

بهینه سازی فرآیند نگهداشت یک توربین گازی زیمنس ۷۹۴.۲ با استفاده از RCM

حمید معصومی
کارشناس پژوهشی پژوهشگاه نیرو



همایش

بین‌المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات



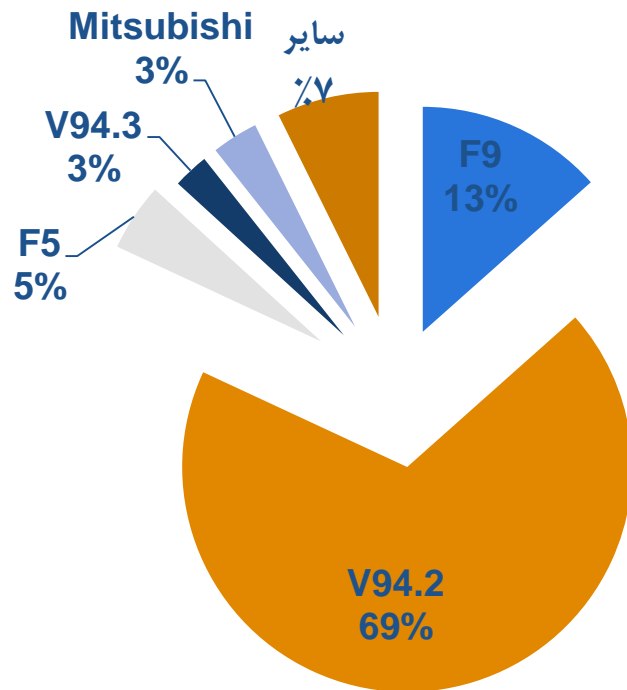
پژوهشگاه نیرو

فهرست مطالب

- جایگاه واحد های گازی در صنعت برق کشور و نقش توربین های گازی V94.2
- مراحل پیاده سازی RCM بر روی یک واحد گازی نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند

ظرفیت نامی نیروگاههای گازی کشور

بر حسب مگاوات به تفکیک تیپ



جمع	سایر	Mitsubishi	V94.3	F5	V94.2	F9	
۳۰۸۲۳	۲۲۵۹	۱۰۲۶	۷۸۹	۱۵۰۰	۲۱۱۲۰	۴۱۴۰	ظرفیت کل
۴۱۶	۱۷۷	۹	۳	۶۰	۱۳۳	۳۴	تعداد کل
-	-	۲۵۵	۰	۱۰۷۵	۶۱۹۲	۹۸۴	ظرفیت وزارت نیرو
-	-	۳	۰	۴۳	۳۹	۸	تعداد وزارت نیرو
-	-	۷۷۱	۷۸۹	۴۲۵	۱۴۹۲۸	۳۱۵۶	ظرفیت بخش خصوصی
-	-	۶	۳	۱۷	۹۴	۲۶	تعداد خصوصی



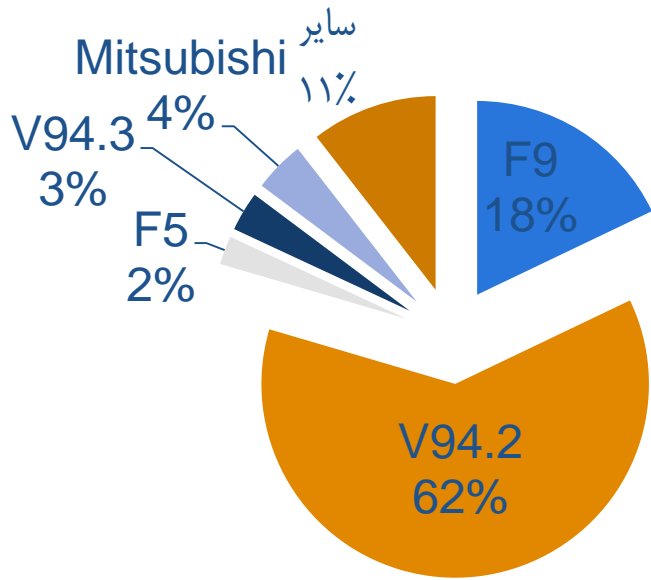
همایش

بیرالمللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



شرکت ملی گاز ایران

انرژی تولیدی ناویژه واحدهای گازی بر حسب هزار کیلووات ساعت به تفکیک تیپ



جمع	سایر	Mitsubishi	V94.3	F5	V94.2	F9	
۱۲۱،۵۲۹،۰۲۵	۱۲،۷۹۰،۸۱۴	۵،۱۶۴،۴۱۲	۴،۰۰۲،۰۴۹	۲،۸۹۳،۱۶۱	۷۴،۹۲۱،۲۹۲	۲۱،۷۵۷،۲۹۶	انرژی تولیدی کل
۴۱۶	۱۷۷	۹	۳	۶۰	۱۳۳	۳۴	تعداد کل
-	-	۴۹۱،۳۵۱	۰	۲،۲۴۴،۱۴۹	۲۲،۹۹۷،۲۷۸	۵،۰۴۲،۵۳۷	انرژی تولیدی وزارت نیرو
-	-	۳	۰	۴۳	۳۹	۸	تعداد وزارت نیرو
-	-	۴،۶۷۳،۰۶۱	۴،۰۰۲،۰۴۹	۶۴۹،۰۱۲	۵۱،۹۲۴،۰۱۴	۱۶،۷۱۴،۷۵۹	انرژی تولیدی بخش خصوصی
-	-	۶	۳	۱۷	۹۴	۲۶	تعداد خصوصی

نیروگاه سیکل ترکیبی شهدای پاکدشت (دماوند)



- بزرگ ترین نیروگاه سیکل ترکیبی خاورمیانه
- زمینی به مساحت ۱۹۳ هکتار در جنوب شرقی تهران
- ۱۲ واحد گازی ۷۹۴.۲ به ظرفیت نامی ۱۵۹ مگاوات
- ۶ واحد بخار به ظرفیت نامی ۱۶۰ مگاوات
- عملیات اجرایی در بخش گاز از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶
- میانگین قدرت عملی نیروگاه ۲۳۶۶ مگاوات
- میانگین قدرت عملی واحدهای گازی ۱۲۴/۸ مگاوات
- سوخت نیروگاه گاز (اصلی) و گازوئیل

همایش



بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



مراحل پیاده سازی RCM

- تدوین سند شرح عملیات (Operating Context)
- بررسی سوابق خرابی ها و تعیین سیستم های بحرانی
- اجرای دوره RCM در محل نیروگاه
- تشکیل تیم RCM
- پاسخ به پرسش های هفت گانه RCM



همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



پژوهشگاه نیرو

سند شرح عملیات (Operating Context)

- شرح ماموریت کلی نیروگاه
- تشریح اجزای مکانیکی و نقشه های توربین
- کارکرد های اصلی و استانداردهای عملکرد توربین
- شرایط نرمال و بدترین شرایط عملیات
- انواع پیامدهای خرابی توربین
- سوابق خرابی های عمده
- وجود تجهیزات رزرو
- شیفت های کاری
- الگوی تقاضای بازار
- ملاحظات لوازم یدکی و انبارداری
- سیستم های محافظ و منطق آنها



همایش

بیرونی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



بررسی سوابق خرابی ها و تعیین سیستم های بحرانی

اجزاء اصلی

- کمپرسور
- سیستم احتراق
- توربین
- ژنراتور

اجزاء فرعی

- یاتاقان ها
- سیستم هوای ورودی
- ساختمان اگزوز و خروج هوا
- سیستم های تحریک و راه اندازی

اجزاء کمکی

- سیستم سوخت گاز
- سیستم سوخت گازوئیل
- سیستم روانکاری
- سیستم روغن هیدرولیک

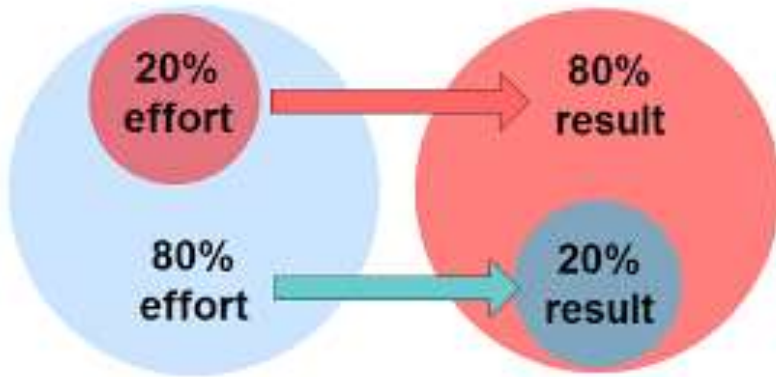


همایش

بین المللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



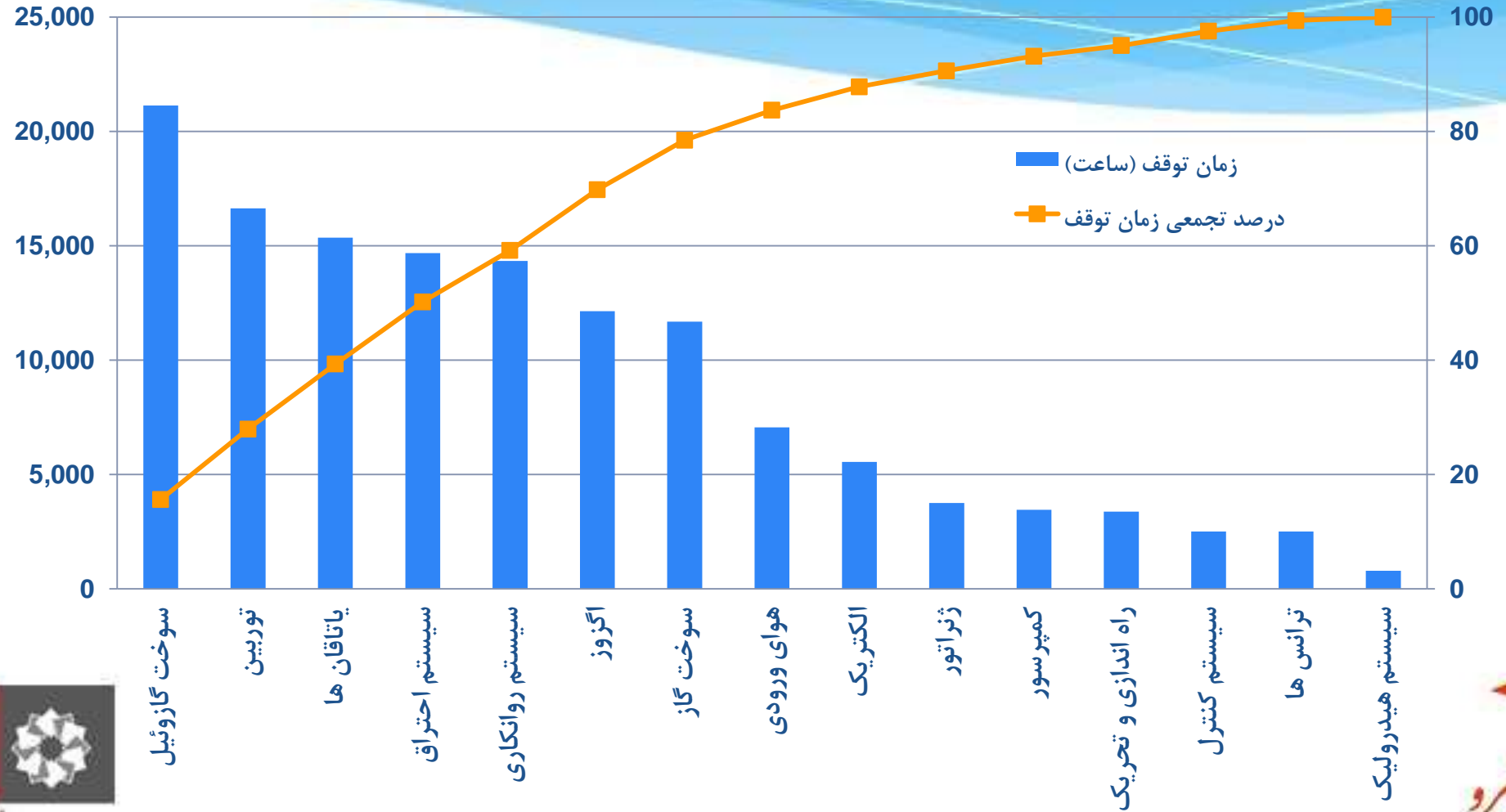
تحلیل پارتو



- تعیین خرابی‌هایی که بیشترین زمان توقف یا بیشترین هزینه‌ها را به سازمان تحمیل می‌کنند.
- مفهوم اصلی: «تعداد کمی از خرابی‌ها، بیشترین زمان توقف‌ها را ایجاد می‌کنند.»
- دستون‌های آبی‌رنگ نشان‌دهنده میزان زمان‌های توقف و منحنی قرمز رنگ نشان‌دهنده درصد تجمعی این خرابی



تحليل پارتو



همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



شرکت نیرو

تحلیل جک نایف

- در نظر گرفتن تنها یکی از عوامل موثر در هزینه ها در تحلیل پارتو
- نادیده گرفتن خرابی های کم تعداد و دارای زمان توقف زیاد یا خرابی های پر تعداد با زمان های کم در تحلیل پارتو
- رفع مشکل با استفاده از نمودار جک نایف با در نظر گرفتن هر دو عامل
- هر نقطه در این نمودار، نشان دهنده خرابی یک سیستم از تجهیز است.
- محور افقی این نمودار نشان دهنده لگاریتم تعداد خرابی ها و محور عمودی لگاریتم زمان توقفات است.



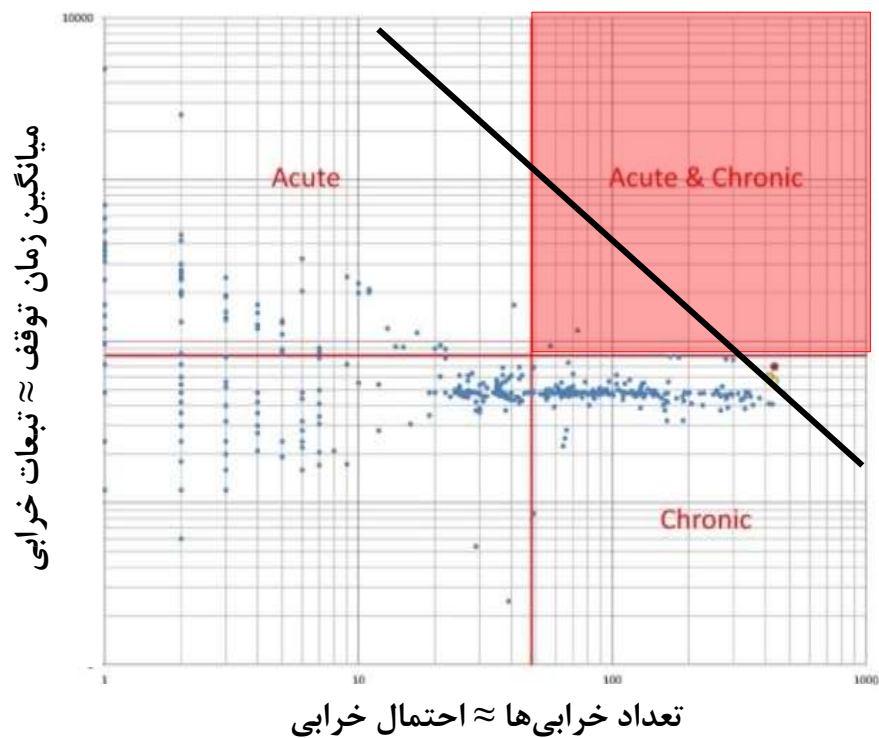
همایش

بیان ملی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



پژوهشگاه نیرو

تحلیل جک نایف



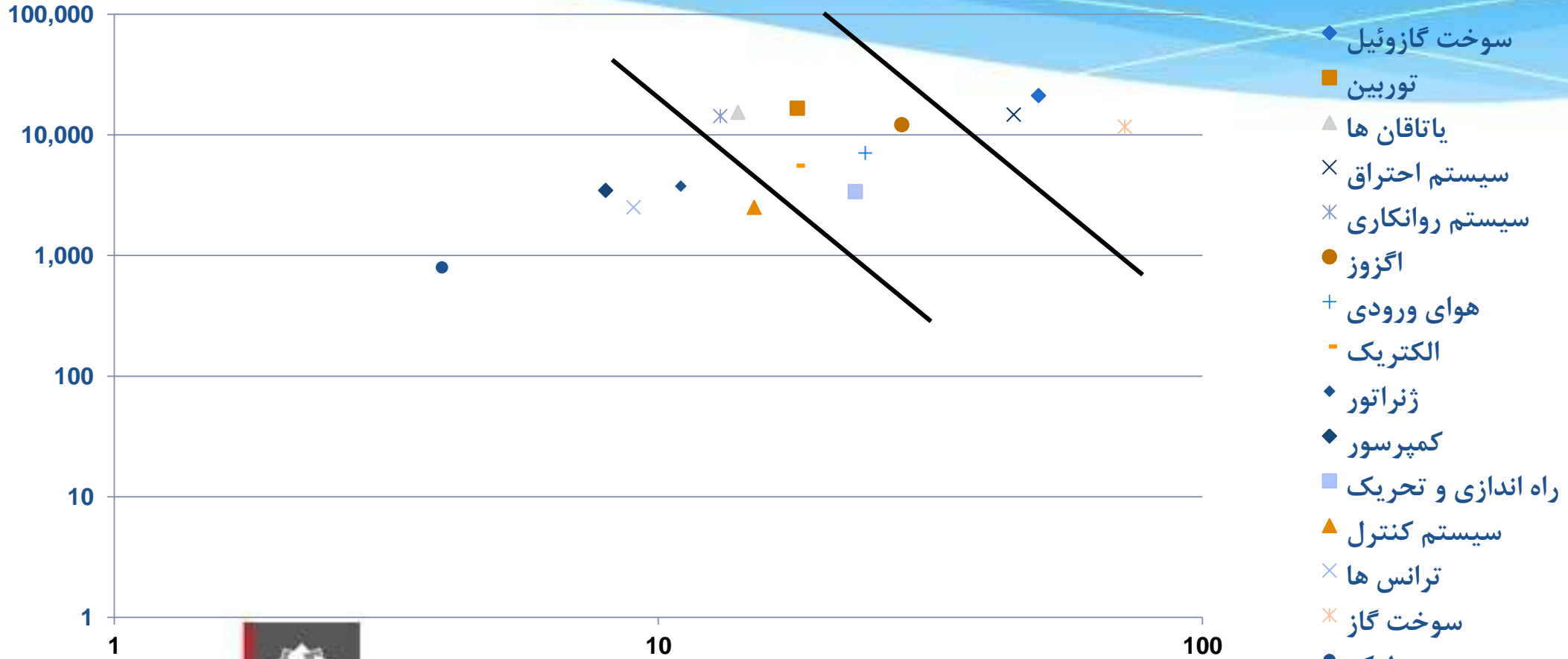
• هرچه نقاط در نواحی بالاتری باشند، زمان توقفات بیشتر است و هرچه به سمت راست متمایل باشند، به معنای تعداد بیشتر خرابی‌هاست.

چهار ناحیه مجزا بر روی این نمودار:

- ناحیه مطلوب
- ناحیه مزمن
- ناحیه حاد
- ناحیه حاد و مزمن



تحليل جک نايف



همایش



بيزالمللى مديرا فنى و نگاهدارى و تعمير



پیامدهای خرابی

نوع خرابی	هزینه (میلیون تومان)
خاموشی با برنامه برای هر ساعت	۸/۵
خاموشی بی برنامه برای هر ساعت	۱۳/۳
راه اندازی مجدد	۱۰
تریپ در بار پایه	۸۰

مهم ترین پیامدهای خرابی یک واحد نیروگاهی در حال کار :

- آسیب های ناشی از توقف و راه اندازی مجدد واحد
- هر بار راه اندازی معادل کاهش ۱۰ ساعت عمر مفید
- هر تریپ معادل ۸ بار راه اندازی مجدد
- هزینه های ناشی از عدم تولید و فروش برق ← هر ساعت ۴/۹ میلیون تومان
- هزینه های ناشی از عدم دریافت آمادگی ← هر ساعت ۳/۶ میلیون تومان
- جریمه عدم آمادگی اعلام شده (خروج برنامه ریزی نشده) ← هر ساعت ۴/۸ میلیون تومان



همایش

بیرالمللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



تیم RCM



اعضای تیم RCM:

- تسهیلگران RCM: دو نفر از شرکت PAM Co. و دو نفر از پژوهشگاه نیرو
- ناظر عملیات: مدیر بهره برداری نیروگاه از طرف مدیر عامل
- ناظران مهندسی: سه نفر نماینده دفتر فنی نیروگاه (مکانیک، الکتریک و ابزار دقیق)
- ناظران تعمیرات: سه نفر نماینده امور تعمیرات نیروگاه (مکانیک، الکتریک و ابزار دقیق)
- اپراتورها: شامل یک نفر مسئول شیفت و یک نفر اپراتور اتاق فرمان
- استاد کاران: شامل سه نفر تعمیرکار (مکانیک، الکتریک و ابزار دقیق)

همایش



بیرالمللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات



هفت پرسش اساسی RCM

- ۱- کارکردها و استانداردهای عملکرد تجهیز در شرایط عملیاتی موجود، چیست؟ (کارکرد)
- ۲- به چه صورت هایی ممکن است تجهیز از انجام کارکردهایش باز ایستد؟ (شکست کارکردی)
- ۳- علت وقوع هر یک از شکست های کارکردی چیست؟ (حالت شکست)
- ۴- در زمان رخداد هر شکست چه اتفاقاتی روی می دهد؟ (اثرات شکست)
- ۵- هر شکست از چه نظرهایی اهمیت دارد؟ (پیامدهای شکست)
- ۶- برای پیش بینی یا پیش گیری از هر شکست چه می توان انجام داد؟ (فعالیت تعمیراتی مناسب)
- ۷- اگر نتوان فعالیت پیش اقدام مناسبی پیدا کرد، چه باید کرد؟ (فعالیت های دیگر)



همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



کارکرد های توربین گاز

- کارکرد های مورد انتظار کاربر:
- کارکرد های اولیه: انتظارات رده اول از تجهیز را شامل می شوند و به این سوال که چرا تجهیز را خریده ایم؟ پاسخ می دهند.
- کارکرد های ثانویه: سایر انتظاراتی که از تجهیز داریم مانند ایمنی، کنترل، آلودگی، راحتی، صرفه جویی، حفاظت، راندمان عملیات، تطابق با مقررات زیستی، و ظاهر تجهیز را شامل می شود.
- تعداد کارکردهای واحد گازی G22 نیروگاه دماوند ۳۴۵ مورد می باشد



همایش

بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



کارکردهای توربین گاز

- ۱- توانایی تولید توان حداکثری بر اساس منحنی ماهیانه توافقی (پیوست شرایط عملیات) و در شرایط ایزو به ترتیب ۱۵۷ و ۱۵۳ مگاوات برای سوخت گاز و گازوییل در مد سیکل ترکیبی و ۱۵۹ و ۱۵۵ مگاوات به ترتیب برای سوخت گاز و گازوییل در مد Single؛ و تولید توان راکتیو ۴۰- تا ۷۰+ مگاوار؛ با ولتاژ ۱۱۴/۹ الی ۱۶/۵ کیلو ولت
- ۲- توانایی کنترل توان در مد کنترل فرکانس از ۷۵ مگاوات تا بار پایه با تفرانس ۵ مگاوات و ۳ RPM
- ۳- توانایی تولید ۱۶۴ مگاوات در مد پیک و در شرایط ایزو
- ۴- توانایی ایجاد و نگهداری دور ۳۰۰۰ با تفرانس ۳ RPM از شبکه قبل از سنکرون شدن و هنگام بی باری (NO Load)
- ۵- عدم انتشار آلاینده های NOx و SOx طبق جدول
- ۶- عدم نشت روغن (روانکاری و هیدرولیک)، گاز و گازوئیل و آب سیستم خنک کاری
- ۷- ...



همایش

بیرالمللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



شرکت نیرو

آنالیز FMEA

کارکرد (۱): توانایی تولید توان حداکثری بر اساس ...

شکست کارکردی (A): عدم توانایی تولید توان حداکثری بر اساس ...

حالت شکست (۱): تجمع آلودگی در استاپ ولو سیستم ضد یخ زدگی

اثرات شکست (عملیاتی):

- جرم گرفتگی به مرور زمان و بر اثر رطوبت موجود در هوای خروجی از کمپرسور
- عدم عملکرد صحیح استاپ ولو
- عدم عملکرد صحیح سیستم ضد یخ زدگی و یخ زدن فیلترها و ...
- فاصله اولین نشانه های جرم گرفتگی تا اتو شات داون واحد حداقل ۱۶۰۰۰ ساعت (معادل دو سال).



همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



آنالیز FMEA

اثرات شکست (اقتصادی):

- نیروی انسانی لازم برای بازرسی ۱۲ و برای تعویض و یا لپینگ ولو جرم گرفته ۱۵ نفر ساعت.
- هزینه بازرسی سالیانه ۶۰۰ ه.ت. (هر نفر ساعت ۱۰۰ ه.ت.).
- زمان توقف برای بازرسی مجزا ۲۴ ساعت با هزینه سالانه ۱۰۲ م.ت. (هر ساعت توقف ۸/۵ م.ت.).
- زمان توقف در صورت شکست ۴۸ ساعت با هزینه سالانه ۳۱۹/۲ م.ت. (هر ساعت توقف اضطراری ۱۳/۳ م.ت.).



همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



آنالیز FMEA

کاربرگ اطلاعات

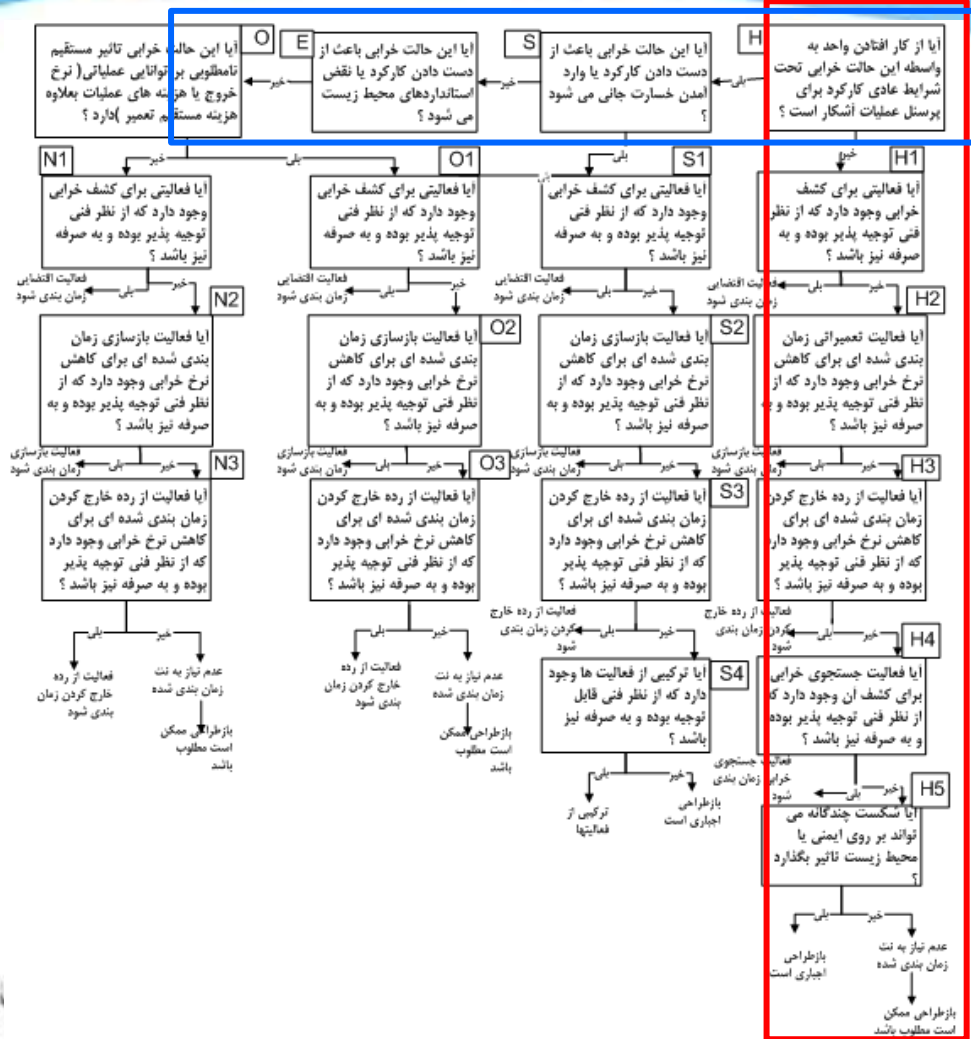
اثرات شکست (به هنگام شکست چه رخ می دهد)	حالت شکست (علت شکست)	شکست کارکردی	کارکرد
جهت جلوگیری از یخ زدن فیلترهای ورودی هوا از سیستم ضد یخ زدگی استفاده شده است. هوای خروجی از کمپرسور از طریق استاپ ولوها به این سیستم وارد می شود. رطوبت موجود در این هوا به مرور زمان باعث جرم گرفتگی (محصولات خوردگی) استاپ ولو خواهد شد که در این حالت در صورتی که نیاز به عملکرد این ولو باشد (مثلا در زمستان) ممکن است این ولو عمل نکرده و در نتیجه سیستم ضد یخ زدگی هم عمل نکند و کارکرد واحد کلا از دست برود. از زمانی که اولین نشانه های جرم گرفتگی در ولو قابل مشاهده باشد تا زمانی که کارکرد آن از دست برود حداقل ۱۶۰۰۰ ساعت (معادل دو سال) طول می کشد. برای انجام بازرسی بر روی این ولو ۱۲ نفر ساعت نیروی انسانی نیاز است. در صورتی که این فعالیت با فعالیت های دیگر تعمیراتی پکیج شود، اگر ولو سالم باشد نیازی به نفر ساعت اضافه نداریم ولی در صورتی که ولو جرم گرفته باشد به تقریبا سه ساعت برای تعویض و یا لپینگ ولو زمان لازم است. در این حالت هزینه تعمیرات سالیانه معادل ۶۰۰ هزار تومان (سالانه ۶ نفر ساعت نیروی انسانی، هر ساعت ۱۰۰ هزار تومان) است. در صورتی که این فعالیت تعمیراتی به صورت مجزا انجام شود هزینه سالیانه آن معادل ۱۰۲ میلیون تومان (سالانه ۱۲ ساعت توقف، هر ساعت توقف معادل ۸/۵ میلیون تومان) خواهد بود. اگر برای رفع این خرابی اقدامی انجام نشود برای انجام تعمیرات اضطراری به ۴۸ ساعت زمان، معادل ۳۱۹/۲ تومان هزینه سالیانه (۲۴ ساعت توقف اضطراری، هر ساعت توقف معادل ۱۳/۳ تومان) نیاز خواهد بود.	تجمع آلودگی در استاپ ولو سیستم ضد یخ زدگی (شامل Stem و Seat و Plug)	عدم توانایی کلی تولید توان	توانایی تولید توان حداکثری بر اساس منحنی ماهیانه توافقی (پیوست شرایط عملیات) و در شرایط ایزو به ترتیب ۱۵۷ و ۱۵۳ مگاوات برای سوخت گاز و گازوییل در مد سیکل ترکیبی و ۱۵۹ و ۱۵۵ مگاوات به ترتیب برای سوخت گاز و گازوییل در مد Single؛ و تولید توان راکتیو ۴۰- تا ۷۰+ مگاوار؛ با ولتاژ ۱۴/۹ الی ۱۶/۵ کیلوولت

همایش



پیشگاه نیرو
پژوهشگاه نیرو

دیاگرام تصمیم گیری

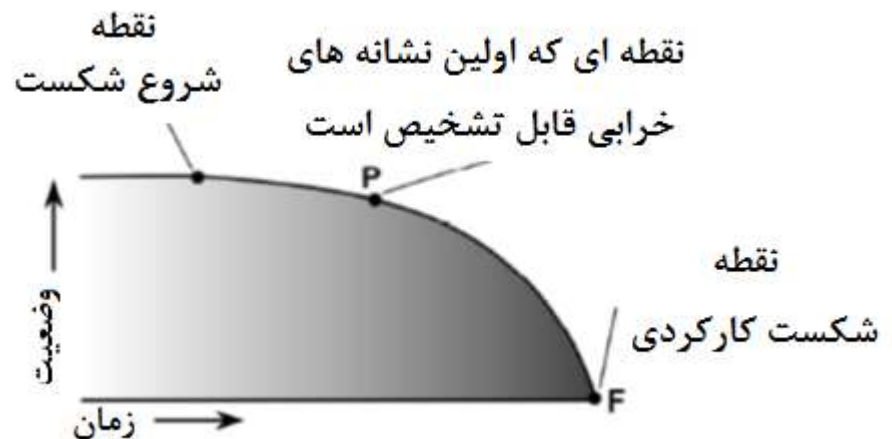


- آیا حالت خرابی آشکار است؟
- آیا حالت خرابی پیامد ایمنی دارد؟
- آیا حالت خرابی پیامد زیست محیطی دارد؟
- آیا حالت خرابی پیامد عملیاتی دارد؟

- آیا فعالیت پایش وضعیت (CM) مناسب وجود دارد؟
- آیا فعالیت تعمیر پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟
- آیا فعالیت تعویض پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟
- آیا فعالیت جستجوی شکست (FF) مناسب وجود دارد؟
- آیا فعالیت ترکیبی مناسب وجود دارد؟
- آیا باز طراحی مناسب وجود دارد؟
- کار تا خرابی



تصمیم‌گیری برای حالت شکست ۱ A ۱



• آیا حالت خرابی آشکار است؟ خیر

• آیا حالت خرابی پیامد ایمنی دارد؟ ---

• آیا حالت خرابی پیامد زیست محیطی دارد؟ ---

• آیا حالت خرابی پیامد عملیاتی دارد؟ ---

• بازرسی استاپ ولو سیستم ضد یخ زدگی (شامل Stem و Seat و Plug) از بابت جرم گرفتگی.

• در صورت مشاهده هر گونه علائم جرم گرفتگی، درخواست کاری برای بررسی ولو توسط واحد بازرسی فنی تنظیم گردد.

• این فعالیت پیشنهادی تنها در صورتی از نظر اقتصادی توجیه پذیر است که بتوان آن را با سایر فعالیت های تعمیراتی در یک بسته گنجانند.

• هر ۱۶۰۰۰ ساعت یک بار.

• توسط کارشناس تعمیرات مکانیک.

• آیا فعالیت پایش وضعیت (CM) مناسب وجود دارد؟ بله

• آیا فعالیت تعمیر پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ ---

• آیا فعالیت تعویض پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ ---

• آیا فعالیت جستجوی شکست (FF) مناسب وجود دارد؟ ---

• آیا فعالیت ترکیبی مناسب وجود دارد؟ ---

• آیا باز طراحی مناسب وجود دارد؟ ---

• کار تا خرابی ---

همایش



بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



آنالیز FMEA

کاربرگ تصمیم گیری

منبع اطلاعات	ارزیابی پیامدها				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	فعالیت های پیشنهادی			قابل انجام توسط
	O	E	S	H				S4	H5	H4	
FM FF F					Y						تکنسین و کارشناس تعمیرات مکانیک تحت نظارت کارشناس دفتر فنی
۱ A ۱											هر ۱۶۰۰۰ ساعت
											بازرسی استاپ ولو سیستم ضد یخ زدگی (شامل Stem و Seat و Plug) از بابت جرم گرفتگی. در صورت مشاهده هر گونه علائم جرم گرفتگی، درخواست کاری برای بررسی ولو توسط واحد بازرسی فنی تنظیم گردد. لازم به ذکر است که این فعالیت پیشنهادی تنها در صورتی از نظر اقتصادی توجیه پذیر است که بتوان آن را با سایر فعالیت های تعمیراتی در یک بسته گنجانند



همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



آنالیز FMEA

حالت شکست ۱ A ۲

حالت شکست (۲): کارکرد طبیعی گسکت استاپ ولو سیستم ضد یخ زدگی

اثرات شکست:

- نشتی هوای داغ از گسکت به مرور زمان و در اثر کارکرد طبیعی
- احتمال سوختن مدار تغذیه سولونوئید استاپ ولو توسط هوای داغ و اتو شات داون واحد
- احتمال آسیب دیدن فلنج توسط هوای داغ
- افت توان به علت نشتی هوا از کمپرسور
- از زمان نصب گسکت نو، حداقل ۳۳۰۰۰ ساعت طول خواهد کشید تا گسکت دچار نشتی مجدد شود
- این حالت خرابی یک بار در نیروگاه اتفاق افتاده است

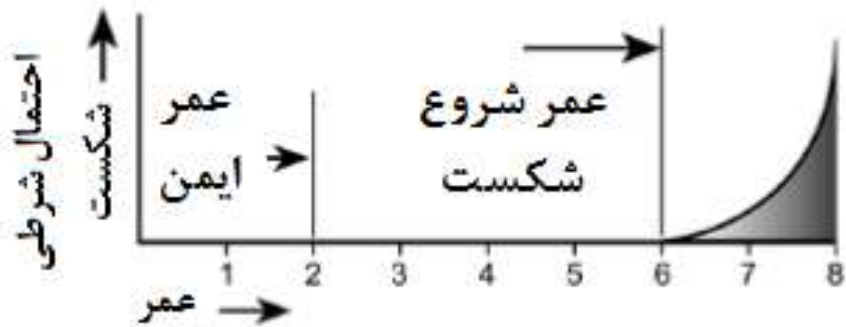


همایش

بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



تصمیم‌گیری برای حالت شکست ۱ A ۲



- تعویض زمان بندی شده گسکت استاپ ولو سیستم ضد یخ زدگی.
- هر ۳۳۰۰۰ ساعت یک بار.
- توسط تکنسین تعمیرات مکانیک.

- آیا حالت خرابی آشکار است؟ خیر
- آیا حالت خرابی پیامد ایمنی دارد؟ ---
- آیا حالت خرابی پیامد زیست محیطی دارد؟ ---
- آیا حالت خرابی پیامد عملیاتی دارد؟ ---

- آیا فعالیت پایش وضعیت (CM) مناسب وجود دارد؟ خیر
- آیا فعالیت تعمیر پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ خیر
- آیا فعالیت تعویض پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ بله
- آیا فعالیت جستجوی شکست (FF) مناسب وجود دارد؟ ---
- آیا فعالیت ترکیبی مناسب وجود دارد؟ ---
- آیا باز طراحی مناسب وجود دارد؟ ---
- کار تا خرابی ---



آنالیز FMEA

حالت شکست ۱ A ۴

حالت شکست (۴): شل شدن پیچ های ترمینال سولونوئید استاپ ولو سیستم ضد یخ زدگی بر اثر کارکرد طبیعی اثرات شکست:

- شل شدن پیچ های ترمینال های مدار تغذیه و فرمان سولونوئید به مرور زمان و در اثر ارتعاشات سیستم
- احتمال قطع شدن اتصال مدار سولونوئید و عدم عملکرد صحیح استاپ ولو
- عدم عملکرد صحیح سیستم ضد یخ زدگی و یخ زدن فیلتر ها و ...
- وجود آلام در DCS، در صورت شل شدن پیچ های ترمینال های مدار تغذیه
- عدم وجود آلام در DCS، در صورت شل شدن پیچ های ترمینال های مدار فرمان
- از زمان آچارکشی پیچ ها، حداقل ۳۳۰۰۰ ساعت طول خواهد کشید تا پیچ ها مجددا شل شوند
- نیاز به ۲ تا ۸ ساعت توقف اضطراری در صورت یخ زدن فیلتر
- عدم نیاز به توقف واحد برای آچارکشی این پیچ ها



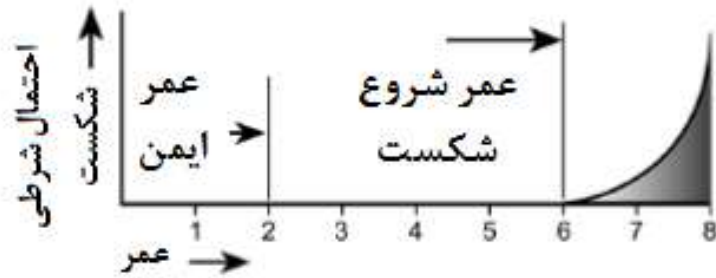
همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



پژوهشگاه نیرو

تصمیم‌گیری برای حالت شکست ۱ A ۴



- آچارکشی زمان بندی شده پیچ‌های مدارهای تغذیه و فرمان سولونوئید
- استاپ ولو سیستم ضد یخ زدگی در ترمینال محلی و پنل PLC
- هر ۳۳۰۰۰ ساعت یک بار.
- توسط تکنسین تعمیرات ابزار دقیق.

- آیا حالت خرابی آشکار است؟ خیر
- آیا حالت خرابی پیامد ایمنی دارد؟ ---
- آیا حالت خرابی پیامد زیست محیطی دارد؟ ---
- آیا حالت خرابی پیامد عملیاتی دارد؟ ---

- آیا فعالیت پایش وضعیت (CM) مناسب وجود دارد؟ خیر
- آیا فعالیت تعمیر پیش‌گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ بله
- آیا فعالیت تعویض پیش‌گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ ---
- آیا فعالیت جستجوی شکست (FF) مناسب وجود دارد؟ ---
- آیا فعالیت ترکیبی مناسب وجود دارد؟ ---
- آیا باز طراحی مناسب وجود دارد؟ ---
- کار تا خرابی ---



همایش

بی‌المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات



FMEA آنالیز

حالت شکست ۱ A ۲۹

حالت شکست (۲۹): جنس نامناسب پاپینگ سیستم پالس جت

اثرات شکست (عملیاتی):

- زنگ زدن لوله ها، تجمع ذرات زنگ آهن و گرفتگی سولونوئید ولوها و پارگی دیافراگم آن ها
- عدم عملکرد پالس جت، گرفتگی فیلترها و در نهایت اتو شات داون واحد
- کاهش عمر فیلترها به یک سال
- افزایش عمر فیلترها به ۲ سال با استفاده از لوله های با جنس فولاد زنگ نزن



همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



آنالیز FMEA

حالت شکست ۱ A ۲۹

اثرات شکست (اقتصادی):

- هزینه تعویض لوله ها برابر ۱۱۰ م.ت. در مدت ۶ هفته
- زمان توقف به صورت مجزا ۳۳۶ ساعت با هزینه ۲۸۵۶ م.ت. (هر ساعت توقف ۸/۵ م.ت.)
- هزینه تعویض فیلتر برابر ۴۵۳/۸ م.ت. شامل موارد زیر است:
 - قیمت فیلتر ها: ۲۰۰ م.ت.
 - توقف و عدم تولید: ۶۱۲ م.ت. (۷۲ ساعت توقف، هر ساعت ۸/۵ م.ت.)
 - کارگر ساده: ۵۴ م.ت. (۷۲۰ نفر ساعت، هر نفر ساعت ۷۵ ه.ت.)
 - نیروی متخصص: ۱۵ م.ت. (۱۰۰ نفر ساعت، هر نفر ساعت ۱۵۰ ه.ت.)
 - نیروی ابزار دقیق: ۲۱/۶ م.ت. (۱۴۴ نفر ساعت، هر نفر ساعت ۱۵۰ ه.ت.)
 - نگهداشت پالس جت: ۵ م.ت.
 - نصف شدن عمر فیلتر ها به علت عدم عملکرد صحیح پالس جت سالانه ۲۲۶/۹ م.ت. هزینه اضافی برای نیروگاه دارد.



همایش

بیرونی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



تصمیم گیری برای حالت شکست ۱ A ۲۹

- آیا حالت خرابی آشکار است؟ بله
 - آیا حالت خرابی پیامد ایمنی دارد؟ خیر
 - آیا حالت خرابی پیامد زیست محیطی دارد؟ خیر
 - آیا حالت خرابی پیامد عملیاتی دارد؟ بله
 - آیا فعالیت پایش وضعیت (CM) مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا فعالیت تعمیر پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا فعالیت تعویض پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا فعالیت جستجوی شکست (FF) مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا فعالیت ترکیبی مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا باز طراحی مناسب وجود دارد؟ بله
 - کار تا خرابی ---
- تغییر جنس لوله های سیستم پالس جت از فولاد معمولی به فولاد زنگ نزن.
 - این عمل تنها در صورتی که در زمان تعمیرات اساسی انجام شود صرفه اقتصادی دارد.
 - لازم به ذکر است که در صورت انجام بازطراحی پیشنهادی، تعویض پیش گیرانه فیلترها (۱ A ۳۸) مجددا بررسی گردد.



همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



آنالیز FMEA

حالت شکست ۱ A ۵۱

حالت شکست (۵۱): کارکرد طبیعی سیم پیچ Air Blowing فن های سیستم پالس جت
اثرات شکست (عملیاتی):

- ۶ عدد Air Blowing فن برای خارج کردن گرد و خاک زدوده شده توسط پالس جت ها
- سوختن سیم پیچ فن ها به مرور زمان و در اثر عواملی مانند نوسانات ولتاژ و یا جریان استارت
- افت فشار لاین مربوطه و عدم عملکرد صحیح پالس جت
- خرابی کاملا تصادفی
- عدم نیاز به توقف واحد برای رفع این حالت خرابی
- امکان ادامه عملیات با ۵ فن باقی مانده تا اولین زمان توقف برنامه ریزی شده



همایش

بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



پژوهشگاه نیرو

تصمیم‌گیری برای حالت شکست ۱ A ۵۱

- آیا حالت خرابی آشکار است؟ بله
 - آیا حالت خرابی پیامد ایمنی دارد؟ خیر
 - آیا حالت خرابی پیامد زیست محیطی دارد؟ خیر
 - آیا حالت خرابی پیامد عملیاتی دارد؟ بله
 - آیا فعالیت پایش وضعیت (CM) مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا فعالیت تعمیر پیش‌گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا فعالیت تعویض پیش‌گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا فعالیت جستجوی شکست (FF) مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا فعالیت ترکیبی مناسب وجود دارد؟ خیر
 - آیا باز طراحی مناسب وجود دارد؟ خیر
 - کار تا خرابی
- عدم نیاز به نت برنامه ریزی شده (کار تا خرابی)



همایش

بیان‌المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات



پژوهشگاه نیرو

آنالیز FMEA

حالت شکست ۱ A ۵۸

حالت شکست (۵۸): کارکرد طبیعی Torque Limiter موتور دمپر هوای وردی
اثرات شکست (عملیاتی):

- خرابی Torque Limiter به مرور زمان و در اثر کارکرد طبیعی
- افزایش بیش از حد گشتاور موتور و احتمال آسیب دیدگی دمپر و گیربکس
- عدم عملکرد صحیح دمپر و احتمال ورود جسم خارجی به کمپرسور و ...
- عدم توانایی Air Dryer در خشک کردن هوای داخل کمپرسور
- محاسبه فواصل زمانی بهینه برای چک کارکردی خرابی Torque Limiter



همایش

بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



آنالیز FMEA

حالت شکست ۱ A ۵۸

$$I = \sqrt{\frac{2 \times M_{tive} \times C_{ins}}{P_{ted} \times C_f}}$$

فاصله بین بازرسی ها

زمان متوسط بین خرابی های تجهیز محافظ

هزینه بازرسی

هزینه تعمیر خرابی چند گانه

احتمال خرابی تجهیز تحت حفاظت

هزینه کل = هزینه بازرسی ها + هزینه تعمیر خرابی ها
هزینه کل : تابعی از تعداد بازرسی ها یا فاصله بین بازرسی ها



آنالیز FMEA

حالت شکست ۱ A ۵۸

اثرات شکست (اقتصادی):

- هزینه بازرسی: ۶۰۰ ه.ت. (۴ نفر ساعت کارشناسی، هر نفر ساعت ۱۵۰ ه.ت.)
- هزینه خرابی چندگانه: ۶۹/۴ م.ت. (شامل ۱۵ م.ت. هزینه گیربکس، ۱/۲ م.ت. هزینه نیروی انسانی و ۵۳/۲ م.ت. هزینه چهار ساعت توقف اضطراری، هر ساعت ۱۳/۳ م.ت.)
- احتمال نیاز به عملکرد Torque Limiter: یک در ۳۶ (در سه سال اخیر با تغییر در طراحی آنها یک مورد در کل ۱۲ واحد)
- میانگین فاصله بین دو خرابی متوالی گیربکس: حداقل ۱۲۰ سال (در ۱۰ سال گذشته برای ۱۲ واحد، یک بار)



همایش

بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



پژوهشگاه نیرو

تصمیم گیری برای حالت شکست ۱ A ۵۸

$$I = \sqrt{\frac{2 \times 120 \times 0.6}{69/4 \times \frac{1}{36}}} = 8/64 \approx 8 \text{ years}$$

- بازرسی عملکرد Torque Limiter موتور دمپر هوای ورودی.
- هر ۸ سال یک بار (هر دو تعمیرات اساسی یک بار).
- توسط کارشناس تعمیرات الکتریک.

- آیا حالت خرابی آشکار است؟ بله
- آیا حالت خرابی پیامد ایمنی دارد؟ خیر
- آیا حالت خرابی پیامد زیست محیطی دارد؟ خیر
- آیا حالت خرابی پیامد عملیاتی دارد؟ بله

- آیا فعالیت پایش وضعیت (CM) مناسب وجود دارد؟ خیر
- آیا فعالیت تعمیر پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ خیر
- آیا فعالیت تعویض پیش گیرانه (PM) مناسب وجود دارد؟ خیر
- آیا فعالیت جستجوی شکست (FF) مناسب وجود دارد؟ بله
- آیا فعالیت ترکیبی مناسب وجود دارد؟ ---
- آیا باز طراحی مناسب وجود دارد؟ ---
- کار تا خرابی



همایش

بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



نتایج آماری آنالیز FMEA

حالت خرابی / سیستم	هوای ورودی	سوخت گازوئیل	سوخت گاز	احتراق
کار تا خرابی (RTF)	۹	۳۰	۳۵	۱۵
باز طراحی	الزامی	۱۸	۱۱	۲۶
	مطلوب	۴۵	۳۳	۲۹
فعالیت پیش بینانه (CM)	۲۴	۴۶	۳۰	۲۸
فعالیت پیش گیرانه (PM)	تعمیر	۴۹	۳۰	۳
	تعویض	۴	۱	۴
جستجوی شکست (FF)	۹	۷	۱۲	۱
مجموع	۹۶	۲۰۹	۱۵۲	۱۰۹
۵۶۶				



همایش

بیرالمللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



دستور العمل تعمیراتی

نمونه ای از دستور العمل تعمیراتی - دسته بندی شده بر اساس زمان اجرا
در فواصل زمانی ۴۰۰۰ ساعت

توسط	فعالیت پیشنهادی	حالت شکست		
تکنسین الکتریک	بازرسی بیرینگ Air Blowing فن های پالس جت از نظر نداشتن صدای غیر عادی، در صورت شنیدن هر گونه صدای غیر عادی درخواست کاری جهت تعویض بیرینگ تنظیم شود	۴۷	A	۱
کارشناس ابزار دقیق	چک کارکردی PLC سیستم Anti Icing	۱	A	۲۴۱
تکنسین مکانیک	تعویض زمان بندی شده اورینگ فیلترهای فوروآر دینگ (حتما یک بار قبل از فصل سرما انجام شود)	۸۲	A	۱
تکنسین مکانیک	شارژ گریس EP3 تازه بیرینگ های پمپ اینجکشن تا جایی که گریس سالم از دریچه خروجی گریس بیرون بزند	۱۴۶	A	۱
			

همایش



بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



دستورالعمل تعمیراتی

نمونه ای از دستورالعمل تعمیراتی - دسته بندی شده بر اساس مسئول اجرا
با مسئولیت کارشناس تعمیرات مکانیک

زمان اجرا	فعالیت پیشنهادی	حالت شکست		
		۱	A	۱
۱۶۰۰۰ ساعت	بازرسی استاپ ولو سیستم Anti Icing (شامل Stem، Seat و Plug) از بابت جرم گرفتگی. در صورت مشاهده هر گونه علائم جرم گرفتگی، درخواست کاری برای بررسی ولو توسط واحد بازرسی فنی تنظیم گردد. این فعالیت با همکاری تکنسین تعمیرات مکانیک و تحت نظارت کارشناس دفتر فنی انجام خواهد شد.	۱	A	۱
۲۰۰۰ ساعت	بازرسی بیرینگ پمپ های فورواردرینگ از نظر نداشتن صدای غیر عادی، در صورت شنیدن هر گونه صدای غیر عادی درخواست کاری برای تعویض بیرینگ تنظیم شود	۹۴	A	۱
هر بار باز شدن کانکشن	بازرسی چشمی اورینگ کانکشن عصایی مسیر برگشت گازوئیل از نظر نداشتن علائم خرابی؛ در صورت مشاهده هر گونه نشانی خرابی مانند دفرمگی یا خورده شدن، اورینگ تعویض گردد	۴۴۳	A	۱
			

همایش



بیرالمللی مدیر فنی و نگهداری و تعمیرات



جمع بندی

- پیاده سازی RCM به عنوان یک رویکرد نوین مدیریت نگهداشت بر روی یک واحد گازی V94.2 نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند شده است.
- استفاده از متودولوژی RCM2 تدوین شده توسط جان موبری برای صنایع غیر هوایی
- تشکیل تیم RCM از بین نیروهای خبره نیروگاه
- آموزش تیم RCM
- تدوین سند شرح عملکرد واحد
- مشخص کردن کارکردهای مورد انتظار کاربران
- تقسیم بندی توربین گاز به ۱۲ سیستم مجزا



همایش

بیرالمللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



پروژه نگاه نیرو

جمع بندی

- الویت بندی و شناسایی سیستم های بحرانی بر اساس تحلیل پارتو و جک نایف روی سوابق خرابی
- انتخاب سیستم های هوای ورودی، سوخت گازوئیل، سوخت گاز و احتراق به عنوان سیستم های الویت دار
- آنالیز FMEA
 - تعیین شکست های کارکردی
 - حالت های شکست
 - اثرات شکست
 - پیامد های شکست
- تصمیم گیری بر اساس دیاگرام تصمیم گیری
- تهیه دستورالعمل نگهداشت برای اجرا در نیروگاه



همایش

بیان ملی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



پروژه نگاه نیرو

تشکر و قدر دانی

پروژه حاضر توسط تیم RCM متشکل از افراد زیر انجام شده و ارائه دهندگان مقاله صرفاً نمایندگان تیم پروژه هستند.

- همکاران نیروگاه دماوند: مهیار جلیل، سید محمد حسینی، احسان آتش فراز، روزبه محصل اخلاقی، محمد مهدی حشمتی، چنگیز رحیمی، امیر شاکری، هاشم زارعی، پیمان عربانی، امین قربانی آهوئی، محسن شیعه زاده، سعید حاجیوند، سید ابوتراب موسوی، قادر پاشاپور، علی شایسته، سید جواد طباطبایی، رضا کاویانی پناهنده و محسن خوش اخلاق

- همکاران شرکت PAMCO: امیر خالقی و رضا آزادگان

- همکاران پژوهشگاه نیرو: حمید معصومی، اکبر نمازی تجرق و مهندس محمد تاجیک منصوری



همایش

بیرالمللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات



با سپاس از توجه شما

حمید معصومی

پژوهشگاه نیرو، گروه سیکل و مبدل های حرارتی

hmasoumi@nri.ac.ir



همایش

بین المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات



پژوهشگاه نیرو