردهای کوچک ماشین‌های الکتریکی نیازی به نظارت ندارند و اجزای آنها به اندازه کافی قابل اطمینان می‌باشند تا بتوانند باعث دوام محصول اصلی گردند. اما زندگی مدرن، مستقیم یا غیر مستقیم، به توان‌های بزرگتر و پیچیده‌تری از ماشین‌ها در جهت پشتیبانی از سیر افزایش‌دهنده استانداردهای زندگی، وابسته است.

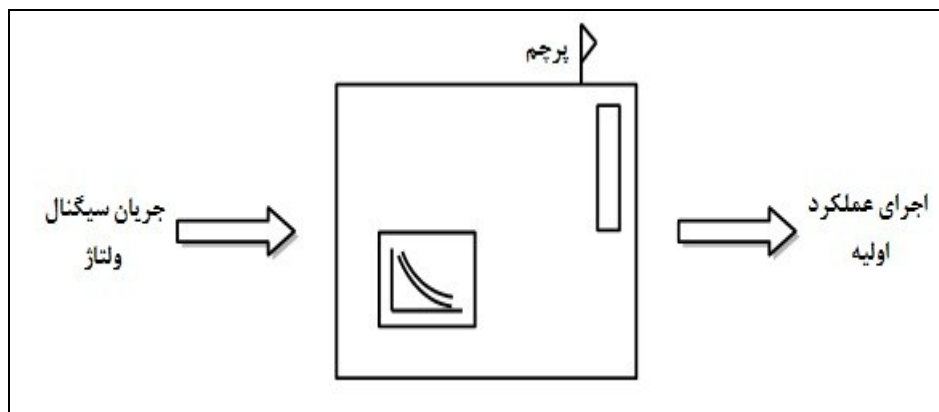
برقی که ما به راحتی و آزادانه مورد استفاده قرار می‌دهیم در نیروگاه‌هایی که توان نامی ماشین‌های آنها می‌تواند بالغ بر ۱۰۰۰ مگاوات باشد، تولید می‌گردد که استخراج چنین توانی نیازمند درجه بسیار بالایی از مهارت و فناوری می‌باشد. این واحدهای نیروگاهی اکثراً بوسیله سوخت‌های فسیلی و یا انرژی هسته‌ای تغذیه می‌شوند که مستلزم بکارگیری صنایع انتقال مواد اولیه و خام با استفاده از پمپ‌ها، کمپرسورها و نقاله‌ها در یک فرآیند پیچیده و مشکل مهندسی با تلفیق کردن ماشین‌های الکتریکی گردانی با توانی در محدوده ۱۰۰ کیلووات تا ۱۰۰ مگاوات است.

این مسأله با افزایش صنایع بکاربرنده انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از این تجهیزات و روش‌های جدید برای استخراج انرژی از منابع تجدیدپذیر، غالباً در ترکیب با منابع سنتی، همراه شده است. فولاد مصرفی در خودروها با استفاده از ماشین‌های الکتریکی عظیم نورد می‌گردد و نیز در مراحل ابتدایی، کوره‌ها با استفاده از تعداد بیشتری از ماشین‌های الکتریکی

بارگذاری و راه‌اندازی می‌شوند. تأمین آب مصرفی و سیستم‌های دفع پسماندها بوسیله ماشین‌های الکتریکی انجام می‌گردد همانطور که در فرآیند تولید مواد اولیه و خام برای کشاورزی، صنایع شیمیایی و دارویی بکار می‌رود. بدون این ماشین‌ها، حرکت زندگی امروزی متوقف خواهد شد. تصویر کلی به این صورت است که ماشین‌های الکتریکی در اندازه‌های مختلف تولید می‌شوند و نقش خود را مستقلاً و یا بعنوان بخشی از یک فرآیند بسیار پیچیده ایفا می‌کنند که در آن عناصر و عوامل باید بطور هماهنگ در کنار هم کار کنند تا فرآیند تولید، برقرار باشد. کاربرد ماشین‌های الکتریکی در نقش دومی که ذکر شد بطور چشمگیری در انتهای قرن بیستم افزایش یافته است و جای هیچ‌گونه شکی نیست که این روند و گرایش، کاری به جز سرعت بخشیدن به امور در قرن بیست و یکم، انجام نخواهد داد.

اما مطابق روال گذشته، نقش و عملکرد یک ماشین الکتریکی منفرد، بطور مجزا و تفکیک شده از بقیه سیستم الکترومکانیکی دیده می‌شود. باید بخاطر داشت که نسبت توان به وزن در ماشین‌های الکتریکی بسیار پایین‌تر از موتورهای بخار، دیزل و گازی بوده، در حالی که قابلیت اطمینان آنها بسیار بالاتر است.

این مطلب که اصول پایه و اولیه رله‌گذاری حفاظتی ایجاد و توسعه یافته‌اند، برخلاف پیش زمینه موجود می‌باشد. حفاظت در جهت قطع خطا در لحظه وقوع و انجام اقدامات اولیه در خصوص اطمینان از اینکه کمترین میزان خرابی قبل از آنکه به خرابی کلی و فروپاشی منتهی شود، طراحی شده است. در شکل پایه و اولیه آن، نقش و وظیفه رله محافظ در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱: عملکرد پایه یک رله محافظ الکتریکی

سیگنال ایجاد شده بوسیلهٔ مبدل، به شکل یک جریان یا ولتاژ خواهد بود و سطح قابل قبول یا غیرقابل شدن آن با توجه به یک مقدار از قبل تنظیم شده که بوسیلهٔ طراح یا پرسنل نگهداری تعیین شده است، توسط رله تفسیر می‌شود. اگر از مقدار از قبل تنظیم شده تجاوز کرد، رله اقدامات الکترومکانیکی ابتدایی را انجام می‌دهد که اغلب به قطع ارتباط ماشین الکتریکی منجر می‌شود که علامت وقوع یک خطا، یا حتی یک شکست عایقی، شناسایی می‌شود. این ساده‌ترین نگاه به یک رلهٔ محافظ است که همانطور که از نام آن پیداست با استفاده از وسایل الکترومکانیکی، جهت ایفای نقش خود تنظیم شده است. اما امروزه بیشتر رله‌های محافظ از پردازنده‌های دیجیتال برای انجام محدوده وسیعی از عملیات استفاده می‌کنند که قابل برنامه‌ریزی بوده تا اجازهٔ اعمال شرایط اولیهٔ پیچیده‌تری برای وقفه در روند عملیات داده شود؛ برای مثال برای مانع شدن از راه‌اندازی مجدد یک موتور تا زمان خنک شدن و پایین آمدن دمای آن تا یک حد قابل قبول.

در شکل ۱-۲ یک نمونه رلهٔ مدرن قابل برنامه‌ریزی برای ایفای نقش مذکور نشان داده شده است. از آنچه پیش‌تر بیان شد پیداست که رله‌گذاری حفاظتی می‌تواند به عنوان شکلی از مراقبت در نظر گرفته شود و در واقع بطور وسیع با درجهٔ بالایی از موفقیت بکار گرفته شده است. رله‌های مدرن دیجیتال، همچنین وظیفهٔ مراقبت را به دلیل توانایی ضبط مقادیر ولتاژ و جریان اندازه‌گیری شده در یک دورهٔ زمانی قبل و بعد از یک خطا، برعهده دارند. در حقیقت بسیاری از تحقیقات و بررسی‌های انجام گرفته در زمینهٔ خرابی و معیوب شدن ماشین‌های الکتریکی، شامل تحلیل‌های عوامل ریشه‌ای می‌شود که با انتقال و تحلیل داده‌های رلهٔ دیجیتال محافظ آغاز می‌شود که معمولاً می‌تواند بطور واضح بروی یک صفحه گسترده (Excel) نمایش داده شود. تقریباً تمامی سیستم‌های حفاظت ماشین‌های الکتریکی در بر دارندهٔ شکلی از وسایل حفاظتی هستند و در بعضی از ماشین‌ها، تمامی یا تعدادی از طرح‌های حفاظتی زیر بکار می‌رود.

- حفاظت خطای زمین،
- حفاظت اضافه جریان،
- حفاظت دیفرانسیلی (تفاضلی) جریان،
- حفاظت اضافه ولتاژ یا افت ولتاژ.



شکل ۱-۲: نمونه‌های رله موتوری دیجیتال مدرن
[منبع: سیستم‌های قدرت جنرال الکتریک، آمریکا]

- حفاظت توالی فاز منفی،
- حفاظت شکست عایقی،
- حفاظت برگشت توان،
- حفاظت تجاوز از سرعت مجاز،
- حفاظت لرزش‌های زیاد،
- حفاظت گرمایی اضافه بار.

این لیست بیشتر از این که جامع و کامل باشد، به معرفی نمونه‌هایی از حفاظت‌ها پرداخته است. باید براین واقعیت تأکید نمود که حفاظت اساساً برای فقط یکبار عمل نمودن در هنگام وقوع یک خطا طراحی شده است و معمولاً نوعی عملکرد اولیه را اجرا می‌کند. در سیستم آموزش مفاهیم برق، در عبارت حفاظت سیستم‌های قدرت، کلمه "حفاظت" برخلاف معنای لغوی آن، به معنای عملکردی پیشگیرانه نیست [۱]. سیستم‌های حفاظتی فقط بعد از وقوع یک خطا عمل می‌نمایند؛ که حکم آن مانند یک آمبولانس در پایین یک صخره به جای نرده در بالای آن می‌باشد. مراقبت وضعیت حکم همان نرده بالای صخره را دارد. اقدام اجرایی مطلوب ممکن است قطع ارتباط بخشی از ماشین با منبع تغذیه باشد. چنین عملکردی تنها

زمانی قابل قبول است که واحد مورد نظر به آسانی از فرآیندی که درگیر آنست جدا شده باشد و یا در صورت وجود ارتباط اساساً در یک بخش مجزا قرار داشته باشد. اما اگر واحد مورد نظر برای عملکرد یک فرآیند نقش حیاتی داشته باشد، در این صورت یک خاموشی غیر برنامه‌ریزی شده ممکن است در کل فرآیند رخ دهد. تلفات ناشی از این مسأله ممکن است بسیار بزرگتر از عواقب از دست دادن خروجی در طول یک خاموشی ساده برنامه‌ریزی شده باشد.

همچنین باید در خاطر داشت که هزینه خاموشی یک ماشین تنها، در مقایسه با هزینه خاموشی یک واحد صنعتی درگیر، اغلب بسیار کمتر است. حفظ و نگهداری در هنگام اقدام برای سرویس قسمت‌های متعدد در هنگام قطع برق واحد، موثرترین کار است. بطور خلاصه، مراقبت وضعیت یک ماشین الکتریکی منحصر به خود ماشین نمی‌شود، بلکه بر سالم بودن کل فرآیند که عملکرد ماشین الکتریکی بخشی از آن است، نظارت دارد.

۲-۱ نیاز به مراقبت^۱ (پایش)

تصور وقوع خاموشی برنامه‌ریزی شده یا قطع برق ناگهانی، ما را به سمت مراقبت سوق می‌دهد. بوسیله مراقبت وضعیت، می‌توانیم یک ارزیابی دائم و پیوسته بر روی سلامت واحد صنعتی و تجهیزات در طول عمر فنی آنها داشته باشیم. نظارت بر وضعیت و حفاظت، فعالیت‌هایی بسیار نزدیک و مرتبط با یکدیگر هستند.

اما پیاده سازی هر یک از آنها کاملاً متفاوت است. همچنین مزایای بدست آمده ناشی از مراقبت کاملاً متفاوت با آنچه که از حفاظت توقع داریم، است. اساساً این موضوع به این دلیل است که نظارت بعنوان پیشگیری از خطا طراحی شده است در حالی که حفاظت لزوماً حالت واکنش دهنده در هنگام وقوع خطا است. نظارت بر وضعیت، در بسیاری از موارد، می‌تواند تا مرحله حفاظت اولیه گسترش پیدا کند، ولی وظیفه واقعی آن این است که همیشه باید سعی در شناسایی عوامل توسعه خطا در مراحل ابتدایی آن را داشته باشد. این امر موجب اختراهای پیشرفته‌ای می‌شود که باعث خاموشی‌های برنامه‌ریزی شده و مناسبی می‌شود؛ لذا تلفات سرمایه کاهش می‌یابد.

همانطور که بیان شد پیام‌های پیشرفته اختار نقص فنی، که بوسیله مراقبت فراهم می‌شوند، مطلوب هستند؛ اما آیا واقعاً همین طور است؟ ما باید در این باره قضاوت کنیم زیرا پیاده‌سازی و

¹ Monitoring

اجرای یک سیستم نظارتی می‌تواند عملیات را با هزینه قابل توجهی مواجه کند. همچنین باید به سؤالات دیگری هم پاسخ داده شود، مانند :

- هنگامی که شخصی قصد پیاده‌سازی و اجرای یک برنامه نظارتی را داشته باشد، آن برنامه به چه شکل باید باشد؟
- آیا مراقبت باید بصورت متناوب (بطور منظم در فواصل زمانی معین) و یا به شکل دائم و پیوسته باشد؟
- در صورت استفاده از یک برنامه نگهداری در فواصل زمانی معین، آیا دیگر نیازی به نظارت بر آن وجود دارد؟
- نظارت می‌تواند حجم بزرگی از داده‌ها را تولید نماید؛ اما این اطلاعات چگونه می‌تواند برای کاهش هزینه‌ها و مخارج آتی مورد استفاده قرار گیرد؟
- در نهایت و شاید مهم‌تر از همه اینکه، به چه مقدار زمان برای نظارت نیاز است تا به بهترین شکل اثر بگذارد؟

این سؤالات پاسخ‌های ساده‌ای ندارند اما می‌توان با در نظر گرفتن حجم نگهداری و تعویض قطعات و بار (که صنعت دائماً با آن روبروست) و نیز مخارج و هزینه‌های پیاده‌سازی تدابیر و راهبردهای مختلف حفظ و نگهداری، به نشانه‌هایی دست یافت. می‌توان سه راه عملیاتی متفاوت را مدنظر قرار داد:

- حفظ و نگهداری در برابر خرابی و شکست،
- حفظ و نگهداری در فواصل زمانی معین و یا برنامه‌ریزی شده،
- حفظ و نگهداری برپایه وضعیت.

روش اول به هیچ راهکاری بجز راه‌اندازی و استفاده از آن تا زمان خرابی و معیوب شدن و تعویض آن، نیاز ندارد در حالی که روش دوم ممکن است شامل سطحی از مراقبت باشد که شامل خاموشی‌ها و قطع برق‌های برنامه‌ریزی شده ماشین‌آلات باشد. آخرین راهبرد (روش سوم) نیازمند یک حکم و الزام معین جهت نظارت است.

مقیاس سرمایه‌گذاری را از روی ارقامی که از طریق گزارش Neale (چاپ شده در سال ۱۹۷۹) فراهم شده، می‌توان مشاهده نمود. این اطلاعات ۳۰ ساله هستند و شامل یک دوره زمانی قبل از دوره طولانی مدت خصوصی سازی هستند، اما هنوز فوق‌العاده با ارزش هستند. جدول ۱-۱ شامل مخارج و سرمایه‌گذاری سالیانه برای هر کارمند و ماشین آلات در واحد صنعتی است. این مقادیر در جهت هرچه بیشتر نزدیک شدن به هزینه‌های واقعی کنونی، اصلاح شده‌اند و

صنایعی انتخاب شده‌اند که دارای سهم بالایی از سرمایه‌گذاری در ماشین‌آلات الکتریکی و واحدهای صنعتی فرعی آن، هستند.

جدول ۱-۱: مخارج یک واحد صنعتی برای هر کارمند در صنایع منتخب برگرفته از گزارش Neale، سال ۱۹۷۹ [۲].

صنعت	سرمایه‌گذاری سالیانه برای کارمندان و ماشین‌آلات در واحد صنعتی (پوند)
نفت و گاز دریای شمال	۱۶۰۰۰۰
پالایشگاه نفت	۱۴۰۰۰۰
تولید برق	۸۰۰۰
صنایع شیمیایی	۲۴۰۰
آهن و فولاد	۱۸۰۰
تأمین آب	۸۰۰
صنایع نساجی	۶۰۰
ساخت ابزار	۴۰۰
ساخت ابزارهای مهندسی	۴۰۰

گزارش مذکور نشان می‌دهد که متوسط مخارج سالیانه برای حفظ و نگهداری، ۸۰٪ مقدار سرمایه‌گذاری شده سالیانه بر روی ماشین‌آلات در واحد صنعتی است. ارقام مورد نظر برای برخی از صنایع منتخب و گروه‌بندی صنعتی آنها در جدول ۱-۲ نشان داده شده است؛ که مخارج نگهداری سالیانه را بعنوان درصدی از مخارج سرمایه‌گذاری سالیانه واحد صنعتی، نشان می‌دهد.

مجله HP رقم اعجاب‌آوری در حدود ۲۰۰ بیلیون دلار را به عنوان سند مالی حفظ و نگهداری شرکت‌های تجاری آمریکا اعلام کرده است که نرخ رشد ۱۲٪ را نشان می‌دهد. البته تنها کسری از این مبلغ برای حفظ و نگهداری ماشین‌آلات الکتریکی صرف خواهد شد، اما حتی اگر کسری از ۱٪ این مبلغ به این امر اختصاص یابد، هنوز رقم هنگفتی به حساب می‌آید. انگیزه‌های زیادی برای نگهداری هرچه مؤثرتر یک واحد صنعتی وجود دارد، بخصوص که تخمین زده شده است که حدود ۷۰٪ فعالیت‌های نگهداری انجام شده بوسیله شرکت‌ها، بدون

برنامه بوده و فقط در هنگام اضطرار وارد عمل شده و البته باید دستمزدهای آنها نیز بطور کامل پرداخته شود!

واضح است که باید استدلال دقیقی در خصوص بهترین و مناسب‌ترین شکل برنامه نگهداری ارائه شود. حفظ و نگهداری تا زمان خرابی و شکست فقط زمانی می‌تواند مؤثر باشد که حجم زیادی از ظرفیت اضافی یا ذخیره و یدکی وجود داشته باشد و یک خرابی باعث نقص در کل سیستم نشود.

جدول ۱-۲: مخارج سالیانه نگهداری بعنوان درصدی از سرمایه‌گذاری سالیانه در یک واحد صنعتی برای صنایع منتخب برگرفته از گزارش Neale، سال ۱۹۷۹ [۲].

صنایع	مخارج نگهداری / مخارج واحد صنعتی %
چاپ	۱۶۰
ساخت ابزار	۱۵۰
مهندسی مکانیک	۱۰۰
نساجی	۸۲
تأمین آب	۸۰
تأمین گاز	۸۰
تولید برق	۸۰
ساخت ماشین‌آلات الکتریکی	۸۰
تولیدات شیمیایی	۷۸
مهندسی دریا	۵۰
تولید آهن و فولاد	۴۲
تولید زغال سنگ	۲۶

پرسشی که در این شرایط باید پاسخ داده شود این است که چرا یک مقدار زائد قابل توجه وجود دارد؟ و آیا باید اجازه ادامه دادن به این مطلب داده شود؟

بسیاری از بخش‌ها و نواحی صنعتی، بخصوص صنایع گاز، آب و برق و راه‌آهن، یک برنامه حفظ و نگهداری را برپایه تعویض و تعمیر دوره‌ای، در دوره‌های زمانی معین و ثابت، اتخاذ نموده‌اند و بدین ترتیب کار در زمان خاموشی و قطع برق زمان‌بندی می‌شود و امکان منحرف کردن و انتقال بار بصورت برنامه‌ریزی شده بوجود می‌آید. چنین زمان‌بندی معمولاً براساس نظارت بر

واحد صنعتی، که نوعاً بصورت ناپیوسته صورت می‌گیرد، برنامه‌ریزی می‌شود. برآوردهای زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد افزایش صرفه جویی مالی بوسیلهٔ اتخاذ چنین روشی رخ می‌دهد و رقم ۶۰٪ را بعنوان متوسط کاهش هزینه‌های عمومی نگهداری نشان می‌دهد که قابل قبول به نظر می‌رسد. این خبر خوبی است، اما باید با آن محتاطانه برخورد نمود زیرا چنین سیاست‌های نگهداری، باعث ایجاد نیاز شدید به نیروی انسانی ماهر می‌شود که تعداد آنها اندک است. همچنین برآورد شده است که تنها ۱۰٪ از اجزا و قطعات تعویض شده در طول فواصل معین نگهداری، واقعاً نیاز به تعویض در آن زمان را داشته‌اند. مفهوم این مسأله بطور واضح این است که ۹۰٪ آنچه که تعویض شده، نیازی به تعویض شدن نداشته است.

چنین ملاحظاتی و نیز درک اینکه ماشین‌های الکتریکی مدرن، و فرآیندهای فعال در آنها روبه پیچیده‌تر شدن هستند، ما را به این نتیجه سوق می‌دهد که نظارت پیوسته بر وضعیت در بخش‌های حساس یک واحد صنعتی، می‌تواند منجر به مزایا و منافع قابل توجهی شود. این مزایا بصورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- افزایش بازده واحد صنعتی،
- کاهش تلفات سرمایه‌ای ناشی از خرابی،
- کاهش هزینه‌های تعویض و جایگزینی.

همچنین متصدی و بهره‌بردار واحد صنعتی می‌تواند توسط اطلاعات بدست آمده از عملکرد ماشین‌آلات تحت پوشش خود، دانش خود را به روز نماید که این موضوع باعث سودمندی عملیات و افزایش بازده واحد صنعتی خواهد شد. مراقبت وضعیت باید اطلاعاتی هم در رابطه با عملکرد و هم دربارهٔ فعالیت‌های نگهداری، ارائه نماید. همچنین مزیت دیگری در نگهداری بهتر وجود دارد و آن ایمنی و اطمینان بالاتر است.

بنابراین، مراقبت بر وضعیت، امکان ساخت یک پایگاه داده را برای بهره‌بردار فراهم می‌سازد که با کمک آن می‌توان فرآیند نگهداری را بهینه‌سازی و اصلاح نمود. چنین اطلاعاتی همچنین باید بطور مفید بوسیلهٔ سازندگان واحد صنعتی و طراحان، در جهت اصلاح و بالا بردن ضریب اطمینان محصول، مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به مطالب ذکر شده، چه مقدار زمان برای مراقبت نیاز است؟ این موضوع به ارزش فرآیندی که دستگاه‌ها در آن کار می‌کنند، بستگی دارد و البته برآوردها متفاوت است اما هیچگاه کمتر از ۱٪ مقدار سرمایه واحد صنعتی که بر آن نظارت می‌شود، نیست. نمونه بارزتر (و شاید هم واقعی‌تر) این رقم، میزان ۵٪ برای راه‌اندازی عمومی فرآیندهای صنعتی می‌باشد در

حالی که بنابر احتیاجات خاص برای یک فرآیند با ارزش بالا، نظیر آنچه که در صنایع نفت و گاز دور از ساحل یافت می‌شود، ممکن است مقدار واقعی این رقم به رقمی بالاتر از ۱۰٪ نیز برسد.

۳-۱ مورد و زمان مراقبت

اکنون که برخی از مزایای حاصله از بکارگیری نظارت بر وضعیت را بیان نمودیم، می‌توانیم بطور خلاصه به سؤالاتی نظیر اینکه برچه چیزی باید نظارت کنیم و در چه زمانی، پاسخ بدهیم. این سؤال که مورد نظارتی چه چیزی می‌باشد برد و چیز دلالت می‌کند.

- کدام ماشین‌ها؟
- کدام پارامترها؟

بخش اول آسان‌تر پاسخ داده می‌شود. با نگاهی به هزینه سرمایه‌گذاری برای فراهم کردن سیستم‌های نظارتی، چه بصورت نصب دائمی به همراه اطلاعات محلی آن و چه بصورت یک دستگاه سیار که بصورت دوره‌ای توسط یک متصدی ماهر بکار گرفته می‌شود، بعید به نظر می‌رسد که بکارگیری آن برای ماشین‌های الکتریکی با توان نامی کمتر از ۲۰ کیلو وات مفید و سودمند باشد. البته استثنائاتی برای این موضوع وجود دارد، بعنوان مثال در جایی که ماشین‌های کوچکتر نقش حیاتی و حساسی در عملکرد یک سیستم بزرگتر دارند. در نظر گرفتن دقیق جنبه‌های از دست دادن خروجی یک دستگاه در درون یک مجموعه سیستم کامل، سودمند خواهد بود.

محرکه‌های الکتریکی بزرگتر، که فرآیند تولید یا واحدهای صنعتی تولید را پشتیبانی می‌کنند، در صورت وجود یک ظرفیت اضافه جانبی، نسبت به نظارت می‌توانند مفیدتر باشند، اگرچه شاید این امر در مورد نظارت پیوسته صادق نباشد. از موارد کاربرد آن می‌توان به محرکه‌های فن‌های مکش هوای بویلرها، محرکه‌های پمپ تغذیه آب بویلر و محرکه‌های پمپ آب خنک کننده در نیروگاه‌های برق اشاره نمود. باید در خاطر داشت که نظارت صحیح اجازه کاهش بخش زیادی از ظرفیت اضافی مورد نیاز در محل را فراهم می‌سازد.

ماشین‌هایی که درجه بالایی از هزینه‌ها را به سبب تلفات خروجی دارند، نیاز به مراقبت پیوسته دارند. طبعاً ژنراتورهای بزرگ بدلیل اینکه تلفات خروجی آنها می‌تواند از ۶۰۰۰۰۰ پوند روز، فراتر رود، شامل این مقوله می‌شوند. شیوه‌ای مشابه می‌تواند برای موتورهای محرکه عظیم فرآیندهای بزرگ بکار رود.