دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش قدرت

برنامه ریزی تعمیر و نگهداری نیروگاه ها با روش سیستم های دینامیکی

استاد راهنما:

دکتر مسعود رشیدی‌نژاد

استاد مشاور:

دکتر سعید اسماعیلی

مؤلف:

محمد هادی پورغریب شاهی

تیر ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

امروزه برای توسعه و تجهیز نیروگاه های برق به سرمایه گذاری های سنگین نیاز است.در چنین شرایطی که باید برای نصب و تجهیز نیروگاه های جدید هزینه های سنگین پرداخته شود نگهداری از نیروگاه های موجود و افزایش طول عمر این نیروگاه ها بسیار حیاتی می باشد و از این طریق می توان تا حدود زیادی از سرمایه گذاری های جدید اجتناب کرد و از سرمایه های موجود نهایت بهره لازم و کافی را برد.

امرزه با استفاده از مجموعه مباحث مدیریت سرمایه باید به دنبال روش هایی بود که بتوان بیشترین استفاده را از سرمایه های موجود برد و طول عمر تجهیزات را تا انجا که امکان دارد افزایش داد. مدیریت سرمایه تنها برای استفاده در مجموعه مهندسی برق نمی باشد بلکه از روش های مدیریت سرمایه می توان در بسیاری از رشته ها استفاده کرد. مدیریت سرمایه شامل طیف وسیعی از مباحث می باشد. از مباحث تعمیرات و نگهداری گرفته تا بحث جایگزین کردن تجهیزات و نیز شرایط بهره برداری از تجهیزات که هر یک به نوبه خود تاثیر جداگانه ای بر طول عمر تجهیزات دارند.

تعمیرات و نگهداری به عنوان یکی از موثر ترین روش های حفاظت از تجهیزات شناخته می شود.در این روش با استفاده از برنامه ریزی صحیح و اصولی می توان طول عمر و بازده تجهیزات را افزایش داد و همچنین هزینه های مربوط به تعمیرات و نگهداری را کاهش داد. بر نامه ریزی تعمیرات و نگهداری دارای روش های گوناگون می باشد که هر یک از این روش ها دارای ویژگی ها و مشخصات جدا گانه ای هستند که با توجه به این مشخصات و ویژگی ها می توان از آنها در جای مربوط به خود استفاده کرد.

سیستم های دینامیکی به عنوان یک ابزار کار آمد و قوی شناخته می شوند. این سیستم ها با قابلیت های ذاتی خود توانایی شبیه سازی سیستم های پیچیده را دارند. در سیستم های دینامیکی می توان از ورودی هایی به صورت منحنی به عنوان ورودی استفاده کرد.در این پایان نامه از سیستم های دینامیکی به عنوان ابزاری برای شبیه سازی استفاده شده است.

کلمات کلیدی:مدیریت سرمایه. تعمیرات و نگهداری.سیستم های دینامیکی

فهرست مطالب

عنوان مطالب **شماره صفحه**

فهرست مطالب..... ۴

فهرست اشکال..... ۹

فهرست جداول..... ۱۰

فهرست اختصارات..... ۱۱

مقدمه و ساختار پایان نامه..... ۱۲

فصل اول – تبیین مسئله و مروری بر کارهای انجام شده ۱۹

۱-۱ مقدمه ۲۰

۱-۲ تاریخچه مدیریت دارایی در صنعت برق ۲۲

۱-۲-۱ دوره پیش از خصوصی سازی ۲۲

۱-۲-۲ دوره پس از خصوصی سازی ۲۳

۱-۳ مدیریت دارایی در شبکه های توزیع انرژی الکتریکی ۲۵

۱-۴ تقسیم بندی زمانی مدیریت دارایی ۲۷

۱-۴-۱ مدیریت دارایی کوتاه مدت ۲۸

عنوان مطالب **شماره صفحه**

۱-۴-۲ مدیریت دارایی میان مدت ۲۹

۱-۴-۲-۱ استراتژی تعمیرات بهینه ۲۹

۱-۴-۳ مدیریت دارایی بلند مدت ۳۱

۱-۵ فرایند مدیریت دارایی قابلیت اطمینان محور ۳۲

۱-۵-۱ اولویت بندی تجهیزات ۳۵

فصل دوم سیستمهای دینامیکی ۳۸

۲-۱ مقدمه ۳۹

۲-۲ محیط سیستم ۴۶

۲-۳ سیستم های پویا و دینامیکی ۴۷

۲-۴ باز خورد ۴۹

۲-۵ عوامل پیچیدگی سیستم های دینامیکی ۵۰

عنوان مطالب **شماره صفحه**

۲-۶ سیستم های دینامیکی و مدل سازی ۵۲

۲-۷ فرایند مدل سازی ۵۵

۲-۷-۱ بیان مسئله ۵۵

۲-۷-۲ الگوهای مرجع ۵۶

۲-۷-۳ افق زمانی ۵۷

۲-۷-۴ تدوین فرضیه دینامیکی ۵۷

۲-۸ ساختار و رفتار سیستم های دینامیکی ۵۸

فصل سوم برنامه ریزی تعمیر و نگهداری..... ۶۱

۳-۱ مقدمه ۶۱

۳-۲ برنامه ریزی ۶۵

۳-۲-۱ برنامه ریزی بلند مدت واحدهای تعمیراتی ۶۶

عنوان مطالب **شماره صفحه**

۳-۳ مدل دینامیکی تعمیر و نگهداری ۶۹

۳-۳-۱ فرضیه دینامیکی ۷۲

فصل چهارم حل مدل ۸۴

۴-۱ مقدمه ۸۵

۴-۲ حل مدل ۸۵

۴-۳ روش نگهداری ۹۳

۴-۴ روش های مانیتور کردن ۱۰۳

۴-۵ هزینه ۱۰۴

فصل پنجم تجزیه و تحلیل نتایج..... ۱۰۶

۵-۱ مقدمه ۱۰۷

۵-۲ پارامترهای ثابت ۱۱۰

عنوان مطالب **شماره صفحه**

۵-۳ برنامه ریزی غیر ثابت ۱۳۰

فصل ششم نتیجه گیری و پیشنهادات.....۱۳۷

پیوست الف.....۱۴۰

منابع و مراجع.....۱۴۳

فهرست شکل ها

عنوان شکل **شماره صفحه**

شکل ۲-۱ فرایند شبیه سازی سیستم های دینامیکی..... ۳۵

شکل ۳-۱ سیستم دینامیکی تعمیر و نگهداری..... ۵۴

شکل ۳-۲ مدل اولیه دینامیکی تعمیر و نگهداری..... ۶۰

شکل ۴-۱ مدل دینامیکی تعمیر و نگهداری نیروگاه..... ۶۳

شکل ۵-۱ هزینه نگهداری در حالت اول..... ۸۵

شکل ۵-۲ زمان پیشبرد نیروگاه در حالت اول..... ۸۷

شکل ۵-۳ هزینه نگهداری در حالت دوم..... ۸۹

شکل ۵-۴ زمان پیشبرد نیروگاه در حالت دوم..... ۹۱

شکل ۵-۵ هزینه نگهداری در حالت سوم..... ۹۲

شکل ۵-۶ زمان پیشبرد نیروگاه در حالت سوم..... ۹۴

شکل ۵-۷ هزینه نگهداری در حالت چهارم..... ۹۶

شکل ۵-۸ زمان پیشبرد نیروگاه در حالت چهارم..... ۹۸

شکل ۵-۹ هزینه نگهداری در حالت غیر ثابت..... ۱۰۴

شکل ۵-۱۰ زمان پیشبرد نیروگاه در حالت غیر ثابت..... ۱۰۵

فهرست جداول

عنوان جدول **شماره صفحه**

جدول ۴-۱ انواع روش های مانیتور کردن.....۱۰۵

جدول۵-۱ حالت های مختلف برنامه ریزی تعمیر و نگهداری..... ۸۳

جدول۵-۲ نقاط منحنی در حالت برنامه ریزی غیر ثابت..... ۱۰۳

Abbreviation	Phrase
BM	Breakdown Maintenance
CM	Condition Monitoring
CBM	Condition Based Maintenance
PM	Preventive Maintenance
RM	Reactive Maintenance
RCM	Reliability Centered Maintenance
PM	Proactive Maintenance
SM	Scheduled Maintenance
TPM	Total Productive Maintenance
OEE	Overhaul Equipment Effectiveness
RCAM	Reliability Centered Asset Management
MC	Maintenance Cost
CAPX	Capital Expenditures

مقدمه

امروزه در صنعت برق، نیروگاه ها براساس تعمیر و نگهداری به فعالیت خود ادامه می دهند. توجه به این موضوع از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به اینکه ماشین آلات مورد استفاده در صنعت برق بسیار متنوع هستند و هر کدام از آنها دارای شرایط کارکرد خاص خود است. برای استفاده هر چه بهتر از این تجهیزات باید از تعمیر و نگهداری متناسب بااین تجهیزات استفاده کرد. عدم استفاده از تعمیر و نگهداری صحیح طول عمر تجهیزات را به شدت کاهش خواهد داد و خسارت جبران ناپذیری نیز به بار خواهد آورد.در سالهای اخیر با توجه به پیشرفت دانش بشری، منطق حاکم بر نگهداری و تعمیرات واحدهای صنعتی، بالاخص نیروگاه ها با شتاب قابل توجهی در حال تغییر و تحول است. نگهداری و تعمیرات شامل تمامی فعالیت ها و اقدامات انجام شده به منظور حفاظت از تجهیزات و یا بازگرداندن تجهیزات معیوب به چرخه بهره برداری است. به طور کلی نگهداری و تعمیرات صحیح اثرات مثبتی را در پی خواهد داشت که از آن جمله می توان به افزایش کار آیی و بهره وری، کاهش ساعت توقف واحدها و افزایش قابلیت دسترسی، ارتقاع ایمنی محیط کار، بالا بردن طول عمر تجهیزات و کاهش هزینه های بهره برداری میتوان اشاره کرد. در مقیاس جهانی بی شک سوابق پرداختن علمی و دقیق به عملیات تعمیر و نگهداری نیروگاه ها به دوران تولد علم مدیریت باز می گردد که سمت و سوی آن در ابتدا منابع

انسانی و کار آمدی ابزار بود. بعدها نظام نگهداری پیشگیرانه[1] که از دیدگاه رفیع تری، براساس شواهد عینی و به طور اعم پریودهای تکرار خرابی به این پدیده می نگرد کاربرد یافت.

نگهداری بر پایه قابلیت اطمینان[2] (RCM) شیوه نوینی است که در تجهیزاتی که عامل پایابی در آنها مورد توجه ویژه است، کاربرد بیشتری می یابد. نظام های نگهداری و تعمیرات در خلال چهار دهه اخیر و به خصوص دو دهه اخیربا استفاد از فناوری رایانه به طور فزاینده ای بهره مند و مکانیزه شده اند سایر فناوری های نوین نیز سهم به سزایی در پیشبرد نظام های نگهداری و تعمیرات بر عهده داشته اند به گونه ای که بازرسی های غیر مخرب[3] از طریق روش های مختلف ومطالعه زیر ساختاری و نیز آزمایش های مختلف از قبیل: مایعات نافذ، ذرات مغناطیسی، اولتراسونیک، جریان های گردابی و غیره به تشخیص نوع خرابی و شکست تجهیزات و علت وقوع آن می پردازد.

ساختار سنتی در نیروگاه های کشور براساس تخصیص کادر مشخص به فعالیت های تعمیراتی است، در حالی که به طور معمول شرکت ها وظایف بهره برداری و همچنین نگهداری نیروگاه ها را بر عهده دارند. در برخی از نیروگاه های خارج از کشور، عملیات تعمیرات و بازدید های جاری را به بهره برداران ارجاع

---

[1] Predictive Maintenance

[2] Reliability Centered Maintenance

[3] Nondestructive

می دهند که طی آن نوبت های مختلف به نوبت در یک دوره چند روزه، متصدی عملیات شد و به طور مرتب جای خود را به گروه بعدی می دهند ولی برای اجرای برنامه های اساسی از اقدامات شرکت های حرفه ای استفاده می کنند.تحولات ساختاری و نیز اهمیت تأمین انرژی الکتریکی، شیوه های پرداختن به امر نگهداری را دستخوش تحولاتی کرده که از مهمترین آنها تأکید بر پایش وضعیت (CM)[1] است و طی آن اطلاعت مربوط به عملکرد تجهیزات مختلف از طریق سیستم های نظارتی و حفاظتی ثبت و ضبط شده و در صورت تجاوز شاخص ها از محدوده های مقرر و نیز در بازه های زمانی پیش بینی شده برای انجام بازدید، تعویض قطعات و یا ترمیم تجهیزات برنامه ریزی می شود.مدت زمان پیش بینی شده برای تعمیرات نیروگاه ها برای تعمیرات دوره ای معمولاً ۱۰ روز و برای تعمیرات اساسی ۶۰ تا ۷۰ روز و در صورت پیش بینی عملیات بازسازی به ۹۰ روز می رسد. همچنین انجام خدمات تخصصی مربوط به تعمیرات اساسی و دوره ای به علت نیاز به تجهیزات همانند عملیات مختلف مورد نیاز از قبیل بالانس کردن روتورهای توربین و ژنراتور و موارد مشابه در نیروگاه عملی نبوده است.

در تعمیرات و نگهداری واحدهای نیروگاهی وقتی یک واحد نیروگاهی پس از یک تعمیرات دوره ای بدون وقفه کار می کند و بهره برداری از واحد به صورت مداوم تا تعمیرات بعدی ادامه می یابد به نوعی

---

[1] Condition Monitoring

یک موفقیت مهم تلقی می گردد. آیا در مدار باقی ماندن یک واحد نیروگاهی به صورت طولانی از منظر شانس نگریسته می شود؟ وقتی واحد نیروگاهی توقف ناخواسته یا توقف اضطراری نداشته باشد نشان می دهد که توجه کارکنان بهره برداری و تعمیراتی و حتی عوامل تدارکاتی به واحد نیروگاهی مناسب بوده است.تغییر نگرش سازمان در نگهداری و تعمیرات واحدها از PM به CM از مهمترین اقداماتی است که برای حفظ پایداری و آمادگی تجهیزات انجام می شود. در این نگرش پارامترهای کلیدی و مهم مانند ارتعاش، درجه حرارت، فشار، هدایت، فلو و سطح در فرایند تولید و سیکل های توان، در طول بهره برداری از واحد ها مورد پایش قرار می گیرد. برای پایش وضعیت تجهیزات از ابزارها و وسایل به صورت مستقیم و متناوب از آنها استفاده می شود. وجودمستقیم سنسورهای مختلف ارتعاش، فشار و درجه حرارت در واحدها و ثبت و مشاهده و تحلیل مقادیر از جمله ابزار مانیتور کردن تجهیزات هستند.

در برنامه های تعمیرات اساسی که در دوره های چهار تا پنج سال یکبار انجام می شود، تمامی تجهیزات باز و پس از انجام تست های قطعات، تعمیر، بازسازی و یا تعویض و دوباره مونتاژ، اندازه گیری، تست و راه اندازی می شوند و بهره برداری صورت می پذیرد. تعمیرات اساسی برای واحدهای گازی به نسبت ظرفیتشان ۷۵ تا ۹۰ روز زمان نیاز دارد و برای واحدهای بخار به نسبت قدرت تولیدی آنها نیز ۸۵ تا ۱۲۰ روز زمان اختصاص دارد. این بازدید و تعمیرات پس از پایان پیک بار تابستان و با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه صورت می گیرد.

ساختار پایان نامه

فصل اول:در این فصل کار های انجام گرفته شده در رابطه با تعمیرات و نگهداری و نیز کارهای انجام گرفته شده در رابطه با مدیریت سرمایه مورد بررسی قرار گرفته است.در این فصل مدیریت دارایی و عوامل آن مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل دوم:در این فصل به بررسی سیستم های دینامیکی می پردازیم.سیستم های دینامیکی یکی از انعطاف پذیر ترین ابزارهای شبیه سازی برای سیستم های پیچیده است.در این فصل به بررسی عوامل تاثیر گذار بر این سیستم ها و نیز نحوه مدل سازی توسط این سیستم ها می پردازیم.

فصل سوم:در این فصل به مدل سازی و برنامه ریزی تعمیر و نگهداری پرداخته شده است.برنامه ریزی تعمیر و نگهداری و عوامل تاثیر گذار بر آن از عوامل تعیین کننده در تعمیرات و نگهداری هستند.

فصل چهارم:در این فصل به حل مدل ارائه شده در فصل قبل می پردازیم.در این فصل روش های تعمیرات و نگهداری و نیز روش های مانیتور کردن و عوامل تاثیر گذار دیگر بر مدل بیان شده اند.

فصل پنجم:در این فصل به تجزیه و تحلیل نتایج به دست امده از حل مدل ارائه شده می پردازیم.

فصل ششم:در این فصل به نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات می پردازیم.

فصل اول

تبیین مسئله و مروری بر کارهای انجام شده

۱-۱ مقدمه

مدیریت دارایی[1] یکی از اجزای حیاتی در سیستم های تعمیر و نگهداری است. دارایی ها را می توان به ۳ دسته تقسیم کرد [1]و برای هر کدام از این دارایی ها مدیریت خاص متناسب با نوع دارایی به کار برد. انواع دارایی شامل دارایی های فیزیکی (ساختمان ها و تجهیزات)، دارایی های مالی (اسناد مال، سهام سرمایه گذاری) و دارایی های نامحسوس (سطح اموزش پرسنل، دانش و مهارت نیروی کار) است. مدیریت دارایی شامل مدیریت این سه دسته از دارایی ها با هدف به جریان در آوردن بهره برداری ونگهداری از آنها است.

این تعریف ها منعکس کننده دیدگاه های متفاوت مدیران ارشد، متخصصان صنعتی و اقتصادی است ولی همه آنها در چند عنصر مشخص مشترک هستند:

---

[1] Asset Management

- مدیریت دارایی باید هم جهت با ماهیت و ارزش های سازمان باشد.
- هدف های سازمان و سهامداران آن را پشتیبانی کند.
- دارایی های فیزیکی سازمان در مراحل مختلف دوره عمر آنها مدیریت کند.

آنچه که تحت مدیریت دارایی در بخش توزیع مطرح می شود بیشتر مربوط به مدیریت دارایی های فیزیکی است.

مدیریت دارایی برای دارایی های فیزیکی را می توان در سه سطح کاربردی دسته بندی کرد:

- مدیریت دارایی در سطح تجهیزات
- مدیریت دارایی در سطح فرآیند
- مدیریت دارایی در سطح استراتژیک

مدیریت دارایی سطح تجهیزات شامل فعالیت های آنالیز حالت خرابی، توسعه مانیتورینگ وضعیت تجهیزات و ارزیابی عمر باقیمانده تجهیزات است.