

نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان

Reliability Centered Maintenance

RCM II

MOBIN NADERI

MSC. MECHANICAL ENGINEERING

ASSET MANAGEMENT CONSULTANT

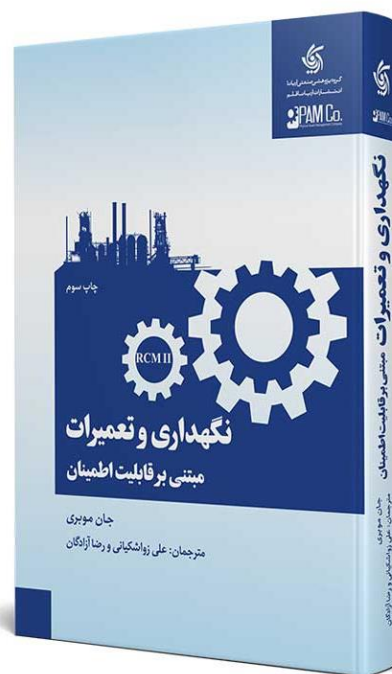
MOBIN.NADERI@GMAIL.COM



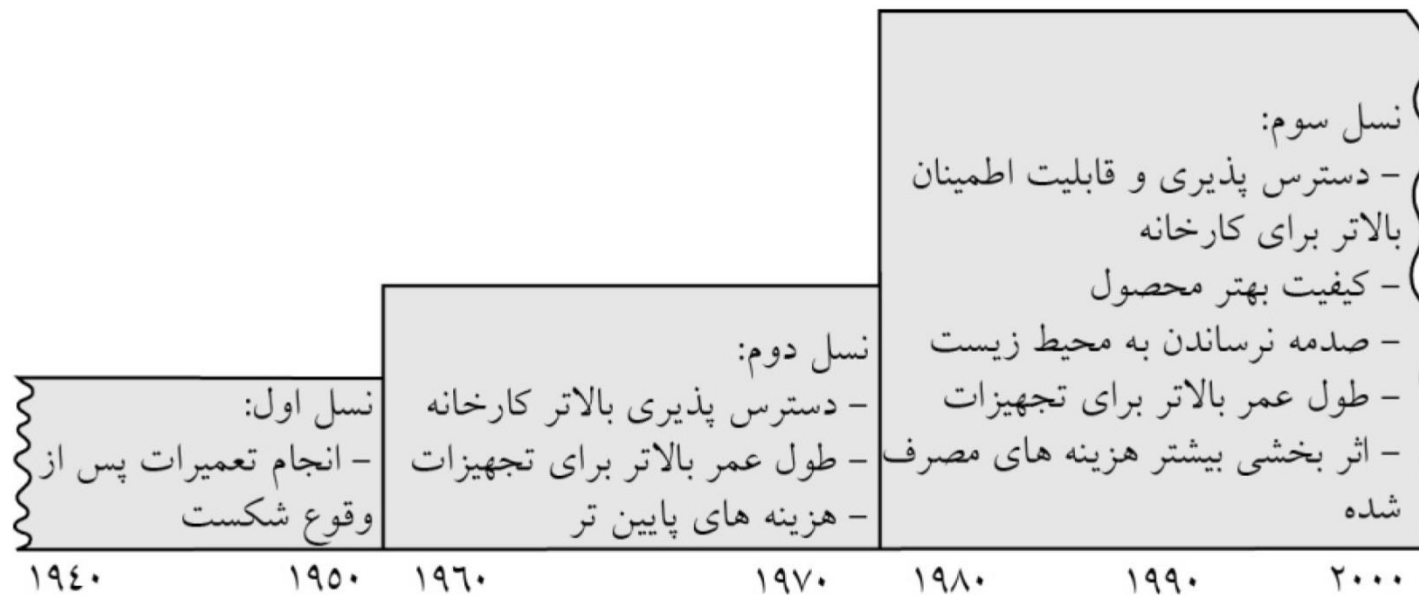
مبین نادری

- کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی از دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
- مشاور و مدرس در شرکت‌هایی مانند مجتمع مس سرچشمه، شرکت فولاد خوزستان، شرکت فولاد هرمزگان، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران، قطار شهری مشهد، پالایشگاه گاز بیدبلند، پالایشگاه گاز پارسین، مجتمع گازی پارس جنوبی، شرکت گاز استان سمنان، پالایشگاه تهران، پالایشگاه آبادان، پتروشیمی فجر، پتروشیمی غدیر، پتروشیمی پارس، پتروشیمی بوعلی سینا، پتروشیمی کارون، پتروشیمی بندرامام، پتروشیمی رازی، پتروشیمی اروند، خطوط لوله و مخابرات نفت ایران، شرکت نفت فلات قاره، وزارت نفت ایران، شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد، شرکت توزیع برق اهواز، توزیع نیروی برق خراسان شمالی، شرکت متانیر، شرکت تعمیرات و بهره‌برداری مپنا، مپنا توگا، شرکت موتورسازان تبریز، شرکت مگاموتور، شرکت ایران خودرو، شرکت تام ایران خودرو، شرکت کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر، شرکت زیرساخت امن خدمات تراکنشی، شرکت پارس ایزوتوپ، شرکت پارس حیات و غیره.
- مشاور قابلیت اطمینان شرکت Bureau Veritas در پروژه‌های خاورمیانه (عمان، عراق و ...)
- ارزیاب و عضو کمیته داوران جایزه تعالی مدیریت دارایی‌های فیزیکی
- عضو کمیته علمی و دبیر پانل صنعت برق در همایش مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات (مدیریت دارایی‌های فیزیکی)

Reliability Centered Maintenance (RCM II), By John Moubray



سیر تکاملی نگهداشت





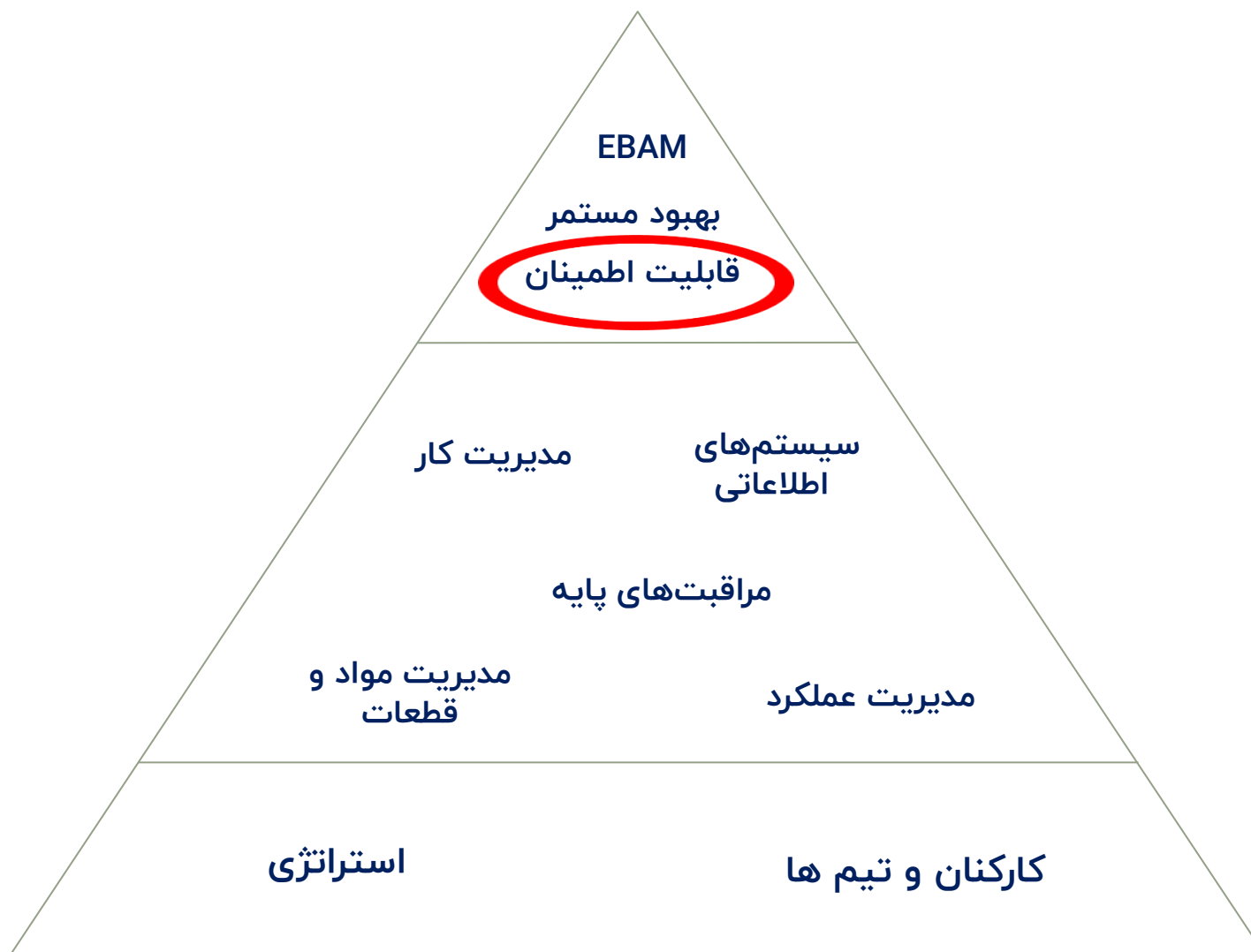
مدیریت دارایی های فیزیکی

مدیریت دارایی های چیست؟

شیوه ها و فعالیت هایی منظم و هماهنگ که سازمان از طریق آن دارایی ها و نیز هزینه ها و ریسک ها و عملکرد آن ها را در طی چرخه عمر دارایی ها، با هدف تحقق برنامه استراتژیک سازمانی، به طور بهینه و پایدار مدیریت می کند.

«مدیریت دارایی های فیزیکی» ادامه روند تکاملی نگهداری و تعمیرات است که به مرور زمان رشد یافته است.

مدل آیتایم



نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان RCM

دانش با تجربه ترین و متخصص ترین افراد بهره برداری
دانش با تجربه ترین و متخصص ترین افراد نگهداری و تعمیرات
دانش سایر متخصصین مرتبط
سوابق خرابی ها
برنامه ها و دستورالعمل های سازنده



برنامه های بهینه نگهداری و تعمیرات

انتخاب تجهیز برای انجام آنالیز

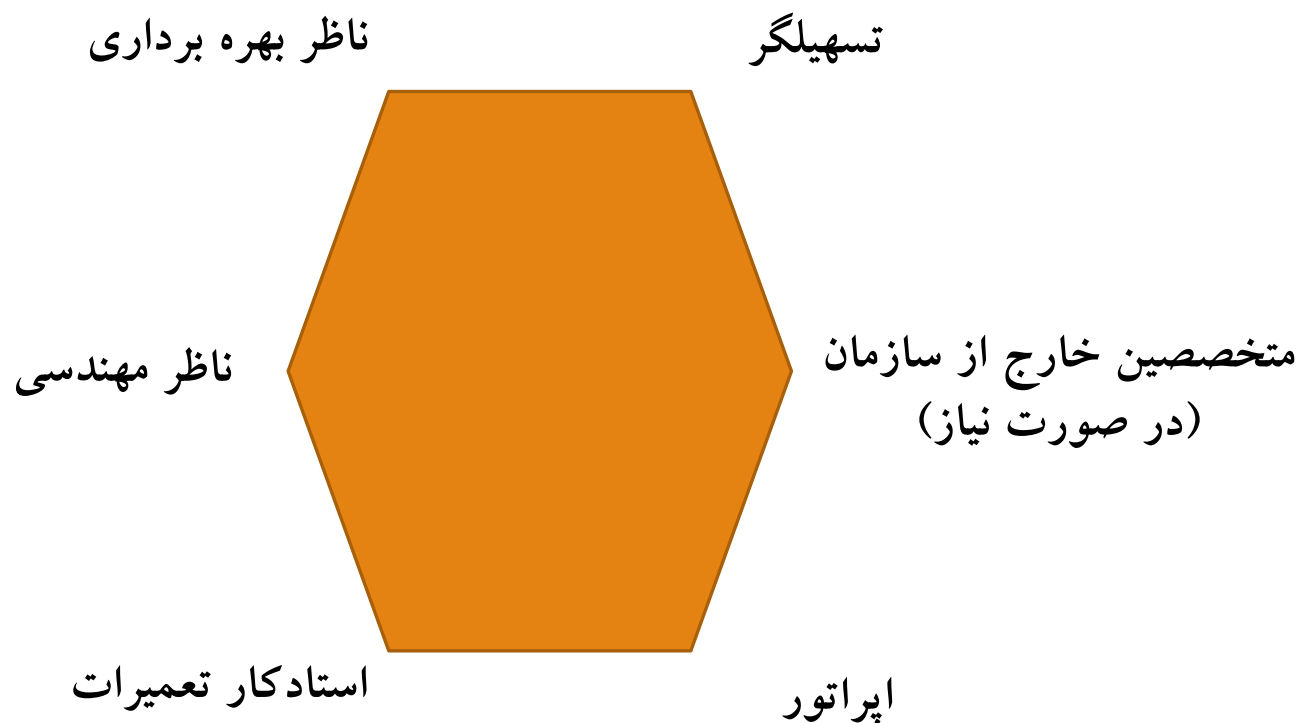
آیا مجموعه قصد جایگزینی این تجهیز را طی ۵ سال آینده دارد ؟

- پیامدهای ایمنی، زیست محیطی و مالی
- عملکرد فعلی در قیاس با وضعیت ایده ال
- شانس موفقیت در پیاده سازی
- برنامه بلند مدت برای بهره گیری از آن در شبکه

انواع خرابی این تجهیز، چه پیامدهایی و در چه حدی
به طور متوسط برای مجموعه در پی دارد ؟

این تجهیز تا چه حد جهت انجام پروژه ای پایلوت مناسب است؟

تیم آنالیز RCM



شرایط عملیات

RCM فرایندی برای تعیین الزامات نگهداری و تعمیرات

تجهیزات در شرایط عملیاتی شان

شرایط محیطی

شرایط بار گذاری

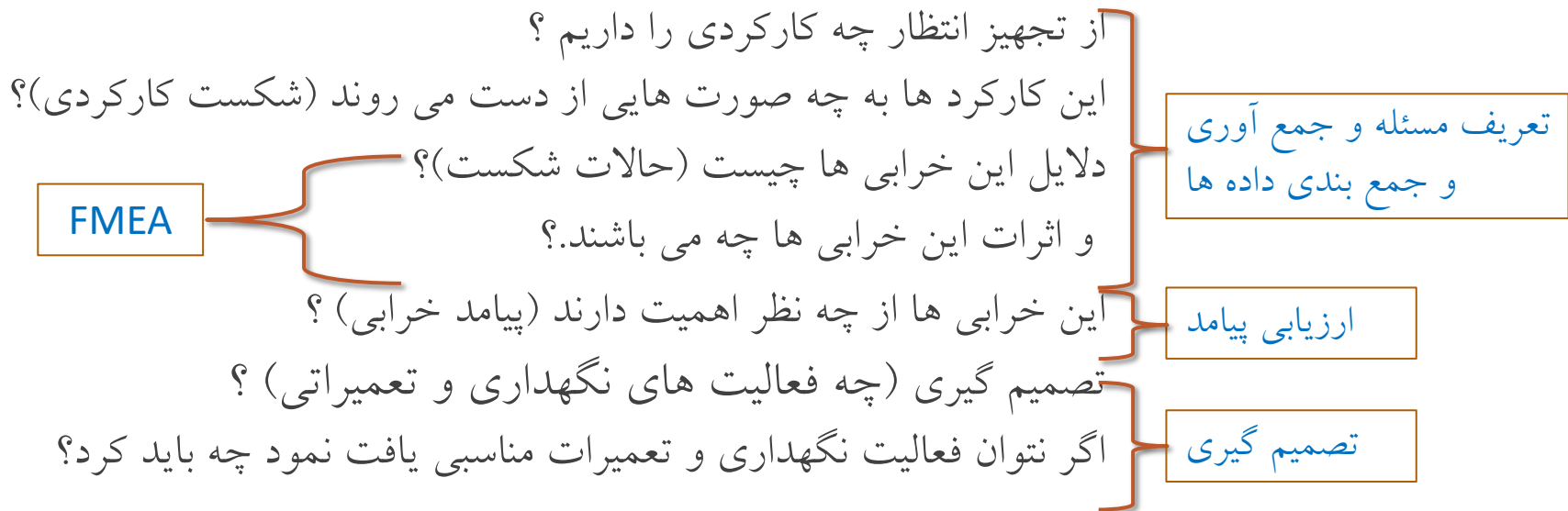
محدودیت ها

و غیره

تهیه سند Operating Context

- ▶ شرح مأموریت کلی سازمان
- ▶ شرح کلی و نقشه های شماتیکی از تجهیز
- ▶ جزئیات استاندارد های عملکرد
- ▶ پیامد های خرابی
- ▶ فرایند تولید (گسسته یا پیوسته)
- ▶ فرایند های قبلی و بعدی
- ▶ وجود تجهیزات رزرو
- استاندارد ها (کیفیت - محیط زیست)
- موجودی در جریان ساخت
- خرابی های عمده قبلی
- ریسک های موجود
- شیفت های کاری
- ملاحظات لوازم یدکی
- وضعیت بازار

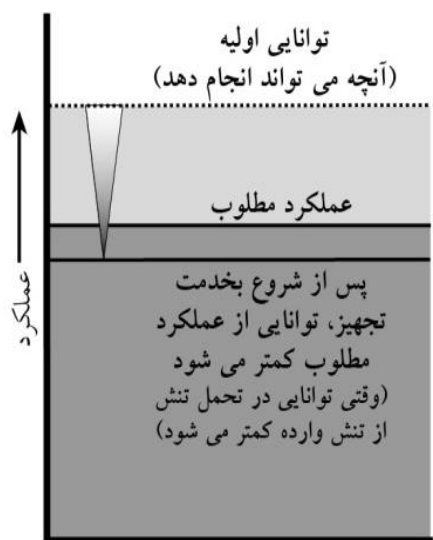
گام های اصلی:



ممیزی

پیاده سازی

کارکرد



حفظ توانایی های ذاتی و درونی تجهیز؟

علت ذاتی استفاده از تجهیزات، کارکردی است که برای ما دارند!

رویکردی جدید در تعریف اهداف نگهداری و تعمیرات:

تاکید بر اینکه تجهیز چه کاری انجام می دهد، بجای اینکه خود تجهیز چیست

کارکرد

از یک تجهیز نه تنها انتظار انجام کارکرد را داریم

(استاندارد عملکرد)

بلکه این انتظار را در سطح قابل قبولی داریم

استاندارد عملکرد چندگانه

استاندارد عملکرد کمی و کیفی

استاندارد عملکرد مطلق

استاندارد عملکرد متغیر

استاندارد عملکرد با محدودیت های بالایی و پایینی

کارکرد

کارکردهای مورد انتظار کاربران به دو دسته تقسیم می شوند:

کارکردهای اولیه: انتظارات رده اول از تجهیز - چرا تجهیز را خریده ایم؟
مانند سرعت، نرخ خروج، ظرفیت حمل یا ذخیره سازی، کیفیت محصول و خدمات

کارکرد های ثانویه: سایر انتظاراتی که از تجهیز داریم مانند ایمنی، کنترل، آلودگی، راحتی،
تمامیت سازه ای، صرفه جویی، حفاظت، راندمان عملیات، تطابق با مقررات زیستی و
ظاهر تجهیز

ESCAPES

نمونه کارکردهای یک ترانسفورماتور روغنی زمینی

کارکرد اولیه :

تبدیل ولتاژ ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت با تolerانس ۵ درصد در خروجی و ۵ درصد در ورودی



کارکرد ثانویه:

قابلیت تخلیه اضافه ولتاژ به زمین

توانایی نمایش دمای روغن

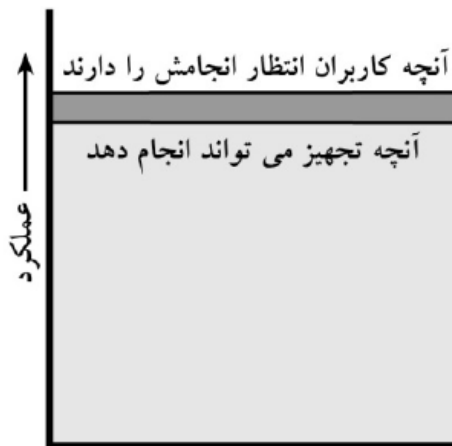
توانایی کنترل اختلاف دمای روغن ترانسفورماتور با محیط تا ۷۰ درجه

تمرین ۱:



کارکردهای اولیه و ثانویه را برای یک ترانسفورماتور روغنی پست زمینی بنویسید.

شکست کارکردی



پرسش دوم:

به چه صورت هایی ممکن است تجهیز از انجام کارکرد هایش باز ایستد؟

یک تعریف ساده:

شکست (خرابی) یعنی عدم توانایی تجهیز در انجام خواسته کاربران

شکست کارکردی بجای شکست تجهیز

شکست کارکردی یعنی عدم توانایی تجهیز در انجام کارکرد در سطح استاندارد عملکرد مورد قبول کاربر

شکست کلی و جزئی

محدودیت های بالایی و پایینی

درجه های اندازه گیری و نشان دهنده ها

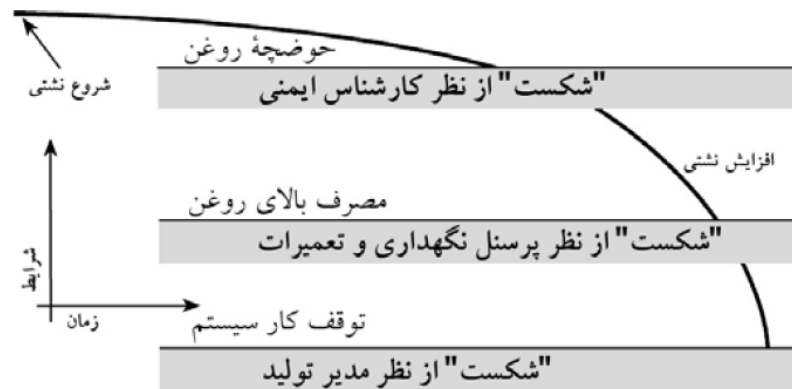
شرایط عملیات

تمامی شکست های کارکردی مربوط به کارکرد باید ثبت شوند

استفاده از استاندارد عملکرد

استاندارد عملکرد خود تابعی است از شرایط عملیات.

تا به امروز اغلب برنامه های نگهداری و تعمیرات توسط خود پرسنل نت بررسی، تفسیر و تدوین می شدند.



واقعا چه کسی می بایست استاندارد عملکرد را تعیین نماید؟

تمرین ۲:



برای کارکردهای لیست شده در تمرین قبل شکست(های) کارکردی را بنویسید.

شکست کارکردی

کارکرد:

تبدیل ولتاژ ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت با تفرانس ۵ درصد در خروجی

شکست کارکردی:

عدم توانایی کلی تبدیل ولتاژ

تبدیل ولتاژ ۲۰ کیلوولت به بیش از ۴۲۰ ولت در خروجی

تبدیل ولتاژ ۲۰ کیلوولت به کمتر از ۳۸۰ ولت در خروجی

کارکرد: قابلیت تخلیه اضافه ولتاژ به زمین

شکست کارکردی: عدم توانایی کلی تخلیه اضافه ولتاژ به زمین

حالات شکست (دلایل خرابی ها)

هر پیشامدی که باعث یک شکست کارکردی شود، یک حالت شکست نامیده می شود.



شل شدن تسمه کوپلینگ
شکستن توپی کوپلینگ در اثر خستگی
گیر کردن سوپاپ در حالت بسته

استفاده از عبارات مصدري دقيق

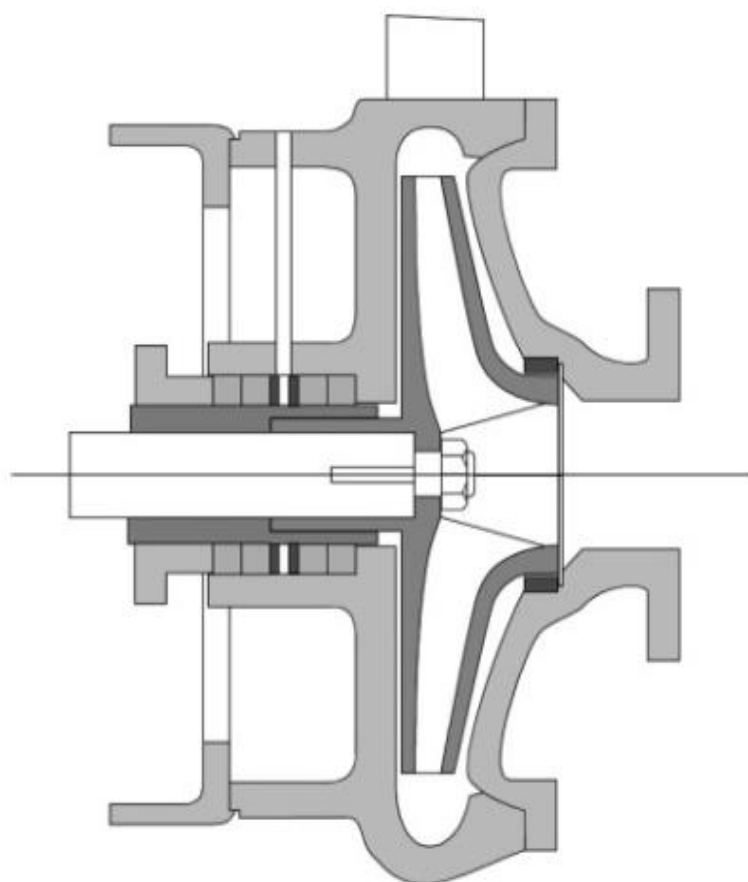


دلایل خرابی

پر چالش ترین مرحله آنالیز:
حالات شکست باید با جزئیاتی کافی تعریف شوند که امکان انتخاب سیاست مناسب جهت مدیریت شکست فراهم شود

تعریف حالات شکست در سطح مناسب از طیف علت و معلولی

مدیریت در سطح دلایل خرابی



← عمر مفید →
سایش پره های
گریز از مرکزی

این شکست باید با تعویض ایمپلر پیش از پایان عمر
مفید آن مدیریت شود

گیر کردن پره
این شکست با نصب صافی در خط مکش مدیریت
می شود

از جا در آمدن پره
این شکست با آموزش پرسنل در رابطه با نصب صحیح
پره مدیریت می شود

کدام دسته از حالات شکست را باید بررسی نمود؟

□ افت توانایی

فرسودگی

روانکاری

آلودگی

باز شدن قطعات

خطا های انسانی

□ افزایش تنش وارده (تغییر سطح عملکرد مطلوب)

نگاه داشتن تعمدی یا غیر تعمدی در وضعیت فشار بیش از حد

فشار ناگهانی و غیر تعمدی

استفاده از مواد نا مناسب در فرایند

□ عدم توانایی ذاتی

دلایل خرابی ها

چه حالات شکست را باید مورد بررسی قرار دهیم؟

دلایل خرابی که تاکنون اتفاق افتاده اند.

دلایل خرابی که جهت جلوگیری از وقوعشان (در حال حاضر) از روش های نگهداری و تعمیرات استفاده می شود.

خرابی هایی که تا کنون رخ نداده اند اما احتمال رخداد وجود دارد و پیامد قابل توجهی دارند.

دلایل خرابی ها # اثرات خرابی

گیر کردن یاتاقان های جعبه دنده
صاف شدن دندانه های چرخ دنده ها

چک دندانه ها از نظر سایش
چک کردن لقی در گیربکس
آنالیز ارتعاشات

بررسی بیشتر و داشتن پیامد فقط عملیاتی

بررسی بیشتر و داشتن پیامد ایمنی

گیربکسی که با روغن کاری
مناسب ۲۰ سال کار می کند:
راه حل: چک کردن روغن

حرکت در شبکه علت و معلولی:
راه حل های سخت گیرانه تر

چگونه باید حالات شکست را فهرست نمود؟

سیستم: توربین گاز 5 MW		کاربرگ اطلاعات RCM II	
زیر سیستم: سیستم آگروز			
حالت شکست (علت شکست)	شکست کارکردی (از دست دادن کارکرد)	کارکرد	
خوردگی کامل پایه های نگهدارنده صدا خفه کن	۱	عدم توانایی کلی در انتقال گاز	A
سقوط قسمتی از صدا خفه کن به علت خستگی	۱	گرفتگی جریان گاز	B
سوراخ شدگی نقطه اتصال انعطاف پذیر بدلیل خوردگی	۱	نشستی گاز	C
عدم نصب صحیح واشر های درز گیر	۲		
سوراخ شدن دمنده های بالایی به علت خوردگی	۳		

تمرین ۳:



برای شکست های کارکردی تمرین قبل حالات
شکست ممکن را بنویسید.

نمونه حالات شکست ترانسفورماتور

شل شدن اتصالات ورودی ترانسفورماتور به مرور زمان

کیفیت نامناسب اتصالات ورودی ترانس

تفاوت جنس دو طرف نقطه اتصال ورودی ترانسفورماتور در پروژه

خطای انسانی در اجرای اتصالات ورودی ترانس

آلودگی سرکابل و بوشینگ‌ها در اثر کارکرد طبیعی

اثرات شکست

تشریح آنچه که در زمان وقوع هر یک از حالات خرابی رخ می دهد. شامل:

پیش از وقوع شکست

چه شواهدی حاکی از رخداد شکست است.

خرابی به چه صورت هایی می تواند تهدیدی برای ایمنی یا محیط زیست باشد.

خرابی به چه صورت هایی می تواند بر روی تولید یا عملیات تأثیر گذار باشد.

چه آسیب های فیزیکی توسط خرابی برای خود تجهیز یا تجهیزات دیگر ایجاد می شود.

برای رفع خرابی چه باید کرد.

اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم گیری (مانند هزینه ها)

منابع اطلاعاتی درباره حالات و اثرات شکست

سازنده یا فروشنده تجهیزات

فهرست های عمومی حالات شکست

سایر کاربران تجهیزات مشابه

سوابق فنی ثبت شده

نظر خبرگان آن تجهیز

حالات و اثرات شکست

کاربرگ اطلاعات RCM II

© 1996 ALADON LTD

سیستم: توربین گاز 5 MW	شماره سیستم: ۲۱۶-۰۵	هماهنگ کننده RCM: N Smith	تاریخ: ۱۹۹۶/۷/۷	شماره برگ: ۱
زیر سیستم: سیستم اگزوز	شماره زیر سیستم: ۲۱۶-۰۵-۱۱	ممیز: P Jones	تاریخ: ۱۹۹۶/۷/۷	از: ۳

کارکرد	شکست کارکردی (از دست دادن کارکرد)	حالت شکست (علت شکست)	اثرات شکست (چه اتفاقاتی در زمان شکست روی می دهد)
۱	سمن ددن تمامی گازهای داغ خروجی توربین به نقطه خاصی در فاصله ۱۰ متری بالای سقف اتاق توربین بدون هیچ گونه گرفتگی	A عدم توانایی کلی در انتقال گاز	مجموعه صدا خفه کن فرو ریخته و به پایین دودکش می افتد فشار مخالف باعث ایجاد ضربات شدید در توربین شده، دمای گاز های خروجی افزایش یافته و توربین متوقف می شود. زمان توقف برای تعویض صدا خفه کن تا چهار هفته.
	B گرفتگی جریان گاز	۱ سقوط قسمتی از صدا خفه کن به علت خستگی	بر اساس طبیعت گرفتگی، دمای گاز های خروجی ممکن است تا بجایی افزایش یابد که توربین را متوقف نماید. خرده ذرات ناشی از سقوط ممکن است به قسمت هایی از توربین صدمه بزنند. زمان توقف برای تعویض صدا خفه کن تا چهار هفته.
	C نشستی گاز	۱ سوراخ شدگی نقطه اتصال لطف پذیر بدلیل خوردگی	نقطه اتصال درون هود توربین قرار دارد و در نتیجه گاز های خروجی نشستی توسط سیستم مکش هود خارج خواهند شد. احتمال کشف نشستی توسط تجهیزات کشف آتش و گاز نصب شده درون هود نا محتمل است، و احتمال افزایش دما تا جایی نخواهد بود که مدار کشف آتش را تحریک نماید. یک نشستی جدی ممکن است باعث داغ کردن سیستم رطوبت گیر گاز شود، و همچنین باعث ذوب شدن سیم های کنترلی شود که از نزدیکی محل نشستی عبور می کنند که اثراتی غیر قابل پیشبینی در پی خواهد داشت. بالاس فشار درون هود بگونه ای است که گاز بسیار کمی از نشستی های کوچک خارج خواهد شد، و در نتیجه احتمال کشف یک نشستی کوچک از روی بو و صدا نا محتمل می باشد. زمان توقف برای تعویض نقطه اتصال ۳ روز.
		۲ عدم نصب صحیح واشر های درز گیر	گاز به درون اتاق توربین فرار کرده و دمای محیط افزایش می یابد. سیستم تهویه سالن گاز ها را از طریق هواکش به فضای بیرون انتقال می دهد و در نتیجه احتمال رسیدن گاز به مقدار کشنده نا محتمل می باشد. یک نشستی کوچک در این نقطه ممکن است قابل شنیدن باشد. زمان توقف برای تعمیر تا ۴ روز.
		۳ سوراخ شدن دمنده های بالایی به علت خوردگی	دمنده های بالایی در بیرون اتاق توربین قرار دارند پس نشستی در این نقطه به اتسفر راه پیدا می کند. ممکن است سطح نویز در محیط افزایش یابد. زمان توقف برای تعمیر تا ۱ هفته.
	D عدم توانایی در انتقال گاز به فاصله ۱۰ متری بالای سقف	۱ برش بیج های نگهدارنده پایه های دودکش بدلیل پوسیدگی	دودکش ممکن است برای مدتی پیش از سقوط توسط طناب های مهلر کننده سر جای خود نگهداشته شود، اما به یک طرف خم خواهد شد. اگر دودکش سقوط نماید، احتمال زبیدی وجود دارد که به سازه هایی که درونشان افرادی وجود دارند صدمه وارد کند. زمان توقف برای تعمیر از چند روز تا چندین هفته.
		۲ کج شدن و سقوط دودکش بدلیل ورزش باد شدید	سازه دودکش نوعی طراحی شده که طاقت تحمل باد هایی تا سرعت ۲۰۰ مایل بر ساعت را داشته باشد، پس احتمال سقوط آن بر اثر ورزش باد فقط وقتی محتمل است که طناب های مهلر کننده از قبل شل شده باشند (شاید بر اثر خوردگی). در این صورت احتمال سقوط آن توسط بادی چندین ثانیه وجود دارد. زمان توقف برای تعمیر تا چندین هفته.
۲	کاهش نویز گاز های خروجی به درجه ۳۰ استاندارد ISO در فاصله ۵۰ متری	A تجاوز سطح نویز در فاصله ۵۰ متری از درجه ۳۰ استاندارد ISO	گاز های خروجی بیشتر مواد را به بیرون خواهند برد، اما مقداری نیز ممکن است به پایین دودکش سقوط کرده و خروجی توربین را مسدود نمایند، باعث افزایش دمای گاز های خروجی و احتمالاً توقف توربین می شود. سطح نویز کم کم افزایش می یابد. زمان توقف برای تعمیر در حدود ۲ هفته.

تمرین ۴:

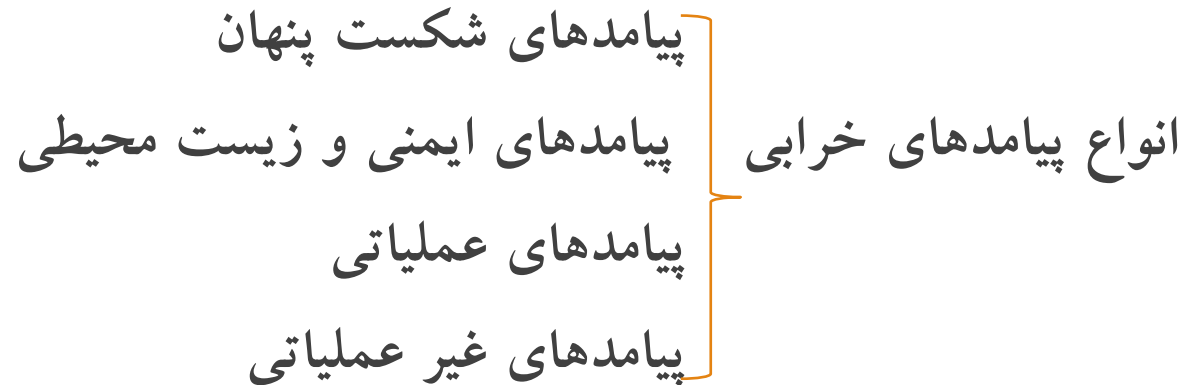


اثرات شکست را برای حالات
شکست تمرین قبل بنویسید.

پیامدهای شکست

هدف RCM صرفاً جلوگیری از وقوع خرابی نیست بلکه هدف اصلی حذف یا کاهش پیامدهای خرابی است.

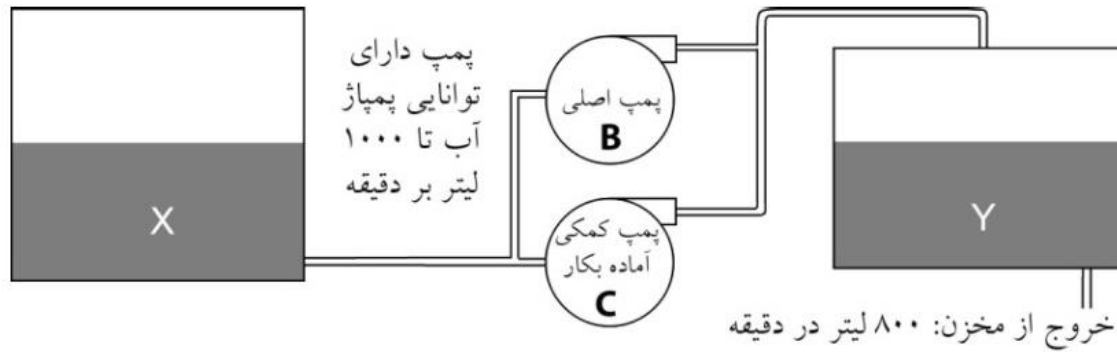
اهمیت هر خرابی با توجه به پیامد رخداد آن تعیین می شود.



پیامدهای شکست پنهان

شکست های پنهان در مورد خرابی تجهیزات حفاظتی یا تجهیزات استندبای می باشد. این خرابی ها ممکن است سازمان را با شکست های چندگانه دارای پیامدهای خطرناک و فاجعه با روبرو کند.

شکست پنهان



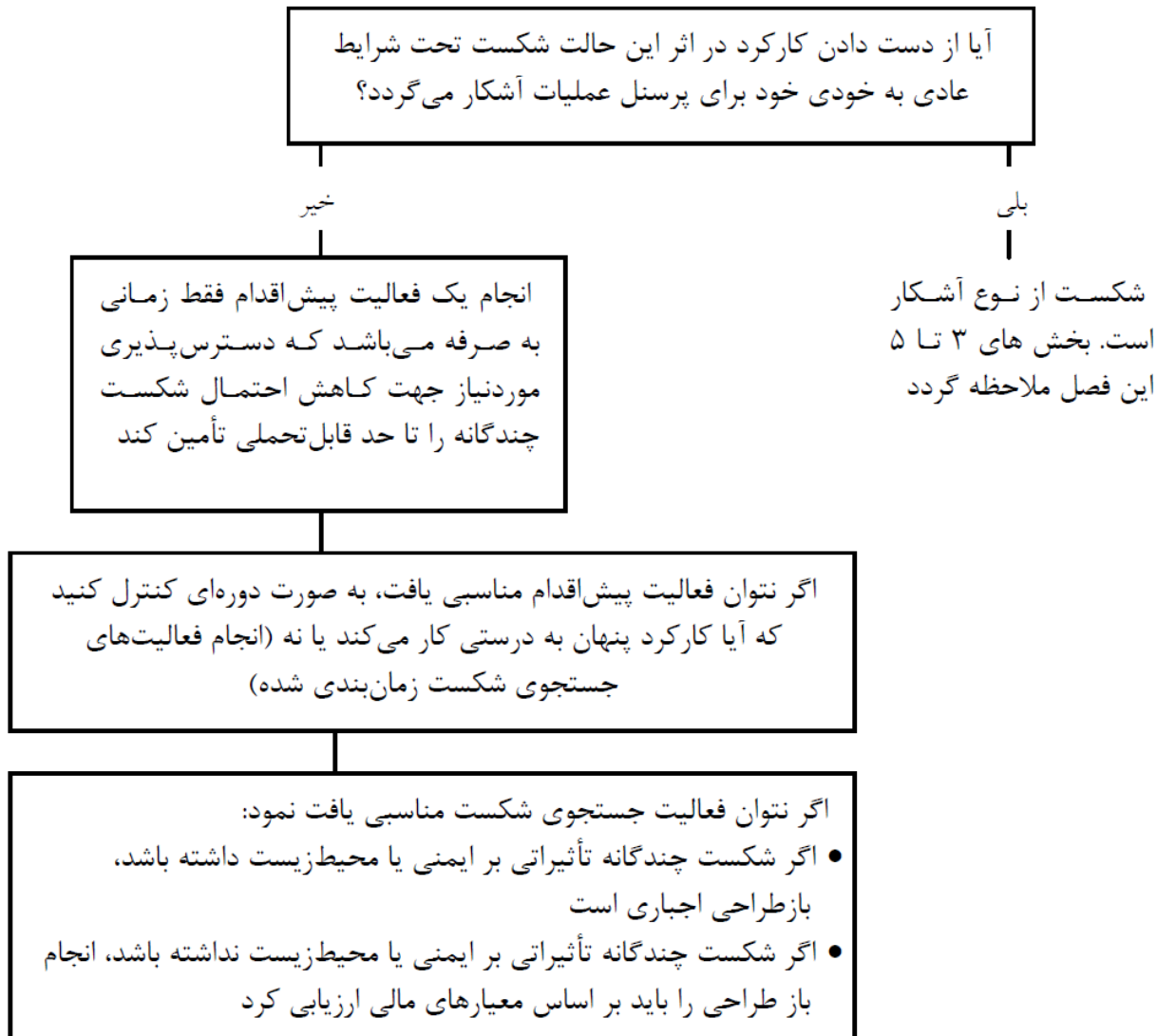
شکست چندگانه

خرابی پمپ stand by

خرابی پمپ اصلی = شکست چندگانه

زمان

پیامدهای شکست پنهان

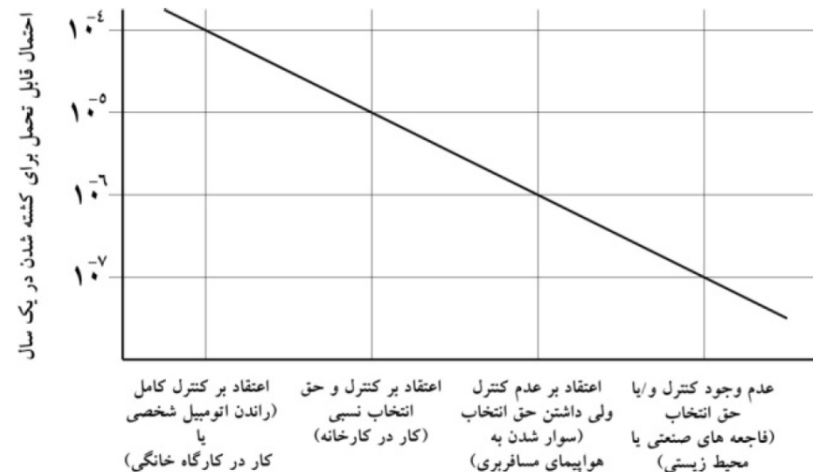


پیامدهای ایمنی و زیست محیطی

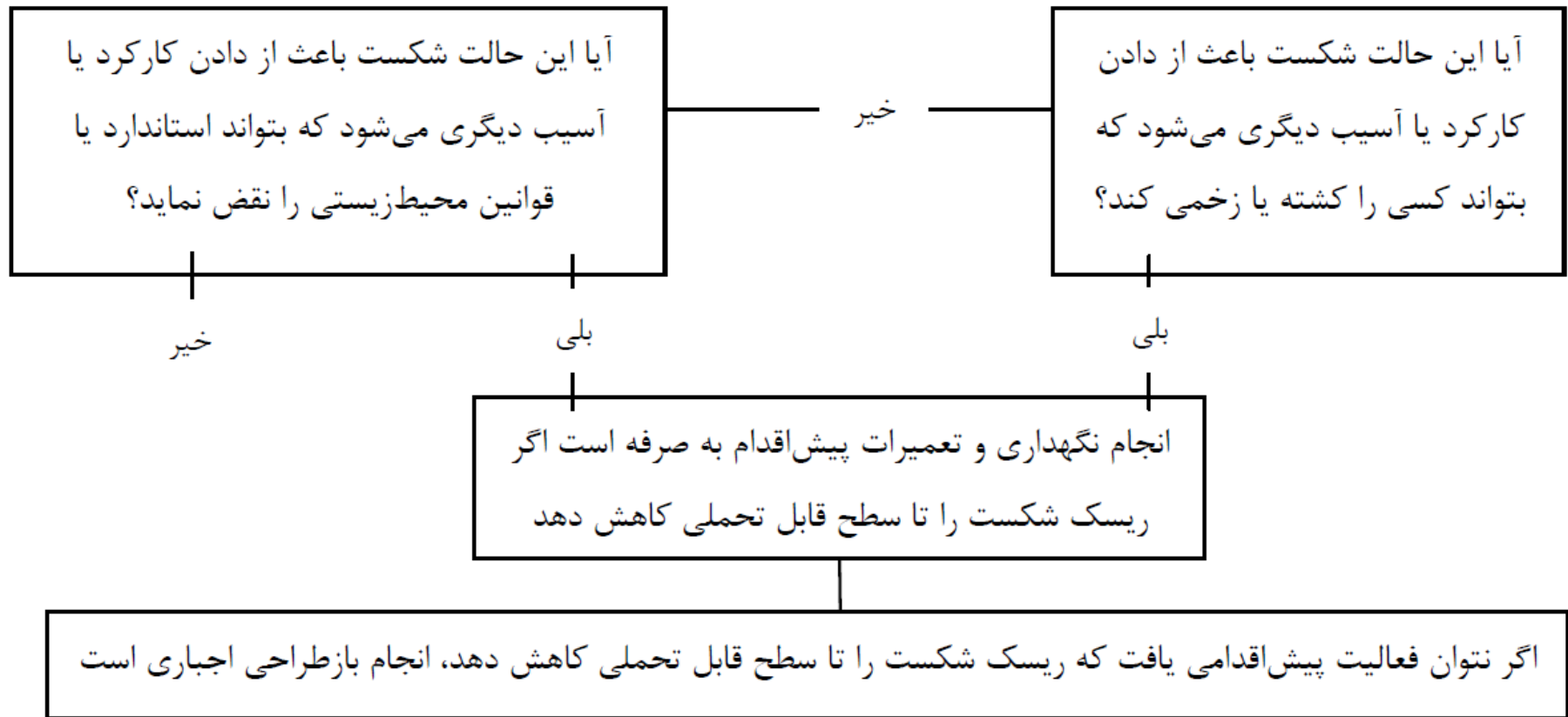
در اثر وقوع خرابی اگر...

فردی کشته یا زخمی شود ← پیامد ایمنی

استاندارد محیط زیستی نقض گردد ← پیامد زیست محیطی

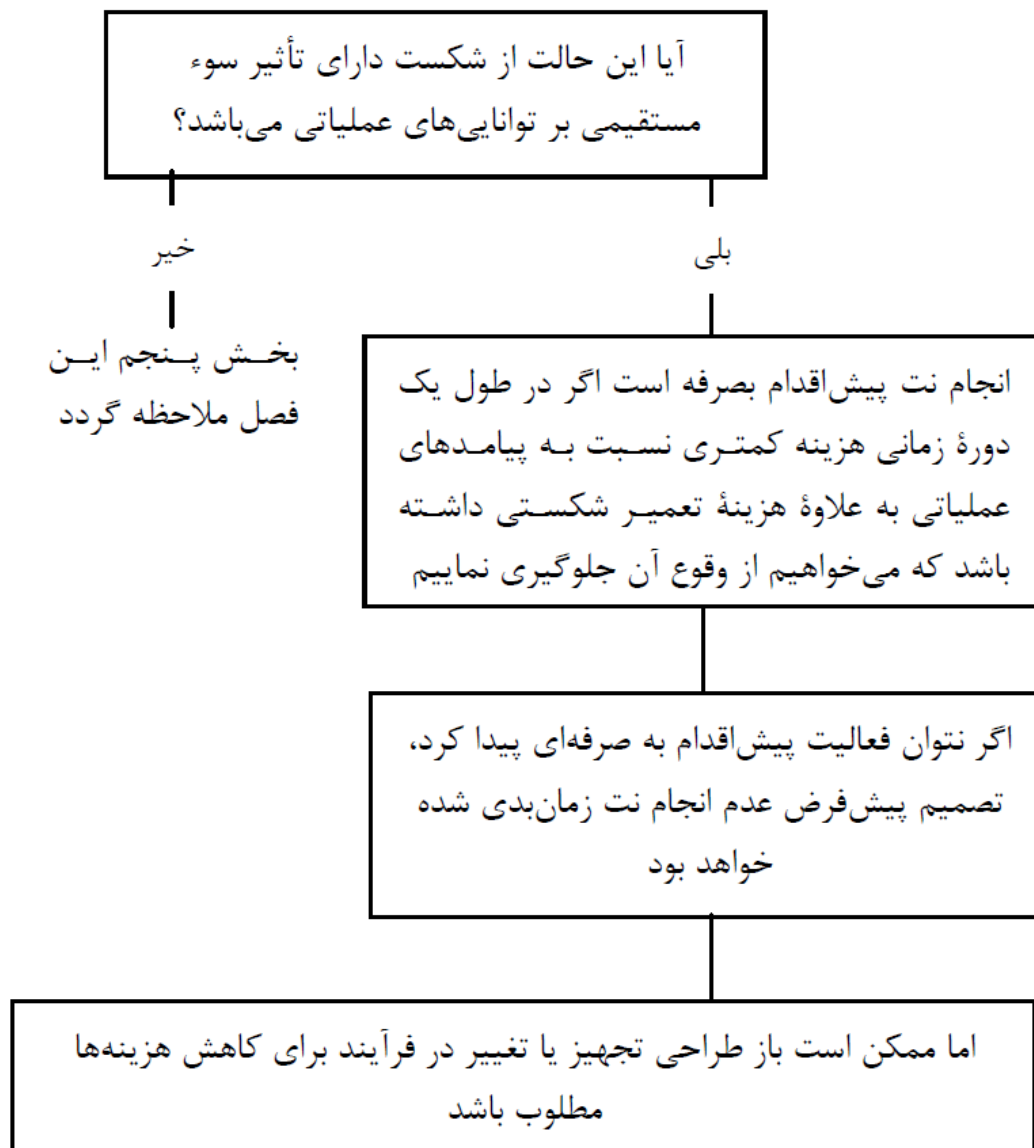


پیامدهای ایمنی و زیست محیطی



خرابی پیامد عملیاتی دارد اگر...

روی تولید یا ارائه خدمات (نرخ خروج، کیفیت محصول، هزینه های عملیات به علاوه هزینه های مستقیم تعمیر) و یا کیفیت ارائه خدمات به مشتری اثر گذار باشد.

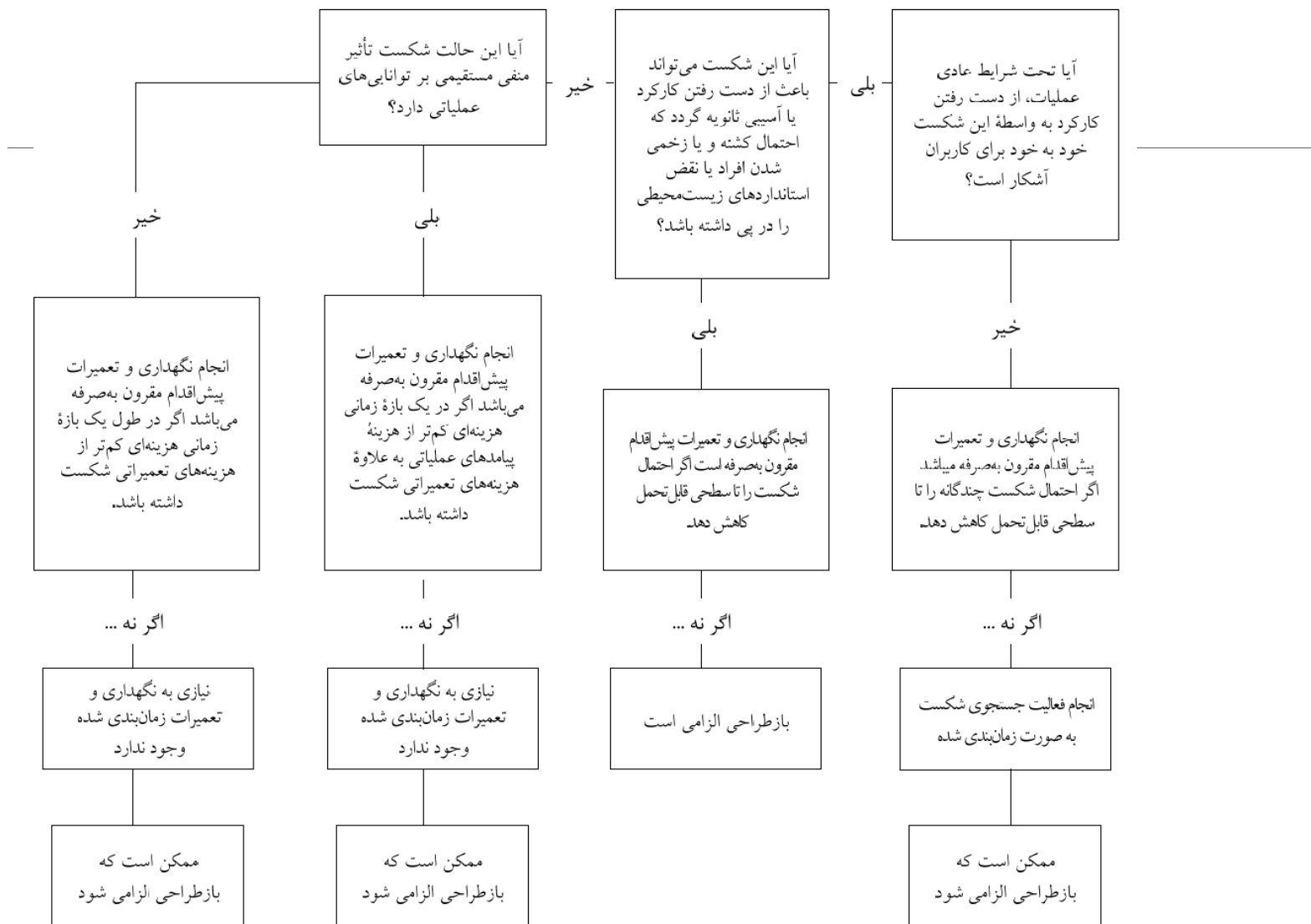


پیامد غیر عملیاتی

خرابی پیامد غیر عملیاتی دارد اگر...

آشکار باشد و بر روی ایمنی، تولید و کیفیت خدمات تأثیری نداشته و فقط هزینه های مستقیم تعمیر را موجب شود.

نمودار تصمیم گیری



سپهبد	شماره	تظلم	تاریخ	مرکز
زیر سپهبد	مرجع	بازرسی	تاریخ	از

[illegible]

فعالیت های نگهداری و تعمیرات (بر اساس منطق RCM)

فعالیت های پیش اقدام

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)

بازسازی پیشگیرانه

تعویض پیشگیرانه

نگهداری و تعمیرات اقتضائی (on condition)

اقدامات پیش فرض

جستجوی شکست (Functional check)

عدم نیاز به نگهداری و تعمیرات زمانبندی شده Run to Failure

بازطراحی

فعالیت های پیش اقدام

برای پیش بینی یا پیش گیری از وقوع خرابی چه می توان کرد؟

دو پرسش مهم جهت انتخاب فعالیتی پیش اقدام:

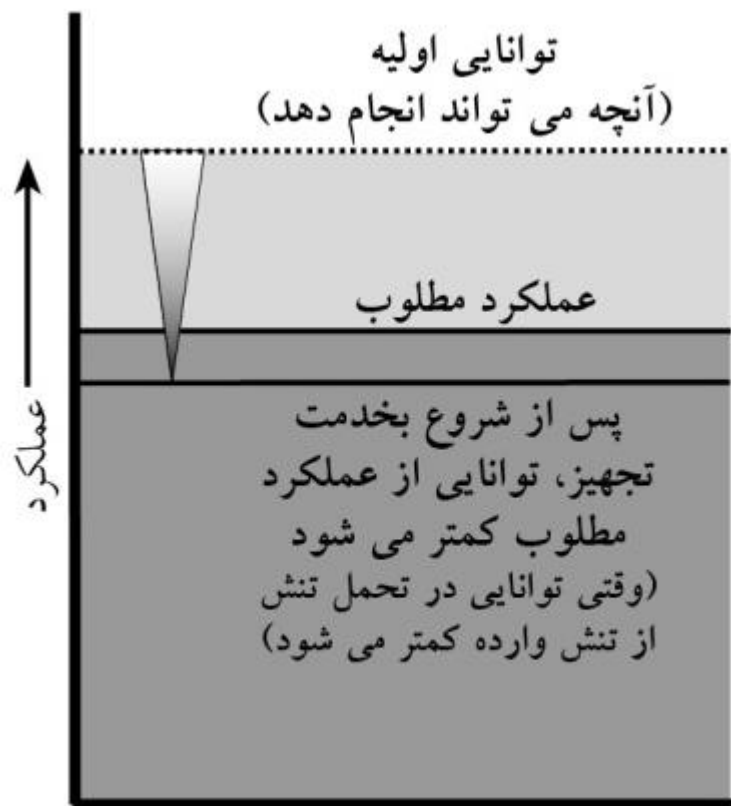
رابطه میان عمر قطعه و چگونگی خرابی احتمالی آن چگونه است؟

- نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)
- تعمیر پیشگیرانه
- تعویض پیشگیرانه

در زمانی که رخداد یک شکست آغاز می شود چه اتفاقاتی رخ می دهد؟

- نگهداری و تعمیرات اقتضائی
(on condition)

عمر و فرسودگی



الگوهای شکست وابسته به عمر

A



B



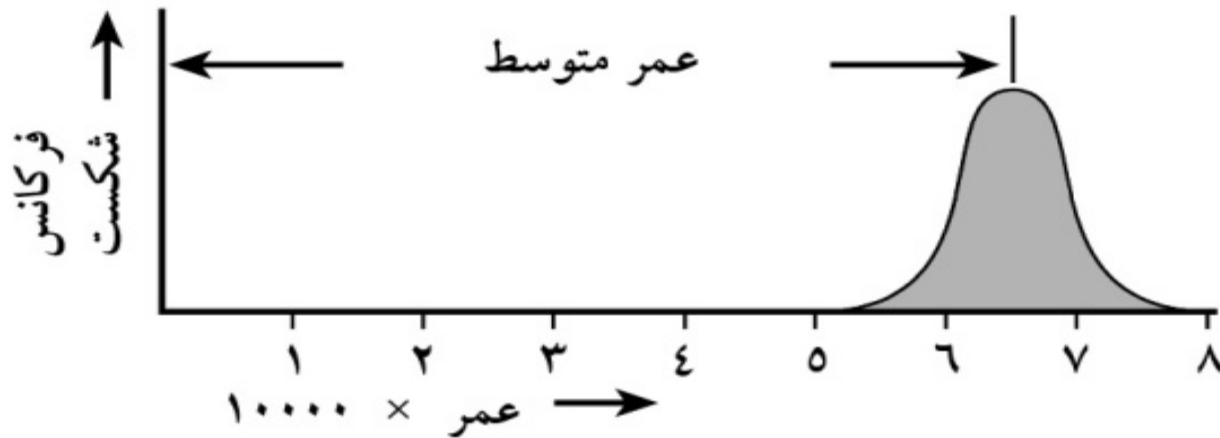
C



خرابی های وابسته به عمر

رابطه میان عمر قطعه و چگونگی خرابی احتمالی آن چگونه است؟

عمر متوسط؟



عمر مفید؟



نمونه ای از تعویض / تعمیر پیشگیرانه

۶	آلودگی سرکابل و بوشینگ‌ها در اثر کارکرد طبیعی، سطح بیرونی سرکابل‌ها و بوشینگ‌ها آلوده شده و این امر موجب کاهش سطح عایقی و بعد از گذشت زمان موجب اتصالی و ترکیدگی (زدن) سرکابل شده و قطع ولتاژ خروجی اتفاق می‌افتد. مدت زمان لازم برای اصلاح این شکست ۴ ساعت است و پیامد قطع فیدر را هم دارد. مجموع هزینه‌های این شکست برابر با ۲۸۱ میلیون ریال خواهد بود.
	از دیگر پیامدهای این شکست این است که در اثر سوختن واشر آب‌بندی، نشت روغن اتفاق می‌افتد که اثرات محدود زیست‌محیطی دارد.
	از زمانی که بوشینگ‌ها تمیز می‌شوند، حداقل تا سه ماه در شرایط قابل قبول از نظر آلودگی باقی می‌ماند.

تعمیر
پیشگیرانه؟

تعویض
پیشگیرانه؟

تعمیر پیشگیرانه	تعویض پیشگیرانه	تعمیر پیشگیرانه	تعویض پیشگیرانه	تعمیر پیشگیرانه	تعویض پیشگیرانه
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

نمونه ای از تعویض / تعمیر پیشگیرانه

۵	آلودگی روغن مخزن زیر سیلیکاژل در اثر مرور زمان و کارکرد طبیعی، روغن تصفیه مخزن زیر سیلیکاژل از نظر آلودگی اشباع می شود و قابلیت تصفیه هوا را از دست می دهد و با ادامه این روند آلودگی وارد روغن ترانسفورماتور می شود و عایقی روغن کاهش می یابد و موجب آسیب به ترانسفورماتور می شود. در این صورت مدت زمان لازم برای اصلاح این شکست ۴ ساعت است. مجموع هزینه های این شکست برابر با ۱۲۷ میلیون ریال خواهد بود. برای آسیب ترانس، ۱۰۰ میلیون ریال هزینه اضافه خواهد شد. بعد از تعویض روغن حداقل تا ۵ سال از این شکست پیشگیری می شود.
---	--

تعمیر
پیشگیرانه؟

تعویض
پیشگیرانه؟

تعویض دوره ای روغن محفظه زیر سیلیکاژل	۵ سال	تکنسین پست	سرویس
---------------------------------------	-------	---------------	-------

حالا نوبت شما.....

حالات و اثرات شکست:

حالات شکست (علت شکست)	اثرات شکست (به هنگام شکست چه رخ می دهد)
-----------------------	--

تصمیم گیری:

فعالیت های پیشنهادی	فواصل اولیه	قابل انجام توسط
---------------------	-------------	-----------------

توجیه پذیری فنی و بصرفه بودن نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

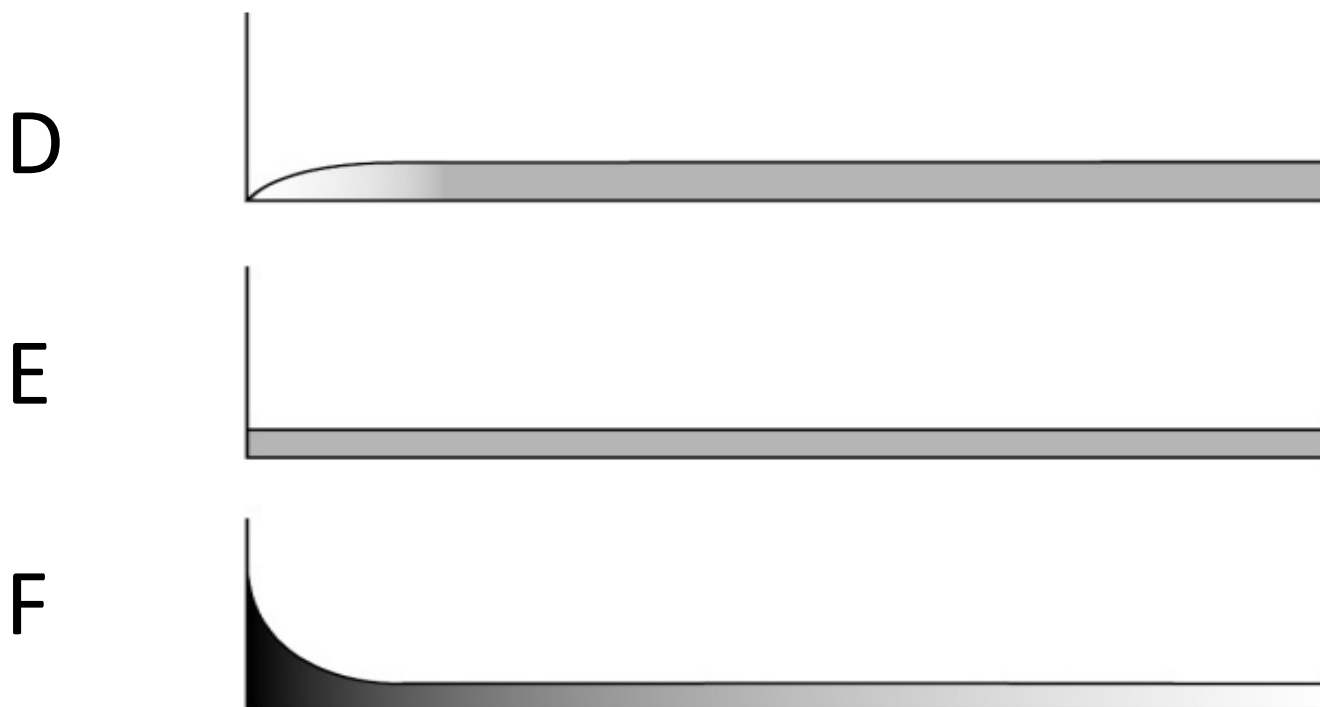
توجیه پذیری فنی:

- عمری برای قطعه قابل شناسایی باشد که در آن افزایش سریعی در احتمال شرطی شکست روی دهد
- بیشتر قطعات تا این سن دوام بیاورند
- مقاومت اولیه قابل بازیابی باشد

بصرفه بودن:

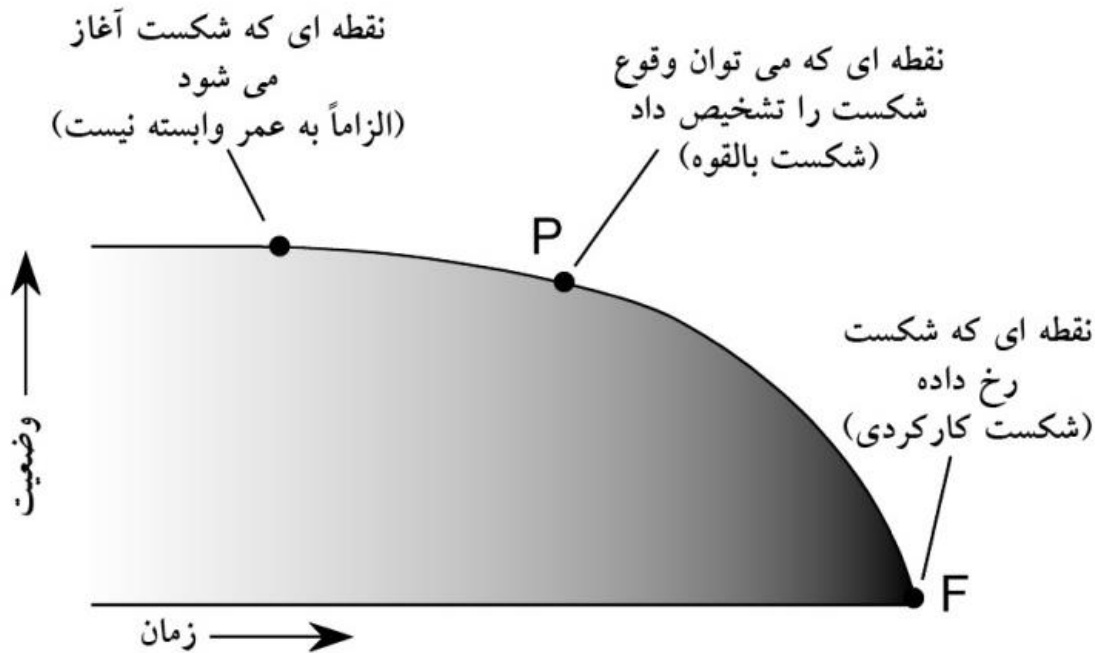
- هزینه های شکست در برابر هزینه های فعالیت زمان بندی شده

الگوهای شکست غیر وابسته به عمر



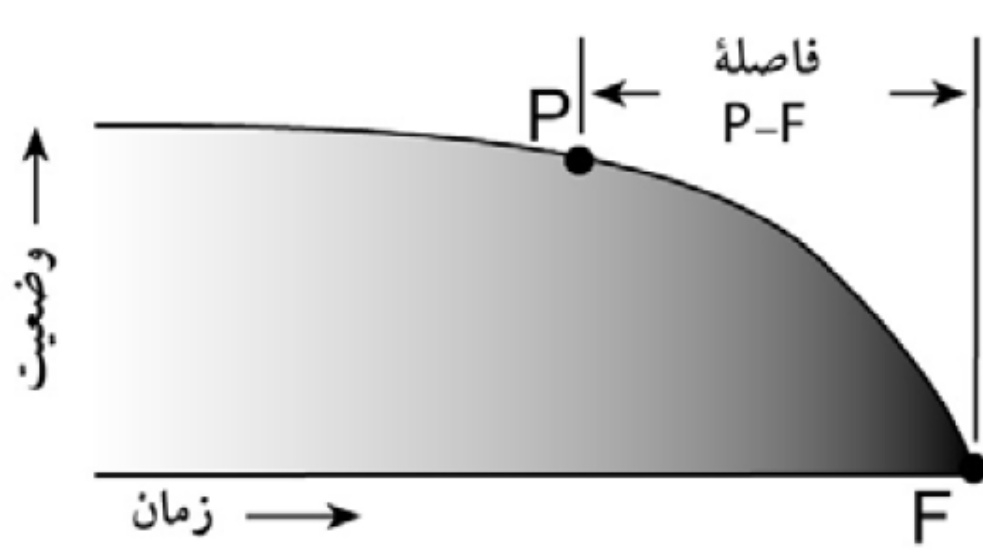
نگهداری و تعمیرات اقتضائی (on Condition)

در زمانی که رخداد یک شکست آغاز می شود چه اتفاقاتی رخ می دهد؟



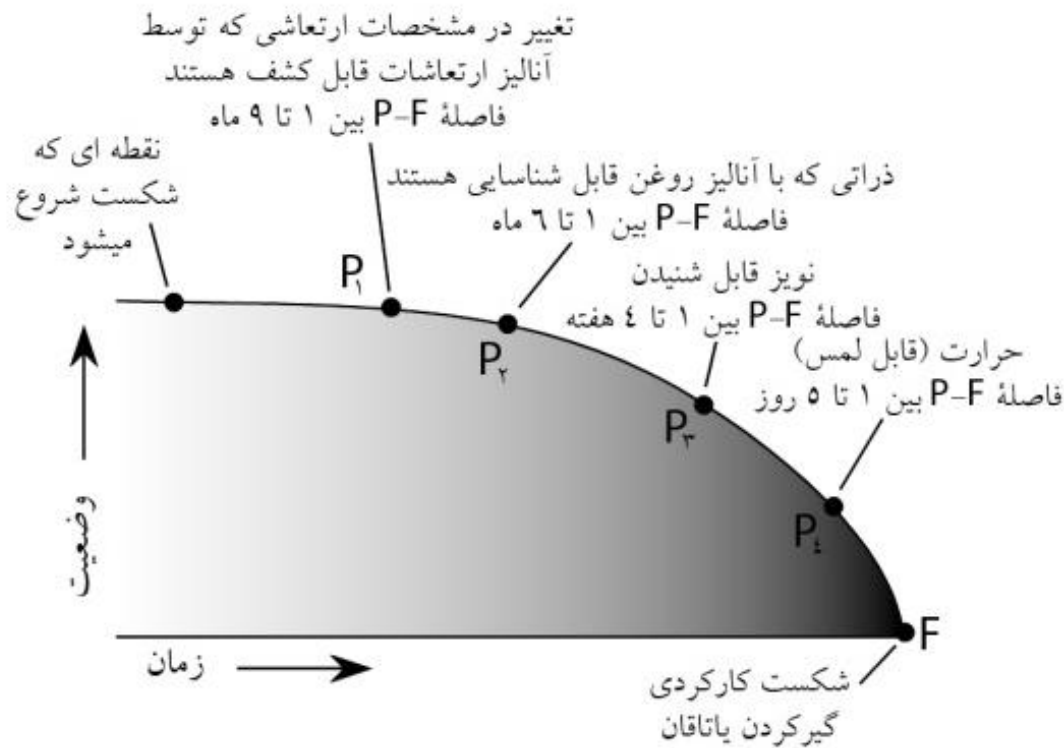
فاصله P-F

مدت زمان بین شکست بالقوه تا شکست کارکردی

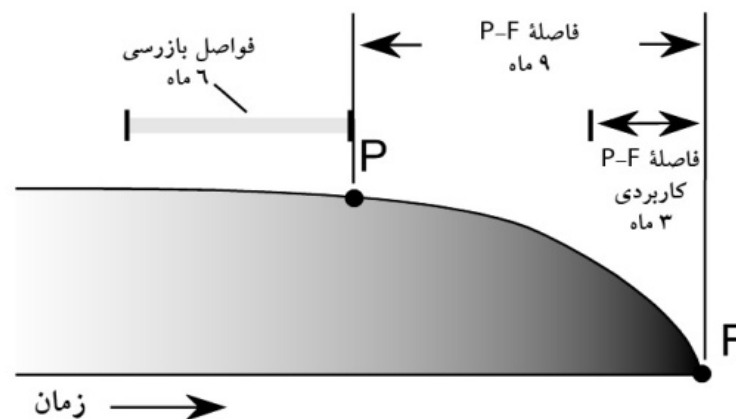
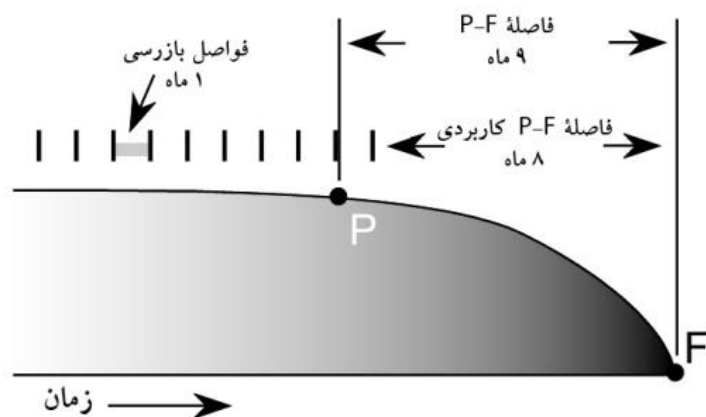


فاصله P-F

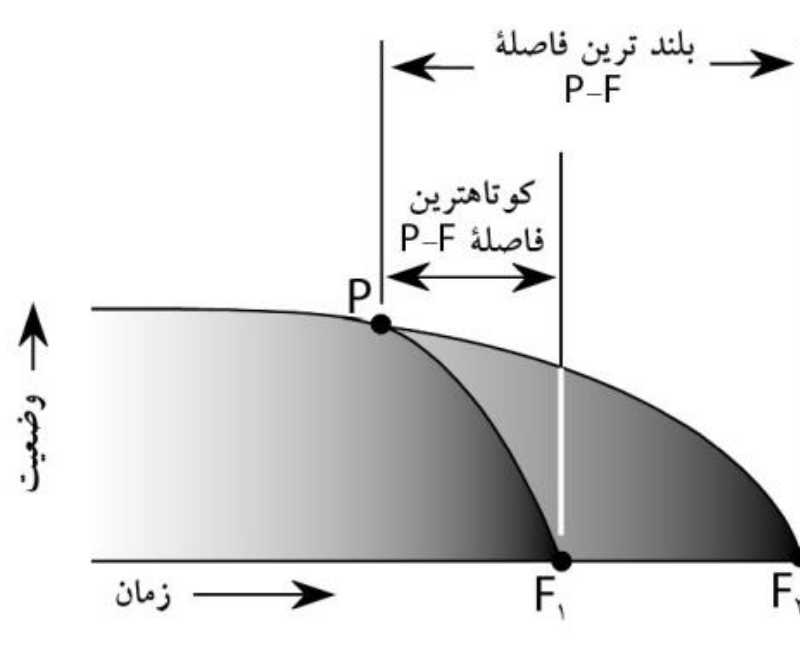
تغییر فاصله P-F بر حسب روش CM مورد استفاده



فاصله P-F کاربردی

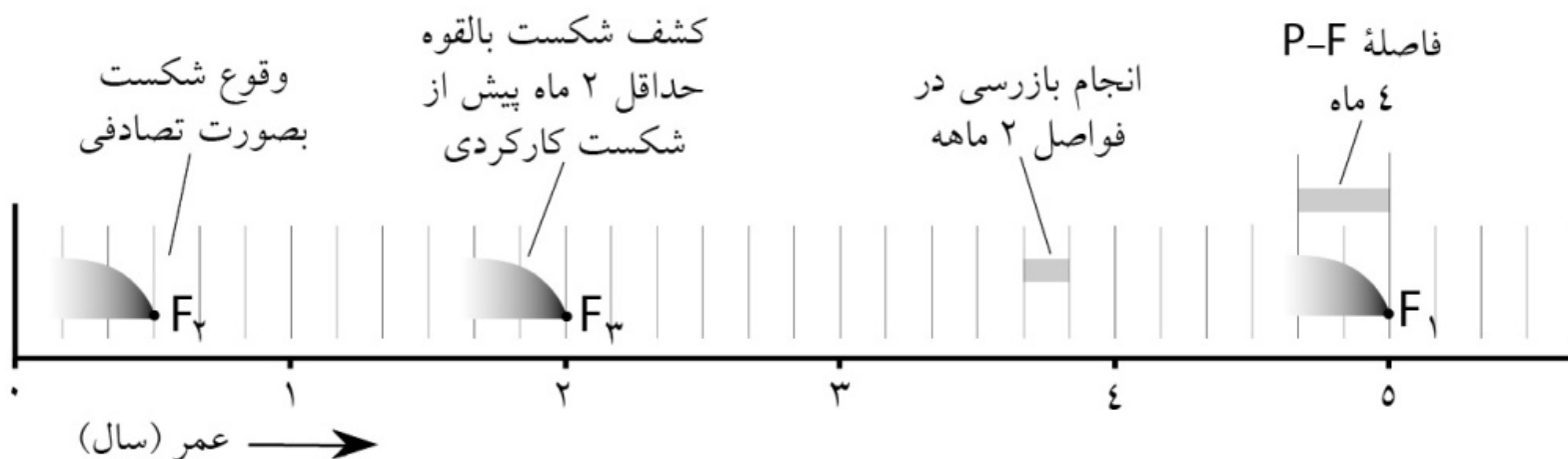


ثبات فاصله P-F



تخمین فواصل بازرسی: نصف فاصله P-F

خطای معمول: اشتباه بین فاصله P-F و عمر مفید یا متوسط



نمونه ای از نگهداری و تعمیر اقتصای (On Condition)

فرسودگی خروجی ترانس	کابل های
به مرور زمان در طی دوره بهره برداری، کابل خروجی از ترانسفورماتور به تابلوی توزیع، دچار فرسودگی (کاهش مقاومت عایقی) و یا معیوب شدن عایق می شود و اتصال کوتاه در خروجی ترانسفورماتور ایجاد می کند. این امر موجب قطع ولتاژ خروجی خواهد شد. این اتصال مستقیماً به ترانسفورماتور آسیب می رساند و سبب کاهش عمر و حتی سوختن ترانسفورماتور می شود. مدت زمان لازم برای اصلاح این شکست ۴ ساعت است. مجموع هزینه های این شکست برابر با ۱۲۷ میلیون ریال خواهد بود. هزینه آسیب به ترانسفورماتور ۱۰۰ میلیون ریال و سوختن آن ۳۰۰ میلیون ریال است. به طور متوسط در سال ۲۰ مورد برای ۱۳۰۰ ترانسفورماتور این حالت خرابی اتفاق می افتد. از زمان قابل مشاهده بودن نشانه های فرسودگی، حداقل یکسال زمان می برد تا این شکست اتفاق بیافتد.	

حداقل یکسال

شش ماه

بازدید چشمی کابل خروجی ترانسفورماتور به تابلو.	کاردان بازدید پست و تکنسین سرویس پست ها
در صورت مشاهده زدگی عایق، خوردگی، دفرمگی و یا تغییر رنگ درخواست کاری جهت ترمیم یا تعویض کابل صادر شود.	۶ ماه

نمونه ای از نگهداری و تعمیر اقتصای (On Condition)

بالانس نبودن خطوط تغذیه شونده از ترانس	در اثر تغییرات مصرف مشترکان و یا بارگذاری نامناسب شبکه خطوط تغذیه شونده، بار ترانسفورماتور از بالانس خارج می شود. این امر باعث می شود ترانسفورماتور گرم شود، به شکل معمول استهلاک ترانسفورماتور (کاهش عمر مفید) را در پی دارد و در نهایت ترانسفورماتور آسیب می بیند و قطع و لثاژ خروجی اتفاق می افتد. مدت زمان لازم برای اصلاح این شکست ۳ ساعت است که مجموع هزینه های آن برابر با ۹۶ میلیون ریال خواهد بود. از دیگر پیامدهای این شکست این است که در اثر سوختن و اثر آب بندی، نشت روغن اتفاق می افتد که اثرات محدود زیست محیطی دارد.
	به طور متوسط در سال ۲۰ مورد برای ۱۳۰۰ ترانسفورماتور این شکست اتفاق می افتد. از لحظه قابل تشخیص شدن نابالانسی (اختلاف جریان فاز بیشتر از ۱۰ درصد ماکزیمم باشد) تا آسیب ترانس، حداقل یک سال طول می کشد.

تکنسین گروه بالانس	۶ ماه	اندازه گیری بار (جریان) خطوط تغذیه شونده از ترانسفورماتور در صورتی که اختلاف جریان فاز بیشتر از ۱۰ درصد ماکزیمم باشد درخواست کاری برای اجرای بالانس شبکه صادر شود.
---------------------------	--------------	---

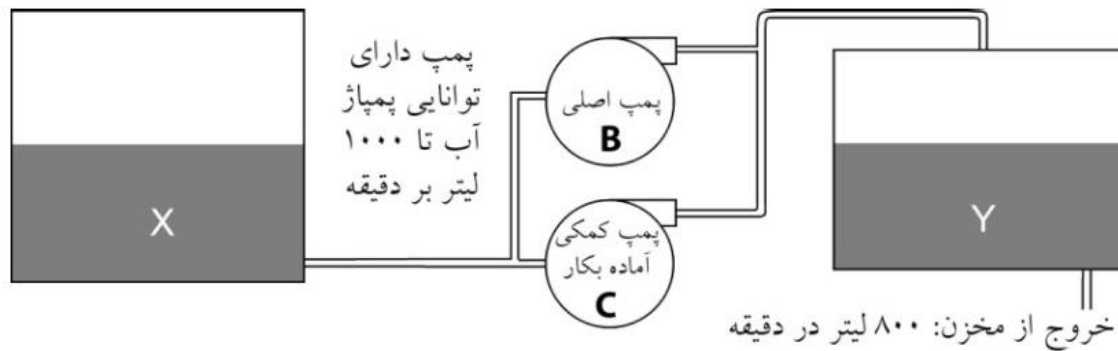
تمرین ۵:



برای حالات شکست قبلی پیامد را مشخص
نموده و بر اساس نمودار تصمیم گیری کنید.

اقدامات پیش فرض: فعالیت های جستجوی شکست (چک کارکردی)

شکست پنهان



شکست چندگانه

~~خرابی پمپ stand by~~

~~خرابی پمپ اصلی = شکست چندگانه~~

زمان

تمرین ۶:

کدام موارد شکست پنهان هستند؟
خراب شدن موتور شماره ۲ هواپیمای فوکر ۱۰۰
سوراخ شدن سرسره نجات هواپیمای فوکر ۱۰۰
سوراخ شدن لاستیک زاپاس خودرو
خراب شدن پمپ خنک کاری یک راکتور اتمی
شکستن چراغ روشنایی باند فرودگاه
سوختن چراغ ترمز خودرو
گرفتگی لوله سوخت رسانی از باک به موتور خودرو

رابطه FFI، دسترس پذیری و قابلیت اطمینان

شرح:	۲۰۰۱	۲۰۰۰	۱۹۹۹	۱۹۹۸	موتور سیکلت
+ = کنترل شد / OK	+	+	+	+	۱
× = کنترل شد / در وضعیت شکست	+	×	+	+	۲
○ = وقوع شکست در این سال	+	○○○	+	+	۳
	+	+	+	+	۴
	+	+	×	+	۵
	+	+	+	+	۶
	×	+	+	+	۷
	+	+	+	+	۸
	+	×	+	+	۹
	+	+	+	+	۱۰

MTBF ابزار محافظ ÷ فاصله جستجوی شکست × ۵/۰ = عدم دسترس پذیری

$$FFI = 2 \times U_{TIVE} \times M_{TIVE}$$

$$\frac{1}{M_{MF}} = \left(\frac{1}{M_{TED}} \right) \times U_{TIVE}$$

$$U_{TIVE} = M_{TED} \div M_{MF}$$

$$\Rightarrow FFI = \frac{2 \times M_{TIVE} \times M_{TED}}{M_{MF}}$$

تمرین ۷:

در یک سیستم جرثقیل سقفی، یک سیستم توقف اضطراری از پایین جرثقیل تعبیه شده است، اگر زمان متوسط بین خرابی سیستم توقف اضطراری ۱۰۰ ماه و دسترس پذیری مطلوب سیستم توقف اضطراری 99.5 درصد باشد، فواصل مناسب برای چک کارکردی سیستم توقف اضطراری از پایین را تعیین کنید.

$$FFI = 2 \times U_{TIVE} \times M_{TIVE}$$

$$\Rightarrow FFI = 2 \times 0.005 \times 100 = 1 \text{ ماه}$$

نشت گاز CO ₂ از کپسول های آتش خاموش کن	در کپسول های CO ₂ نصب شده در محل ساختمان پلورام امکان نشت گاز از کپسول ها وجود دارد. این نشت گاز ممکن است در عرض چند روز اتفاق بیوفتد، بطوریکه امکان استفاده موثر از کپسول در زمان نیاز را از بین ببرد. (متوسط زمان بین نشت گاز از کپسول ۴۵۰ سال، متوسط زمان نیاز به استفاده از کپسول ۱۰۰ سال، و ماکسیمم ریسک قابل تحمل برای بروز آتش سوزی و عدم توانایی در کنترل آن توسط کپسول ۱۰ ^{-۶} فرض شده است)
---	--

چک عدم نشی گاز از کپسول، بروش بلند کردن با دست و بررسی وزن کپسول. در صورتی که وزن آن در محدوده مجاز نباشد، نسبت به جایگزینی کپسول، و ارسال کپسول کهنه برای بررسی علت اقدام شود.	ماهانه	تکنسین آتش نشانی
---	--------	------------------

اقدامات پیش فرض: عدم نیاز به نگهداری و تعمیرات زمانبندی شده (Run to Failure)

- نتوان فعالیت زمانبندی شده مناسبی برای شکست پنهان یافت نمود، و شکست چندگانۀ مربوطه پیامدهای ایمنی یا محیط زیستی نداشته نباشد.
- برای شکستی با پیامدهای عملیاتی یا غیرعملیاتی که نتوان فعالیت پیش گیرانه مناسبی یافت نمود.

۴	فرسودگی مکانیزم داخلی تپ‌چنجر	به مرور زمان در اثر کارکرد طبیعی، مکانیزم داخلی تپ‌چنجر دچار پوسیدگی می‌شود و زمانی که نیاز است درجه تپ‌چنجر تغییر کند، این اتفاق به درستی نمی‌افتد و تپ‌چنجر اصطلاحاً در گاه خود قرار نمی‌گیرد. هم چنین ممکن است اتصال لحیمی تپ‌چنجر نیز باز شود. این امر باعث آسیب به ترانسفورماتور و در مواردی سوختن آن نیز می‌شود. مدت زمان لازم برای اصلاح این شکست ۴ ساعت است. مجموع هزینه‌های این شکست برابر با ۱۲۷ میلیون ریال خواهد بود. برای آسیب به ترانس، ۱۰۰ میلیون ریال هزینه اضافه خواهد شد. برای سوختن ترانس، ۳۰۰ میلیون ریال هزینه اضافه خواهد شد. این خرابی هیچ نشانه‌ای ندارد. این خرابی هر ۱۰ سال یکبار برای ۱۳۰۰ ترانسفورماتور اتفاق می‌افتد.
---	----------------------------------	---

9	A	4	Y	N	N	Y	N	N	N	N	کار تا زمان خرابی پیشنهاد می‌شود. نیاز به نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ندارد.
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

اقدامات پیش فرض: تغییرات یکبار برای همیشه (بازطراحی)

تغییرات فیزیکی

تغییرات در فرایندهای کار

تغییرات در تدارکات و خرید

آموزش

و

گروه آنالیز RCM ، گروه بازطراحی نیست!

تغییرات یکبار برای همیشه

۲ الی ۱۰ درصد از حالات شکست

۴۰٪

- ✓ تغییر در پیکربندی فیزیکی
- ✓ تغییر در فرایندهای عملیات، ساخت یا نت
- ✓ تغییر در قابلیت های افراد

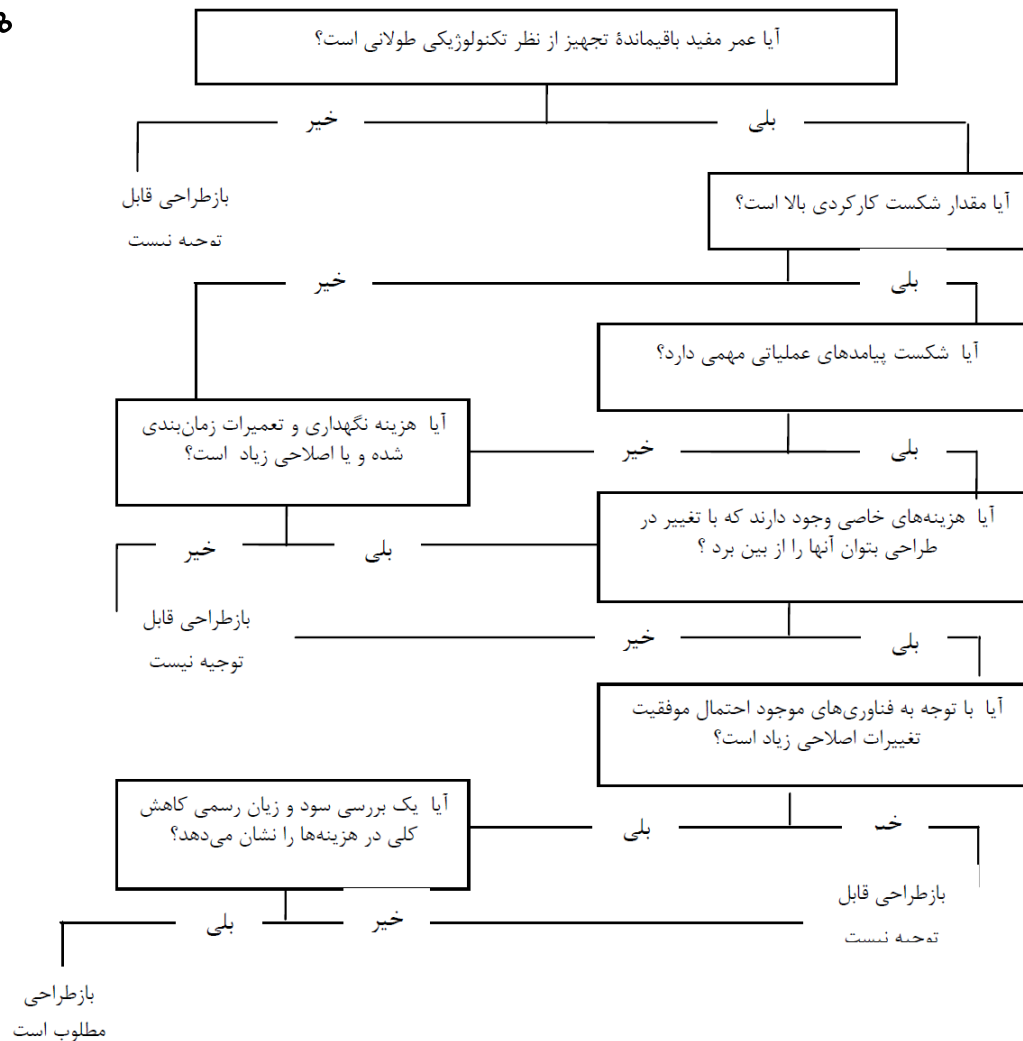
با چه هدفی:

- ✓ کاهش تعداد دفعات وقوع شکست
- ✓ کاهش یا حذف پیامدهای شکست
- ✓ کاهش و به صرفه کردن هزینه های یک فعالیت نت

*** گروه آنالیز RCM ، گروه بازطراحی نیست!

تغییرات یکبار برای همیشه (با هدف مدیریت خرابی های دارای پیامد های اقتصادی)

Nowlan & Heap 1978



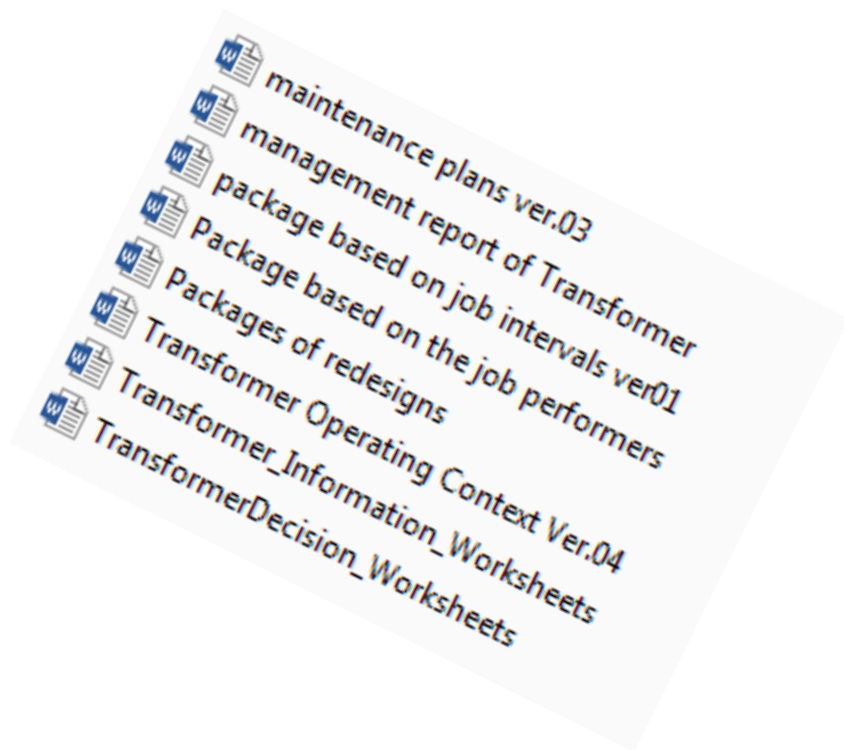
نمونه ای از بازطراحی

فقدان ریل مناسب	در زمان طراحی و اجرای پست‌ها، چنانچه برای جابه‌جایی ترانسفورماتور ریل مناسب تعبیه نشود، در زمان جابه‌جایی، ترانسفورماتور امکان جابه‌جایی ساده و سریع نخواهد داشت. این امر سبب می‌شود که زمان انجام تعمیرات در مواردی ۳ ساعت افزایش یابد. علاوه بر آن شرایط کاری برای عملیات جابه‌جایی را بسیار دشوار می‌نماید. در سال ۱۰ مورد رخ می‌دهد که به دلیل فقدان ریل زمان تعویض افزایش می‌یابد. هزینه ریل‌گذاری برای هر پست موجود به‌طور متوسط ۲ میلیون تومان است.
-----------------	---

8	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	بازطراحی مطلوب است. ابتدا نیاز است برای شناسایی ترانسفورماتورهایی که در صورت نیاز به جابه‌جایی، عملیات را ۳ ساعت طولانی‌تر میکند، در چک لیست سرویس پست، آیتم وضعیت سنجی ریل گنجانده شود. سپس برای ترانسفورماتورهای مشخص شده نصب ریل از محل ترانسفورماتور تا درب پست برای پست‌هایی که فاقد ریل هستند، توصیه می‌شود. همچنین در دستورالعمل طراحی و اجرای پست و چک لیست نظارت آن، می‌بایست از وجود ریل‌گذاری صحیح (و نصب کفگرد در مواردی که لازم است) اطمینان حاصل شود.
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

تحويل نتايج

- ✓ گزارش مدیریتی
- ✓ شرح عملیات
- ✓ کاربرگ های اطلاعات
- ✓ کاربرگ های تصمیم گیری
- ✓ جداول بسته بندی شده



ممیزی

در صورت بروز مشکلاتی در زمینه نت، پس از اجرای RCM، همه افراد، مدیران و مراجع RCM را نشانه خواهند گرفت.



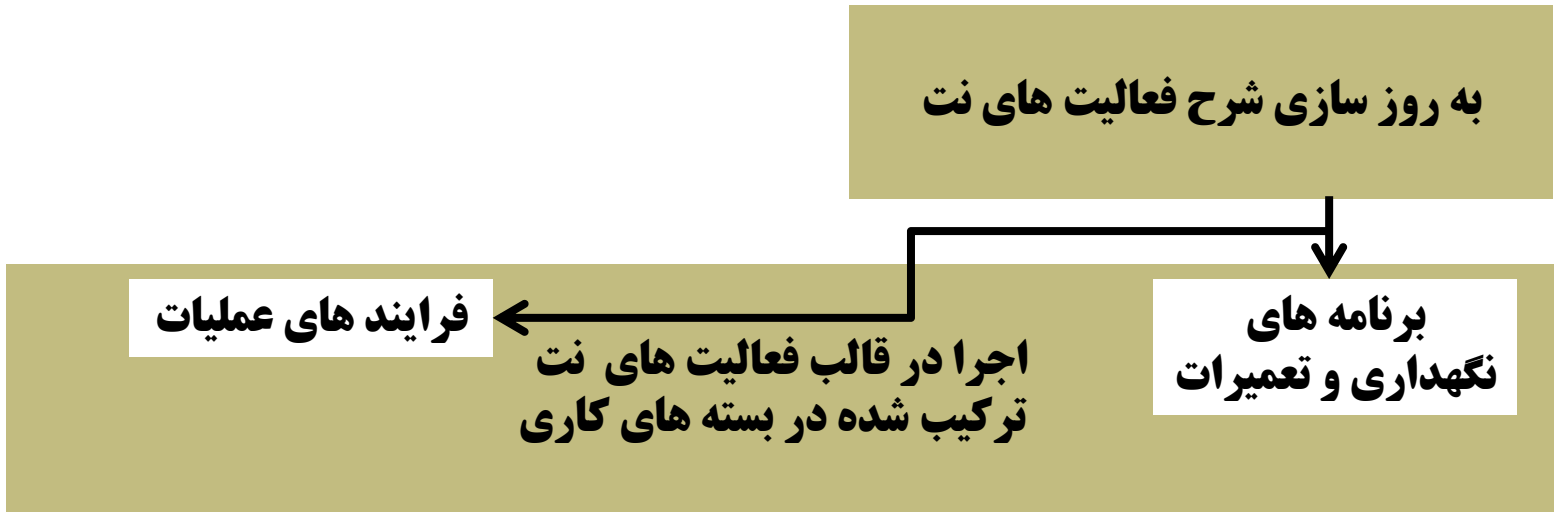
✓ اطمینان از عملکرد آگاهانه مجریان
✓ اطمینان از تصمیمات معقول و قابل دفاع

✓ ممیزی متد

✓ ممیزی فنی

✓ در نهایت مدیران مربوطه هستند که صحت آنالیز و تصمیمات مربوطه را تایید خواهند کرد

پیاده سازی فرایندهای نت



- ✓ فرایند های نت که باید توسط اپراتور انجام شوند را می توان با فرایند های عملیات تجهیز ترکیب نمود.
- ✓ باقی مانده فعالیت های نت در برنامه ها و چک لیست های جداگانه بسته بندی شوند.

پیاده سازی فرایندهای نت

برنامه نگهداری و تعمیرات: تکنسین سرویس پست (سه ماه)	
ترانسفورماتور روغنی داخل پست زمینی	
۱	تمیزکاری سرکابل و پوشینگ به صورت گرم
۲	انجام عملیات دوره ای تمیزکاری
	(با تمیز کاری مقررہا انجام می شود)

برنامه نگهداری و تعمیرات: تکنسین سرویس پست (شش ماه)	
ترانسفورماتور روغنی داخل پست زمینی	
۱	تست رله بوخهولتس، مدار فرمان و دژنگتور (به صورت گرم و با برق باید انجام شود).

جدول ۱۲ برنامه نگهداری و تعمیرات تکنسین های سرویس پست (شش ماهه)

(۱-۳)

برنامه نگهداری و تعمیرات: تکنسین گروه بالانس (شش ماه)	
ترانسفورماتور روغنی داخل پست زمینی	
۱	اندازه گیری بار (جریان) خطوط تغذیه شونده از ترانسفورماتور
۲	در صورتی که تفاضل بیشترین و کمترین جریان فاز بیشتر از ۱۰ درم بالانس شبکه صادر شود.
۳	بازرسی و اندازه گیری دوره ای هارمونیک جریان و در صورتی که HD در خروجی یا محل تجمع بار هارمونیک ترانسفورماتور نسبت به حد

برنامه نگهداری و تعمیرات: تکنسین سرویس ترانسفورماتور (یک سال)	
ترانسفورماتور روغنی داخل پست زمینی	
۱	تست عایقی روغن، در صورتی که ضریب عایقی روغن کمتر از ۱۲۰۵ کیلوولت بر میلی متر باشد، می بایست درخواست کاری برای تصفیه فیزیکی روغن صادر شود.

یکی کردن فرکانس ها

فواصل زمانی فعالیت ها در کاربرگ تصمیم گیری	فواصل زمانی برنامه نگهداری و تعمیرات
روزانه	روزانه
هفتگی	هفتگی
۲ - هفتگی	
ماهانه	
۶ - هفتگی	ماهانه
۲ - ماهه	
۳ - ماهه	۳ - ماهه
۴ - ماهه	
۶ - ماهه	۶ - ماهه
۹ - ماهه	
۱۲ - ماهه	۱۲ - ماهه

شرح فعالیت

- تمام جزئیات لازم برای اجرای فعالیت باید در شرح آن آورده شود. هیچ مطلبی را نباید به قضاوت سلیقه ای تکنسین واگذار نمود.

فعالیت های جستجوی شکست: خطر در کمین است

- اطلاعات پایه در سند اجرای فعالیت:

- ✓ شرح و شماره تجهیز
- ✓ مشخص نمودن دقیق انجام دهنده
- ✓ نیاز به توقف، نیاز به ملاحظات ایمنی
- ✓ ابزار های خاص، قطعات یدکی خاص

Job Plan

با تشکر از توجه و همراهی شما



mobin.naderi@gmail.com

مراجع:

- کتاب نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان، ترجمه علی زواشکیانی و رضا آزادگان، انتشارات آریانا قلم
- راهنمای **NASA Reliability Centered Maintenance Guide**