

بِسْمِهِ ... الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



موسسه آموزش عالی انرژی

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی – بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)

عنوان

بررسی احتمال شکست در سیستم مشابه پمپاژ آب در فرایند شیرین

سازی گاز ترش بدلیل خطاهای مشترک عملیاتی با بکار گیری

ضریب بتا

استاد راهنما

دکتر نصراله محمدی

دکتر یوسف یاسی

پژوهشگر

فرزاد مامانی

مهر ۹۶

تاریخ صورتجلسه گروه آموزشی	
شماره دانشجویی	۱۱۳۵
کد دفاع	
تاریخ صورتجلسه شورای پژوهشی	



این فرم باید توسط دانشجو تایپ شده به تعداد خواسته شده، در روز دفاع تحویل داده شود.

صورتجلسه دفاع

با تأییدات خداوند متعال جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای فرزاد مامانی	
در رشته:	مهندسی شیمی - گرایش ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)
تحت عنوان:	بررسی احتمال شکست در سیستم مشابه پمپاژ آب در فرایند شیرین سازی گاز ترش بدلیل خطاهای مشترک عملیاتی با بکار گیری ضریب بتا
با حضور استاد راهنما، استاد(استادان) مشاور و هیأت داوران در مؤسسه آموزش عالی انرژی ساوه	در تاریخ: تشکیل گردید.
در این جلسه ، پایان نامه : □ با موفقیت مورد دفاع قرار گرفت □ نیازمند اصلاحات است □ مردود اعلام گردید.	
نامبرده نمره	با امتیاز
(بدون احتساب نمره مقاله) دریافت نمود.	

نام و نام خانوادگی استاد راهنما		محل امضاء
نام و نام خانوادگی استادمشاور		محل امضاء
هیأت داوران:	محل امضاء ۱	محل امضاء ۲
۱-		
۲-		
مدیر گروه یا رئیس تحصیلات تکمیلی واحد:	معاون پژوهشی و فناوری مؤسسه آموزش عالی انرژی ساوه	
نام و نام خانوادگی	محل امضاء	

***** (اطلاعات این قسمت حتما توسط کارشناس پژوهشی تکمیل گردد) *****

نمره حاصل از ارزشیابی مقاله / مقالات دانشجو برابر ضوابط (از سقف ۲ نمره) محاسبه و نمره نهایی پایان نامه (مجموع نمره دفاع و مقاله) به عدد به حروف با درجه به تصویب رسید. / موارد اصلاحیه جهت اجرا به اطلاع دانشجو رسید.

تأیید معاون پژوهشی و فناوری مؤسسه آموزش عالی انرژی ساوه

تأیید کارشناس حوزه پژوهشی

تقدیم بہ:

پدر و مادر مہربان و خداکارم

کہ وجودشان بر ایم ہمہ عشق است و وجودم بر ایشان ہمہ رنج، تو ایشان رفت تا بہ توانایی ر
سم، و موہایشان سیدی گرفت تا روی سید بانم، آنکہ فروغ نگاہشان، گرمی کلامشان و
روشنی روشن سرمایہ جاودانگی زندگی ام و شانہ ہی استوارشان، نکیہ گاہ زندگی من بودہ
است.

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را به ما عطا فرمود. در اینجا بر
خود می دانم از تمامی اساتید بزرگوار، به ویژه اساتید دوره کارشناسی ارشد که در طول
سالیان گذشته مراد تحصیل علم و معرفت و فضائل اخلاقی یاری نموده اند تقدیر و
تشکر نمایم.

از استاد گرامی و بزرگوار جناب آقای دکتر نصراله محمدی و جناب آقای دکتر
یوسف یاسی که راهنمایی اینجانب را در انجام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان
نامه تقبل نموده اند، نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

از جناب آقای مهندس حسن اصفهانی به عنوان یک استاد تاثیرگذار که با
راهنمایی خود مرا مورد لطف قرار داده اند کمال تشکر را دارم.

چکیده:

بررسی احتمال شکست در سیستم مشابه پمپاژ آب در فرایند شیرین سازی گاز ترش بدلیل خطاهای مشترک عملیاتی با بکار گیری ضریب بتا

ایمنی در پالایشگاههای گاز داری اهمیت ویژه ای است. نتایج حوادث گذشته نشان داده است که بروز حوادث در این صنعت عموماً فاجعه بار بوده و خسارات جبران ناپذیر انسانی، زیست محیطی و اقتصادی را به دنبال دارد. صنایع فرایندی نیازمند تامین و حفظ و نگهداری شرایط ایمن در محیط کاری برای شاغلین خود، اطرافیان و محیط زیست هستند. در این صنایع طیف گسترده ای از مواد قابل اشتعال و سمی وجود دارد که می تواند سلامت و ایمنی شاغلین را تحت تاثیر قرار داده و همچنین دارای اثرات نامطلوب بر جامعه باشد. تصفیه گاز طبیعی از ترکیبات هیدروژن سولفاید و کربن دی اکسید به منظور کاهش خطرات ناشی از مسمومیت، مسائل زیست محیطی و بالا بردن ارزش حرارتی و صادراتی گاز صورت می گیرد که اصطلاحاً شیرین سازی گاز نامیده می شود. کاهش ریسک به یک محدوده قابل تحمل یا قابل پذیرش نیازمند الزامات فنی و سازمانی است. در ارزیابی کمی و کیفی ریسک، عدم شناسایی خطاهای عملیاتی در میزان احتمال ارزیابی ایمنی سیستم میزان ریسک بصورت صحیح مشخص نخواهد شد. واکاوی شکست با علت مشترک یک روش است که علت های مشترک چندین واقعه شکست چندگانه را شناسایی می کند. شکست با علت مشترک شکستی است واحد که طراحی های افزونگی مستقل را از بین می برد. هدف از این روش کشف علت مشترک موارد آسیب پذیر در طراحی سیستم است. که آنها می تواند منجر به شکست مشترک زیر سیستم های افزایه می شوند.

در این گزارش نحوه محاسبه فاکتور بتا و روش محاسبه آن، نحوه محاسبه CCF آورده شده است. یک نمونه سیستم پمپاژ آب که در فاز شیرین سازی گاز ترش کاربرد دارد آورده شده است. از نرم افزار TopEvent FTA نسخه ۲۰۱۷ جهت انجام محاسبات استفاده شد.

نتایج حاصل از این گزارش مشتمل بر ارزیابی احتمال ریسک در فاز شیرین سازی گاز ترش صورت گرفته است اما تاکنون در مورد شکست ها با علل مشترک در این باره صورت نپذیرفته است. اختلاف تقریباً ده برابری دربرای احتمال شکست این سیستم با در نظر گرفتن حوادث علل مشترک وجود داشته که در قابلیت اطمینان سیستم نکته بسیار مهمی بوده. پایان نیز راه حل های در جهت کاهش این نوع از شکست ها ارائه شده است.

کلمات کلیدی: شکست علل مشترک، واکاوی شکست، ضریب بتا، شیرین سازی،

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱: کلیات تحقیق	
۱-۱ مقدمه	۱
۱-۲-۱ اهداف	۲
۲-۲-۱ پیشینه تحقیق	۳
۳-۱ وابستگی اجزاء سیستم	۴
۱-۳-۱ انواع وابستگی	۴
۴-۱ تعاریف و مفاهیم	۵
۵-۱ تعاریف کاربردی و تعیین چالش های که در زمان تعیین CCF روبرو هستیم	۷
۶-۱ برخی از تعاریف اضافی	۱۰
۷-۱ مفهوم PFD, SIF, SIL	۱۱
۸-۱ مفاهیم CCF	۱۳
۱-۸-۱ شکست های وابسته و غیر وابسته	۱۳
۲-۸-۱ علت ریشه ای	۱۴
۳-۸-۱ ضریب مزدوج کننده	۱۵
۹-۱ بازدارنده در برابر CCF	۱۶
۱۰-۱ گوناگونی	۱۶
فصل ۲: شیرین سازی گاز ترش	
۱-۲ فرایندهای شیرین سازی	۱۸
۱-۱-۲ فرایند جذب شیمیایی	۱۹

۱۹	..... ۲-۱-۲ فرایند
۲۰	..... ۳-۱-۲ شرح فرایند آمین
۲۰	..... ۲-۲ واحد ۱۰۱: واحد شیرین سازی
۲۰	..... ۱-۲-۲ مشخصات فرایندی
۲۱	..... ۲-۲-۲ فرایند اصلی واحد شیرین سازی
۲۱	..... ۱-۲-۲-۲ بخش جدا سازی
۲۱	..... ۲-۲-۲-۲ بخش جذب
۲۲	..... ۳-۲-۲-۲ فلش درام آمین غنی از سولفید هیدروژن
۲۲	..... ۴-۲-۲-۲ برج جذب گاز سوخت
۲۲	..... ۵-۲-۲-۲ مبدل حرارتی آمین/آمین
۲۲	..... ۶-۲-۲-۲ بخش احیا حرارتی
۲۴	..... ۷-۲-۲-۲ خنک کننده گاز اسیدی
۲۵	..... ۸-۲-۲-۲ خنک کردن و ذخیره سازی آمین سبک(احیا شده)
۲۵	..... ۹-۲-۲-۲ سیستم پمپاژ آمین رقیق
۲۵	..... ۳-۲ تجهیزات فیلتراسیون آمین رقیق
۲۶	..... ۴-۲ مجموعه تزریق ماده ضد کف
	فصل ۳: ضریب بتا
۲۸	..... ۱-۳ مقدمه
۲۹	..... ۲-۳ تعیین کردن فاکتور بتا
۳۰	..... ۳-۳ چک لیست ۶-۱۵۰۸ IEC
۳۰	..... ۱-۳-۳ معرفی

۳۴	..... ارزشیابی سوالات ۲-۳-۳
۵۱	..... نتیجه گیری ۳-۳-۳
۵۱	..... مزایا و معایب ۴-۳-۳
۵۲	..... چک لیست IEC ۶۲۰۶۱ ۴-۳-۳
۵۲	..... مقدمه ۱-۴-۳
۵۵	..... نتیجه گیری ۲-۴-۳
۵۵	..... مقایسه چک لیست IEC ۶۲۰۶۱ و IEC ۶۱۵۰۸-۶ ۵-۳
۵۶	..... مدل جزئی یکپارچه ۶-۳
۵۹	..... تشریح بازدارنده ها ۱-۶-۳
۵۹	..... کنترل زیست محیطی ۱-۱-۶-۳
۵۹	..... تست زیست محیطی ۲-۱-۶-۳
۶۰	..... تجزیه و تحلیل ۳-۱-۶-۳
۶۰	..... فرهنگ ایمنی ۴-۱-۶-۳
۶۱	..... جداسازی ۵-۱-۶-۳
۶۲	..... افزونگی و گوناگونی ۶-۱-۶-۳
۶۲	..... درک کردن ۷-۱-۶-۳
۶۳	..... بحث و نتیجه گیری ۲-۶-۳
۶۳	..... مزایا و معایب ۱-۲-۶-۳
۶۴	..... مقایسه بین چک لیست IEC و UPM ۳-۶-۳

فصل ۴: نحوه محاسبه کردن شکست های علل مشترک

۱-۴	مقدمه	۶۵
۲-۴	روش و داده برای تعیین تعریف، ضریب بتا	۶۶
۱-۲-۴	روش هامفریس	۶۶
۲-۲-۴	IEC ۶۱۵۰۸-۶ و IEC ۶۲۰۶۱	۶۵
۳-۲-۴	روش یکپارچه سازی جزئی	۶۹
۳-۴	اطلاعات CCF	۶۹
۱-۳-۴	ICDE داده	۶۸
۱-۱-۳-۴	گزارش های بازرسی انرژی هسته ای سوئدی	۷۰
۴-۴	برآوردگرهای (تخمین زننده های) ضریب بتا	۷۱
۵-۴	برآوردگر NUREG	۷۲
۱-۱-۴	مثال عددی - برآوردگرهای NUREG	۷۳
۲-۴	برآوردگر PDS	۷۳
۲-۲-۴	بررسی عملیاتی - چرا و چگونه؟	۷۴
۱-۲-۲-۴	بررسی عملیاتی - برخی از مزایای	۷۶
۲-۲-۲-۴	بررسی عملیاتی - تمرکز بر CCF	۷۷
۳-۲-۲-۴	ضریب بتا	۷۷
۳-۴	تجهیزات مورد بررسی	۷۸
۱-۳-۴	شیرها	۷۸

۷۸	..... ۴-۳-۱-۱ شیر خاموش کننده
۷۹	..... ۴-۳-۱-۲ شیر تخلیه
۸۰	..... ۴-۴ دامپر آتش
۸۱	..... ۴-۵ شیر سیل
۸۱	..... ۴-۶ شیر ایمنی فشار
۸۲	..... ۴-۷ شناساگر گاز
۸۳	..... ۴-۸ شناساگر گاز خط
۸۴	..... ۴-۹ شناساگر شعله
۸۵	..... ۴-۱۰ شناساگر دود
۸۵	..... ۴-۱۱ انتقال دهنده سطح
۸۶	..... ۴-۱۲ انتقال دهنده فشار
۸۷	..... ۴-۱۳ تعیین طرح ویژه برای تعیین مقادیر فاکتور بتا
۹۰	..... ۴-۱۳-۲ انواع چک لیست CCF و دسته بندی آنها
۹۰	..... ۴-۱۳-۳-۱ دسته بندی CCF
۹۳	..... ۴-۱۳-۳-۲ دسته بندی بازدارنده ها در مقابل CCF
۹۵	..... ۴-۱۴ تشریح ستونهای چک لیست شکست با علل مشترک
۱۰۱	..... ۴-۱۵ فرمول های PDS
	فصل ۵: بررسی احتمال شکست در سیستم مشابه پمپاژ آب در فرایند شیرین سازی گاز ترش
	بدلیل خطاهای مشترک عملیاتی
۱۰۴	..... ۱-۵ مقدمه
۱۰۴	..... ۲-۵ معرفی نرم افزار

۳-۵ نمونه مشابه سیستم پمپاژ آب در فرایند شیرین سازی گاز ترش ۱۰۵

فصل ۶: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱ نتیجه گیری ۱۱۷

۵-۲ پیشنهاداتی در جهت کاهش CCF و شکست های سیستمی ۱۱۸

واژه نامه ۱۲۲

فهرست اشکال و نمودارها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ فرایند فاز شیرین سازی گاز ترش به همراه تاسیسات اصلی بکار رفته	۲۷.....
شکل ۲-۲ نمای کلی از فاز شیرین سازی گاز ترش ۱۰۱ واحد به همراه تاسیسات بکار رفته ..	۲۷.....
شکل ۳-۲ نمای شماتیک از فاز شیرین سازی گاز ترش	۲۸
نمودار ۱-۴ مقادیر نامعلوم بتا در فاز مختلف سیستم در واحد زمان	۸۸
نمودار ۲-۴ دسته بندی شکست های PDS با علل شکست	۹۱
نمودار ۱-۵ بلوک دیاگرام برای سیستم پمپاژ آبی	۱۰۵
نمودار ۲-۵ نمودار درخت با رویداد اصلی مربوط به سیستم پمپاژ آبی	۱۰۶
نمودار ۳-۵ درخت خطا برای عدم کارایی ژنراتور ۱ نمونه بدون رویدادهای CCF	۱۰۸
نمودار ۴-۵ درخت خطا برای عدم کارایی ژنراتور ۲ نمونه بدون رویدادهای CCF	۱۰۸
نمودار ۵-۵ درخت خطا برای عدم کارایی ژنراتور ۳ نمونه بدون رویدادهای CCF	۱۰۹
نمودار ۶-۵ میزان احتمال رویداد شکست سیستم بدون در نظر گرفتن رویداد CCF	۱۰۹
نمودار ۷-۵ نمودار درخت خطا با ریز محاسبات برای ژنراتور ۱ با در نظر گرفتن رویداد های CCF	۱۱۲
نمودار ۸-۵ نمودار درخت خطا با ریز محاسبات برای ژنراتور ۲ با در نظر گرفتن رویداد های CCF	۱۱۲
نمودار ۹-۵ نمودار درخت خطا با ریز محاسبات برای ژنراتور ۳ با در نظر گرفتن رویداد های CCF	۱۱۳
نمودار ۱۰-۵ میزان احتمال رویداد شکست سیستم با در نظر گرفتن رویداد CCF	۱۱۳

فهرست جداول

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول ۱-۱ سطح یکپارچگی ایمنی و احتمال شکست در تقاضا کم.....	۱۲
جدول ۲-۱ سطح یکپارچگی ایمنی و احتمال شکست در تقاضا زیاد.....	۱۲
جدول ۳-۱ مقادیر ضریب بتا برای گروهی از تاسیسات طبق (۲۰۱۳) PDS و تحقیقات صورت گرفته SINTEF	۳۰
جدول ۲-۳ مقادیر از Z برای برنامه های الکترونیکی IEC ۶۱۵۰۸	۳۳
جدول ۳-۳ مقادیر Z برای سنسور و عناصر پایانی IEC ۶۱۵۰۸	۳۴
جدول ۴-۳ محاسبه ای از β_{int} از IEC ۶۱۵۰۸	۳۴
جدول ۵-۳ محاسبه کردن بتا از سیستم ها با سطوح افزونگی بیشتر از ۱۰۰۰۲ (IEC ۶۱۵۰۸)	۳۵
جدول ۶-۳ سوالات به همراه نمرات مربوط مطابق با چک لیست IEC ۶۱۵۰۸-۶	۴۵
جدول ۷-۳ جدول چک لیست IEC ۶۲۰۶۱ به همراه نمرات مربوطه	۵۳
جدول ۸-۳ تخمین زدن CCF (فاکتور بتا) در (IEC ۶۲۰۶۱)	۵۴
جدول ۹-۳ خلاصه تفاوت بین چک لیست IEC ۶۱۵۰۸-۶ و چک لیست IEC ۶۲۰۶۱	۵۵
جدول ۱۰-۳ زیر فاکتور ها UPM	۵۶
جدول ۱۱-۳ تعیین کردن فاکتور بتا از UPM	۵۷
جدول ۱-۴ سیستم های ابزار دقیق مورد استفاده در صنایع نفت و گاز	۷۳
جدول ۲-۴ انواع شکست در شیر خاموش کننده	۷۸
جدول ۳-۴ ثبت شکست برای شیر تخلیه	۷۸
جدول ۴-۴ نمونه ای از چک لیست برای شیر خاموش کننده	۹۷

- جدول ۴-۵ : خلاصه ای از رابطه های ساده شده برای PFD ۱۰۱
- جدول ۴-۶ خلاصه ای از رابطه ساده شده برای PFH ۱۰۲
- جدول ۴-۷ فاکتور C_{Moon} برای مدل های منطقی ۱۰۳
- جدول ۵-۱ اطلاعات رویداد اصلی برای درخت خطا بدون در نظر گرفتن CCF ۱۰۷
- جدول ۵-۲ نتایج حاصل از درخت خطا بدون در نظر گرفتن CCF ۱۱۰
- جدول ۵-۳ اطلاعات رویداد اصلی برای درخت خطا بدون در نظر گرفتن CCF ۱۱۱
- جدول ۵-۴ نتایج حاصل از درخت خطا با در نظر گرفتن CCF ۱۱۱

فصل ۱

کلیات تحقیق

۱-۱) مقدمه

در ارزش یابی کارکرد ابزار ایمنی (SIF) انواع مختلف شکست مورد بررسی قرار می گیرد. عناصر SIF شامل قطعاتی نظیر سنسورها، حل کننده ای منطقی، و قطعات بیرونی مانند شیرها، قطعات الکتریک و الکترونیک، و عناصر فن آوری و برنامه ای الکترونیکی هستند که برای یک فعالیت منطقی مدل سازی می شود. این مدل سازی ممکن است شامل انواع شکست ها باشد که به دو دسته عمده تقسیم بندی میشود.

شکست ایمن^۱

شکستی که در صورت وقوع توانایی بالقوه برای آسیب رساندن به حالت های مربوط به ایمنی سیستم را ندارد.

شکست سیستمی^۲

مفهوم شکست های است که مربوط به کلیت سیستم است و تنها می توان آنرا بوسیله تغییرات

^۱ Safety Instrumented Function (SIF)

^۲ Safe failure

^۳ Systematic failure

اساسی در طراحی یا روند ساخت و تولید در شرکت حذف کرد. پایه مهم برای مطالعه، مدل ضریب بتا بوده است. این مدل قابلیت اطمینان به طور گسترده ای برای تجزیه و تحلیل شکست با علت مشترک^۴ مورد استفاده قرار گرفته است، مدل بتا گریک تر به عنوان یک مدل پارامتری معرفی شده است.

در این مدل، میزان شکست یک جزء (λ لاند) است. شکست در سیستم به بخش مستقل (1- $\lambda\beta$) و بخش وابسته ($\lambda\beta$) ناشی از یک علت مشترک تقسیم شده است. ضریب بتا به عنوان کسری از شکست جزء که نتیجه آن یک شکست علت مشترک است تعریف می شود.

یافته های حاصل از مطالعه مشابه نشان می دهد که بخشی از آزمون شکست با علت مشترک در طول عملیات بالاتر از آنچه است معمولاً در محاسبات قابلیت اطمینان به در نظر گرفته شده است. یکی از نتایج مهم این است که ممکن است آنچه را که به عنوان نشان دهنده قابلیت اطمینان ابزار ایمنی سیستم از قبل پیش بینی شده است خیلی خوش بینانه در نظر گرفته شده باشد، و استقلال بین اجزای ممکن است کمتر از آنچه به طور سنتی در نظر گرفته شده است باشد. بنابراین نتیجه ای که گرفته می شود این است که در صنعت گاز با تلاش بیشتر برای تشویق بیشتر تجزیه و تحلیل و اجتناب از CCFs در طراحی و همچنین در طول عملیات باشد. انجام بازنگری های عملیاتی به طور منظم و با تمرکز ویژه بر روی نظام شکست ها و CCFs ممکن است یک راه عملی پیگیری چنین شکست در حین عملیات باشد.

واکاوی شکست با علت مشترک روشی است که علت های مشترک چندین واقعه شکست چندگانه را شناسایی می کند.

CCF مبهم ترین خطرات را بوجود می آورند زیرا آنها همیشه آشکار و روشن نیستند و همین موضوع شناخت آنها را دشوار می کند.^(۱)

^۴ Common Cause Failure Analysis (CCFA)
^۵ Common Cause Failure (CCF)
^۶ Safety Instrumented System (SIS)

۱-۲-۱ اهداف

با توجه به مقدمه خواهیم فهمید که اینگونه از شکست ها یکی از شکستهای رایج در اکثر صنایع مخصوص صنایع نفت گاز می باشد، در تحقیق ذیل، اهداف کلی زیر قابل دسترسی می باشد.

- معرفی و شناخت شکست های علت مشترک
- چگونگی محاسبه شکست های علل مشترک و تجزیه و تحلیل آنها
- معرفی و چگونگی محاسبه ضریب بتا
- معرفی فرایند شیرین سازی گاز ترش
- بررسی سیستم پمپاژ مشابه فرایند شیرین سازی گاز ترش و بررسی و محاسبه شکست ها با علل مشترک در این سیستم
- ارائه پیشنهادات و روشهای در جهت جلوگیری و کاهش شکست های علل مشترک

۱-۲-۲ پیشینه تحقیق

در مورد تحقیقات و گزارشات ثبت شده در مورد حوادث علل مشترک در صنعت نفت و گاز در کشور ایران طبق تحقیقات اینجانب موردی به ثبت نرسیده است و حتی در دیگر صنایع موردی یافت نشد، فقط گزارشی که برای شش گروه از تاسیسات مورد استفاده در صنعت نفت فرا ساحلی توسط موسسه ساینترف صورت گرفته است، این گزارش در سال ۲۰۱۵ میلادی انتشار یافته است. که برای اطلاع بیشتر می توانید به قسمت مراجع و منابع، منبع ۱ مراجعه کنید مواردی که در ادامه مشاهده می کنید تماما از منابع اصلی و مربوط به دیگر کشور ها می باشد، این نکته حائز اهمیت است با توجه به اهمیت اینگونه شکست ها و تاثیر آن بر قابلیت اطمینان سیستم نیاز فروانی به تحقیق بیشتر و عملیاتی کردن در این رابطه در صنایعی مانند هسته ای، هوا فضا، خودرو، قطعات الکترونیک و.. می باشد.

(۳-۱) وابستگی اجزاء سیستم

رویداد مستقل^۷

وقایع در صورتی مستقل تلقی می شوند که تاثیری بر نتیجه واقعه دوم نداشته باشند و برای بدست آوردن احتمال آن احتمال واقعه اول را در احتمال واقعه دوم ضرب می کنیم .

$$P(A \& B) = P(A) \cdot P(B)$$

رویداد وابسته^۸

وقایعی را وابسته گویند که نتیجه واقعه نخست به نحوی مستقیم در نتیجه واقعه دوم اثر بگذارد و برای بدست آوردن دو احتمال بصورت احتمال شرطی حساب می کنیم.

$$P(A \& B) = P(A) \cdot P(B|A)$$

شکست همزمان اجزای چندگانه که بعلمت یک علت مشترک ایجاد می شوند. اجزایی که به دلیل یک علت مشترک دچار شکست می شود و معمولاً در همان حالت کارکردی دچار شکست می شوند. واقعه CCF شامل شکست های جز یا مواردی است که دارای مالک های زیر است.

۱) دو جزء یا بیشتر دچار شکست یا کاهش کارکرد شوند به طوری که آن ها را در زمانی نیاز نتوان استفاده کرد و یا به گونه ایمن عمل نکنند.

۲) شکست اجزاء مربوط به به یک علت مشترک منفرد و ساز و کارهای مزدوج کننده باشد.

(۱-۳-۱) انواع وابستگی

CCF ها برای یک سیستم ذاتی و یا خارجی است. وابستگی ذاتی (باطنی) به وابستگی های اشاره دارد که در آن وضعیت کارکردی یک جزء از دیگر اجزا تاثیر پذیر می باشد. معمولاً این وابستگی ها از مسیری که سیستم برای اجرای کارکرد مورد انتظارش طراحی شده ناشی می شود. این نوع وابستگی براساس نوع تاثیری که اجزا بر همدیگر می گذارند پایه ریزی می شود . وابستگی خارجی به وابستگی اشاره دارد که در آن عامل مزدوج کننده ، ویژگی کارکردی

^۷ Independent Event

^۸ Dependent Event

طراحی شده، سیستم ذاتی و مورد انتظار نیستند و به عبارت دیگر مربوط به شرایط محیطی جزء دارد. اغلب چنین وابستگی هایی برای یک سیستم به طور فیزیکی خارجی هستند. مانند ارتعاش، گرما، محیط و.... (۲)

۴-۱) تعاریف و مفاهیم

شکست با علت مشترک :

شکست با علت مشترک شکستی است واحد. که طراحی های افزونگی مستقل را از بین می برد. هدف از این روش کشف علت مشترک موارد آسیب پذیر در طراحی سیستم است. که آنها می توانند به شکست مشترک زیر سیستم های افزونگی شوند.

تعریف CCF

تعاریف مختلفی برای CCF ارائه شده است و در طول چند دهه اخیر تصحیح شده است. چند تعاریف CCF وجود دارد. چندین تعریف از CCF در دسترس است و تناقضات بین آنها را می توان در بین تعاریف های زیر یافت.

۶-۱۵۰۸ IEC^۹ [۲۰۱۰]

تعریف یک شکست به عنوان CCF، که در نتیجه یک یا چند رویدادی است که علل همزمان شکست از دو یا چند کانال مجزا در یک سیستم کانال های متعدد دارد، منجر به نارسایی سیستم شود. کانال به عنوان یک عنصر یا گروهی از عناصر که به طور مستقل اجرای یک فعالیت ایمنی (یا بخشی از یک تعریف فعالیت ایمنی) انجام می دهند.

NUREG [۱۹۸۸]:

به عنوان زیر مجموعه ای از شکست وابسته را تعریف می شود که در آن دو یا چند مولفه ای همان زمان وجود داشته باشد، یا با یک بازه زمانی کوتاه، به دلیل یک علت مشترک وجود دارد.

^۹ International Electrotechnical Commission (یک موسسه استاندارد غیرانتفاعی غیردولتی است که استانداردهای بین المللی کلیه فن آوریهای مرتبط با الکترونیک و الکتریسیته (در کنار هم با نام الکتروتکنولوژی شناخته می شوند) را تهیه و منتشر می کند)
^{۱۰} US Nuclear Regulatory Commission Regulation

به عنوان شکست در آیت‌های مختلف تعریف می‌شود، که ناشی از یک رویداد واحد است که در آن این شکست‌ها عواقب یکدیگر نیستند. همچنین اشاره دارد به اینکه شکست به طور همزمان و یا در مدت زمان کوتاه از یکدیگر رخ می‌دهد.

PDS [Hauge et.al] [۲۰۱۳]

بتا کسری از CCF است که اینگونه تعریف می‌شود. کسری از یک شکست از یک جز تنها است، که علت آن دو جز از یک زوج از افزونه همزمان شکست می‌خورند. پس آن مورد برای تخمین احتمال بیشتر مقادیر بتا از دو جز که بطور همزمان دچار خطا شده اند استفاده قرار گرفته است.

اسمیت و واتسون

بررسی تعاریف مختلف از CCF و صفات نشان می‌دهد که یک تعریف از CCF باید شامل:

۱. اجزای که تحت تاثیر رویداد هستند قادر به انجام مورد خواسته شده نیستند.
 ۲. شکست‌های متعدد که در داخل موجود هستند (اما محدود به) پیکر بندی افزونه نیستند.
 ۳. یک شکست که در ابتدا خط است و نه نتیجه شکست آبخاری.
 ۴. شکست در یک دوره زمانی بحرانی رخ دهد (به عنوان مثال زمانی که یک هواپیما در هوا در طول یک پرواز است).
 ۵. شکست به دلیل نقص زمینه ای تنها و یا یک پدیده فیزیکی (علت مشترک هستند شکست) است.
 ۶. اثر شکست باید به ناتوانی عمده ای از سیستم منجر شود که توانایی انجام برخی از موارد خواسته شده را نداشته باشد (CCF کامل).
- در این گزارش، مدت CCF (یا رویداد CCF) استفاده شده است به معنی حوادث متعدد است که تحقق معیار ۱ تا ۵ باشد، اما نه لزوماً معیار ۶. به عنوان مثال، در یک پیکربندی ۴۰۰۲، دو جزء ممکن است به دلیل یک علت مشترک شکست بخورند، اما سیستم هنوز هم عمل

^{۱۱} گزارش‌های تخصصی در رابطه با مفاهیم خرابی، ریسک، ایمنی و قابلیت اطمینان در صنعت نفت و گاز ارائه می‌دهد.

خواهد کرد. از این رو، این CCF است اما قادر به غیر فعال کردن عملکرد سیستم نیست. (معیار ۶).

توجه داشته باشید که شکست دو یا چند جزء با توجه به یک علت مشترک CCF در نظر گرفته شده است، اگر چه اجزای بخشی از همان SIF نباشند. (معیار ۲). به عنوان مثال شیر آلات تخلیه و ESD اغلب به عنوان ۱۰۰۱ در یک SIF معمولی پیکربندی شده است. با این حال، اگر دو شیر تخلیه مانند (یا دو سوپاپ ESD) به طور همزمان خطا دهند، این به عنوان یک CCF ثبت می شود. به عنوان مثال، این اطلاعات زمانی مهم است که ارزیابی ترکیب احتمال شکست چند شیر تخلیه از زیر (یا شیر های ESD) در مکان های مختلف بر روی یک طرح (پلن) در صورت نشت فرایند یا یک آتش سوزی / انفجار باشد.

اصطلاح کامل CCF وقتی اتفاق می افتد مجموعه ای از شکست که تمام شش معیار تحقق یابد. بنابراین نتیجه آن یک شکست سیستم می شود (یا یک شکست از SIF). بنابراین یک CCF کامل را می توان به عنوان یک زیر مجموعه از CCFs بررسی کرد. در این گزارش و برای اهداف عملی، CCF کامل استفاده نشده است و ما به جای استفاده از اصطلاح CCF بیشتر از رویداد CCF استفاده می کنیم، که با معیارهای ۱ تا ۵ مطابقت دارد. (۳)

۱-۵) تعاریف کاربردی و تعیین چالش های که در زمان تعیین CCF روبرو هستیم

تعریف زیر CCF شده است در طول بازنگری های عملیاتی استفاده می شود: خرابی ناشی از علت ریشه یکسان در یک بازه زمانی خاص برای قطعات یا اقلامی که در همان گروه تجهیزات هستند باشد.

تمایل زیادی به چشم پوشی علل CCF در رویه شناسایی CCFs میان گزارش شکستها ممکن است باشد اگر تنها بر روی رویدادهای CCF تمرکز شود. شکستها سیستماتیک، به عنوان مثال، شکست که ناشی از بوجود آمدن اشتباهات در تشخیص طراحی، نصب و راه اندازی، و یا عملیات و تعمیر و نگهداری، و به این دلیل که طبیعی هستند در اجزا بسیار ناچیز هستند. هنگامی که یک شکست سیستماتیک برای یک جزء یافت شود ممکن است این شکست برای اجزای مختلف تکرار شده باشد.

مهم است که همچنین پرسیده شود که دیگر اجزا موثر هستند. بنابراین، در بررسی هر شکست ، برای هر شکست سیستماتیک، این سوال پرسیده شده است که آیا شکست می تواند در نتیجه شکست های متعدد شیر در زمانی نسبتا کوتاه باشد؟ اگر بله، شکست به عنوان یک CCF بالقوه در نظر گرفته شود.

اصطلاح CCF بالقوه در سطح وسیعی از طبقه بندی در CCF استفاده می شود، و شامل تمام علل قابل پیش بینی که ممکن است در یک CCF بر اساس یک بازنگری از شکست ثبت شده و علل شکست ناشی از آن در دستورالعمل ICDE (NEA 1012)، ذکر شده، اما به طور رسمی تعریف نشده است باشد.

در عمل می بینیم که یک CCF بالقوه بسیار شبیه یک شکست سیستماتیک هستند. با این اینکه یکسان نیست؛ یک شکست ممکن است لزوما فاقد اصول برای پتانسیل بوجود آوردن و لزوما دارای پتانسیل برای ایجاد یک CCF (تحت شرایط داده شده و موقعیت) باشد. از سوی دیگر، یک CCF بالقوه (بعنوان تفسیری از این گزارش) همیشه بایدخواص یک شکست سیستماتیک داشته باشد.

رویداد CCF و CCFs بالقوه با دو مفهوم متفاوت بکار میروند که در ذیل معرفی شده اند. رویداد CCF اغلب زمانها ممکن است با استفاده از شمارش، چگونگی رخ دادن CCFs را تخمین بزند. به عنوان مثال برای پیدا کردن ضریب بتا را تخمین بزند.

مشکل اصلی این است میزان شکست CCF تاسیسات ویژه (و حتی جمع نرخ شکست CCF بیش از چند تاسیسات) سطح بالایی از عدم اطمینان خواهند داشت، و منجر به محدود شدن اطلاعات نمونه می شود. در برآورد بتا ، CCF بالقوه رویداد CCF نمی تواند شامل با هیچ وزنی نباشد. با این حال، CCFs بالقوه مهم هستند، از اینرو علاوه بر اطلاعات در مورد علل شکست های بالقوه میتواند برای شناسایی آسیب پذیری در طراحی و یا فعالیت های زیست محیطی است شامل می شود استفاده شود، اگر جلوگیری یا اصلاح شود، می تواند از وقوع CCFs و شکست سیستماتیک در آینده را کاهش دهد.

مطابق با تعاریف نسبتا عملگرا CCF در بالا بحث شد، ممکن است برای تصمیم گیری که آیا یک شکست CCF است یا هنگام اجرای طبقه بندی داده ها شکست نیست به چالش

کشیده می شود. بررسی یک مثال را ملاحظه کنید، از تاسیسات یک مرکز که در آن چند شیر ESD^{۱۲} نیاز به قدرت هیدرولیک برای بستن دارند. بمحض خاموش شدن مشاهده شد که برخی از شیر ESD با توجه به زمان بسته شدن مورد نیاز بسته نمی شود. در نگاه اول این به نظر می رسد رویداد CCF معمولی است، اگر چه خاموش شدن در یک رویداد آتش سوزی رخ داده است، تحقیقات بیشتر اولیه که آغاز شد. پس از آن مشخص شد که شیر ESD از HPU^{۱۳} همان است که به تازگی تعمیر و شستشو داده شده است. بعد از این تعمیرات اساسی احتمالاً مقداری از هوا باقی مانده در لاین هیدرولیک وجود دارد. که همچنین باعث کند بسته شدن شیرهای ESD شده است. در نتیجه HPU یک از مولفه های مشترک بوده که باید بعنوان یکی از منابع چندگانه در محاسبه قابلیت اطمینان بطور کامل مدل سازی شود. در موضوع مولفه های مشترک در مقابل علل مشترک در آینده بحث می شود و مثالهای در قسمت نتایج از بررسی عملیاتی زده می شود.

همچنین می خواهد دشواری ها در بین شکست و رخ دادن ناگهانی (که منجر به یک شوک، بعنوان مثال درجه حرارت سرما، برف زیاد، شکست الکتریکی، خطاهای نگهداری و تعمیر و غیره) و شکست های که به تدریج در طول زمان (بعنوان مثال استرس های بالاتر از حد طراحی، از قبیل ارتعاش بیش از اندازه) تمایز دهد.

با وجود دشواری تشخیص این نوع از شکست (به عنوان مثال به علت عدم اطلاعات دقیق در اطلاعاتی های تعمیر و نگهداری)، آنها به طور کلی به عنوان CCFs در شکست در طبقه بندی نظر گرفته می شود. با توجه به اینکه شکستها در یک مدت زمان مشخص و محدود (معین ابتدا و انتها دارد) (معمولاً در طول آزمون پیشگیرانه همان) شناسایی شده است. لازم به ذکر است که شکست های متعدد با ویژگی های CCF ممکن است در طول یک دوره زمانی طولانی تر نسبت به یک فاصله آزمون رخ دهد. عمدتاً به این دلیل است که ریشه علت (مشترک) شکست قابل شناسایی نیست و پس از تعمیر اولین شکست، و یک شکست مشابه

^{۱۲} Emergency shutdown

^{۱۳} Hydraulic Pressure Unite

در نتیجه ممکن است هنوز هم در یکی دیگر از عناصر در طول آزمون بعدی در مدت فاصله آزمون رخ دهد. هنگامی که قصد داریم سرتاسر داده های شکست عملیاتی را داشته باشیم، ما تنها داده های که داریم شامل CCF های است که در زمان ها در طول همان آزمون اولیه شناسایی شده و یا بعضی در در طول زمان عملیات آشکار شده است. (۴)

۱-۶) برخی از تعاریف اضافی

در ادامه برخی از کلمات که در متن آمده است بصورت مختصر توضیح داده شده است.

شکست خطرناک (مخاطره آمیز)^{۱۴}

شکستی که دارای پتانسیل قرار دادن جزء در یک شرایط خطرناک و یا عملکرد شکست را دارد. IEC ۶۱۵۰۸-۴ در رابطه با شکست خطرناک در شکست سیستم است، اما تفسیر رایج مربوط به طبقه بندی شکست در سطح جزء است.

شکست مخاطرات آمیز شناسایی شده^{۱۵}

شکست خطرناک تشخیص داده شده توسط خود آزمون و یا مقایسه آنلاین ابزار قابل شناسایی است. به عنوان مثال این یک لنز آشکارساز کثیف است که به طور خودکار در CCR آلازم میدهد.

شکست مخاطرات آمیز غیر قابل تشخیص^{۱۶}

این شکست ها بطور خودکار قابل شناسایی نیست، اما معمولاً در طول تست عملکرد و یا در حالت واقعی نمایان می شود. بعنوان مثال می توان به شیری که در شرایط آزمون شکستی ندارد اما در شرایط واقعی بسته نمی گردد.

^{۱۴} Dangerous Failure

^{۱۵} Dangerous Detected (DD)

^{۱۶} Dangerous Undetected (DU)

شکست قابل چشم پوشی^{۱۷}

یک شکست است که بحرانی نیست، اما ممکن است به تدریج به یک شکست بحرانی توسعه داده پیدا کند.

شکست ایمن^{۱۸}

شکستی که پتانسیل برای قرار گرفتن جزء در یک شرایط خطرناک و یا حالت شکست فعالیت را ندارد. چنین شکستی ممکن است در نتیجه انتقال یک حالت امن از اجزا، که دوباره ممکن است منجر به خاموش شدن تولید شود.

افزونی^{۱۹}

وجود بیش از یک وسیله برای اجرای یک فعالیت مورد نیاز و یا برای نمایش اطلاعات است. (۵)

۷-۱) مفهوم PFD، SIF، SIL^{۲۱}

همانطور که قبلاً نیز به SIS ها اشاره شد، SIS تجهیزات و وسایلی هستند که در صورتی که فرایند از حالت نرمال خارج شود، آنرا به حالت ایمن هدایت می کنند. به عملیاتی که SIS ها انجام می دهند تا فرایند به حالت ایمن برود SIF گفته می شود، در واقع SIF به مجموعه اقدامات برای هدایت فرایند به حالت ایمن گفته می شود.

عملکرد SIF ها با معیار "سطح یکپارچگی ایمنی" یا SIL سنجیده می شود. SIL یک معیار قابلیت اطمینان می باشد که برحسب احتمال شکست در عملکرد یک SIF، درست در زمانی که فرایند در شرایط غیر نرمال می باشد و وجود آن مورد نیاز است، تعریف می شود. به این احتمال "احتمال شکست در زمان مورد نیاز" یا PFD گفته می شود. استاندارد، SIL ها را به

^{۱۷} Degraded Failure

^{۱۸} Safe Failure

^{۱۹} Redundancy

^{۲۰} Safety Integrity Levels

^{۲۱} Probability of Failure on Demand

۴ سطح تقسیم بندی میکند. این سطوح SIL شامل SIL ۱، SIL ۲، SIL ۳، SIL ۴ می باشد. هرچه سطح SIL بالاتر باشد، احتمال شکست در زمان مورد نیاز (PFD) برای یک SIF پائین تر آمده و نشان دهنده ی در دسترس بودن بیشتر آن SIF می باشد؛ که البته طبیعتاً برای اینکار می بایست هزینه بیشتری نیز صرف شود.

ترتیب سطوح مختلف SIL برحسب PFD در جدول ۱-۱ آورده شده است. به عنوان مثال در صورتی که سطح SIL 1 برای یک SIF تعیین شود، آن SIF می بایست دارای PFD بین ۰,۱ تا ۰,۰۱ باشد، یعنی در صورتی که PFD یک SIF برابر ۰,۱ باشد احتمال شکست در عملکرد SIF درست در زمانی که به آن نیاز است ۰,۱ و احتمال ایمن عمل کردن آن ۰,۹ می باشد. جداول ۱-۱ و ۱-۲ مربوط به سیستم ها با تقاضای زیاد و کم در ذیل آورده شده است.

جدول ۱-۱: سطح یکپارچگی ایمنی و احتمال شکست در تقاضا کم

احتمال نقص و خطرناک به ازاء هر ساعت کار سیستم (PFH)	سطح یکپارچگی ایمنی (SIL)
10^{-5} تا 10^{-4}	۴
10^{-4} تا 10^{-3}	۳
10^{-3} تا 10^{-2}	۲
10^{-2} تا 10^{-1}	۱

جدول ۱-۲: سطح یکپارچگی ایمنی و احتمال شکست در تقاضا زیاد (۶)

احتمال نقص و خطرناک به ازاء هر ساعت کار سیستم (PFH)	سطح یکپارچگی ایمنی (SIL)
10^{-8} تا 10^{-9}	۴
10^{-7} تا 10^{-8}	۳
10^{-6} تا 10^{-7}	۲
10^{-5} تا 10^{-6}	۱

۱-۸) مفاهیم CCF

۱-۸-۱) شکست های وابسته و غیر وابسته

شکست وابسته به طور سنتی به سه دسته تقسیم می شود:

➤ حوادث علل مشترک:

با اشتراک گذاشتن یک علت باعث شکست های متعدد شده است. چند شکست که ممکن است به طور همزمان یا در طی یک دوره از زمانی رخ دهد.

➤ حالت شکست مشترک^{۲۲}:

یک زیر گروه از CCF است که در آن چندین آیتم اجزا در همان نوع شکست یا همان مسیر خراب می شوند.

➤ شکست آبشاری^{۲۳}:

که این هم یک شکست پلکانی رو به افزایش است، به عنوان مثال حالت شکست یک یا چند قطعه دیگر در شرایط عملیاتی، محیط زیست، و غیره به طوری که دیگر اجزای خراب شوند.

وابستگی یک اصطلاح کلی است که شامل بیش از شکست CCF است. نمونه هایی از وابستگی ممکن است مربوط به خواص طراحی، مانند فن آوری مشترک و یا سیستم های ابزار مشترک باشد، وابستگی ممکن است مربوط به یک محیط خارجی مشترک و یا ممکن است مشترکات مربوط به پرسنل که اجرا و حفظ سیستم های باشد. از این رو، وابستگی می تواند به عنوان عوامل یا شرایط که قادر به ساختن CCFs همچنین شکست آبشاری فعال دیده شود. در این گزارش و در بررسی های عملیاتی ما در CCFs و CMFs) متمرکز شده است. هنگامی که ما شکستها را دسته بندی می کنیم ما اغلب تجربه علتی که باعث شکست است در سطح جزئیات و یا تمام آن توضیح داده نشده است با این حال، از اطلاعاتی های تعمیر و نگهداری آن را می توان

^{۲۲} Common Mode Failure (CMF)

^{۲۳} Cascading failures

مشاهده کرد که تعدادی از اجزای خطا مشابه در بعضی راهها (یا حالت) دارند بنابراین همان راه (یا حالت) و می تواند به عنوان CCFs طبقه بندی شوند. شکست آبخاری به طور سنتی در محاسبات CCF در نظر گرفته نمی شود، بطوریکه به عنوان نتیجه انواع مختلف شکست قطعات و منشاء یک شکست در جزء دیگر است. به همین دلیل نمی توان آنها را به راحتی به مدل هایی که برای CCF در دسترس هستند تنظیم کرد. بنابراین، اگرچه مهم است، شامل این مطالعه نیست. با این حال ممکن است، رخ دهد، که چنین شکست ناخواسته شامل منجر به شروعی است که در آن داده CCF جمع آوری شده اند و این واقعیت که علت شکست گاهی اوقات نمی تواند جزئیات را توصیف کند.

۱-۸-۲) علت ریشه ای و عوامل مزدوج کننده^{۲۵}

علت ریشه ای و عوامل مزدوج ساز دو ویژگی کلیدی برای فهمیدن چگونه و چرا CCFs رخ می دهد. دو ویژگی برای اولین بار در صنعت هسته ای معرفی شدند، به عنوان مثال به، پری و پائولا و همکاران [۱۹۹۱] مراجعه شود.

۱-۸-۲-۱) علت ریشه ای

یک علت ریشه اساسی ترین دلیل و یا دلایل شکست جزء، که اگر اصلاح شود، از رویداد مجدد جلوگیری می شود. نمونه هایی از علل ریشه درجه حرارت بالا و یا پایین، شن و ماسه بیش از حد تولید، ارتعاشات بزرگ، زلزله، آتش سوزی، تغییرات ناگهانی در بارهای، فشار بالا و یا پایین، رطوبت و یارطوبت بالا، تابش گرما، شکست الکتریکی، عدم وجود پروسه، شکست

^{۲۴} Root Causes

^{۲۵} Coupling Factors

^{۲۶} [NUREG 1998]

در رعایت تعمیر و یا پروسه آزمون شکست سیستماتیک کالیبراسیون، شکست طراحی، آزمایش ناکافی، بازرسی، پیگیری و غیره.

در اغلب اوقات، شرح یک شکست به علت واضح (و یا مستقیم) و یا یک دستور ساده محدود که "جزء شکست خورده است" محدود است. بدون شناسایی مناسب علت ریشه ای، انتخاب سنجش بازدارنده کارآمد دشوار است. به عنوان مثال، در بررسی از گزارش شکست، ما می بینیم که آشکارسازهای شکست خورده اغلب فقط با یک نوع مشابه بدون تجزیه و تحلیل بیشتر جایگزین شده است. همچنین می بینیم که شیر مذکور در طول یک آزمون عملکردی فرسوده شده اند ممکن است تمیز و روغن کاری و سپس با موفقیت بکار انداخته شوند. روانکاری اثر کوتاه مدت بر عملکرد شیر دارد، و علت ریشه ای واقعی به ندرت نشان داده می شود، لذا در اغلب موارد چنین استراتژی کوتاه مدت به منظور انتخاب اقدامات بازدارنده موثر کافی نیست.

۱-۸-۲-۲) ضریب مزدوج کننده

یک ضریب مزدوج کننده، از ویژگی های یک گروه از قطعات و یا قسمت هایی که آنها را به عنوان حساس یا آسیب پذیر در برابر همان مکانیسم شکست خطر شناسایی شده است. چنین ویژگی ممکن است مربوط به استفاده از شیوه های متداول باشد. اصول طراحی مشترک، قرار گرفتن در معرض محیط زیست و / یا فاکتور محیط زیست و پرسنل های دخیل در طراحی، نصب و راه اندازی، بهره برداری، و یا تعمیر و نگهداری و یا عملیات است. برخی از نمونه های عوامل مزدوج کننده است. ممکن است که همان اپراتور تمام انتقال دهنده نصب کرده در همان مجرا را تنظیم کند. مثال دیگر این است که مجموعه ای کامل از آشکارسازهای شعله در منطقه در معرض پاشش آب دریا واقع شده است. یک مزدوج شدگی به خودی خود باعث هیچ شکست نیست، اما با حضور خود را ممکن است باعث تکرار شدن و یا اجازه تکرار شدن همان شکست بر روی اجزای مختلف را دهد.

در شکل ۲ ما تلاش کرده ایم برای رابطه بین یک علت ریشه ای، ضریب مزدوج کننده و بعلاوه توسعه در میان CCF نشان دهیم. یک علت ریشه ای، از قبیل افزایش تولید شن و ماسه در یک لوله، ترکیب شدن با یک ضریب مزدوج کننده مانند دو شیر مشابه در بخش همان لوله، ممکن است نتیجه آن تخریب شیر و در نهایت یک شکست به طور همزمان در هر دو شیر بطور مشابه یک علت ریشه مانند خطای کالیبراسیون سیستماتیک می تواند در ترکیب با ضریب مزدوج مانند به عنوان انتقال دهنده مشابه در همان لوله، نتیجه آن یک شکست یکسان در انتقال دهنده لوله به طور همزمان است/.

علل ریشه ای و عوامل مزدوج کننده همیشه به راحتی قابل تشخیص نیستند، به عنوان مثال نبود توصیف دقیق در گزارش تعمیر و نگهداری. بمنظور مطالعه دسته بندی ccf را ترکیب شده اند.. بنابراین در عمل دسته بندی CCF نمایانگر ترکیبی از علل ریشه و عوامل مزدوج کننده است که باید قادر باشد یک CCF به رخ دهد.

۹-۱) بازدارنده در برابر CCF

هدف از بازدارنده در مقابل CCFs، حذف یا کاهش عوامل ریشه ای خرابی تجهیزات و یا از بین بردن یا کاهش مکانیسم مزدوج کننده بین اجزاء است. نمونه هایی از اقدامات برای حذف ریشه علل می توان به نصب فیلترهای شن و ماسه برای جلوگیری از فرسایش، آموزش اپراتور برای جلوگیری از اشتباهات کالیبراسیون از فرستنده یا طراحی مجدد جعبه اتصال برای جلوگیری از نفوذ آب باشد. نمونه هایی از اقدامات لازم برای کاهش ضریب مزدوج کننده می توان نصب و راه اندازی محافظ از آب و هوا برای جلوگیری از قرار گرفتن در معرض پاشش معمول آب دریا، مکان نمایی دوباره از انتقال فشار از همان بخش لوله (جدایی فیزیکی)، و یا استفاده از افزونگی گوناگونی است.

۱-۱۰) گوناگونی

مطابق با استاندارد (۲۰۱۰) IEC ۶۱۵۰۸ به گوناگونی به عنوان ابزار مختلف اجرای یک فعالیت مورد نظر تعریف شده است.

گوناگونی ممکن است با روشهای مختلف فیزیکی یا روش های طراحی مختلف انجام شود، به عنوان مثال، با استفاده از دو نوع مختلف از اصول اندازه گیری برای کنترل سطح. از نظر تنوریک، و با توجه به کاهش بروز CCFs، در عمل وجود دارد ویژگی گوناگونی مثبت نظر گرفته شده است. با این حال گوناگونی ممکن است باعث برخی چالش های بالقوه شود. اثر منفی گوناگونی این است که قطعات مختلفی در یک وسیله موجود هستند، یک تکنسین در یک دستگاه برای یک دوره از زمان کار نمی کند با آن وسیله کمتر آشنا می شوند. بنابراین، گوناگونی ممکن است تحت عنوان خطاهای انسانی معرفی شود. از سوی دیگر، برای مثال؛ اندازه گیری با کیفیت سطح بالا سخت است برای رسیدن به با اصول اندازه گیری را تحت تغییر چگالی و ترکیب، و در چنین مواردی ممکن است تکیه بر گوناگونی مهم باشد، بلکه پس از همان اصل اندازه گیری گوناگونی است. برای تجهیزات دیگر، مانند شیر ها و مبدل فشار، اثرات گوناگونی بیشتر محدود هستند به عنوان قابلیت های کاربردی در تجهیزاتی که بیشتر در حالت عمل مختلف "پایدار" است.

در عمل، ممکن است محدودیت های عملیاتی که انتخاب اقدامات بازدارندگی در دسترس محدودیت وجود دارد. برای مثال، علل ریشه ای که خارجی هستند، مانند برف، پاشش آب دریا، درجه حرارت پایین / بالا محیط، و یا فرایند پارامترهای مانند اسیدیته و شن و ماسه محتوا در مایع، نمی توان همیشه اصلاح کرد، و اثرات آنها بیشتر در طراحی و با انتخاب اقدامات بازدارندگی که باعث کاهش عوامل مزدوج کننده می توان فراهم کرد. (۷)

فصل ۲

شیرین سازی گاز ترش

۲-۱) فرایندهای شیرین سازی^{۲۷}

روش های مختلفی برای این فرایند وجود دارد که تعدادی از آنها به دلیل توجیه فنی و اقتصادی و نیمی باشند یا در مقیاس صنعتی توجیه ندارند. روش های مختلف با توجه به شرکت های فعال انتخاب شده و توسعه می دهند. فرایند جداسازی سولفید هیدروژن و مونو اکسید کربن می باشد. با توجه به ناخالصی موجود و فلسفه طراحی ممکن است فرایند برای جدا سازی مونو اکسید کربن، جداسازی سولفید هیدروژن یا هر دوی این گازها یا بصورت انتخابی سولفید هیدروژن را در بر می گیرد. بطور کلی انواع فرایند فرایند عبارتند از :

- ✓ فرایندی که فقط برای جداسازی مونو اکسید کربن از گاز طراحی می شود.
- ✓ فرایندی که فقط برای جداسازی سولفید هیدروژن از گاز طراحی شود.
- ✓ فرایندی که برای جداسازی همزمان مونو اکسید کربن و سولفید هیدروژن از گاز طراحی می شود.

^{۲۷} : در این فصل با توجه به اینکه پالایشگاههای گازی ایران در منطقه پارس جنوبی دارای فازهای مشابه هستند، نام واحدها مطابق با اینگونه از پالایشگاهها است.

✓ فرایندی که به شکل انتخابی ناخالصی را از گاز جدا می کنند، در حالیکه هردو

ناخالصی مونواکسیدکربن و سولفید هیدروژن در گاز وجود دارند.

با تعیین تکلیف اینکه بایستی H_2S و یا CO_2 از جریان فرایند جدا شوند، بایستی روش جداسازی مشخص شود. برای جداسازی این گازها روش های متفاوت فیزیکی و یا شیمیایی وجود دارند. روش های مطرح در صنعت گاز شامل موارد ذیل می باشند. پس لیست ارائه شده در ادامه این روش های را معرفی می کنیم.

۲-۱-۱) فرایند جذب شیمیایی

جهت شیرین سازی گاز طبیعی می توان از برخی از حلال های شیمیایی استفاده نمود، این ترکیبات غالباً آلکالوآمین^{۲۸} و محلول در آب^{۲۹} می باشد. به عنوان جایگزین می توان از نمک قلیایی نظیر کربنات پتاسیم داغ نیز استفاده نمود. این واحدها از نظر عملکرد دارای تفاوت جزئی با یکدیگر می باشند، به همین دلیل در طی بررسی فرایند یک نمونه از این طرح ها را ارائه می کنیم و در انتها به صورت مختصر فرایند های پر کاربرد را معرفی می کنیم.

۲-۱-۲) فرایند

مبنای فرایند های جذب شیمیایی تماس بین گاز فرایند یا گاز خوراک و^{۳۰} یک محلول آبی حاوی یک از حلال های اشاره شده است. گاز اسیدی موجود در گاز خوراک، اسید ضعیفی است که با آلکالو آمین یا نمک قلیایی واکنش می دهد. و بی سولفید، و در نتیجه واکنش با سولفید هیدروژن و بی کربنات (در نتیجه واکنش با مونواکسید کربن) تشکیل می شود. واکنش شیمیایی و یا همان جذب شیمیایی در یک برج جدا کننده که به آن برج جذب و برج تماس

Alkaloamine^{۲۸}
Aqueous solution^{۲۹}
feed gas^{۳۰}

دهنده گاز و حلال نیز گفته می شود، انجام می گیرد که این برج مجهز به سینی ^{۳۲} یا پرکن ^{۳۳} می باشد. گاز از زیر پایین ترین سینی یا بخش پایین پرکن وارد این برج می شود. محلول آبی نیز بر روی بالاترین سینی یا بخش بالایی پرکن برج وارد می شود. در طی عملیات جذب، گرمای واکنش بین حلال و گاز اسیدی آزاد می شود. به عبارت دیگر واکنش جذب، یک واکنش گرمازا است. گاز فرآوری شده در دمایی بالاتر از دمای گاز خوراک برج را ترک می کند. ضمناً مقدار آب موجود در گاز خروجی از برج بیشتر از مقدار آب خوراک است. بنابراین یک واحد جدا سازی آب در پایین دست واحد شیرین سازی باید نصب گردد. سپس در یک بخش احیا، نمک آلکوامین دوباره به محلول قلیایی تبدیل می شود و این سیکل دوباره تکرار می گردد.

۲-۱-۳) شرح فرایند آمین

بدون در نظر گرفتن نوع محلول آبی آمین جهت شیرین سازی، نمودار جریان فرایندی در تمام واحدهای آمین تقریباً یکسان است. بسته به نوع آمینی که انتخاب می گردد، اصلاحات خاصی انجام می شود تا بتوان فرایند را به منظور خاصی بهینه سازی نمود.

۲-۲) واحد ۱۰۱: واحد شیرین سازی

وظیفه واحد ۱۰۱، شیرین سازی گاز ترش می باشد. در کنار فرایند اصلی، در این واحد آمین ها مصرف شده نیز برای استفاده مجدد احیا می شود. واحد ۱۰۱ شامل سه بخش جداسازی، جذب و احیا می باشد. گازی که عمل شیرین سازی به روی آن انجام شده وارد بخش نم زدایی می شود، در این پالایشگاه وظیفه نم زدایی برعهده واحد ۱۰۴ می باشد. محصول فرعی این واحد گاز ترش می باشد که جهت انجام عملیات فرآوری به واحد ۱۰۸ ارسال می شود. هر

^{۳۱} contactor

^{۳۲} tray

^{۳۳} packing

فاز پالایشگاه دارای دو ردیف شیرین سازی می باشد که نمای اصلی آنرا در تصویر ۱-۲ مشاهده می کنید.

۲-۲-۱) مشخصات فرایندی

در طی عملیات شیرین سازی مقدار H_2S باید به حداکثر ۳ppm حجمی و مقدار CO_2 به حداکثر ۰/۸ درصد مولی کاهش یابد. حذف CO_2 باید به اندازه ای باشد که غلظت H_2S در گاز اسیدی ورودی به واحد بازیافت گوگرد به اندازه کافی بالا باشد. امکان حذف مرکاپتان در این واحد وجود ندارد. مرکاپتان ها در واحد ۱۰۵ گاز صادراتی جدا می شود. گاز اسیدی حاصل از احیا آمین در واحد بازیافت گوگرد از نوع کلاوس فرآوری می شود. مشخصات این گاز در خروجی واحد ۱۰۱ دارای فشار حداقل ۲ بار در پایین دست شیر کنترلی و دما حداکثر ۶۰ درجه سانتی گراد باشد. همچنین گاز آزاد شده در فلش درام آمین غنی باید دارای فشار حداقل ۶ بار و مقدار سولفید هیدروژن حداکثر ۵۰۰ppm حجمی باشد.

۲-۲-۲) فرایند اصلی واحد شیرین سازی:

در طی عملیات شیرین سازی مقدار H_2S حداکثر ۳ppm و مقدار CO_2 به حداکثر ۰/۸ درصد مولی کاهش یابد. حذف مونواکسید کربن باید به اندازه ای باشد که غلظت سولفید هیدروژن در گاز ورودی به واحد بازیافت گوگرد به اندازه کافی بالا باشد. امکان حذف مرکاپتان در این واحد وجود ندارد. مرکاپتان ها در واحد ۱۰۵ از گاز صادراتی جدا می شود. گاز اسیدی حاصل از احیا آمین در واحد بازیافت گوگرد از نوع کلاوس فرآوری می شود. مشخصات این گاز در واحد خروجی واحد ۱۰۱ باید دارای فشار حداقل ۲ بار در پایین دست شیر کنترلی بوده و دما نیز حداکثر ۶۰ سانتی گراد باشد. (۸)

۲-۲-۲-۱) بخش جدا سازی :

در این بخش گاز ترش دریافت شده از جدا کننده های واحد ۱۰۰ با فشار ۶۷/۱ بارو دمای ۲۴/۴ درجه سانتی گراد وارد جدا کننده سه فازی D-۱۰۱ می شود تا توده مایعات و لجن هایی که به همراه گاز از واحد ۱۰۰ منتقل شده اند جدا شوند. بعد از این محفظه فیلتر F-۱۰۱ قرار دارد که شامل پیش فیلتر ذرات جامد و فیلتر می باشد. گاز ترش در این فیلتر ابتدا وارد پیش فیلتر ذرات جامد شده تا ذرات جامد همراه گاز جدا شود. (این ذرات شامل ذراتی می باشند که طی عملیات حفاری وارد فاز گاز شده به اضافه ذرات جامد ناشی از خوردگی در مسیر می باشند). سپس گاز ترش برای جدا شدن مایعات وارد بخش کول اسکور می شود وظیفه این فیلتر جلوگیری از ورود ذرات و مایعات اشاره شده می باشد. وجود این مواد باعث تولید کف بر روی سینی های برج جذب و در نتیجه بروز اشکال در فرایند جذب می شود.^(۹)

۲-۲-۲-۲) بخش جذب

پس از حذف توده های مایع و ذرات احتمالی ، گاز ترش وارد برج جذب C-۱۰۱ می شود، در این برج که از نوع سینی دار می باشد ، گاز ترش با محلول آبی MDEA تماس داده می شود، این عمل که در فشار بالا انجام می گیرد سبب جذب سولفید هیدروژن و مقداری از مونو اکسید کربن به محلول آمین و رسیدن آن به به مقدار مجاز می گردد. این برج دارای چند نقطه متفاوت برای ورود خوراک می باشد، ولی امکان ورود همزمان از بیش از یک ورودی ممکن نیست . وجود چند نقطه برای ورود آمین به منظور جذب حداکثری H_2S در برج و جلوگیری از جذب زیاد CO_2 در برج می باشد، زیرا H_2S بطور مستقیم با آمین واکنش می دهد ولی CO_2 ابتدا با آب و سپس محصول حاصل با آمین واکنش می دهد. این کار زمان بیشتری نیاز دارد، بنابراین با تغییر محل های ورود آمین به برج می توان مدت زمان برخورد آمین با گاز را جهت ایجاد بیشترین جذب سولفید هیدروژن توسط آمین انتخاب کرد.

جهت محدود کردن خروج آمین همراه با گاز خروجی ، سیستم شستشو با آب در بالای برج در نظر گرفته شده است که شامل سه سینی و یک سینی از نوع کوره ای می باشد، آب بوسیله پمپ P-۱۰۳A/B در این بخش گردش می کند تا قطرات محلول آمین احتمالی همراه با گاز

شیرین شده را در خود حل و از فاز گاز جدا نماید. جهت جبران آب از دست رفته در این حلقه پمپ P-۱۱۱ استفاده می شود. گاز شیرین شده از برج خارج شده باشند، جدا می شوند و به ظرف تبخیر ناگهانی آمین غنی از H_2S فرستاده می شود، گاز شیرین هم جهت نم زدایی به واحد نم زدایی فرستاده می شود.

۲-۲-۳) فلش درام آمین غنی از سولفید هیدروژن

با افزایش سطح آمین غنی (آمینی که سولفید هیدروژن و مونواکسید کربن موجود در گاز ترش جذب کرده) در پایین برج جذب، آمین غنی به واحد ۱۰۳ فرستاده می شود. فشار عملیاتی در این درام ۸ بار و بسیاری از هیدرو کربن هایی که در آمین غنی هستند در فاز بخار در این درام جدا می شوند و به برج جذب سوخت گازی فرستاده می شوند. برج جذب در این درام جدا می شوند و به برج جذب سوخت گازی فرستاده می شوند. برج جذب سوخت گازی مستقیماً روی این درام قرار گرفته است.

این درام شامل یک کاهنده فشار آمین، تیغه های عمودی ضد موج و حذف کننده گرداب است. همچنین بخش مجزایی جهت کف زدایی هیدرو کربن ها و جدا سازی آنها در مواقع ضروری در نظر گرفته شده است. آمین غنی بوسیله کنترل ارتفاع سطح، به مبدل آمین/آمین E-۱۰۱ ارسال می شود.

۲-۲-۴) برج جذب گاز سوخت

جهت رسیدن به مشخصات شبکه گاز سوخت، برج جذب گاز سوخت C-۱۰۳ روی فلش درام آمین غنی یعنی D-۱۰۳ قرار گرفته است و به صورت نامنظم از پرکننده پر شده است، هیدرو کربن هایی که همراه آمین غنی هستند، پس از جداسازی در فلش درام به این برج فرستاده می شود. بدلیل اینکه این هیدروکربن ها دارای مقدار بسیار زیادی H_2S با جریان مجزایی از lean Amine تماس داده می شوند تا به مقدار مجاز در گاز سوخت یعنی

۵۰۰ppm برسد. گاز فلش شیرین که شامل هیدرو کربن های سبک ، H_2S با مشخصات اشاره شده و مقداری CO_2 می باشد، به شبکه گاز سوخت فرستاده می شود.

۲-۲-۲-۵) مبدل حرارتی آمین / آمین

جریان آمین سنگین خروجی از فلش درام D-۱۰۳ پیش از ورود به برج احیا، توسط لین آمین خروجی از برج احیا در مبدل E-۱۰۱ پیش گرم می شود تا حرارت اولیه جهت شکستن پیوندهای آمین و سولفید هیدروژن اعمال شود.

۲-۲-۲-۶) بخش احیا حرارتی

سولفید هیدروژن و مونو اکسید کربن موجود در آمین غنی، در برج احیا C-۱۰۲ طی تماس این جریان با بخار تولید شده در ریویلر E-۱۰۲، به صورت دو جریان ناهمسو جدا می شوند. احیا حرارتی برای شکست پیوند های بین مولکولی آمین با سولفید هیدروژن و مونو اکسید کربن ضروری است.

برج احیا تحت فشار ثابت ۱,۳۵ بار در بالای برج و ۱,۶ بار در پالین برج کار می کند. بخار عریان ساز استفاده شده در ریویلر E-۱۰۲ از نوع کم فشار و ریویلر از نوع می باشد. بار حرارتی آن نیز می توان از طریق تنظیم جریان بخار ورودی به ریویلر کنترل کرد. گاز خروجی از بالای برج احیا که مرطوب، ترش و داغ می باشد ابتدا در کولر هوایی A-۱۰۱ خنک می شود و بطور همزمان، آب آن به مایع تبدیل می شود. گاز ترش محلول در آب بوسیله پمپ P-۱۰۲A/B از درامی برگشت دهنده D-۱۰۴ تحت کنترل سطح روی سینیر فلاکس در بالای برج احیا می ریزد.

آب جبرانی از طریق حلقه شستشو توسط پمپ P-۱۱۱ به سیستم وارد می شود. همچنین این آب می تواند در درام رفلکس هم اضافه شود و یا از طریق تزریق مستقیم بخار به برج شود. مقدار این آب با توجه به میزان مورد نیاز برای جبران هدر رفتن آب در برج محاسبه می

شود. فشار برج بوسیله شیر کنترل فشار در خروجی گاز ترش، تنظیم می شود. گاز ترش تولیدی که با فشار ۲ بار در ورودی و خروجی واحد قرار می گیرد، به واحد بازیافت گوگرد فرستاده می شود. این فشار جهت واحد کلاوس مناسب و کافی است.

به منظور تسهیل برگشت بخار میعان شده در ریویلر به سیستم بازیافت ن در پالایشگاه، محفظه نوسان گیر D-۱۰۵ در نظر گرفته شده است. پمپ های A/B-۱۰۴-P هم وظیفه برگرداندن بخار میعان شده را از اتین درام به شبکه آن در واحد ۱۲۱ به عهده دارند.

۷-۲-۲-۲) خنک کننده گاز اسیدی

برای کاهش مصرف آبی دریا از کولر هوایی A-۱۰۱ برای خنک کردن مخلوط آب و گاز اسیدی که از بالای برج احیا خارج می شود، استفاده می شود. به دلیل آنکه دمای هوا بندرت از ۴۳ درجه سانتیگراد بالاتر می رود و دمای گاز اسیدی نیز در ورودی-خروجی واحد بر روی مقدار ۵۵ سانتی گراد تنظیم شده است، این خنک سازی امکان پذیر می باشد.

۸-۲-۲-۲) خنک کردن و ذخیره سازی آمین سبک (احیا شده)

در پایین برج احیا، آمین بادمای ۱۳۱/۵ درجه سانتی گراد از آن خارج می شود که بوسیله مبدل آمین/ آمین و پس از آن در مبدل E-۱۰۳ با آب دریا خنک می شود و سپس به تانک ذخیره آمین احیا شده T-۱۰۱ فرستاده می شود. MDEA نیز همانند سایر آمین ها به اکسیژن حساس می باشد و در مجاورت آن محصولات اسیدی تولید می نماید. به همین منظور و جهت جلوگیری از تماس مستقیم با هوا، پوشش نیتروژن برای تانک T-۱۰۱ در نظر گرفته شده است. خنک کننده آمین سبک از نوع صدف ای است و جنس آن تیتانیوم است که در برابر خوردگی توسط آب دریا مقائم می باشد. ارتفاع سطح آمیندر پایین برج احیا بوسیله یک شیر که در خروجی خنک کننده قرار ک گرفته است کنترل می شود.

۲-۲-۲-۹) سیستم پمپاژ آمین رقیق

آمین از تانک T-۱۰۱ بوسیله پمپ های فشار بالای P-۱۰۱A/B پمپ می شود. یک مسیر کنار گذر برای برج جذب (بین خروجی پمپ P-A/B۱۰۱ و درام D-۱۰۳) در نظر گرفته شده است که جهت شروع به کار پمپ به طریقه ایمن و نیز بعنوان حداقل جریان راه اندازی استفاده می شود.

۲-۳) تجهیزات فیلتراسیون آمین رقیق (۱۰۲-U-۱۰۱)

جهت جداسازی جامدات، هیدروکربن های محلول و سایر ناخالصی ها که می تواند سبب ایجاد مشکلات ایجاد کف و خوردگی شود، باید یک سیستم فیلتراسیون مداوم موجود باشد. ظرفیت تقریبی این مجموعه برابر ۱۰٪ کل نرخ جریان محلول آمین است. این سیستم در یک حلقه بسته و در اطراف T-۱۰۱ قرار دارد و آمین سبک را فرآوری می کند. در مواقعی که انتظار می رود مقدار ذرات جامد در گاز خوراک بیشتر باشد، لازم است مقدار بیشتری از آمین وارد این مجموعه شود.

محلول آمین، نخست از میان فیلتر F-۱۰۲ می گذرد، (در این فیلتر ذرات جامدی نظیر سولفید آهن جدا می شوند. این فیلتر جهت جداسازی تمام ذرات بالای یک میکرون طراحی شده است. این فرایند نیازی به شستشو با آب ندارد. سپس حدود ۵٪ نرخ جریان آمین از میان F۱۰۳ که حاوی بستر جامدی از کربن فعال است عبور می کند. فلسفه وجودی این فیلتر، جداسازی ناخالصی های آلی محلول، خصوصاً هیدروکربن ها به وسیله جذب توسط گرانول های کربن فعال می باشد. گ

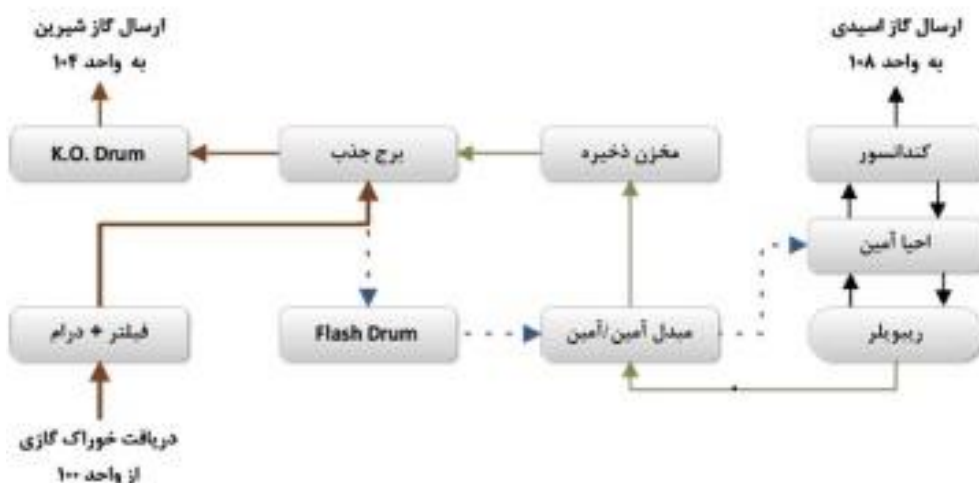
آخرین فیلتر F-۱۰۴ می باشد که در خروجی هر دو فیلتر واقع شده است و وظیفه جداسازی کربن فعال و موالد است که احتمالاً وارد جریان آمین شده اند. سطح جداسازی این فیلتر، مواد تا قطر ۵ میکرون می باشد.

۲-۴) مجموعه تزریق ماده ضد کف

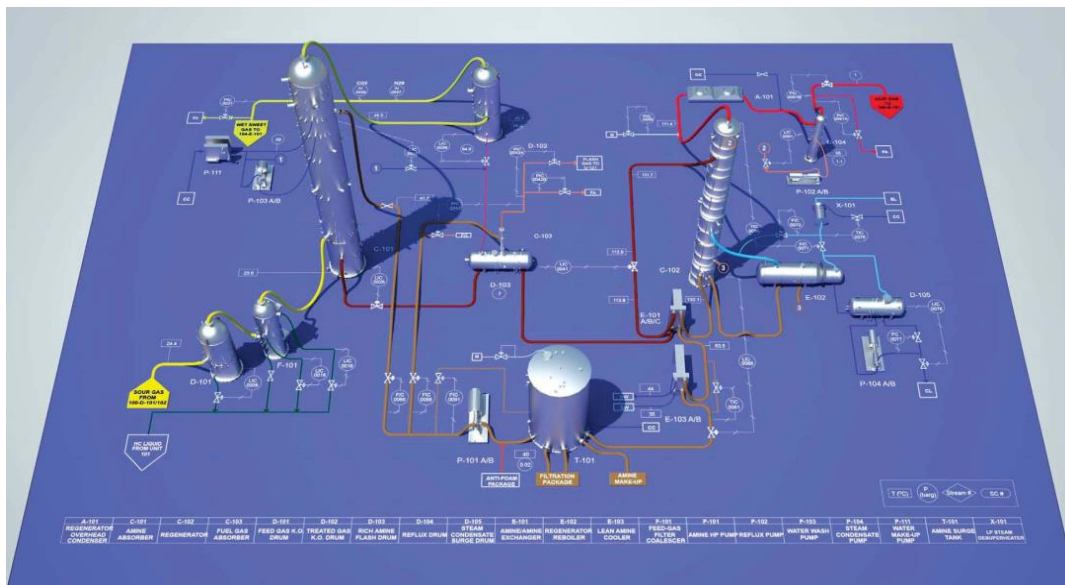
جهت تزریق مواد شیمیایی ضد کف به سیستم چرخه آمین در ورودی پمپ آمین، U-۱۰۱ قرار گرفته شده است. ماده ضد کف، ترکیبی از سیلیکون غلیظ شده در آب است. این ماده با آب رقیق می شود و پیش از تزریق در حلقه آمین، در درام مخصوص آن ذخیره می شود. عملیات تزریق مواد ضد کف بوسیله دو پمپ در حالت های زیر صورت می گیرد:

۱- پمپ P-۱۰۷A/B جهت تزریق پیوسته در زمان عملیات عادی

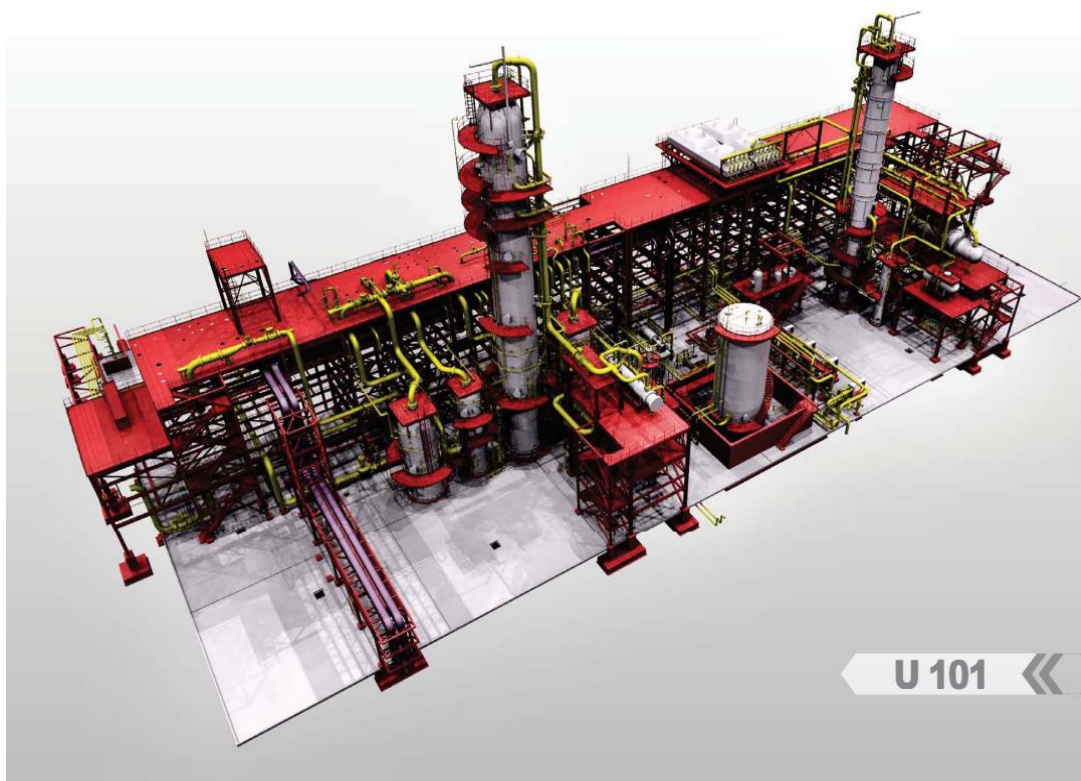
۲- پمپ P-۱۰۸ جهت تزریق سریع و زیاد، فقط در زمان ایجاد کف های شدید. (۱۰)



شکل ۲-۱: فرایند فاز شیرین سازی گاز ترش به همراه تاسیسات اصلی بکار رفته (۱۱)



شکل ۲-۲: نمای کلی از فاز شیرین سازی گاز ترش واحد ۱۰۱ به همراه تاسیسات بکار رفته (۱۲)



شکل ۲-۳: نمای شماتیک از فاز شیرین سازی گاز ترش (۱۳)

فصل ۳

ضریب بتا

۳-۱) مقدمه

در این فصل ما به چگونگی بدست آوردن فاکتور ویا همان ضریب بتا می پردازیم. برای بدست آوردن نرخ شکست بعلت رویدادها علل مشترک روش های زیادی وجود دارد که در دیگر قسمتها مختصرا توضیح داده شده است، ضریب بتا یک روش نسبتا ساده و با کارایی بالاست. با بدست آوردن ضریب بتا و قرار دادن آن در رابطه مربوط به شکست با علت مشترک نرخ شکست علت مشترک بدست می آید. مقادیر ضریب بتا بعنوان مثال در مورد تعدادی از تاسیسات در جدول (۳-۱) آورده شده است، این مقادیر را می توان از منابعی چون OREDA (۲۰۱۲) یا هندبوک های PDS تحقیقات گذشته نشان داده است که در مورد برخی از تاسیسات این اعداد دارای تفاوت چشم گیری با نمونه های واقعی دارد. و علت دیگر که بیشتر مورد توجه بنده بوده است، بعلت تحریم بودن و عدم دسترسی به همین منابع در کشور ما نیاز به بومی ساز و تحقیق بصورت گسترده در این رابطه می باشد.

۳-۲) تعیین کردن فاکتور بتا

تعداد فراوانی مدل سازی CCF ها وجود دارند. مدلی که از همه ساده تر است مدل فاکتور بتا است. زیرا تنها یک پارامتر را تخمین می زند. فاکتور بتا ممکن است با استفاده از روش های ذیل تخمین زده می شود .

- قضاوت مهندسی
- چک لیست
- مدل های تخمینی
- استفاده از داده های تاریخی

در این بخش ، دو چک لیست IEC و یک مدل تخمینی را معرفی خواهیم کرد. این دو چک لیست شامل ، چک لیست ۶-۶۱۵۰۸ IEC و چک لیست ۶۱۰۶۱ IEC است. و مدل برای تخمین زدن مدل جزئی یکپارچه است. (۱۵)

جدول ۳-۱ : مقادیر ضریب بتا برای گروهی از تاسیسات طبق (۲۰۱۳) PDS و تحقیقات صورت گرفته SINTEF (۱۴)

فاکتور بتا طبق (۲۰۱۳) PDS	نتایج بدست آمده جدید	NDU, CCF	N_{DU}	کل جمعیت مورد بررسی	گروه تجهیزات
۵٪	۱۲٪	۶۸	۲۷۹	۱۱۲۰	شیر های خاموش کننده اضطراری
۵٪	۱۲٪	۱۷	۷۳	۲۲۸	شیر تخلیه
۵٪	۲۰٪	۲۳	۴۴	۴۵۸	دامپر آتش
۵٪	۱۱٪	۳۲	۱۴۸	۲۳۵۶	شیر ایمنی فشار
۷٪	۱۵٪	۲۰	۷۴	۲۲۳۹	دکتور گازی داخل خط
۷٪	۱۵٪	۱۹	۶۵	۵۹۲۱	دکتور حریق
۶٪	۱۵٪	۳۲	۱۱۲	۱۷۴۶	پروسه های انتقال دهنده شامل سطح ، فشار و...

۳-۳) چک لیست ۶-۶۱۵۰۸ IEC

۳-۳-۱) معرفی

برای ایمنی سیستم های ابزار دقیق ، سه بخش را شامل می شود : سنسورها ، زیر سیستم های منطقی و عناصر پایانی .فاکتور بتا برای سه بخش متفاوت است، بنابراین فاکتور بتا می بایستی بصورت مجزا محاسبه شود یا تخمین زده شود.

در این چک لیست از هشت بازدارنده ذیل استفاده می شود.علاوه بر این ، ۳۷ اندازه گیری(سنجیدن) که برای این که هشت بازدارنده هستند که توسعه پیدا کرده است .برای کامل کردن این چک لیست استاندارد ۶-۶۱۵۰۸ IEC جدول (۳-۲) را مشاهده کنید.

- جدایی /تفکیک پذیری
- گوناگونی/افزونگی
- پیچیدگی/طراحی /برنامه کاربردی/کمال/آزمایش
- ارزیابی / آنالیز و بازخورد اطلاعات
- روش های کاری / سطح مشترک انسانی
- صلاحیت / آموزش / فرهنگ ایمنی
- کنترل زیست محیطی
- ازمون ها ی زیست محیطی

این یک چک لیست جامع است ، ۳۷ سوال بر اساس قضاوت مهندسی نیاز به پاسخ دادن دارند .این سوالات در قسمت های بعدی ارزشیابی خواهند شد.در روش چک لیست،تحت تاثیر تست های تشخیصی وسیعی است. که ماخوذ آن تخمینی برای فاکتور بتا است.تمامی نرخ CCF از داخل به دو دسته نرخ شکست مخاطرات شناسایی شده (DD) و نرخ شکست مخاطرات شناسایی نشده(DU) تقسیم می شود.شکست های DU نمی تواند تحت تاثیر با تست های تشخیصی باشد.بنابراین تمامی بتا از β_{DU} محاسبه می شود.غیر همزمان بودن CCF ها ممکن است توسط تست تشخیصی شناسایی شود،بنابراین نرخ CCF می تواند کاهش یابد.تمامی نرخ شکست ها بوسیله رابطه ذیل بدست می آید.

رابطه ۳-۱:

$$\lambda_{D\beta} = \lambda_{DU}\beta + \lambda_{DD}\beta_D$$

در اینجا متغیرها اینگونه تعریف می شوند.

- λ_D : نرخ شکست تنها برای یک واحد است.
- β : فاکتور تمامی شکست های علل مشترک و هم فاکتور شکست های شناسایی نشده است ، بدون گرفتن تست تشخیصی از میان موارد بررسی شده.
- λ_{DU} : نرخ شکست مخاطرات شناسایی نشده در یک واحد تنها
- λ_{DD} : نرخ شکست مخاطرات شناسایی شده در یک واحد تنها
- β_D : فاکتور CCF برای شکست های مخاطرات شناسایی شده است که این هم ماخوذ در میان تست تشخیصی بررسی است.

دو ارزش مقادیر X و Y برای تخمین زدن فاکتور بتا استفاده می شود. X به معنی این است که تست تشخیصی از موارد تحت تاثیر توسعه می یابد. در صورتیکه Y به معنی این است که آن تحت تاثیر تست تشخیصی نیست. برای هر سوال یا سنجش (اندازه گیری) در این جدول، اگر پاسخ بله باشد، پس نمره متناظر از X و Y بدست می آید. و نسبت X و Y نشان دهنده همان توزیع اندازه گیری است که در برابر CCF ها می تواند بوسیله تست تشخیصی بهبود یابد.

- X_{LS} به این مفهوم است که مقادیر سوالات بوسیله تست های تشخیصی برای حل کننده های منطقی توسعه می دهد.
- Y_{LS} به این مفهوم است که آن مقادیری است که، تحت تاثیر بوسیله تست تشخیصی برای حل کننده منطقی نیست.
- X_{SF} به مفهوم این است که مقادیر بازدارنده برای سنسورها یا عناصر پایانی توسعه می یابد.
- Y_{SF} به مفهوم این است که مقادیر آن تحت تاثیر بوسیله تست تشخیصی برای سنسورها یا عناصر پایانی نیست.

همه اندازه گیری ها یا سوالات می بایستی تخمین زده شود و سپس می توان مقادیر برای عناصر یافت. بعد از جمع کردن در هر ستون ها $X_{LS}, Y_{LS}, X_{SF}, Y_{SF}$ به ترتیب محاسبه می شود. مقادیر Z می تواند با استفاده از جدول ۳-۲ برای زیر سیستم های منطقی و جدول ۳-۳

برای سنسورها و عناصر پایانی بدست آورد. فاکتور Z پایه برای همان تست تشخیصی است که بوسیله پوشش تشخیصی و تست تشخیصی فاصله تعیین می شود.

پس، S می تواند با استفاده کردن از رابطه ذیل بدست آید.

رابطه ۲-۳:

$$S = \sum X_i + \sum Y_i$$

همین طور مقادیر β_{int} برای شکست های شناسایی نشده از رابطه ذیل بدست می آید.

رابطه ۳-۳:

$$S_D = \sum X_i(Z+1) + \sum Y_i$$

همانطور با استفاده از مقادیر از $\beta_{D int}$ برای شکست های شناسایی شده.

جدول ۲-۳: مقادیر از Z برای برنامه های الکترونیکی (IEC ۶۱۵۰۸، ۲۰۱۰)

پوشش تشخیص	تست تشخیصی داخلی		
	کمتر از یک دقیقه	بین یک تا پنج دقیقه	بیش از پنج دقیقه
بزرگتر و مساوی ۹۹ درصد	۲,۰	۱,۰	۰
بزرگتر و مساوی ۹۰	۱,۵	۰,۵	۰
بزرگتر و مساوی ۶۰ درصد	۱,۰	۰	۰

جدول ۳-۳: مقادیر Z برای سنسور و عناصر پایانی (IEC ۶۱۵۰۸-۶)

پوشش تشخیص	تست تشخیصی داخلی			
	کمتر از دو ساعت	بین دو ساعت و دو روز	بین دو روز و یک هفته	بیش از یک هفته
بزرگتر و مساوی ۹۹ درصد	۲,۰	۱,۵	۱,۰	۰
بزرگتر و مساوی ۹۰	۱,۵	۱,۰	۰,۵	۰
بزرگتر و مساوی ۶۰ درصد	۱,۰	۰,۵	۰	۰

براساس مقادیر از S_D و $S_{D int}$ یا β_{int} برای سیستم ۱۰۰۳ می توان با استفاده از جدول ۲-۴ حساب می شود. در این روش، محدوده ای مقادیر بتا فاکتور از ۰,۵ تا ۵ درصد برای حل کننده های منطقی، و از ۱ تا ۱۰ درصد برای عناصر پایانی یا سنسورها است.

جدول ۳-۴: محاسبه ای از β_{int} یا β_{Dint} (IEC ۶۱۵۰۸، ۲۰۱۰)

مقادیر متناظر از β_{int} یا β_{Dint}		نمرات (S یا S_D)
سنسورها و عناصر پایانی	زیر سیستم منطقی	
۰,۵٪	۱٪	۱۲۰ به بالا
۱٪	۲٪	۷۰ تا ۱۲۰
۲٪	۵٪	۴۵ تا ۷۰
۵٪	۱۰٪	کمتر از ۴۵

نکته ۱: حداکثر سطح β_{int} نشان داده شده در این جدول خیلی کمتر از آن چیزی که بصورت معمول استفاده می شود.

نکته ۲: مقادیر β_{Dint} کمتر از ۰,۵٪ برای زیر سیستم های منطقی و ۱٪ برای سنسورهای

فاکتور بتا از جدول بالا برای سیستم های ۱۰۰۲ بدست می آید. فاکتور بتا برای سطوح مختلف افزونگی متفاوت است، در صورتیکه برای بعضی دیگر از افزونگی های سیستم می توان از جدول ۲-۵ بدست آورد.

جدول ۳-۵: محاسبه کردن بتا از سیستم ها با سطوح افزونگی بیشتر از ۱۰۰۲ (IEC ۶۱۵۰۸، ۲۰۱۰)

MooN	N				
		۲	۳	۴	۵
M	۱	β_{int}	$۰/۵ \beta_{int}$	$۰/۳ \beta_{int}$	$۰/۲ \beta_{int}$
	۲	-	$۱/۵ \beta_{int}$	$۰/۶ \beta_{int}$	$۰/۴ \beta_{int}$
	۳	-	-	$۱/۷۵ \beta_{int}$	$۰/۸ \beta_{int}$
	۴	-	-	-	$۲ \beta_{int}$

۳-۳-۲) ارزشیابی سوالات

چک لیست IEC ۶۱۵۰۸ برای تعیین کردن فاکتور بتا، از تخمین زدن نفوذ CCF ها برای SIS استفاده می کند. این سنجش شامل ۳۷ اندازه گیری برای کمترین احتمال از رخ دادن CCF ها است. زیرا از آن مهندسين طراحی در فاز طراحی استفاده می کنند، و شامل بعضی از سوالات در مورد نگهداری و پروسه عملیات، فرضیات در مورد نگهداری فعال یا پروسه عملیات ساخت برای تخمین زدن فاکتور بتا است. بیشتر سوالات با خواندن از روی نقشه

طراحی آسان هستند. نقشه طراحی با جزئیات خیلی زیاد است، و ممکن است جواب دادن به آنها مقداری دشوار باشد.

بنا بر این نصب و راه اندازی از SIS، پنج فاز از چرخه ایمنی سراسر الزمات اختصاص داده شده است. در این فاز، هدف محاسبه قابلیت اطمینان از گرفتن SIL از SIS است. بنا بر این انجام دادن محاسبه PFD و چک لیست IEC 61508 می بایستی برای تعیین کردن فاکتور بتا با در نظر گرفتن بررسی CCF باشد. همچنین می بایستی در این فاز، گزارش مناسبی تهیه گردد.

چک لیست IEC 61508 شامل ۳۷ سوال در هشت گروه است، سوالات یکی بوسیله دیگری مطابق ذیل ارزشیابی می شوند.

۳-۳-۲-۱) جداسازی / تفکیک پذیری^{۳۵}

برای هر جداسازی و تفکیک پذیری، این در مورد طراحی سیستم است. اگر مهندسین آنرا بخوبی درک کنند، آنها به راحتی ارزشیابی کرده و نمره دقیق آنرا محاسبه می کنند.

سوال ۱: آیا همه کابل های سیگنال برای همه مسیر های در همه موقعیت ها مجزا شده اند؟
برای مهندسین ممکن است بررسی ساختار کابل سیگنال زمان زیادی را بگیرد. این یک سوال خوب برای تعیین کردن فاکتور بتا است.، اگر همه کابل های سیگنال در مسیر های مجزا نباشند، پس CCF ها بوسیله یک شوک یا یک اتفاق آسان رخ خواهد داد. با مجزا کردن محل کابل های سیگنال آن محفوظ از خطر است پس احتمال رخ دادن CCF ها را کاهش پیدا می کند.

سوال ۲: آیا کانال زیر سیستم های منطقی در تخته مدار چاپی مجزا هستند؟

اگر کانال کانال زیر سیستم ها منطقی در تخته مدار چاپی مجزا باشند، احتمال رخ دادن CCF ها زمانیکه خسارت فیزیکی به تخته مدار چاپی از قبیل، رطوبت، فشار، شوک و غیره وارد می شود کاهش خواهد داشت. اگرچه این همان چیزی جز سوال اول نیست، ضروری نیست که سوال اول و دوم مجزا از هم باشند.

سوال ۳: آیا زیر سیستم های منطقی بصورت فیزیکی در یک روش قابل اجرا مجزا شده اند؟ برای این سوال، مهندسین نیاز به قاعده کلی طراحی و کارکرد طراحی آشنا شوند. روش قابل اجرا اینگونه تعریف می گردد که یکی زیر سیستم های منطقی بصورت فیزیکی مجزا شده اند و مستقل از یکدیگر هستند. اگر زیر سیستم منطقی در روش قابل اجرا بصورت فیزیکی مجزا شده باشند، شکست آبخاری وجود نخواهد داشت. بنابراین CCF ها بوسیله شکست آبخاری رخ نخواهد داد. پس CCF ها کاهش خواهد داشت.

سوال ۴: اگر سنسور یا عناصر پایانی کنترل الکترونیکی اختصاصی داشته باشند، آیا تجهیزات الکترونیکی برای هر کانال در تخته مدار چاپی مجزا شده اند؟

زمانیکه تجهیزات الکترونیک برای هر کانال در تخته مدار چاپی مجزا شده باشند، احتمال شکست که بوسیله یک دلیل مشترک باعث شود بجز طراحی و نقص های فنی خیلی کم خواهد بود.

سوال ۵: اگر سنسورها یا عناصر نهایی کنترل الکترونیکی اختصاصی داشته باشند، آیا تجهیزات الکترونیک برای هر کانال داخلی و محفظه های جداگانه است؟

این سوال هم خانواده سوال بالایی می باشد، اگر تجهیزات الکترونیکی و برای هر کانال داخلی، احتمال رخ دادن CCF های بوسیله آب و هوا از قبیل بارندگی، روشنایی باعث شود خیلی کم خواهد بود. و اگر محل قرار گرفتن تجهیزات الکترونیک مجزا باشند، بعضی از گونه ها از CCF ها می توان اجتناب کرد یا احتمال خیلی کمی خواهیم داشت، شبیه خسارت فیزیکی یا خطا های انسانی. این سوال نمی تواند براساس نقشه طراحی پاسخ داده شود. همچنین تنها سیستم ای که نصب و راه اندازی نشده است، چه تجهیزات الکترونیک برای داخل هر کانال

باشد یا از نقشه طراحی نمی تواند گفته شود. پاسخ دادن به این سوال، همان فرضیاتی است که بایستی ساخته شود.

۳-۲-۲) گوناگونی^{۳۶} و افزونگی^{۳۷}

سوال ۶: آیا کانال های با فن آوری الکتریکی متفاوت بکار گرفته شده است؟ بعنوان مثال یک قطعه الکترونیک یا برنامه الکترونیکی و یک تقویت کننده دیگر.

اگر پاسخ سوال بله باشد، پس احتمال رخ دادن CCF ها بوسیله نقص در فن آوری یا خطای طراحی کاهش خواهد داشت. در این مورد خواندن از روی نقشه طراحی خیلی مشکل نیست.

سوال ۷: آیا کانال های با فن آوری های متفاوت بکار گرفته شده است؟ برای مثال یک قطعه الکترونیک، برنامه های الکترونیکی دیگر.

این سوال همانند سوال قبلی می باشد، اگر از فن آوری های الکترونیکی متفاوت بکار گرفته شود، احتمال رخ دادن CCF های ناشی از نقص در فن آوری، مقدار خیلی کمتری از همان فن آوری استفاده خواهد داشت. این سوال می تواند با سوال ۶ ترکیب شود. سوال می بایستی تا زمانیکه فن آوری ها متفاوت هستند، بصورت (آیا کانال های با فن آوری متفاوت بکار گرفته است؟) می توان از باعث شدن CCF ها بوسیله نقص در فن آوری اجتناب کرد.

سوال ۸: آیا قطعات با قاعده کلی فیزیکی متفاوت برای عناصر حساس بکار گرفته شده است؟ برای مثال، فشار و دما، پره بادسنج و مبدل داپلر و...

این سوال می تواند بوسیله بازنگری در نقشه طراحی اگر در مورد جزئیات باشد پاسخ داده شود. اگر با قاعده کلی فیزیکی متفاوت هستند، پس احتمال باعث شدن CCF ها بوسیله به علل مشترک شبیه دما و فشار می تواند کاهش یابد.

^{۳۶} گوناگونی به مفهوم انجام دادن مختلف یک فعالیت مورد نیاز است (Diversity)

^{۳۷} Redundancy

سوال ۹ : آیا قطعات الکتریکی با قاعده کلی یک طراحی متفاوت بکار گرفته شده است؟ برای مثال دیجیتال یا انالوگ، کارخانجات متفاوت، یا فن آوری متفاوت.

هنگامیکه که از قطعات الکتریکی با قاعده کلی متفاوت یا طراحی بکار گرفته می شود، آن سیستم خراب نمی شود، زیرا از خطاهای کارخانه تولید کننده یا نقص طراحی / فن آوری نخواهد داشت. بنا براین، در صورتیکه باعث شدن به وسیله فن آوری یا نقص در طراحی با قاعده کلی الکتریکی متفاوت احتمال CCF ها کاهش دارد.

سوال ۱۰ : آیا خیلی کم از گوناگونی استفاده می شود، برای مثال استفاده از تست تشخیصی سخت افزار از همان فن آوری استفاده می شود؟

اگر یک سیستم گوناگونی کمی استفاده کند، احتمال از CCF ها به دلیل نقص فنی خیلی زیاد خواهد بود.

سوال ۱۱ : آیا از گوناگونی متوسط استفاده می شود، برای مثال از تست تشخیصی سخت افزاری با فن آوری متفاوت استفاده شود.

درباره گوناگونی متوسط، با استفاده از فن آوری های مختلف به آسانی باعث CCF های ناشی از یک نقص در فن آوری ویژه نخواهد شد. این سوال می تواند با سوال ۱۰ ادغام شود زیرا آن در مورد سطح گوناگونی است. بهترین راه برای ذکر گوناگونی این است که، چه سطحی از گوناگونی استفاده شده است؟ پس بر اساس قضاوت کارشناسی نمره ای بین ۱ تا ۱۰ می گیرد. برای مثال بعد از تجزیه و تحلیل سیستم، کارشناس سطحی از گوناگونی ارزیابی می کند. بالاترین گوناگونی، بالاترین نمره را می تواند کسب کند.

سوال ۱۲ : آیا کانال های طراحی شده بوسیله طراحان مختلف در مدت زمان فعالیت طراحی بدون ارتباط بوده است؟

در مورد این سوال، راجع به CCF، زمانی که یک کانال بوسیله طراحان مختلفی که با یکدیگر در ارتباط نبودن طراحی می شود. پس احتمال رخ دادن CCF بوسیله نقص در طراحی خیلی کم یا اینجا بدون CCF است. گذشته بر این، همچنین رطوبت و یا مقدار گرد و غبار در هر

کانال متفاوت خواهد بود، همین طور احتمال رخ دادن CCF بوسیله فاکتورهای محیطی یا فشارهای بیرونی کاهش خواهد یافت.

سوال ۱۳ : آیا روش تست جداگانه و عمومی برای هر کانال در مدت زمان مأموریت استفاده شده است؟

پاسخ به این سوال، پایه فرضیات در فاز طراحی است زیرا سیستم هنوز نصب و راه اندازی نشده است. همچنین مستندات مربوط باید بازنگری شوند، همان طور در زمانهای دیگری که در کار مصرف شده است. بررسی کردن CCFها، اگر همان روش های تست و عمومی استفاده شوند، و روش ها برای هر کانال تکمیل نشوند و یا بصورت عمومی همان عادت را داشته باشند، CCFها به راحتی معرفی می شوند.

سوال ۱۴ : آیا نگهداری از هر کانال توسط افراد مختلف در زمانهای مختلف انجام شده است؟ همچنین این از فرضیات در فاز طراحی است. این سوال در مورد فاکتورهای انسانی است. هدف از این سوال این است که، رخ دادن CCFها توسط اشتباهات انسانی یا بعضی از خطاهای فن آوری رخ نداده است.

۳-۳-۲-۳) پیچیدگی، طراحی، برنامه کاربردی، بلوغ، تجربه^{۳۸}

سوال ۱۵ : آیا اتصال متقابل بین کانال های مانع تبادل هرگونه اطلاعاتی که برای تست تشخیصی یا اهداف رای گیری استفاده شده است می شود؟

این سوال می بایستی توسط یک سناریو واقعی پاسخ داده شود.

سوال ۱۶ : آیا طراحی براساس روشی است که، از تجهیزاتی استفاده می کند که موفقیت آنها بیش از ۵ سال است؟

اگر طراحی بر اساس روشی است که موفقیت آن بیش از پنج سال است، رکورد ایمنی خوب است. احتمال CCF ها خیلی کم است.

سوال ۱۷: آیا همان سخت افزار استفاده شده بیش از ۵ سال سابقه کار در شرایط محیطی مشابه دارد؟

این سوال مانند سوال بالایی است. اگر بعضی از سخت افزارها برای بیش از ۵ سال در شرایط محیطی مشابه استفاده شوند، آن فن آوری رشد کامل داشته است و احتمال CCF ها بوسیله نقص در فن آوری تقریباً کم خواهد بود.

سوال ۱۸: آیا سیستم ساده است؟، برای مثال بیش از ۱۰ ورودی یا خروجی توسط کانال نداریم این ارتباط بین سادگی سیستم و CCF ها قطعی نیست، اما با دیگر فن آوری های مورد استفاده مقایسه میشود، احتمال رخ دادن CCf ها بوسیله پیچیدگی سیستم خیلی کم می باشد.

سوال ۱۹: آیا ورودی ها یا خروجی ها از سطح پتانسیل ولتاژ بالا و جریان بالا محافظت می شوند؟

برای این سوال عیناً ضروری است که نقشه های طراحی چک شوند. اگر ورودی و خروجی محافظت شده وجود داشت، احتمال رخ دادن CCF ها بوسیله ولتاژ بالا یا جریان بالا خیلی کم است.

سوال ۲۰: آیا تمامی تجهیزات و قطعات بصورت محافظانه کارنه ارزیابی شده اند؟

(بعنوان مثال بوسیله ۲ یا فاکتور بیشتر)

این یک سوال مبهم برای مهندسين که به آن پاسخ دهند، که این بازهم برای مهندسين طراحی مشکل تر است. اگر پاسخ یک بله بود، به این مفهوم است که همه قطعات و تجهیزات در راه ایمنی ارزیابی شده اند. نمره ای که خواهد بدست آمد. تمامی نمره را زیاد خواهد کرد و بنابراین مقادیر بتا خیلی کم خواهد شد.

۳-۳-۲-۴) ارزیابی و تجزیه و تحلیل بازخورد اطلاعات

سوال ۲۱: آیا نتیجه ای از تجزیه و تحلیل اثرات یا واکاوی درخت خطا انواع شکست و بازرسی از استقرار منابع CCF بوده، دارد؟ و آیا منابع ای از CCF که از قبل تعیین شده و بواسطه طراحی رفع شده است، دارد؟

درباره این سوال، مهندسین باید تمامی شکست های ثبت شده را بازنگری کنند و اگر منابع CCF که بعد از انجام دادن آنالیز اثرات و آنالیز درخت خطا انواع شکست رفع شده را بررسی کنند. اگر منابع از انجام CCF رفع شده دارد، احتمال CCF کاهش سریع و صریح خواهد داشت.

سوال ۲۲: آیا بررسی کردن CCF ها در بازنگری طراحی بوسیله نتایج بازخورد در طراحی بوده است؟ (مدارک مستندات از فعالیت بازنگری طراحی از ملزومات است)

برای این سوال، ثبت بازنگری از بررسی مستندات طراحی اگر CCF ها بررسی شده باشند ضروری است. اگر CCF ها بررسی شده باشند، احتمال CCF که آنالیز شده از آنالیز ریسک خیلی کمتر خواهد بود. اگر چه، این سوال می توانست در سوال ۲۱ ادغام شود، زیرا همه CCF های در فاز طراحی بررسی شده است، که این هم بازخورد در طراحی است.

سوال ۲۳: آیا همه شکست های درست به طور کامل با بازخورد به طراحی مورد تجزیه و تحلیل شده اند؟

(شواهد مستند از روش مورد نیاز است.)

برای پاسخ دادن به این سوال، مهندسین نیاز به بازنگری کردند تمامی مستندات شکست برای بررسی آنچه که نتیجه ای از آنالیز شکست هستند که برای طراحی استفاده شده است دارند. هر چند، یک مسئله این است که دسته بندی شکستها در زمان انجام تجزیه و تحلیل ریسک انجام می گیرد. اگر بعضی از شکستها دسته بندی نشده باشند، پاسخ دادن به سوال بالا مشکل خواهد بود.

برای رسیدن با پاسخ این قسمت، زمان زیادی از مهندس برای بازنگری اسناد و گزارش ها می گیرد. علاوه بر این مهندسین باید به سیستم مورد بررسی آشنا باشند.

۳-۳-۲-۵) روش های کاری و سطوح مشترک انسانی^{۴۲}

سوال ۲۴ : آیا یک سیستم نوشتاری از کار وجود دارد که همه شکست (تخریب) آن جزء شناسایی شده باشد؟، علل ریشه ای و دیگر آیت های بازرسی همانند که برای علل بالقوه همانند از شکست بنا نهاده شده است را تضمین کند ؟

این یک کار پیچیده برای انجام دادن است. بسیاری از انواع مستندات نیازمند بازنگری هستند. هر چند اگر یک سیستم نوشتاری از کار وجود داشته باشد، اندازه گیری توسعه یافته ای با کاهش احتمال CCF ها و دیگر گونه ای شکست خواهد داشت.

سوال ۲۵ : آیا روش های کاری در محل این موارد را تضمین می کند؟: نگهداری (شامل تنظیم و کالیبره کردن) از هر قسمت از کانال های مستقل که گیج کننده هستند، و علاوه بر این بررسی های دستی که از نگهداری پیروی می کنند، تست تشخیصی بین نگهداری کامل در یک کانال و شروع نگهداری در دیگری بصورت رضایت بخشی اجرا می شود؟

روش های کاری فعالیت نگهداری نمی تواند از روی نقشه طراحی خوانده شود زیرا پاسخ دادن به این سوال در فاز طراحی است. همچنین پایه فرضی که ساخته ایم در فاز طراحی است.

سوال ۲۶ : آیا روش های کاری مستند شده همه افزونگی های سیستم (بعنوان مثال: کابل و تجهیزات الکترونیک) که از قبل مستقل از یکدیگر، و از دوباره تعیین محل نشده اند، تعیین شده است؟

اگر تمامی قسمت های افزونگی سیستم از یکدیگر مستقل باشند، آنها شکست آبشاری نیستند. بنابراین احتمال علل CCF ها بوسیله شکست اجزا مقدار کمی است. تحت این شرایط، احتمال رخ دادن CCF ها خیلی کمتر از شرایطی است که اجزا وابسته باشند.

سوال ۲۷ : آیا از همه تخته مدار چاپی، تجهیزات الکترونیک نگهداری می شود؟ خارج از محل در یک محل تعمیر مرکزی دارای شرایط لازم انجام می گیرد؟ و آیا همه آیت که تعمیر شده است مستقیم یک تست کامل در تاسیسات را می گذرانند؟

اگر همه آیتم ها تعمیر شده مستقیم به یک تست تاسیسات برود، می توان از استفاده کردن از قسمت های یدکی در حین انجام کار اجتناب کرد. بنا براین احتمال رخ دادن CCF ها بوسیله یک آیتم جدید می تواند کاهش یابد.

سوال ۲۸ : آیا سیستم پوشش تشخیصی کم (۶۰ الی ۹۰ درصد) و گزارش شکستهای برای سطح از یک واحد میدان قابل تعویض دارد؟

سوال ۲۹ : آیا سیستم پوشش تشخیصی میانگین (۹۰ تا ۹۹ درصد) و گزارش شکستهای برای سطحی از یک واحد میدان قابل تعویض دارد؟

سوال ۳۰ : آیا سیستم پوشش تشخیصی بالا (بیش از ۹۹ درصد) و گزارش شکستهای برای سطحی از یک واحد میدان قابل تعویض دارد؟

سوالات ۲۸ تا ۳۰ در مورد پوشش تشخیصی است. بیشتر شکست ها شناسایی شده و قابل اجتناب هستند، بیشترین پوشش تشخیص را دارند. بنابراین کمترین CCF رخ می دهد. این سه سوال ضروری نیست که یکی به یکی لیست شوند، و می تواند در میان یک سوال ادغام شود و سه سطح از نمره داشته باشد.

سوال ۳۱ : آیا سیستم گزارش شکست تست های تشخیصی برای سطحی از یک واحد میدان قابل تعویض است؟

برای سیستم تقاضا پایین، این جنبه از بررسی خیلی مهم است. سیستم در همه زمانها یک سیستم انجام دهنده (فاعل) تست تشخیصی دارند. اگر شکست از یک جز آشکار شود زمانیکه یک فعالیت از این جز در تقاضا نباشد، و طبق گزارش شکست سطحی از یک واحد میدان قابل تعویض است، اجزا می توانند جایگزین شوند، و CCF ها بوسیله این اجزا که از آنها اجتناب شده باعث می شود. هرچند، CCF ها، تحت این شرایط نمی توان اجتناب کرد زیرا این شکست ها زمانی رخ می دهد که فعالیت ها از این اجزا در دامنه است. همچنین، اگر گزارش شکست های سیستم تست تشخیصی با سطحی از یک واحد میدان قابل تعویض باشد، احتمال ای از رخ دادن CCF ها کم خواهد بود. اگر سیستم تست های تشخیصی شکست ها گزارش انجام نشود، احتمال از CCF ها افزایش خواهد داشت.

۳-۳-۲-۶) صلاحیت، آموزش، فرهنگ ایمنی^{۴۵}

سوال ۳۲: آیا طراحان (بوسیله مستند سازی آموزش) بافهمیدن علل و نتیجه منطقی از CCF ها آموزش دیده اند؟

این فرهنگ یک شرکت است. اگر طراحان آموزش داشته باشند، آنها درک علل CCF خواهند داشت، همچنین آنها متوجه می شوند و از آن اجتناب می کنند. پس احتمال رخ دادن CCF ها می تواند کاهش یابد.

سوال ۳۳: آیا نگهدارنده (بوسیله مستند سازی) با درک کردن علت ها و نتایج منطقی از CCF ها آموزش دیده اند؟

این سوال همانند سوال ۳۲ است. اگر نگهدارنده ها آموزش دیده باشند، علت ها آنها را به راحتی پیدا می کنند، نگهداری کردن و چک کردن، همچنین احتمال CCF ها خیلی پایین خواهد بود.

۳-۳-۲-۷) کنترل زیست محیطی، تست های محیطی^{۴۷}

سوال ۳۴: آیا دسترس کارکنان محدود است (برای مثال قفل کردن محفظه ها، موقعیت خارج از دسترس)؟

این چک لیست در فاز طراحی انجام می گیرد، سیستم نصب و راه اندازی ندارد، هم چنین این راهی برای چک کردن ندارد. پاسخ به این سوال، بر اساس این فرض ساخته میشود که در فاز طراحی است. اگر دسترسی محدود نباشد، پس کارکنان غیر حرفه ای یا کارکنان نامربوط ممکن است وارد آن قسمتی شوند و منجر به CCF ها شوند.

سوال ۳۵: آیا سیستم بدون استفاده از کنترل های زیست محیطی خارجی احتمالاً در داخل

^{۴۳} Competence
^{۴۴} Training
^{۴۵} Safety Culture
^{۴۶} Environmental Control
^{۴۷} Environmental Testing

داخل یک محدوده از دما، رطوبت، گرد و غبار، ارتعاش و.... بکار انداخته شده؟

که آن هم متجاوز از انجام تست باشد، اگر سیستم احتمالا در داخل یک محدوده ای از دما، رطوبت، خوردگی، گرد و غبار، ارتعاش متجاوز از تست انجام شده، بکار انداخته شود. پس احتمال رخ دادن CCF ها به وسیله دما، رطوبت، خوردگی، گرد و غبار، و غیره کاهش خواهد داشت.

سوال ۳۶: آیا همه کابل های سیگنال و برق در همه موقعیت ها مجزا هستند؟

این سوال خیلی زمانبر است. مهندسین باید مدت زمان زیادی برای چک کردن بگیرند و نتایج آنرا کشف کنند. هر چند اگر همه کابل های برق و سیگنال در همه موقعیت ها جدا باشند، CCF های باعث شده بوسیله یک شوک یا یک استرس خارجی روی نخواهد داد.

سوال ۳۷: آیا سیستم انجام تست های برای مصونیت از همه محیط های مربوط تحت تاثیر (برای مثال EMC، دما، ارتعاش، شوک، رطوبت) برای یک سطح مناسب در سازماندهی کردن استانداردها مشخص شده است را دارد؟

بنا براین پاسخ دادن به این سوال، چه مهندسین نیاز به انجام بازنگری کردن مستندات چک شده را دارند اگر تست های را تحت مشخص کردن همه شرایط انجام دهد. برای چک کردن سوالات کنترل محیطی، تست های محیطی می تواند در ابتدا انجام شود.

جدول ۳-۶: سوالات به همراه نمرات مربوط مطابق با چک لیست ۶-۱۵۰۸ IEC

شماره سوالات	مورد	Y_{SF}	X_{SF}	Y_{LS}	X_{LS}
	جدایی و تفکیک پذیری				
۱	آیا همه کابل های سیگنال برای همه مسیر های در همه موقعیت ها مجزا شده اند؟	۲,۰	۱,۰	۱,۵	۱,۵
۲	آیا کانالهای زیر سیستم های منطقی در تخته مدار چاپی مجزا هستند؟			۱,۰	۳,۰
۳	آیا زیر سیستم های منطقی بصورت فیزیکی در یک روش قابل اجرا مجزا شده اند؟			۰,۵	۲,۵

۴	اگر سنسور یا عناصر پایانی کنترل الکترونیکی اختصاصی داشته باشند، آیا تجهیزات الکترونیکی برای هر کانال در تخته مدار چاپی مجزا شده اند؟		۲,۵	۱,۵
۵	اگر سنسورها /عناصر نهایی کنترل الکترونیکی اختصاصی داشته باشند، آیا تجهیزات الکترونیک برای هر کانال داخلی و محفظه های جداگانه است؟		۲,۵	۰,۵
گوناگونی / افزونگی				
۶	آیا کانال های با فن آوری الکتریکی متفاوت بکار گرفته شده است؟ بعنوان مثال یک قطعه الکترونیک یا برنامه الکترونیکی و یک تقویت کننده دیگر.	۷,۰		
۷	آیا کانال های با فن آوری الکتریکی متفاوت بکار گرفته شده است؟ بعنوان مثال یک قطعه الکترونیک یا برنامه الکترونیکی دیگر.	۵,۰		
۸	آیا قطعات با قاعده کلی فیزیکی متفاوت برای عناصر حساس بکار گرفته شده است ؟، برای مثال ، فشار و دما ، پره بادسنج و مبدل داپلر و..		۷,۵	
*	آیا کانال ها از افزونگی بالا بکار گرفته اند. بعنوان مثال : $MooN > M + 2$	۲,۰	۰,۵	۲,۰
*	آیا کانال ها از افزونگی بالا بکار گرفته اند. بعنوان مثال : $MooN \quad N = M + 2$	۱,۰	۰,۵	۱,۰
۹	آیا قطعات الکتریکی با قاعده کلی یک طراحی متفاوت بکار گرفته شده است؟ برای مثال دیجیتال یا آنالوگ ، کارخانجات متفاوت ، یا فن آوری متفاوت.		۵,۵	
۱۰	آیا خیلی کم از گوناگونی استفاده می شود، برای مثال استفاده از تست تشخیصی سخت افزار از همان فن آوری استفاده می شود؟	۲,۰	۱,۰	
۱۱	آیا از گوناگونی متوسط استفاده می شود؟، برای مثال از تست تشخیصی سخت افزاری با فن آوری متفاوت استفاده شود.	۳,۰	۱,۵	
۱۲	آیا کانال های طراحی شده بوسیله طراحان مختلف در مدت زمان فعالیت طراحی بدون ارتباط بوده است ؟	۱,۰	۱,۰	
۱۳	آیا روش تست جداگانه و عمومی برای هر کانال در مدت زمان ماموریت استفاده شده است؟	۱,۰	۵,۰	۱,۰

۱۴	آیا نگهداری از هر کانال توسط افراد مختلف در زمانهای مختلف انجام شده است؟	۲,۵	۲,۵	۰,۵
پیچیدگی/طراحی/برنامه کاربردی/بلوغ/آزمون				
۱۵	آیا اتصال متقابل بین کانال های مانع تبادل هر گونه اطلاعات که برای تست تشخیصی یا اهداف رای گیری استفاده شده است می شود؟	۰,۵	۰,۵	۰,۵
۱۶	آیا طراحی براساس روشی است که، از تجهیزاتی استفاده می کند که موفقیت آنها بیش از ۵ سال است؟	۰,۵	۱,۰	۱,۰
۱۷	آیا همان سخت افزاراستفاده شده بیش از ۵ سال سابقه کار در شرایط محیطی مشابه دارد؟	۱,۵	۱,۵	۱,۵
۱۸	آیا سیستم ساده است؟، برای مثال بیش از ۱۰ ورودی یا خروجی توسط کانال نداریم	۱,۰		
۱۹	آیا ورودی ها یا خروجی ها از سطح پتانسیل ولتاژ بالا و جریان بالا محافظت می شوند؟	۱,۵	۰,۵	۱,۵
۲۰	آیا تمامی تجهیزات /قطععات بصورت محافظه کارانه ارزیابی شده اند؟(بعنوان مثال بوسیله ۲ یا بیشتر فاکتور)	۲,۰	۰	۲,۰
ارزیابی /آنالیز و بازخورد از اطلاعات				
۲۱	آیا نتیجه ای از آنالیز اثرات یا آنالیز درخت خطا انواع شکست واز بازرسی استقرار منابع CCF بوده، دارد؟وآیا منابع ای از CCF که از قبل تعیین شده و بواسطه طراحی رفع شده است، دارد؟	۳,۰		۳,۰
۲۲	آیا بررسی کردن CCFها در بازنگری طراحی بوسیله نتایج بازخورد در طراحی بوده است؟(مدارک مستندات از فعالیت بازنگری طراحی از ملزومات است)	۳,۰		۳,۰
۲۳	آیا همه شکست های درست به طور کامل با بازخورد به طراحی مورد تجزیه و تحلیل شده اند؟ (شواهد مستند از روش مورد نیاز است.)	۰,۵	۳,۵	۳,۵
روش های کاری و سطوح مشترک انسانی				
۲۴	آیا یک سیستم نوشتاری ازکار وجود دارد که همه شکست (تخریب) آن جزء شناسایی شده باشد؟، علل ریشه ای و دیگر آیتم های بازرسی همانند که برای علل بالقوه همانند از شکست بنا نهاده شده است را تضمین کند ؟	۱,۵	۰,۵	۱,۵

۲۵	آیا روش های کاری در محل این موارد را تضمین می کند؟:نگهداری (شامل تنظیم و کالیبره کردن) از هر قسمت از کانال های مستقل که گیج کننده هستند ،و علاوه بر این بررسی های دستی که از نگهداری پیروی می کنند،تست تشخیصی بین نگهداری کامل در یک کانال و شروع نگهداری در دیگری بصورت رضایت بخشی اجرا شود.	۱,۵	۰,۵	۲,۰	۱,۰
۲۶	آیا روش های کاری مستند شده همه افزودنی های سیستم (بعنوان مثال :کابل و تجهیزات الکترونیک)که از قبل مستقل از یکدیگر ،و از دوباره تعیین محل نشده اند،تعیین شده است؟	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵
۲۷	آیا همه از تخته مدار چاپی،تجهیزات الکترونیک نگهداری می شوند؟خارج از محل در یک محل تعمیرمرکزی دارای شرایط لازم انجام می گیردو همه آیتم که تعمیرشده است مستقیم به یک تست کامل تاسیسات می رود؟	۰,۵	۱,۰	۰,۵	۱,۵
۲۸	آیا سیستم پوشش تشخیصی کم(۶۰ الی ۹۰ درصد) و گزارش شکستهای برای سطح از یک واحد میدان قابل تعویض دارد؟	۰,۵			
۲۹	آیا سیستم پوشش تشخیصی میانگین (۹۰ تا ۹۹ درصد)و گزارش شکستهای برای سطحی از یک واحد میدان قابل تعویض دارد؟	۱,۵	۱,۰		
۳۰	آیا سیستم پوشش تشخیصی بالا(بیش از ۹۹ درصد)و گزارش شکستهای برای سطحی از یک واحد میدان قابل تعویض دارد؟	۲,۵	۱,۵		
۳۱	سیستم گزارش شکست تست های های تشخیصی برای سطحی از یک واحد میدان قابل تعویض است؟			۱,۰	۱,۰
صلاحیت/آموزش /فرهنگ ایمنی					
۳۲	آیا طراحان (بوسیله مستند سازی آموزش) بافهمیدن علل و نتیجه منطقی از CCFها آموزش دارند؟	۲,۰	۳,۰	۲,۰	۳,۰
۳۳	آیا نگهدارنده آموزش (بوسیله مستند سازی) با درک کردن علت ها و نتایج منطقی از CCF ها آموزش دارند؟	۰,۵	۴,۵	۰,۵	۴,۵
کنترل زیست محیطی					
۳۴	آیا دسترس کارکنان محدود است؟(برای مثال قفل کردن محفظه ها ،موقعیت خارج از دسترس)	۰,۵	۲,۵	۰,۵	۲,۵

۳۵	آیا سیستم بدون استفاده از کنترل های زیست محیطی خارجی، احتمالاً در داخل یک محدوده از دما، رطوبت، گرد و غبار، ارتعاش و.... بکار انداخته شده؟ که آن هم متجاوز از انجام تست باشد،	۳،۰	۱،۰	۳،۰	۱،۰
۳۶	آیا همه کابل های سیگنال و برق در همه موقعیت ها مجزا هستند؟	۲،۰	۱،۰	۲،۰	۱،۰
۳۷	آیا سیستم انجام تست های برای مصونیت به همه محیط های مربوط تحت تاثیر (برای مثال EMC، دما، ارتعاش، شوک، رطوبت) برای یک سطح مناسب در سازماندهی کردن استانداردها مشخص شده است را دارد؟	۱۰،۰	۱۰،۰	۱۰،۰	۱۰،۰

۳-۳-۳ نتیجه گیری

بعد از ارزشیابی این چک لیست، من فکر می کنم اندازه گیری های مرتبط با خطاها و فاکتور های انسانی کافی نیستند. بیشتر سوالات در مورد فاکتور های انسانی می تواند توسعه پیدا کند و می تواند قسمت بزرگی از چک لیست باشد، زیرا CCF ها تحت تاثیر مقدار قابل توجه ای از فاکتور های انسانی هستند. برای مثال کار کردن بیش از وقت معین مهندسین را گیج می کند، بدینگونه منجر به خاموش کردن سیستم می شود. همچنین افراد متفاوت ممکن است مسائل رفتارهایی مختلف داشته باشند. بر این اساس سوالات شامل در یک فاکتور همانند هستند. این باعث ساختن سوالات تکراری می شود. بنا بر این من فکر می کنم، این چک لیست کامل نیست.

من فکر میکنم این سوالات ضروری نیستند زیرا بعضی از آنها همانند هستند و می توانند ادغام شوند. همچنین طبق عقیده من، نمرات سیستم از این چک لیست کامل نیستند زیرا آنها پاسخ به بعضی از سوالات را روشن نمی کنند. پاسخ بله یا نه نمی تواند شرایط سیستم را شرح دهد زیرا علاوه بر عدم دسترسی به پایگاه داده ها برای پشتیبانی از چک لیست و روش کار حساب کردن است، من پیشنهاد می کنم این نمرات از هر مقدار باید یک درجه بندی از یک تا ده داشته باشند. برای مثال براساس دآوری کارشناسانه اگر سیستم از گوناگونی بالایی استفاده کند، نمره

آن ۹ یا ۱۰ می تواند باشد. اگر سیستم از گوناگونی خیلی کم استفاده کند نمره آن ۲ یا ۳ است. در چک لیست پیشنهادی من، همان هشت فاکتور اینگونه حساب می شوند.

۳-۳-۴) مزایا و معایب

این چک لیست بوسیله یک سری از مهندسين راست آزمایی، افرادی با دیگر مهندسين در یک شرکت همیاری می کنند انجام می گیرد. این چک لیست بصورت عمده در پروسه های صنعتی استفاده می شود. با استفاده طرح ویژه فاکتور بتا برای تعیین کردن CCF. این بصورت گسترده ای در سیستم ها با تقاضا کم استفاده می شود.

مزایا چک لیست IEC ۶۱۵۰۸-۶ در ذیل لیست شده است.

- مقادیر ویژه بتا را میتوان محاسبه کرد.
- گروه زیادی از فاکتور ها را بررسی می کند.
- تحت تاثیر تست تشخیصی بررسی می شود.
- ۳۷ اندازه گیری هستند که پیشنهاد می دهند احتمال CCF را کاهش دهد.

اگرچه چک لیست IEC ۶۱۵۰۸-۶ مزایایی دارد ، از بعضی معایب این چک لیست نمی توان صرفنظر کرد.

معایب این چک لیست به شرح ذیل است :

- پاسخ دادن به بعضی از سوالات آن مشکل است ، زیرا مبتنی بر تمرین هستند.
- زمان زیادی برای بازنگری همه مستندات مربوطه می گیرد.
- سوالات فاکتور های انسانی به اندازه کافی بررسی نمی شود.
- برای انجام دادن این چک لیست نیازمند مهندسين طراحی یا مهندسين خاص است. (۱۶)

۳-۴) چک لیست IEC ۶۲۰۶۱

۳-۴-۱) مقدمه

این استاندارد ایمنی ماشین آلات-تابع ایمنی از ایمنی مرتبط با الکتریک، الکترونیک، و برنامه های کاربردی الکترونیکی کنترل سیستم است. این چک لیست و چک لیست IEC ۶۱۵۰۸-۶ فاکتور بتا را با پاسخ دادن به یک لیست از سوالات به وسیله داوری کارشناسانه تعیین می کنند. گذشته از این، این یک روش بر پایه کمی است. تفاوت این استاندارد با IEC ۶۱۵۰۸-۶ در بکار رفتن برای رشته همان ماشین آلات برای عملیاتهای با دامنه تقاضای بالا است. چک لیست IEC ۶۲۰۶۱ از چک لیست IEC ۶۱۵۰۸-۶ ساده تر است. تنها این چک لیست شامل ۱۴ آیتم می شود. این اندازه گیری در جدول ۳-۷ نشان داده شده است.

چک لیست IEC ۶۱۵۰۸-۶ در مقایسه ، IEC ۶۲۰۶۱ شش باز دارنده در برابر هشت بازدارنده که در ذیل آمده است.

➤ جدایی / تفکیک پذیری

➤ گوناگونی / افزونگی

➤ پیچیدگی / طراحی / برنامه های کاربردی

➤ ارزیابی / آنالیز

➤ صلاحیت / آموزش

➤ کنترل زیست محیطی

همچنین نمرات سیستم بکار رفته است. اگر پاسخ به سوال بله باشد، آن می تواند متناظر با نمره آن باشد. بعد از پاسخ دادن به همه سوالات، جمع بستن نمرات خیلی آسان است. در پایان با استفاده تمامی نمرات فاکتور بتای متناظر مقادیر از جدول ۲-۸ ذیل بدست می آید.

جدول ۳-۷: جدول چک لیست IEC ۶۲۰۶۱ به همراه نمرات مربوطه

آیتم		امتیاز
جدایی / تفکیک پذیری		
۵	آیا کابل های سیگنال SRECS برای کانال های تکی بصورت شبکه ای در مسیر جداگانه ای تعیین شده است از دیگر کانال ها به همه موقعیت ها مجزا شده اند؟ یا به مقدار لازم محافظت شده اند؟	
۱۰	آیا مکان که برای رمز گذاری یا رمز گشایی اطلاعات استفاده می شوند، برای شناسایی کردن سیگنال های خطاهای انتقال مناسب است؟	
۵	آیا کابل های مولد نیروی الکتریکی و کابل های سیگنال SRECS در همه موقعیت ها مجزا یا به مقدار مناسب حفاظت شده اند ؟	
۵	اگر عناصر زیر سیستم بتوانند در CCF شرکت کنند، آیا آنها جداسازی فیزیکی قطعات که آنها در محوطه محصور شده اند را تامین می کند؟	
گوناگونی/افزونگی		
۸	آیا زیر سیستم های بکار گرفته شده فن آوری های الکتریکی متفاوتی دارند؟ بعنوان مثال یک برنامه الکترونیکی یا الکترونیک و دیگر تقویت کننده های الکترو مکانیکی.	
۱۰	آیا زیر سیستم های بکار گرفته شده از عناصری با اصل فیزیکی متفاوتی استفاده می کنند؟ بعنوان مثال عناصر حساس به یک درب محافظت کننده که از تکنیک های حساس مکانیکی و مغناطیسی استفاده می کند.	
۱۰	آیا زیر سیستم بکار گرفته شده ،عناصری با تفاوت جسمانی در کارکرد عملیاتی و یا انواع شکست است؟	
۱۰	آیا عناصر زیر سیستمی تست تشخیصی در فاصله کمتر از ۱ دقیقه دارد؟	
پیچیدگی / طراحی / برنامه کابردی		
۲	آیا ارتباط بین کانال های از زیر سیستم ها با استفاده از استثنا کردن به منظور آزمایش های تشخیصی جلوگیری می کند؟	
ارزیابی /آنالیز		
۹	آیا از بازرسی کردن استقرار منابع نتیجه ای از انواع شکست و آنالیز اثرات که از CCF داردو منابع CCF معین شده ، بوسیله طراحی محدود شده است دارد؟	
۹	آیا شکست ها با پس زمینه ای از بازخورد طراحی تجزیه و تحلیل شده اند ؟	
صلاحیت / آموزش		
۴	آیا مهندسین زیر سیستم درکی از علل و نتایج منطقی از CCF دارند؟	
کنترل زیست محیطی		
۹	آیا عناصر زیر سیستمی به احتمال زیاد در طیف وسیعی از دما ، رطوبت ، خوردگی ، گرد و غبار ، ارتعاش ،و غیره کار می کنند؟.این هم متجاوز از آزمایش است عمل می کنند؟ بدون استفاده از کنترل های زیست محیطی خارجی.	
۹	آیا ایمنی زیر سیستم ها از تداخل نامطلوبی الکترو مغناطیس بالا وشامل محدودیت تعیین شده است؟	

جدول ۳-۸: تخمین زدن CCF (فاکتور بتا) در (IEC ۶۲۰۶۱)

فاکتور شکست علل مشترک (بتا)	نمره کل
۱۰٪ (۰,۱)	کمتر از ۳۵
۵٪ (۰,۰۵)	۳۵-۶۶
۲٪ (۰,۰۲)	۶۵-۸۵
۱٪ (۰,۰۱)	۸۵-۱۰۰

بر اساس این چک لیست اگر نمره کل ۷۰ باشد ، پس فاکتور بتا آن براساس جدول بالا ۲٪ است. در مقایسه با جدول چک لیست IEC ۶-۶۱۵۰۸ این چک لیست سهل تر و آسان تر است.

۳-۴-۲) نتیجه گیری

این چک لیست یک روش کمی خیلی آسان است، بر پایه نزدیک شدن به تخمین CCF (فاکتور بتا) است. این روش برای ماشین های صنعتی که عملیات با تقاضا زیاد دارند استفاده می شود. در مقایسه با چک لیست IEC ۶-۶۱۵۰۸، یکی از مزایا آن خیلی ساده بودن و بررسی شدن تنها با ۱۴ سوال است. اما، برای انجام دادن این چک لیست ، مهندسین باید مهندسین طراحی حرفه ای باشند. گذشته از این یک مقدار زیادی از مستندات نیاز است برای بازنگری کردن که این هم مدت زمان زیادی می گیرد. (۱۷)

۳-۵) مقایسه چک لیست IEC ۶۲۰۶۱ و IEC ۶۱۵۰۸-۶

هر دو چک لیست برای تعیین کردن طرح خاص فاکتور بتا از CCF برای ایمنی سیستم های ابزار دقیق استفاده می شود. هر دو چک لیست یک سری از اندازه گیر های با بازدارنده ها در برابر CCF ها تهیه می کنند، هر دو به وسیله تخمین زدن توسط متخصص ارزشیابی می شود. هر دو روش چک لیست با نمره دادن به سیستم و در فاز طراحی استفاده می شوند. IEC ۶۱۵۰۸ شامل هشت بازدارنده با ۳۷ اندازه گیری، در صورتیکه IEC ۶۲۰۶۱ حاوی

شش بازدارنده با ۱۴ اندازه گیری. روش IEC ۶۱۵۰۸-۶ شامل دو شرط لازم است: یکی گرفتن تست تشخیصی در میان بررسی است و دیگری تست تشخیصی است که به حساب گرفته نمی شود. در صورتیکه چک لیست IEC ۶۲۰۶۱ تنها شرایطی که شامل تست تشخیصی می شود را بررسی می کند. تفاوت اساسی بین دو چک لیست در جدول ۲-۹ ذیل نشان داده شده است.

جدول ۳-۹: خلاصه تفاوت بین چک لیست IEC ۶۱۵۰۸-۶ و چک لیست IEC ۶۲۰۶۱

چک لیست IEC ۶۱۵۰۸-۶	چک لیست IEC ۶۲۰۶۱
بطور عمده برای پروسه های صنعتی استفاده می شود	برای ماشین آلات صنعتی
بوسیله صداقت مهندسين همکار با شرکت	توسط مهندسين طراحی انجام می گیرد
دو شرایط: تست تشخیصی، بدون تست تشخیصی	تنها در شرایط تست تشخیصی
ارزشیابی زیر سیستم های منطقی و سنسور یا عناصر پایانی چندگانه	همه با هم
فاز طراحی (مفروضات در فاز عملیاتی)	فاز طراحی
تنها برای سخت افزار های مرتبط با CCF	همه CCF ها
بررسی فعالیت های نگهداری	تنها در فعالیت طراحی
رویه از محاسبه کردن	پروسه های مختلف
برای سیستم با تقاضا پایین استفاده می شود	برای سیستم ها با تقاضای بالا
شامل ۸ فاکتور	۶ فاکتور
۳۷ اندازه گیری	۱۴ اندازه گیری

۳-۶) مدل جزئی یکپارچه (UPM)

UPM توسط برند^{۴۸} در سال ۱۹۹۶ پیشنهاد شده است و علاوه بر آن توسط زیتر و^{۴۹} بدفورد^{۵۰} در سال ۲۰۰۳ توسعه یافته است. در تعیین خاصیت (کمی سازی) CCF از طریق بهبود روش فاکتور بتا جزئی (PBF) برای سطح اجزای آنالیز شده است. UPM یک مشی استاندارد برای تعیین فاکتور بتا در صنایع هسته ای انگلستان است. این روش در سطح وسیعی

^{۴۸} Unified Partial Method

^{۴۹} Brand

^{۵۰} Zitrou

^{۵۱} Bedford

برای قابلیت اطمینان صنایع بیشتر استفاده می شود و محبوب است. دلیل محبوب بودن آن این است که می تواند زمانی استفاده شود که اطلاعات در دسترس ما محدود است.

روش PBF شامل ۱۹ فاکتور که بر فاکتور بتا موثر است، در صورتیکه روش UPM ترکیبی از ۱۹ فاکتور است در میان فاکتور های که در پایین آورده شده است پیروی می کند، همین طور می تواند همه آن جنبه های که موثر بر احتمال CCF در سیستم است را پوشش دهد. این ۱۹ زیر فاکتورها که مربوط به سه سطح هستند در جدول ۳-۱۰ ذیل می بینید.

جدول ۳-۱۰: زیر فاکتور ها UPM

فاکتور	زیر فاکتور
طراحی	افزودگی و گوناگونی (S_1)
	جدایی (S_2)
	درک کردن (S_3)
	آنالیز (S_4)
عملیات	فعل و انفعالات اپراتور (S_5)
	فرهنگ ایمنی (S_6)
محیط زیست	کنترل زیست محیطی (S_7)
	آزمون های زیست محیطی (S_8)

در بالا هشت فاکتور نشان داده شده است که احتمال همه جنبه های موثر بر CCF های از تجهیزات سیستم است. هر فاکتور پنج صفت دارد (از A تا E) و هر صفت یک وزن و نمره متناظر دارد. آنالیز کردن این هشت فاکتور ترکیبی از طراحی سیستم و آماده کردن اطلاعات آموخته شده است، که با UPM ساخته شده با آنالیز بیشتر پروسه ها، قابل اجرا است.

بنا براین برای انجام دادن UPM، در مرحله ای اول تعریف کردن مرزهای فیزیکی سیستم است. و یک آنالیز جدولی که برای ارزیابی تولید شده است. در مرحله دوم، انتخاب کردن روشی که می تواند استفاده شود. اگر آن یک ارزیابی سیستم است، روش (Cut_off) انتخاب شده است. و روش فاکتور بتا جزئی می بایستی برای سطح ارزیابی اجزا انتخاب شود. در مرحله

سوم، ارزیابی کردن زیر فاکتور ها است که شامل بازدارنده ها در برابر شکست است. این هشت زیر فاکتور و هر فاکتور پنج معیار برای ارزیابی کمی از بازدارنده دارند. در مورد معیارها برای زیر فاکتور ها و چگونگی ارزیابی آن، در قسمت بعدی آنرا شرح خواهیم داد. بر اساس قضاوت کارشناسی، متناظر با نمره ای است که بوسیله جدول ذیل محاسبه می شود.

جدول ۳-۱۱: تعیین کردن فاکتور بتا از UPM

شکست علل مشترک	A	A+	B	B+	C	D	E
طراحی							
افزودگی و گوناگونی	۱۷۵۰	۸۷۵	۴۲۵	۲۱۳	۱۰۰	۲۵	۶
جدایی	۲۴۰۰		۵۸۰		۱۴۰	۳۵	۸
درک کردن	۱۷۵۰		۴۲۵		۱۰۰	۲۵	۶
آنالیز	۱۷۵۰		۴۲۵		۱۰۰	۲۵	۶
عملیات							
انسان، ماشین، سطوح مشترک	۳۰۰۰		۷۲۰		۱۷۵	۴۰	۱۰
فرهنگ ایمنی	۱۵۰۰		۳۶۰		۹۰	۲۰	۵
محیط زیست							
کنترل	۱۷۵۰		۴۲۵		۱۰۰	۲۵	۶
تست	۱۲۰۰		۲۹۰		۷۰	۱۵	۴

در مرحله پایانی از این راهنما فاکتور cut-off (Q) یا فاکتور بتا بر اساس مقادیر محاسبه شده در جدول فوق بدست می آید. برای محاسبه بتا از معادله ذیل استفاده می شود.

رابطه ۳-۴

$$\beta = \frac{S1(X1) + S2(X2) + \dots + S8(X8)}{d}$$

اینجا d یک مقدار ثابت که همان ۵۰۰۰۰ است. این درجه بندی از تخمین زدن $10^{-6} \leq Q \leq 10^{-7}$ زمانی که cut-off روشی برای انتخاب باشد بدست می آید. این درجه بندی از تخمین زدن از فاکتور بتا برابر $0,00102 \leq \beta \leq 0,302$ زمانی که روش فاکتور بتا جزیی ضروری باشد.

۳-۶-۱) تشریح بازدارنده ها

در تشریح بازدارنده ها مطابق جدول (۳-۱۱) نیازمند تعیین نوع و سطح بازدارنده ها می باشیم که شرح جزئیات در ذیل آورده شده است.

۳-۶-۱-۱) کنترل زیست محیطی

این فاکتور شامل اشخاصی است که می توانند به محل کار از واحد تجهیزات مشترک است، دسترسی داشته باشند ، صفت A مربوط به ماشین آلات و پروسه های موجودی است که فعالیت آنها بی ربط است. صفت B شامل محیط های کاری مجزا و محدودیت در دسترسی است همچنین ریسک خسارات ماشین آلات پایین است . تنها اشخاص خاصی دسترسی به محیط دارند ،و همه فعالیت ها بی ربط هستند این صفت C است . صفت D شامل نظارت سخت است ،و تنها افرادی که آموزش دیده اند می توانند به منطقه ای که محدود شده است دسترسی داشته باشند. همه تجهیزات و سرویس های وابسته در طراحی کردن باید کنترل شود. صفت E اینگونه معرفی می شود برای بیش تر فعالیت ها با آزادی خیلی ناچیز است، شبیه اطاق خلبان در یک طرح یا دیگر اطاق های کنترل.

۳-۶-۱-۲) تست زیست محیطی

تست زیست محیطی در مورد شرایطی از تست های زیست محیطی برای تجهیزات مشترک است . صفت A استاندارد تست زیست محیطی بوسیله کارخانه بهبود یافته وجود نخواهد داشت. صفت B بنا به تعریف تست زیست محیطی شرایطی است که قطعه ای نمونه استفاده میکند و نیازمندی کارمندان عملیات است، همانطور. صفت C انجام دادن یک آزمایش قطعه نمونه در سطح جزئیات است ،که مطمئن می سازد که آیا در همه گونه از شرایط زیر ،مانند رطوبت ،دما و غیره می تواند سالم باقی بماند. صفت D انجام دادن یک آزمایش در یک مدت

زمان معقول است که از قطعه استفاده می کند، بکار می اندازدند و امتحان می کنند. صفت E انجام دادن کار با تجهیزات موجود برای یک مدت زمان است پیش از آنکه استفاده شود.

۳-۶-۱-۳) تجزیه و تحلیل

این فاکتور نشان دهنده تجزیه و تحلیل سیستم است. بطور معمول، آن بازخوردی از آن است که کارکنان تجزیه و تحلیلی از شکست دارند. همچنین بازتابی از این است که آیا، مهندسان طراحی درک کاملی از اندازه گیری شکست علل مشترک دارند. اگر ارزیابی ایمنی رسمی نبود و آزمون طراحی مربوط به به CCF نبود، صفت A است. اگر مقدار زیادی سطح پژوهش انجام شده باشد، مانند، FMEA یا مهندسی طراحی که درک کاملی از مسئله شکست مربوط داشته باشد، صفتی که بررسی می شود B است. زمانی که صفت C است که ارزیابی قابلیت اطمینان و بازخورد بایستی موجود باشد، و مهندسی یک شناخت ویژه از شکست های مربوط داشته باشند. صفت D خیلی شبیه صفت C است. در بعضی از زمانها مدیریت بازخورد از طراحی یا ارزشیابی پشتیبانی کار دارد. برای داشتن ارزیابی قابلیت اطمینان و پشتیبانی مدیریت برای بازخورد از طراحی یا ارزشیابی کار. ضمناً طراحان شناخت از شکست های مربوط دارند.

۳-۶-۱-۴) فرهنگ ایمنی^{۵۳}

این فاکتور بازتاب آموزش از کارمندان و شرایط فرهنگ ایمنی در شرکت است. اگر شرکت آموزش در حین کار انجام دهد، پس صفت آن A است. اگر شرکت سیستمی و آموزش منظم آماده کند، شامل آموزش عادی و عملیات اضطراری، آن وابسته به صفت B است. اگر شرکت آموزش متظاهر برای عملیات عادی تهیه کند، یا کارمندان خاصی توانایی برای شرح دادن آن فرهنگ ایمنی شامل آموزش سیستمی خوب است را داشته باشند، این صفت C است. علاوه بر C، آن وابسته به صفت D است اگر، شرکت آماده کرده باشد آموزش متظاهر نما برای

عملیات عادی، یا کارمندان خاصی توانایی آنرا داشته باشند که با دلیل اثبات کنند که فرهنگ ایمنی شامل آموزش سیستمی عملیات اضطراری خوب است. زمانیکه آموزش متظاهر نما برای عملیات عادی یا اضطراری تهیه می شود، و شرکت خط مشی صریح و فرهنگ ایمنی دارد، این صفت می تواند با E بررسی شود.

۳-۶-۱-۵) جداسازی

برای دسترسی به این فاکتور، می بایستی بر اساس طرح بندی (لی اوت) در طراحی و محل کار برای تجهیزات علل مشترک باشد. روش UPM تجهیزات الکترونیکی و تجهیزات مختلف ماشین آلات متفاوت است. همچنین می تواند آنرا به پنج دسته تقسیم شود. برای تجهیزات الکترونیک، اگر مکان قرار گرفتن تجهیزات علل مشترک در همان محفظه باشد، صفتی که می بایست به جدایی داده شود دسته یک است. اگر مکان اجزا علل مشترک در همان محفظه باشند، اما آنها بوسیله یک مانع مجزا شده باشند، در دسته دوم می باشد. زمانیکه اجزا مکان تجهیزات علل مشترک در محفظه های مختلف باشند. این دسته در سومین قسمت است. اگرچه زمانی که مکان اجزا علل مشترک در محفظه های متفاوت باشند و فاصله بین آنها محفظه است در دسته چهارم است. اگر مکان قرار گرفتن اجزا علل مشترک در اتاق دیگر باشد در دسته آخر قرار می گیرد.

برای تجهیزات ماشین آلات، اگر مکان قرار گرفتند اجزا علل مشترک در همان اتاق باشد، آن متعلق به دسته اول است. زمانیکه مکان قرار گرفتند اجزا علل مشترک در همان اتاق باشد، اما آنها از نظر فیزیکی مجزا هستند بین قطعات، آن در دسته دو است. اگر مکان قرار گرفتند قطعات اجزا علل مشترک در اتاق همجوار باشد در دسته سوم است. زمانیکه قطعات اجزا علل مشترک در اتاق مجاور قرار نگرفته باشند آن در دسته چهارم است. اگر مکان قرار گرفتن قطعات اجزا علل مشترک در محیط های کاری متفاوت باشد، پس آن در آخرین دسته برای تجهیزات ماشین آلات است. /

۳-۶-۱-۶) افزونگی و گوناگونی

این فاکتور نشان دهنده افزونگی و فعالیت در حال کار است ، و همچنین آن نشان دهنده گوناگونی در عملیات است. آن به هفت صفت داخلی تقسیم می شود. صفت A به این معنی است که کمترین افزونگی را داریم، برای مثال سیستم یک خروجی از دوتا، ۲۰۰۳ یا ۳۰۰۴. صفت A+ به این مفهوم است که همان سیستم افزونگی بالا برود و آن بصورت سیستم ۱۰۰۳، ۲۰۰۴ باشد. صفت B متناظر برای تعداد خیلی زیادی افزونگی نیرومند است. از قبیل سیستم های ۱۰۰۴، ۱۰۰۵، یا ۲۰۰۵ است. صفت B+ به معنی افزونگی زیاد برای برخی از اجزا است. برای مثال سیستم یک خروجی از ۸ تا. صفت C به مفهوم برخی اجزا افزایش افزونگی و گوناگونی برای فعالیت دارد: C همچنین به ایم معنی است که برخی از اجزاء بی نهایت افزونگی بالا دارند و عملیات گوناگون دارند. بر این اساس ، بعضی از اجزاء افزونگی بالا دارند در سیستم های منفعل است. صفت D زمانیکه متناظر با همان اجزا با افزونگی بالا هستند ، شبیه ساختار ۱۰۰۴، و فعالیت های که گوناگونی دارند. صفت E متناظر با دو کاملاً متفاوت و زیر سیستم مستقل است.

۳-۶-۱-۷) درک کردن

"درک کردن" نشان دهنده بلوغ فن آوری آن اجزا علل مشترک مورد استفاده قرار گرفته شده است. روش جزئی یکپارچه این فاکتور از چهار جنبه ارزیابی می شود.

- اجرای آزمون اجزاء علل مشترک، اگر این آزمون بیش از ۱۰a یا کمتر از ۱۰a باشد.
- به تازگی از فن آوری اجزا علل مشترک استفاده شده است ، اگر اجرا شده است تجهیزات نیازمند پشتیبانی سخت افرار است.
- پیچیدگی از این فن آوری اجزاء علل مشترک اتخاذ شود.
- فن آوری از اجزا علل مشترک برای بر آوردن نیاز طراحی اتخاذ شود.

برای هر چهار جنبه، همه شرایط وابسته به صفت A بجز شرایطی که آن سیستم سخت افزار داشته باشد. کمتر از سه جنبه بزرگ یا کوچک را بررسی می کند. پس این توانایی دارد که صفت های این فاکتور ارزشیابی کند. برای مثال زمانیکه آزمون بیش از ۱۰a باشد و دوتا بزرگ و یکی کوچک باشد صفت C است.

۳-۶-۲) بحث و نتیجه گیری

در حال حاضر ، UPM بسیار محبوب است و روشی است که بصورت گسترده در انرژی اتمی انگلیس برای آنالیز CCF ها استفاده می شود. این روش بصورت مرحله به مرحله براساس استاندارد راهنما انجام میگیرد. در مقایسه با دیگر روش های برای تعیین کردن فاکتور بتا، این روش دارای مزایا زیر است.

۳-۶-۲-۱) مزایا و معایب :

- مدل ساده است
- تمامی افراد آزمون و فرهنگ ایمنی را در نظر می گیرد
- افراد غیر حرفه ای به چارچوب آن دسترسی دارند.
- متخصصین با تجربه و کارکنان غیر حرفه ای هر دو همان پاسخ را دریافت می کنند.
- می توان برای هر دو سطح اجزا و سطح سیستم استفاده کرد.
- انجام دادن آن نیاز به اطلاعات خاص سیستمی ندارد.
- یک استاندارد راهنما دارد و همچنین انجام دادن آن آسان است.
- آن یک فرایند تصمیم گیری است.

معایب زیر غیر قابل اجتناب هستند.

- در این روش ، مقادیر هستند که بوسیله قضاوت متخصصان تعیین می شود، اگر این طراحی و عملیات تغییر کند، این نمرات باید تنظیم شود.

➤ نتیجه ممکن است صحیح نباشد، زیرا انجام دادن این روش ها می تواند غیر کارشناسه باشد.
(۱۸)

۳-۶-۳) مقایسه بین چک لیست IEC و UPM

این سه روش که شرح داده شده برای تعیین کردن CCF (فاکتور بتا). استفاده می شود. چک لیست IEC ۶-۶۱۵۰۸ برای سیستم ها با تقاضای کم استفاده می شود. در صورتیکه UPM برای قابلیت ایمنی بالای صنایع استفاده می شود، عموماً بیشتر برای صنایع برق اتمی استفاده می شود. چک لیست IEC تنها بوسیله مهندسین حرفه ای استفاده می شود در صورتیکه UPM می تواند بوسیله هردو مهندس حرفه ای و غیر حرفه ای انجام شود. هردو چک لیست IEC و UPM از بازدارنده برای کاهش CFF سیستم های آسیب پذیر استفاده می کنند. چک لیست IEC بوسیله یک سری از سوالات (اندازه گیری ها) که نمرات کسب می کنند تکمیل می شود. در صورتیکه UPM از یک جدول تکوینی (پیدایشی) با نگاه کردن به نمره متناظر با آن انجام می شود. UPM یک چارچوب سیستماتیک آماده می کند، همین طور می تواند برای هر دو سطح سیستم و ارزیابی سطوح اجزا استفاده شود. چک لیست IEC تنها می تواند برای یک سطح از سیستم استفاده شود. همه سه روش فاکتور های انسانی را در داخل خود بررسی می کنند، اما چک لیست IEC تنها یک میزان کمی را نامبرده. در مقایسه با آن UPM به اندازه کافی فاکتور های انسانی را بررسی می کند.

فصل ۴

نحوه محاسبه کردن شکست های علل مشترک

۴-۱) مقدمه

CCFها از عوامل شکست در سیستم های ابزار دقیق هستند که اغلب بصورت همزمان و یا با فاصله زمانی رخ داده و طبق گروه بندی شکست ها جزو شکست های مخاطره آمیز کشف نشده هستند، این شکست ها به روش ها مختلف شناسایی، ارزیابی و ارزشیابی می شوند که رایج ترین آن استفاده از فاکتور بتا می باشد که در فصل گذشته شرح داده شد. تعدادی از مدل های مختلف برای قابلیت اطمینان CCFs در دسترس هوک تاد و ریوژاند. دُرَاین میان محبوب ترین مدل از مدل ضریب بتا با استفاده از پارامتر β است. که β نشان دهنده کسری از همه شکست آیتم که CCFs هستند. مدل PDS CCF یک فرمت از مدل ضریب بتا است. در این فصل ما ضمن ارزیابی و چگونگی محاسبه CCFها با معرفی تاسیساتی که بیشترین استفاده را در صنعت نفت و گاز دارند و توضیح انواع شکست آنها می پردازیم.

^{۵۴} (Rausand و Hokstad, 2008)

۴-۲) روش و داده برای تعیین تعریف، ضریب بتا

"اساساً، تمام مدل های اشتباه هستند، اما برخی از مفید هستند" ^{۵۵}

در این فصل ما می خواهیم به یک بررسی کوتاه از روش انتخاب شده برای تعیین مقادیر ضریب بتا خاص داشته باشیم.

- در مورد کمبود عمومی داده مربوط به CCF بحث کوتاهی داشته باشیم.
- معرفی برخی از برآوردگرهای (تخمین گرهای) برای ضریب β زمانی که داده های میدانی در دسترس نباشد را بررسی کنیم ، نخست برخی از روش ها برای تعیین ضریب بتا بحث شده است.

۴-۲-۱) روش هامفریس ^{۵۶}

این روش به مقدار ضریب بتا عمومی اشاره خواهد داشت اما لزوماً نشان دهنده بهترین دانش ما برای یک تاسیسات خاص نیست. یکی از اولین تلاش برای تعیین نرم افزار (برنامه کاربردی) خاص برای ضریب بتا است. در این روش هشت فاکتور عامل موثر بر مقدار ضریب بتا شناسایی شده اند. (گروه بندی در طراحی، عملیات و محیط زیست) این عوامل دارای وزن هستند بر اساس قضاوت تخصصی برای تعیین یک ضریب بتا بین ۰,۰۱٪ و ۳۰٪ هستند.

۴-۲-۲) IEC ۶۱۵۰۸-۶ و IEC ۶۲۰۶۱

IEC ۶۱۵۰۸-۶ ضمیمه ارائه یک چک لیست از حدود ۴۰ پرسش است که می تواند برای تعیین مقدار خاص از طرح ضریب بتا برای سیستم های اندازه گیری ایمنی استفاده شود.

^{۵۵} جورج. E.P.

^{۵۶} Humphrey's Method

استاندارد IEC-۶۲۰۶۱ شامل یک چک لیست مشابه اما در مقایسه با IEC-۶۱۵۰۸ ساده است.

در IEC-۶۱۵۰۸، هر سوال "بله" یا "نه" پاسخ داده می شود. نمرات X و Y برای هر سوال و داده می شود، و برای همه سوال با پاسخ "بله"، مقدار مقادیر X و Y خلاصه متناظر هستند. یک جدول برای تعیین ضریب بتا بر اساس نمره کل برای X و Y خلاصه تا برای تمام سوالات استفاده شده است.

رابطه ۴-۱:

$$Score = \Sigma (X + Y)$$

این روش یک ضریب بتا بین ۰.۵٪ و ۵٪ برای حل کننده منطق و بین ۱٪ و ۱۰٪ برای سنسورها و عناصر نهایی است فراهم می کند. روش اصلی هامفریس، حداکثر ۳۰٪، شدند و ممکن است سوال شود اگر این در پرتو فن آوری های اخیر بیش از حد بالا در همان زمان، بررسی شکست نشان می دهد ممکن است که ۱۰٪ مقدار بسیار پایین برای برخی از تاسیسات و چندین نوع جزء باشد.

۳۷ سوال چک لیست در IEC ۶۱۵۰۸ هستند که هشت گروه طبقه بندی کرده اند:

۱. درجه بندی جدایی فیزیکی / جدایی نشینی
۲. گوناگونی / افزونگی (به عنوان مثال، فن آوری های مختلف، طراحی، پرسنل تعمیر و نگهداری مختلف)
۳. پیچیدگی / بلوغ طراحی / تجربه
۴. استفاده از ارزیابی / تجزیه و تحلیل و بازخورد اطلاعات
۵. روش ها / رابط انسان (به عنوان مثال، تعمیر و نگهداری / تست)
۶. صلاحیت / آموزش / فرهنگ ایمنی
۷. کنترل محیط زیست (به عنوان مثال، دما، رطوبت، دسترسی پرسنل)

۸. تست زیست محیطی

یکی از مشکلات چک لیست ۶- IEC ۶۱۵۰۸ حساسیت نسبتاً پایین آن به تغییر در نمره هر سوال چک لیست است. نمرات سوال ها معمولاً باید حرکت از یک مقدار ضریب بتا به بعد بهبود یابد. به عنوان مثال، معرفی یک اندازه که می خواهد در چندین جزء افزودنی بهبود یابد، هر تغییری در ارزش ضریب بتا را نمی خواهد بسازد. همچنین، برخی از سوالات چک لیست در ۶- IEC ۶۱۵۰۸ بسیار به طور کلی، طبیعی هستند، و دشواری پاسخ دادن در طول فاز طراحی است. در چک لیست ۶۲۰۶۱ IEC بعضی از چالش های که خواهیم داشت ظاهر خواهند شد.

۴-۲-۳) روش یکپارچه سازی جزئی

روش یکپارچه سازی جزئی (UPM) توسط براند پیشنهاد شد و توسط زیترو و بدفورد (۲۰۰۳) توسعه داده شد. فرض میکنم که ضریب بتا توسط هشت ضریب اساسی زیر را تحت تاثیر قرار:

۱. کنترل محیط زیست

۲. آزمون محیط زیست

۳. تجزیه و تحلیل

۴. فرهنگ ایمنی

۵. جدایی

۶. افزودنی و گوناگونی

۷. درک فهم

۸. عمل متقابل اپراتور

عوامل مستقل از یکدیگر نیستند. هر یک از عوامل زمینه ای است با وزن و نمره در ارتباط است. روابط ریاضی بین این عوامل (به عنوان مثال، وزن و نمرات آنها) و ضریب بتا است.

از این رو شباهت قوی بین روش UPM چک لیست IEC ۶۱۵۰۸/۶۱۰۶۱ و روش هامفریس است. UPM به عنوان روش استاندارد از صنعت هسته ای بریتانیا اقتباس شده است، اما به نظر نمی رسد که در بخش های دیگر به خوبی شناخته شده باشد.

۴-۳) اطلاعات CCF

تعداد بسیار کمی از منابع داده برای داده های CCF در دسترس هستند، حداقل در صنعت نفت. صنعت هسته ای است توجه بیشتر به CCFs و چندین پروژه جمع آوری داده ها CCF انجام داده با ساخت پایگاه داده ها قابلیت اطمینان CCFs. طرح های مشابه در صنعت نفت محدود شده است.

۴-۳-۱) داده ICDE

صنعت هسته ای یکی از پیشگامان در این مطالعه از CCFs شناخته شده است. موارد ذیل نمونه ای های از این دسته اند.
(NUREG/CR-5485 [۱۹۹۸], NUREG/CR-6268 [۲۰۰۷], NEA [۲۰۰۴], NEA [۲۰۱۴]).
چند دستورالعمل برای تجزیه و تحلیل کمی و کیفی CCFs توسعه یافته اند. تعدادی زیادی این تجزیه و تحلیل داده های CCF که درون علل در CCFs ارایه شده است همچنین منتشر شده.

در گزارش اخیرا تحت عنوان تبادل داده ها بین المللی علل مشترک پروژه شرح داده شده است. این پروژه ICDE در سال ۱۹۹۴ آغاز شد و جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده های CCF رویداد را از صنعت هسته ای در نه کشور است. از آوریل سال ۱۹۹۸، پروژه توسط آژانس انرژی هسته ای (NEA) راه اندازی شد. اهداف پروژه ICDE به عبارتند از:

۱. جمع آوری و تجزیه و تحلیل حوادث CCF در دراز مدت به طوری که برای درک بهتر

چنین رویدادی، خود علل، و پیشگیری از آنها.

۲. ایجاد بینش کیفی به علل ریشه ای وقایع CCF که پس از آن می توان برای استخراج مشی یا مکانیزم برای جلوگیری از خود یا برای کاهش عواقب خود استفاده می شود.

۳. استقرار یک مکانیزم برای بازخورد موثر از تجربه به دست آمده در ارتباط با پدیده ها، CCF، از جمله توسعه بازدارنده ها در برابر رخ داد آنها، مانند شاخص ریسک براساس بازرسی .

۴. تولید بینش کمی و ثبت ویژگی رویداد برای تسهیل کمی تکرار CCF در کشورهای عضو .

۵. استفاده از داده ICDE برای برآورد پارامترهای CCF .

خلاصه های گزارش مختلف در دسترس در جمع آوری و تحلیل CCF ا به عنوان مثال، شیرهای ایمنی و سوپاپ اطمینان و اندازه گیری سطح هستند ، و این ممکن است از طریق صفحه وب ^{۵۸} در دسترس باشند.

همچنین ICDE در مورد طبقه بندی داده های CCF، توصیه های کلی می دهد. برای مثال در مورد عوامل مزدوج ، علل ریشه و روش های تشخیص.

۴-۳-۱) گزارش های بازرسی انرژی هسته ای سوئد^{۵۹}

چند گزارش تحقیق CCFs در راکتور آب جوش منتشر کرده است. به طور خاص، بازرسی انرژی هسته ای سوئدی داده های درست در مورد ایمنی شیر رهایی از BWR مختلف واقع در ژنراتورهای سوئد ارائه می دهد. پایگاه داده شامل حدود ۲۰۰ رویداد، و شکست بر اساس طبقه بندی به شدت، حالت شکست، روش تشخیص، و که بخشی از جزء است که خراب

^{۵۸} <http://www.oecd-neia.org/jointproj/icde.html>
^{۵۹} Swedish Nuclear Power Inspectorate

شده است. علت شکست است داده می شود، و حوادث متعدد به عنوان "CCFs کامل"، "CCFs بالقوه" و یا "خطاهای تکرار"^{۶۰} است طبقه بندی می شود.

۴-۴) برآوردگرهای (تخمین زننده های) ضریب بتا

تخمین β در مدل ضریب بتا می تواند به چالش کشیده شود. در اصل ما اول باید "گروه" CCF تعریف کنیم، مشخص است که رویداد CCF "درست (true)" که تنها اگر دو یا چند جزء در داخل یک گروه خرابی "به طور همزمان" رخ داده باشد. معمولاً ما اجازه می دهیم گروه CCF همان اجزای یکسان را که در داخل همان سیستم یا فعالیت ایمنی را شامل شود. با این حال، یک مسئله کافی نبودن جزئیات دقیق اطلاعات آن شکست است که به منظور توانایی تصمیم گیری با اطمینان اینکه آیا اجزای خراب در یک رویداد ناشی از یک علت مشترک در واقع به همان سیستم تعلق دارند یا خیر است.

علاوه بر این، مشکل دیگر این است که - با توجه به مدل ضریب بتا - تمام اجزای یک گروه CCF با خرابی مواجه خواهد شد هنگامی که یک CCF رخ می دهد. این است که، هر دو آنها شکست تنها (یامستقل) هستند، یا ما باید یک رویداد CCF داشته باشیم که در آن تمام اجزای گروه CCF خراب شوند. بنابراین، اگر به عنوان مثال، گروه CCF ($n=4$) جز داشته باشیم، پس با توجه به مدل ضریب بتا، یک رویداد CCF با هر دو یا سه جزء شکست نمی تواند رخ دهد.

با این حال، در عمل ما مشاهده می کنیم که این حوادث در واقع رخ می دهد، و ما مقداری مصالحه خواهیم داشت، در واقع تخمینهای "غیر منطقی" خواهیم داشت.

۴-۴-۱) برآوردگر NUREG

متغیر N_{DU} تعداد کل شکست DU برای یک جمعیت خاص آزموده می شود. علاوه بر این، مقدار $N_{DU,CCF}$ ، تعداد کل شکست DU در تمام حوادث CCF داشتن رخ داده است. برآوردگر به رسمیت شناخته شده، [1988] NUREG / CR-4780، رابطه آن برابر است با

رابطه ۴-۱): رابطه برآوردگر NUREG

$$\hat{\beta}_1 = \frac{N_{DU,CCF}}{N_{DU}}$$

همانطور که در بخشهای قبلی بحث شد، در بررسی شکست، شکستهای همزمان از دو (یا بیشتر) اجزای که در رویداد CCF طبقه بندی شده اند، اگر چه ضروری نیست که بعضی از اجزا در عملکردهای ایمن وابسته باشند. بنابراین، به طور کلی برآوردگر بالا در حالت عمومی برآورد عوامل بتا نسبتاً سریعتر خواهد بود.

یک تخمین مناسب تر برای مقدار ضریب بتا است.

رابطه ۴-۲): [NUREG / CR | -4780 1988]

$$\hat{\beta}_2 = \frac{2 \cdot N_{CCF}}{N_{DU,I} + 2 \cdot N_{CCF}}$$

در اینجا، N_{CCF} تعداد حوادث CCF مشاهده شده است (صرف نظر از تعداد شکست DU در هر رویداد CCF).

$N_{DU,I}$ مستقل از شکست DU است، و در نتیجه $N_{DU} = N_{DU,I} + N_{DU,CCF}$ در این برآورد فرض می شود که نتایج هر رویداد CCF در شکست از دو جزء است. به عنوان مثال

$N_{DU,CCF}$ در معادله (۳-۱) است که توسط N_{CCF} جایگزین شده است، که معمولاً کوچکتر از $N_{DU,CCF}$ ، در این روش ممکن است تمام وقایع CCF که شامل بیش از دو شکست هستند غیر محافظه کارانه از در نظر گرفته شود. تنها شکستهای که دوتا هستند را می شمارد. توجه داشته باشید که هیچ یک از دو برآوردگر NUREG به طور خاص نیاز به آن ندارند که آن رویداد CCF نتیجه عملکردهای در بعضی از اجزا و یا سیستم باشد. هنگامی که قطعات خراب می شوند منجر به همان علت می شوند. این به عنوان یک رویداد CCF بررسی خواهد شد، همچنین زمانی که اجزای متعلق به سیستم و یا عملکرد مختلف داشته باشند.

۴-۴-۱-۱) مثال عددی - برآوردگرهای NUREG

بر اساس بررسی از فرستنده سطح، (کل جمعیت ۳۴۶ فرستنده)، ۵۴ اجزا شکست DU داشته است. ۱۳ از این شکستها در رویدادهای CCF رخ داده است، بنابراین ایجاب می کند که تعداد شکست DU مستقل ۴۱ باشد. بنابراین $N_{DU} = ۵۴$ ، بدون هیچ شکست یکتا، $N_{DU,I} = ۴۱$ و $N_{DU,CCF} = ۱۳$ ، خرابی قطعات منجر به CCF شده است. علاوه بر این، تعدادی از رویدادهای CCF برابر $N_{CCF} = ۳$ است. در این سه رویداد، به ترتیب، ۲، ۹ و ۲ اجزای خراب شده است، (کلاً از ۱۳ اجزای شکست خورده). داده مشخص نیست که حلقه ها تحت تاثیر رویداد CCF است، اما این اطلاعات با این حال در برآوردگر NUREG مورد نیاز نیست و اینگونه برآورد می شوند: (۱۹)

$$\hat{\beta}_1 = \frac{13}{54} \approx 0.24$$

$$\hat{\beta}_2 = \frac{2 \cdot 3}{41 + 2 \cdot 3} \approx 0.13$$

۴-۴-۲) بر آوردگر PDS

با جستجو در اینترنت، تاسیسات ابزار دقیق که بصورت عمده در صنایع نفت و گاز کاربرد دارد بدست می آید. جدول (۴-۱) تعدادی از سیستم های ایمنی ابزار دقیق که در صنایع نفت و گاز مورد استفاده قرار می گیرند قید شده است، این بخش شامل انواع شکست های که ممکن است رخ دهند نیز می گردد. اما شامل کلیه شکست ها بعلت کافی نبودن اطلاعات ثبت نگردید است. سیستم های ابزار دقیق به سه دسته اصلی تقسیم می شوند که در جدول (۴-۱) قابل مشاهده است.

جدول ۴-۱: سیستم های ابزار دقیق مورد استفاده در صنایع نفت و گاز

فرستندها	آشکارسازهای	عناصر نهایی
فرستنده سطح	آشکارسازهای گاز	شیر ESD و PSD
فرستنده فشار	آشکارسازهای خط گاز	شیر بلند شونده ESD
فرستنده دما	آشکارسازهای شعله	شیر تخلیه
فرستنده جریان	آشکار سازهای دود	سوپاپ (شیر) ایمنی فشار
	آشکارسازهای حرارتی	دامپر آتش
		شیر سیل

۴-۵) بررسی عملیاتی - چرا و چگونه؟

هدف از این بررسی، عملیاتی است که به منظور بررسی عملکرد SIL تجهیزات مجاز (ارزیابی شده) و توصیه های مربوط به عملیات آینده و جمع آوری داده ها است. همه عملکرد تجهیزات اندازه گیری ایمنی در یک وسیله باید از موارد بالا پیروی کند.

با این حال، از آنجا که یک وسیله اغلب شامل چند صد حلقه های مختلف و یا عملکرد ایمنی است، فرض بر این است که پیگیری از گروه تجهیزات رضایت بخش است. در صورتی که نرخ شکست برای هر گروه تجهیزات نرخ شکستی است که در مدت طراحی فرض شده است، پس همه حلقه ایمنی نیز در تطابق با الزامات SIL تکمیل شده است. بنابراین، هر گروه تجهیزات باید با توجه به تعداد شکست مخاطرات غیر قابل تشخیص (DU) در یک دوره خاص از زمان است بررسی شوند.

از آنجا که سهم CCF در محاسبات PFD برای سیستم های افزونگی اغلب جزو اولویت ها باید باشد، همچنین بر شناسایی CCF در طول جمع آوری داده ها تمرکز دارد. برخی از شکستها CCFs/شکارااست، در حالی که دیگر شکست ها ممکن است برای شناسایی مشکل تر باشند، به عنوان مثال، با توجه به زمان تاخیر بین وقوع و همچنین بین ثبت کردن در سیستم نگهداری و تعمیرات.

در مدت انجام کار و بعد از بررسی شکست معمولاً موارد ذیل مورد نظر قرار می گیرد:

- یک بررسی کامل از هر اطلاع رسانی در یک گروه تجهیزات، به ویژه با توجه به روش شناسایی، حالت شکست، حساسیت شکست و علت شکست.
- بسته به حالت شکست و روش شناسایی به طور خاص، هر شکستی که طبقه بندی می شود مطابق با استاندارد IEC 61508 و IEC 61511 است؛ به عنوان مثال، شکست ایمن (S)، مخاطرات شناسایی شده (DD) و یا مخاطرات غیر قابل تشخیص (DU).
- بحث در مورد شناسایی شکست، به ویژه آنها که به عنوان DU طبقه بندی شده است و آنهایی را که CCFs بالقوه است.

خلاصه گزارش از بررسی شامل موارد ذیل باید باشد:

- یک برآورد نرخ شکست به روز بر اساس تجربه عملیاتی و ثبت شکست؛
- یک شرح آزمون حوادث CCF
- در نظر گرفتن اینکه آیا این نرخ شکست به روز است و آزمون کردن حوادث CCF ممکن است.
- توجیه یا نیاز به اقدامات خاص اندازه گیری کمتر باشد یا تست تکرار کاربردی بیشتر، یک آنالیز دقیق تحلیل علت ریشه ای، و غیره؛
- توصیه اضافی مربوط به عملیات آینده و تعمیر و نگهداری، شامل اقدامات مربوط به بهبود کیفیت گزارشگری شکست، روش تست بهبود یافته است، روش های عملیاتی بهبود یافته است، و اقدامات لازم برای کاهش تکرار شکست و به طور کلی کاهش فرکانس شکست ایمنی بحرانی صورت گرفته است.

در حالت ایده آل، یک بررسی عملیاتی باید فقط یک بار در سال انجام می شود. سپس اطلاعاتی به تازگی و در نتیجه برای طبقه بندی در ذهن آسان تر است. همچنین، هنگامی که انجام بررسی سالانه تعداد اطلاعاتی قابل مدیریت کردن است. در طول یک سال از عملیات به طور معمول بر روی یک ۶۰۰-۳۰۰ مورد تاسیسات باید مورد مطالعه قرار گیرند.

۴-۵-۱) بررسی عملیاتی - برخی از مزایای

بررسی عملیاتی را می توان بخشی جدایی ناپذیر از مدیریت بازدارنده ها در فاز عملیاتی مورد نیاز دانست. هدف کلی چنین بررسی، به منظور انجام بازبینی عملکرد مورد نیاز از طراحی و در صورت لزوم اقدامات در محل برای حفظ قابلیت اطمینان از جزء و در نتیجه ایمنی در تاسیسات است.

در طول یک بررسی عملیاتی، مقدار زیادی از اطلاعات تعمیر و نگهداری به صورت دستی از طریق تیم متخصص ارائه می شود. به عنوان یک نتیجه، اپراتور یک دید کلی بسیار خوب از ایمنی تجهیزات بحرانی خود بوسیله توجه به مقدار شکست بدست می آورد، مناطق مشکل معمولی دارند، مناطقی ممکن است بهبود یابند، و غیره.

فروشندهگان علاقه مند به ارائه بازخورد عملیاتی در تجهیزات آنها هستند، اما اغلب در مورد فقدان اطلاعات از اپراتورهای بیان ناامیدی می کنند. بنابراین، بررسی عملیاتی می تواند به عنوان فرصت خوبی برای اینکه بطور سیستماتیک اطلاعات جمع آوری شده در سطح جزء است دیده شود، که خود می تواند با تولید کننده تجهیزات / فروشنده اشتراک گذاشته شود.

در نهایت، با جمع آوری تمام این داده ها، پایگاه داده و کتابچه مانند OREDA و PDS به تدریج بهبود و رویکرد امیدوارانه برخی از مقدارهای معمولی تجربه شده توسط صنعت توسعه می یابد. با این حال، باید به این نکته اشاره کرد که نرخ شکست برای اغلب گروه تجهیزات و به طور قابل توجهی بین تاسیسات که متفاوت است. بنابراین، باید در صورت امکان تاسیسات خاص، به هنگام شرح دادن انجام قابلیت اطمینان و درجه CCFs در آینده معین شود.

۴-۵-۲) بررسی عملیاتی - تمرکز بر CCF

این تصور از بررسی عملیاتی با توجه CCFs، محدود به طول طرح عملیات روزانه داده شده و به ویژه در هنگام ثبت شکست و پیگیری است. بسیاری از شکست های چندگانه که در این بررسی مشخص شد و یا عنوان CCFs نشان داده شوند، حتی اگر از بعضی از انواع شکست به وسیله چندین اعلام خطر (آلارم) و یا مشاهده در بسیاری از تست های زیر سیستمی اطلاع داده شده بود. این را می توان در وهله اول با رسیدگی ناکافی از علت شکست، مروری ناکافی از تاریخ شکست و به طور کلی از همه مهمتر تمرکز محدود بر CCFs توضیح داد.

۴-۶) ضریب بتا

مقدار ضریب بتا عمومی، N_{DU} تعداد کل شکست مخاطره آمیز که طور خودکار تشخیص داده نشده است، اما به طور معمول در طول تست عملکرد و یا بر تقاضای واقعی (شکست DU) شناسایی شده است را نیز مد نظر می گیریم. $N_{DU,CCF}$ تعداد کل شکست DU تحت تاثیر یک رویداد CCF نشان داده شده است.

رویدادهای CCF که ثبت شده به طور قابل توجهی بین تاسیسات متفاوت است. در برخی از تاسیسات رویداد CCF برای گروه های جزء خاص در دیگر تاسیسات کسر بیش از حد از مشاهده شده است، در حالی که CCFs مشاهده شده است.

۴-۷) تجهیزات مورد بررسی

در این بخش تاسیسات مورد استفاده به همراه نحوه عملکرد و انواع شکست ها توضیح داده شده است.

۴-۷-۱) شیرها^{۶۲}

۴-۷-۱-۱) شیر خاموش کننده^{۶۳}

شیر خاموش کننده باید به محض یک درخواست بسته شود (به عنوان مثال یک سیگنال از ESD و / یا منطق PSD). همچنین با توجه به زمان مورد نیاز جهت بسته بسته شدن، برخی از آنها بنا به حداکثر میزان نشتی در موقعیت بسته می شوند. در جدول زیر فهرستی از حالت های شکست بحرانی برای شیر خاموش کننده، در جدول (۴-۲) آورده شده است.

^{۶۲} Valves
^{۶۳} Shutdown valves

جدول ۴-۲: انواع شکست در شیر خاموش کننده

نوع شکست	نام اختصاری	توضیحات
خرابی در بسته شدن تقاضا	FTC	یک مقدار کم از شیرهای ESD می شوند. همچنین یک خرابی در عملکرد باز شدن را نیز شامل می شود
به تاخیر افتادن عملیات	DOP	شیرهای ESD&PSD به آهستگی بسته می شوند .
نشتی در هنگام بسته شدن	LCP	تنها مرتبط است به آن شیرهایی که نشتی مواد دارند و میزان حرکت نشتی و معیار نشتی برای شیرهای خاص است.

۴-۷-۱-۲) شیر تخلیه

شیرتخلیه بمحض دریافت سیگنال تقاضا در مدت زمان مجاز مشخص شده را باز شود. حالات شکست بحرانی برای شیرتخلیه از زیر شیر شامل خرابی در باز کردن و^{۶۴} (DOP). حالت شکست: در جدول (۴-۳) زیر فهرستی از حالت های شکست برای شیر تخلیه آورده شده است.

جدول ۴-۳: ثبت شکست برای شیر تخلیه

نوع شکست	توضیحات
خطا در باز شدن در هنگام تقاضا	این شکست شامل جایی است که شیر نمی تواند کامل باز شود یا شیر ۱۰۰ درصد باز نمی شود.
تاخیر در عملیات	تنها با در نظر گرفتن تاخیر کردن در عملیات به نسبت باز شدن بررسی می کند.

^{۶۴} Blowdown Valves

^{۶۵} Fail To Open(FTO)

رویداد CCF شامل شکست های زیر است:

- شیرهای (عملکرد در جفت شدن) خرابی در باز شدن همان آزمون منجر به شدت خورده شدن دیسک (محرک، راه انداز) می شود.
- شکست DOP (در شیرهای مجزا) به علت نشت .
- FTO-شکست نیز همچنین علت آن عرضه بیش از حد کم فشار هوا به دلیل نشت هوا ایجاد می شود. در یک وضعیت تخلیه از زیر وجود دارد فشار هوا به اندازه برای تخلیه تمام موجودی (تخلیه از زیر پی در پی) کافی نبوده است.
- شکست DOP به دلیل خورگی در گوی .

علاوه بر این، چندین شکست سیستماتیک با پتانسیل ایجاد حوادث CCF مشاهده شد. نمونه هایی ازچنین CCFs بالقوه عبارتند از:

- شکست FTO منجر به محدود شدن عملیات فشاردر طول آزمایش (منبع. شکست های قبلی در شیر ESD به علت محدود شدن تغییرات فشار). مانند شکست های مشابه که در تاسیسات مختلف مشاهده می شود. ویا تنها در زمان های مختلف و می تواند به عنوان یک CCF بالقوه در نظر گرفته شود.

- خرابی شیردر باز شدن، احتمالاً ناشی از یخ زدن و یا هیدرات شدن در شیر.
- شکست FTO به دلیل حمله خورنده. حفاظ آب و هوا شد نصب شده است، اما شکست از دوباره رخ داده است و به نظر می رسد اثر حفاظت آب و هوا محدود است.

- خرابی شیر در باز شدن داشتن به دلیل خطای نرم افزاری است.
- خرابی شیر در باز شدن با توجه به نصب اشتباه. شیر های ممکن است به دلیل مشترکات در هنگام نصب مشابه تحت تاثیر واقع شود.

۴-۷-۲) دامپر آتش^{۶۶}

دامپر آتش باید در زمان مورد نیاز بسته شدن، روی سیگنال تقاضا بسته شود. حالت های شکست بحرانی خرابی در بستن (FTC) و تاخیر در عملیات (DOP) است.

- شکست DU با توجه به محرک یا سیم پیچی موتور دامپر برای عملیات مناسب نباشد.
- شکست DU در زمان آزمون ناشی از اشتباه در نصب راه انداز (احتمالا در همان زمان و توسط همان اپراتورهای نصب شود).

➤ علاوه بر این، تعدادی از شکست سیستماتیک با پتانسیل ایجاد حوادث CCF مشاهده می شود. مثال ها چنین CCFs بالقوه عبارتند از:

- شکست DU (رخ در زمان و امکانات مختلف) بود که ظاهرا به دلیل کمبود روانکاری.
- نگهداری فعالیت های احتمالا به دلیل دسترسی دشوار است، به عنوان مثال نگهداری نامناسب است.

- دامپر آتش را به دلیل گرد و خاک بسته نمی شود.
- دامپر آتش بعلت طراحی نامناسب بسته نمی شود.

۴-۷-۳) شیر سیل

شیر سیل باید باز و بمحض دریافت سیگنال تقاضا یک مقدار مشخص از آب یک رها کند. در حالت شکست بحرانی برای شیر سیل قادر به باز کردن (FTO) و تحویل ناکافی آب است. رایج ترین حالت شکست FTO است، اما برخی از شکست های سیم پیچ ممکن است در تحویل ناکافی آب باشد. شکست به عنوان یک CCF طبقه بندی بسیاری از شکست های مهم ثبت نام برای سیل به نظر می رسد مربوط به شکست سیم پیچ است. بدین ترتیب، بسیاری از شکست DU اند (به درستی) در برابر سیم پیچ سیل ثبت شده است.

۴-۷-۴) شیر ایمنی فشار^{۶۷}

شیر ایمنی فشار می بایستی در یک نقطه که از قبل پیش بینی شده است باز شود. در مدت آزمون شیر ایمنی فشار، معمولاً یک شکست ثبت گردیده است و شیر در شرایطی است که فشار وارده تا ۱۲۰ درصد نقطه ای که از پیش تعیین شده است شیر باز نشود. شکست بحرانی برای یک شیر ایمنی فشار بصورت خرابی در باز شدن است. مواردی که می تواند منجر به این شکست گردد به شرح ذیل است :

- شکست های مخاطره آمیز شناسایی نشده که به یک صورت و همزمان رخ می دهند.
 - شکست در خطوط خروجی دود در چاهایی که پلاگ شده اند.
 - شکست های که در نزدیکی زنگ زدگی وجود داشته است.
 - شکست در باز شدن بعلت خرابی در قسمت میانی شیر بعلت شرایط عملیاتی.
- همچنین یک تعداد از شکست های سیستمی وجود دارد که پتانسیل این را دارند که علت CCF باشند. مثال های از این موارد در ذیل آورده شده است.
- خرابی ناشی از هیدرات شدن که علت آن نبود ردیاب گرمایی^{۶۸} است.
 - خرابی بعلت ماسه و شن
 - خرابی بعلت گشاد شدن تویی.
 - خرابی بعلت از بین رفتن عایق
 - قضاوت نادرست در مورد مکان مورد نظر که باید شیر در آن نقطه باید باز می شد.
 - از بین رفتن واشر (که همان از دوباره جایگزین شده است)

۴-۷-۵) شناساگر گاز^{۶۹}

شناساگر گاز باید حضور گازی که غلظت ویژه ای دارد شناسایی کند و یک سیگنال برای سیستم منطقی آماده کند. علاوه بر گاز هیدرو کربن، بعضی از گازها مانند سولفید هیدروژن ،

^{۶۷} Pressure Safety Valves (PSV)
^{۶۸} heat tracing
^{۶۹} Gas detectors

مونو اکسید کربن و اکسیژن دارای دتکتور هستند. انواع شکست بحرانی برای پس از طبقه بندی الگوهای مختلف شناساگر چنانچه بصورت نامتناقض تعریف شود تا حدودی سخت است، اما شامل خرابی در فعالیت در زمان تقاضا،^{۷۰} نداشتن خروجی،^{۷۱} خروجی کم^{۷۲} اشتباه در اندازه گیری^{۷۳} می شود.

شکست ها فوق بوسیله سیستم تشخیصی آشکار نمی شوند، از اینرو جزو شکست های مخاطره آمیز شناسایی نشده هستند. این شکست ها می تواند به علل ذیل باشد.

➤ شکست های شامل اندازه گیری اشتباه بعلت طراحی نامناسب در انواع شناساگر و همچنین جایگزینی دوباره آنها.

➤ شکست های شامل اشتباه در اندازه گیری بدین صورت که با یک مشاهده آزاد علائم هشدار دهنده عملکرد درستی نداشته اند، علت آن یخ زدن جزء اندازه گیری کننده و جایگزینی دوباره آن و یا یک علت ناشناخته بوده است.

➤ طراحی قدیمی شناساگر ندر بعضی از نقاط که در تماس با مواد خورنده بوده اند که یک علت ناشناخته بوده است اما اینگونه فرض شده است که خرابی از نوع خرابی در عملکرد و یا خرابی کمبود خروجی بوده است.

➤ شکست مخاطره آمیز شناسایی نشده ناشی از کالیبراسیون اشتباه بوسیله شکست در رویه آزمون

همچنین تعدادی از شکست های سیستمی است که پتانسیل رویداد CCF را دارند که چند نمونه از آن در ذیل قید شده است.

➤ شکست در فعالیت که تحت تاثیر محیط زیست بوده که از دلایل آن کثیفی لنز است.
➤ مسدود شدن فیلتر، معمولا اپراتور نگهداری از قسمت اصلی مانند فیلتر بازدید نمی کند، و اگر فیلتر مسدود شده باشد و این نقص شناسایی نشود می تواند بر دیگر اجزا تاثیر داشته باشد.

➤ خرابی بعلت طراحی ضعیف در آینه .

^{۷۰} Fail To Function on demand (FTF)

^{۷۱} No Output (NOO)

^{۷۲} Low Output (LOO)

^{۷۳} W Rong Measurement (WRM)

- خرابی بعلت طراحی ضعیف در فیلتر های که از جنس استیل هستند و برای گاز سولفید هیدروژن استفاده می گردند اما این گاز خاصیت خوردگی دارد.
- خرابی بعلت کالیبراسیون اشتباه، که این نقص می تواند بر عملکرد اپراتور نگهداری و رویه نگهداری تاثیر داشته باشد.

۴-۷-۵) شناسگر گاز خط^{۷۴}

شناسگر گاز خط می بایستی گاز موجود در خط مستقیم را شناسایی کرده و یک سیگنال برای سیستم منطقی گاز و حریق آماده کند شکست های بحرانی برای این مورد همانند شناسگر گاز است. تعدادی از شکست های سیستماتیک که که پتانسیل ایجاد CCF را دارند در ذیل آورده شده است.

- عدم کالیبراسیون در زمان نگهداری، نصب و راه اندازی یا اصلاح.
- وارد شدن آب در داخل جعبه انشعاب بعلت طراحی ضعیف مانند خراب شدن واشر بعلت تمرکز کردن بر استفاده از سیلیکون بجای واشر در قسمت بالایی جعبه تقسیم .
- نصب اشتباه شناسگر.
- نقص در برنامه نرم افزاری

۴-۷-۶) شناسگر شعله^{۷۵}

شناسگر شعله می بایستی حضور شعله در تقاضا را شناسایی کند و یک سیگنال برای سیستم منطقی بسازد. برای یک شناسگر گاز شکست های بحرانی مانند شناسگر گاز است. البته تمایز دادن بین انواع شکست از داده های عملیاتی و توصیف در اطلاعیه ها سخت است. مواردی که در ذیل قید می شوند شامل شکستهای مخاطره آمیز شناسایی نشده است.

^{۷۴} Line gas detectors

^{۷۵} Flame detector

- شکست های بعلت فقدان سوئیچ عمقی مناسب بعنوان مثال انواع سوئیچ عمقی متنوع در انواع شناساگر.
- شکست های بعلت موقعیت نزدیک سیم ها که منجر به خرابی شده اند که احتمال اینکه در زمان فعالیت نگهداری رخ دهد.
- از بین رفتن سیم ها که باعث خروجی کم می شود.
- بعضی از شکست های سیستماتیک که پتانسیل ایجاد CCF را دارند به شرح ذیل است.
- بعلت قرار گرفتن شناسگر در محلی که امکان برف و یخ زدگی وجود خواهد داشت.
- شکستهای مخاطره آمیز ناشناخته در استفاده از شناسگر های قدیمی و یا نامناسب برای عملیات مورد نظر.
- شکستهای مخاطره آمیز ناشناخته در اثر اشتباه در زمان آزمون بعد از نگهداری و اصلاح.
- شکستهای مخاطره آمیز ناشناخته در اثر تماس با آب که باعث می شود لنز با آب در تماس باشد ، که این هم می تواند بعلت طراحی ضعیف یا نگهداری نامناسب باشد.

۴-۷-۸) شناساگر دود

شناسگر دود می بایستی دود را شناسایی کرده و یک سیگنال برای سیستم منطقی ارسال کند. انواع شکست های مرتبط با آن شامل خرابی در فعالیت زمان تقاضا ، نداشتن خروجی ، و خروجی کم می باشد. در بیشتر موارد ما با کمبود اطلاعات پس از نگهداری و تعمیر مواجهه هستیم. شکستهای برای این شناسگر می تواند با منبع محیطی نظیر آلودگی ها باشد که قابل تشخیص نیستند.

۴-۷-۹) انتقال دهنده سطح^{۷۶}

یک انتقال دهنده سطح می بایستی سطح را در یک لوله یا تانک اندازه گیری کرده و زمانی که سطح از نقطه مورد نظر خارج شد یک سیگنال به حل کننده منطقی ارسال کند. انواع شکست بحرانی بنا به مقدار آن از جمله کاربر و نصب راه اندازی منحصر به فرد نیست. اما ممکن است

^{۷۶} level transmitters

شامل خرابی در فعالیت تقاضا، بی حرکتی در سنجش^{۷۷}، سنجش نکردن و یا خارج از اندازه^{۷۸}، سنجش آهسته^{۷۹}، خروجی نامنظم^{۸۰}، خروجی کم و خروجی زیاد شود.

انواع شکست مخاطره آمیز که ممکن در این تاسیسات رخ دهد به شرح ذیل است:

➤ اشتباه در سنجش ناشی از اشتباه در روش سنجش برای برنامه کاربردی خاص، نتیجه آن اشتباه در اندازه گیری، که این هم مرتبط به آزمون دارد و یا تصادفی است. در این مورد باید کلیه موارد باید به درستی از نظر محل نصب، شرایط، نحوه کارکرد برای همه موارد بصورت خیلی دقیق ثبت شود که خود یافته ها را سخت می کند.

➤ اشتباه در سنجش ناشی از اشتباه در مقادیر اطلاعات در جداول کاری.

➤ اشتباه در سنجش بعثت نزدیکی دو انتقال دهنده به یکدیگر.

➤ دلایل ناشناخته

همچنین در ذیل تعدادی از شکست های سیستمی که ممکن است باعث CCF در ذیل قید گردیده است.

➤ مواجهه شدن انتقال دهنده با درجه حرارت سرد که نتیجه یخ زدگی،

هیدراته شدن است.

➤ خرابی انتقال دهنده بعثت جایگذاری نامناسب. بعنوان مثال اگر این پروسه عملیات

توسط یک شخص و یا یک پروسه انجام گیرد، ممکن است منجر به CCF گردد.

➤ خرابی در اثر مواجهه شدن با شکست های الکتریکی.

➤ یک چالش بزرگ در مورد انتقال دهنده های سطح این است که انتخاب یک نوع

درست از مفهوم سنجش برای خیلی از شرایط پروسه ها سخت است. همچنین، آزمایش

، کالیبراسیون و فهم دقیق عملکرد سنجش خود یک چالش بزرگ است. یک رخ داد اغلب علت

یگانه و یا ترکیبی از شکست ها است که در فاز طراحی یا نگهداری یا عملیاتی است که ممکن

است CCF و یا علل رویداد CCF کمتر دیده شود، که خود این هم یک چالش است. عوامل

^{۷۷} FRozen Measurement(FRM)
^{۷۸} No Measurement /Out Of Rang(NOM)
^{۷۹} DRifting Measurement(DRM)
^{۸۰} Erratic output(ERO)

موثر محیطی همچنین دیده می شوند، اما با یک درصد وزنی کم.

۴-۷-۱۰) انتقال دهنده فشار

انتقال دهنده فشار می بایستی فشار داخل تانک، یا قسمت های مختلف لوله را سنجش و زمانیکه فشار از مقدار تعریف شده خارج گردید یک سیگنال به حل کننده منطقی ارسال کند. انواع شکست برای انتقال دهنده فشار همانند انتقال دهنده سطح است. اگر چه تمایز دادن بین انواع شکست از داده عملیاتی و اطلاعاتی اطلاعاتیه ها سخت است و همچنین محدود تر. در ذیل تعدادی از شکست های مخاطره آمیز شناسایی نشده که ممکن است در چرخه سیستم دیده شود قید شده است.

- شکست مخاطره آمیز از نوع اشتباه در سنجش ناشی از واضح نبودن اصول و ناصحیح بودن کالیبراسیون به علت اینکه چالش های خاصی مرتبط با محل اندازه گیری و نشان دادن نقطه صفر برای انتقال دهنده وجود دارد.
- شکست مخاطره آمیز شناسایی نشده ناشی از کلوخه شدن در داخل لوله که احتمالاً تحت تاثیر محیط اطراف و آلودگی است.
- شکست مخاطره آمیز شناسایی نشده ناشی از سنجش اشتباه ناشی از نصب اشتباه. که نتایج برعکس دارد.
- شکست مخاطره شناسایی نشده ناشی از علت نامشخص.
- بعضی از علل CCF شامل موارد ذیل است.
- مواجهه شدن با دمای سرد که نتیجه آن یخ زدگی و هیدراته شدن است. که ممکن است باعث نامناسب بودن عناصر گرم کننده باشد.
- کلوخه شدن در خطوط باعث زمختی و ماسه.
- یخ زدگی انتقال دهنده باعث خطا در مقادیر برنامه نرم افزاری .
- انتقال دهنده جریان:
- انتقال دهنده وظیفه اندازه گیری و انتقال یک سیگنال به عملگر منطقی را دارد. شکست های مرتبط با این انتقال دهنده در ذیل شرح داده شده است.

- شکست مخاطره آمیز شناسایی نشده ناشی از فرضیات اشتباه که در فاز طراحی بوده است.
- شکست مخاطره آمیز ناشی از سنجش نامناسب بعثت نبود دمای مناسب. (۲۰)

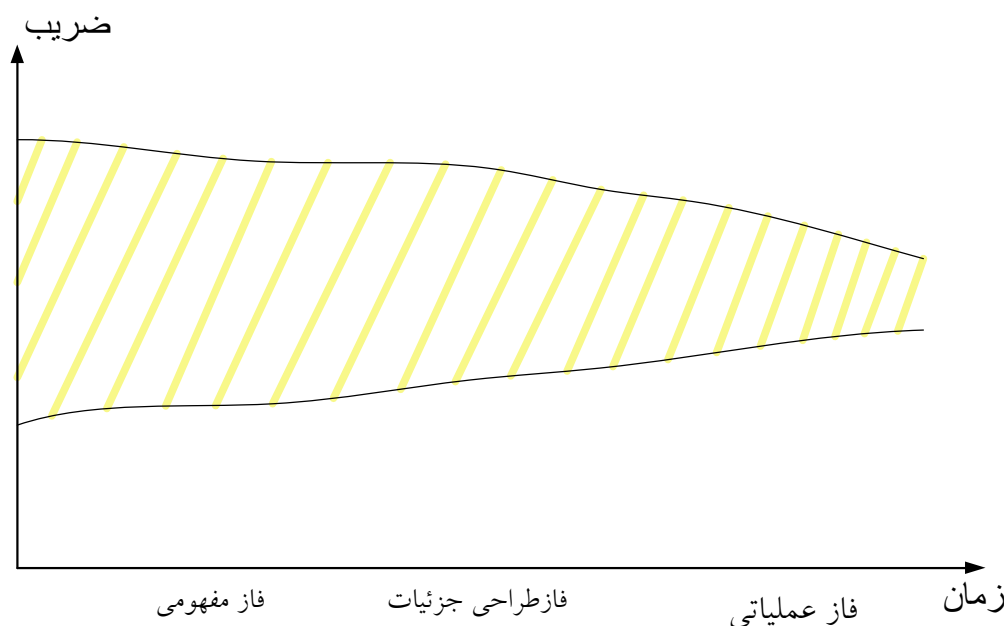
۴-۸) تعیین طرح ویژه برای تعیین مقادیر فاکتور بتا

در این قسمت ما در مورد تعیین چک لیست ویژه تجهیزات برای تعیین مقادیر ویژه فاکتور بتا بحث می کنیم. موارد مهم در تهیه این چک لیست به شرح ذیل می باشد :

- رده بندی کردن و شفاف سازی فاکتور های اصلی در توزیع CCF.
- پشتیبانی از تصمیم گیری راجع به بازدارنده ها که ممکن است مقدار سنجش CCF ها را کاهش دهد و بررسی علت ریشه ای و فاکتور مزدوج کننده.
- تهیه کردن یک روش برای تنظیم کردن مقادیر عمومی بتا تا حد امکان برای انواع تجهیزات مختلف در شرایط مختلف.

۴-۸-۱) تنظیم مقادیر عمومی بتا :

مقادیر بتا در بررسی عملیات بین تاسیسات و بین فاکتورها وابستگیها در شرایط طراحی و عملیات متفاوت است. ارتباط نامعلومی بین فاکتور و شرایط است، و از اینگونه رابطه نامعلومی درباره ضریب بتا وجود دارد، کاهش بسیاری در مقادیر بتا در فازهای گذشته و تجربه عملیاتی وجود دارد. نتایج این تلاشها در نمودار (۳-۱) نشان داده شده است. این یک فرضیه از تجربه های عملیاتی است که در ارزشیابی عملیاتی و تحقیقات گذشته و مربوط به سایر کشورها که در جهت کاهش رخ دادهای شکست های عملیاتی درباره CCF ها صورت گرفته است.



نمودار ۴-۱: مقادیر نامعلوم بتا در فاز مختلف سیستم در واحد زمان (۲۱)

در بررسی نمودار فوق متوجه می شویم که، منظور از چک لیست بهره گرفتن از اطلاعات در دسترس در مورد ضرب های مناسب و شرایط است و بموجب آن تلاش در جهت کاهش تخمین بتا نامعلوم است. برنامه های کاربردی که بصورت ویژه در مورد چک لیست خواهیم داشت به شرح ذیل است:

➤ در مدت زمان طراحی اولیه تعیین یک طرح ویژه فاکتور بتا برای محاسبه سطح ایمنی اولیه

➤ در مدت زمان فاز طراحی جزئیات، تجدید نظر در مورد پایه و اساس ضرب بتا علاوه بر آنچه در مورد طرح ویژه و شرایط. این بروزرسانی که نوعا ضرب بتا برای محاسبه SIL و احتمال ورودی ها QRA.

➤ در تمامی فازها، احتمالاتی برای یک طراحی جزئی و یک پیش بینی از رژیم عملیاتی در دسترس باشد. یک چک لیست اگر انجام شود در نظر بگیرد، ممکن است بیشتر آسیب پذیری از لحاظ کیفی با CCF و با امتیاز دادن به تاسیسات بازدارنده است، نتایجی که این روند خواهد داشت، یک کاهش در ضرب بتا است.

در مدت زمان فاز عملیاتی ممکن است اطلاعاتی که در مورد CCF وجود داشته باشد، که برای تخمین ضریب بتا و طبقه بندی آن استفاده شود. هر چند تنها تعداد کمی از شکست ها و رخ داده ها جزو این دسته هستند. این یک مقدار از تجربه های عملیاتی مرتبط به CCF ها خواهد بود و محدود به تحقیق کردن اعداد واقعی از CCF است. که بوسیله تخمین زدن ضریب بتا در محاسبه SIL استفاده می شود. یکی از خاصیت های استفاده از وزن دهی در رویه ضریب بتا از طراحی و تجربه بتا بدست آمده در طول عملیات است. عملاً دلالت بر این دارد که اگر برای مثال ضریب بتا برای شیر خاموش کننده در طراحی ۱۰٪ فرض شود، و CCF حاصل از تجربه در ۱۰ سال اول از عملیات باشد، پس ضریب بتا ممکن است مقدار نامعلومی کاهش یابد، اما سطح آن صفر نمی گردد. بر طبق کاری که امروزه صورت پذیرفته است این سوال ممکن است پرسیده شود که چگونه یک بروز رسانی از طرح ویژه ضریب بتا براساس تعداد مشاهدات CCF ها همیشه مربوط به زمان انجام عملیات است؟، اما نظر به اینکه واقعا نیاز به بازبینی ملزومات SIL در مدت زمان عملیات دارد در نتیجه هر یک از تجربه های کیفی می بایستی بررسی شود.

۴-۹) انواع چک لیست CCF و دسته بندی آنها

این چک لیست ها باید بر اساس فرضیات ذیل باشد.

- علل CCF در تجهیزات خاص و عامل مزدوج کننده میتوانند بر اساس بررسی گزارش های شکست فهرست شوند. دانستن شرایط خاص بر اساس موثر بودن بر رخ دادن CCF (بعنوان مثال ماسه در گردش تولید، حضور برف و یخ، بعضی از اپراتورهای که کالیبراسیون چندین انتقال دهنده را انجام می دهند و...) این علل و عامل مزدوج کننده از عوامل موثر هستند که در تعیین مقادیر ضریب بتا باید فرض شوند.
- بازدارنده ها ممکن است برای کاهش ضربه علل ویژه CCF و عامل مزدوج کننده معرفی شوند، اما سطح آنها صفر نمی شود (بعنوان مثال شناساگر ماسه، ردیاب گرمایی در خطوط ضربه ای، و....)

➤ علل CCF، مزدوج کننده و بازدارنده ممکن است در بین تجهیزات فراوان باشند. یک دسته بندی عمومی در مورد آنها در ذیل آورده شده است (شامل بعضی از مثال های مناسب برای شیر خاموش کننده)

۴-۱۰) دسته بندی CCF

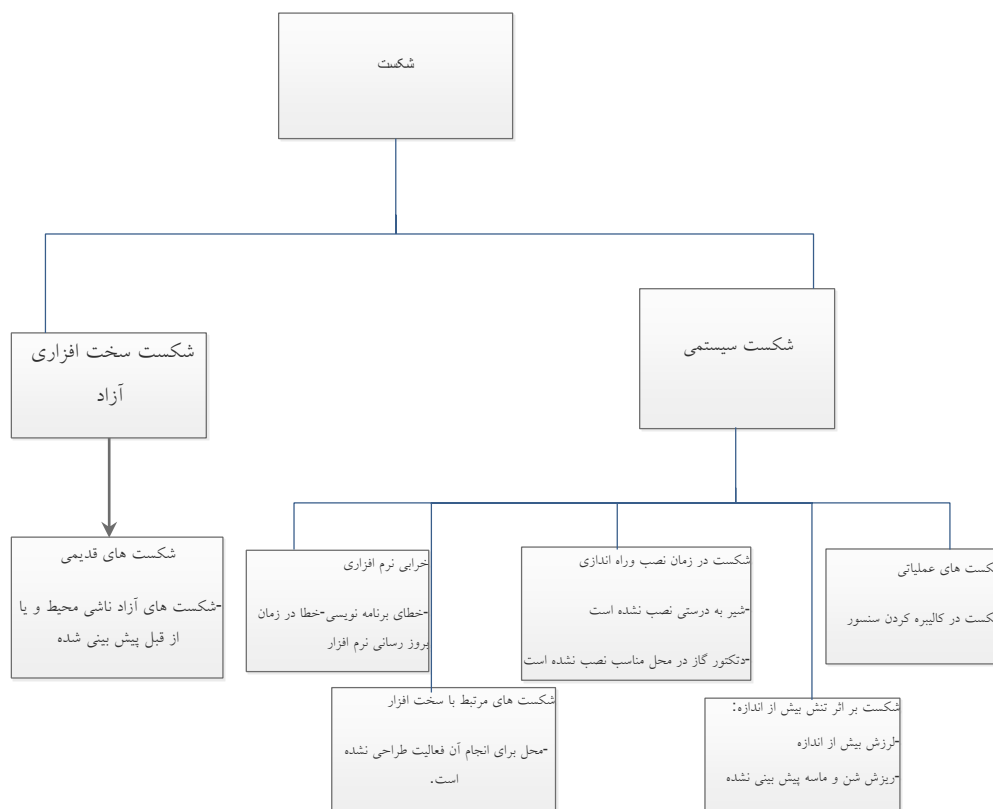
چندین روش برای دسته بندی CCF ها وجود دارد ، مانند از نظر صنعت مورد نظر (بعنوان مثال صنعت نفت ، خودرو و...) در ذیل ما CCF ها را بر اساس شکستهای سیستمی طبقه بندی می کنیم، اما شکست های سیستمی می توانند تحت تاثیر شکستهای یکتا باشند. بنابراین زمانیکه ما CCF ها را دسته بندی می کنیم ، ما آنها را بر اساس روش PDS طبقه بندی می کنیم .الگوی ذیل را مشاهده نمایید.

خرابی سخت افزاری و شکست های نرم افزاری هر دو با خواص طراحی اجزا در ارتباط هستند ، از اینرو با گروه تجهیزات تحت پوشش مرتبط هستند. اما در این گزارش نرم افزار زیر مجموعه حل کننده های منطقی است و خرابی سخت افزاری شامل این مورد نیست.

شکست های عملیاتی و شکست های نصب و راه اندازی شامل خطاهای انسانی در زمان انجام تعمیرات ، نگهداری ، و جایگزینی است . همچنین در مدت زمان ماموریت ، نصب و راه اندازی و اصلاح است. هر شکستی می تواند از نظر مادی در یک مدت زمان بسته فقط یکبار معرفی شود. اما اغلب ممکن است از نظر ذاتی در سیستم برای یک مدت زمان طولانی تر و در مدت زمان واقعی تقاضای مادی باقی بماند.

شکست های ناشی از استرس بیش از اندازه در مدت زمان فشار یا شرایط مرزی طبق آن شرایط خاصی که برای اجزا طراحی شده رخ می دهد. از این رو این شکست به هر دو علت شرایط بیرونی و درونی که یک جز با آن در مواجهه است مرتبط است.

بر پایه مواردی که در بالا گفته شد، مطابق با دسته بندی CCF و دسته بندی در سطوح پایین تر ، دسته بندی این موارد پیشنهاد می گردد.



نمودار ۴-۲ : دسته بندی شکست های PDS با علل شکست (۲۲)

۴-۱۰-۱) دسته بندی CCF از نظر منبع شکست

- خواص طراحی
- اجزا خاص و ساخت
- انتخاب مواد
- سیستم های سودمند وابسته
- موقعیت و جداسازی
- نرم افزار یا رویکرد منطقی
- استفاده از موارد قبلی
- کنترل محیطی (داخلی و بیرونی)
- آب و هوا (یخ، برف، مه، باران و...)

- تغییر پذیری در شرایط آب و هوایی
- شن و ماسه، کثیفی، هیدراته شدن و ته نشینی
- خورندگی و فرسایش
- عملیات، نگهداری و اصلاح
- توده مردمی در زمان نصب (اشخاص، پروسه و روز مرگی)
- شکستهای نهفته معرفی شده در زمان ماموریت، نصب و راه اندازی
- نگهداشت پذیری
- رویه و روز مره گی
- شایستگی فردی و آموزش
- خطای کاربر (غفلت و ماموریت)
- فعالیت نگهداری (افراد، رویه و روزمره گی)
- مدیریت و تغییر

نکته در مورد نصب و راه اندازی یا ماموریت و اصلاح در اینجا شامل آن قسمتی است که در فاز عملیاتی صورت می گیرد. نسبتاً تعداد کمی از رویداد های CCF مرتبط در این فاز شناسایی می شوند و از اینرو آنها شامل دسته بندی جداگانه ای نمی شوند.

همچنین باید آن شکستهای که در مدت زمان عملیات، نگهداری یا اصلاح معرفی شده است، ممکن است بعلت طراحی نامناسب رخ دهد. از اینرو در دسته بندی بالا نباید به تنهایی اعمال شود.

۴-۱۰-۲) دسته بندی بازدارنده ها در مقابل CCF

بازدارنده ها سنجش ها یا استراتژی های هستند که ممکن است از احتمال رخ داد علل وابسته یا فاکتور چندگانه که از نیرو بوجود می آید جلوگیری کنند. مثالهای از این مورد جداسازی در اجزا است، و یا استفاده از فن آوری چگونگی و انجام واکاوی علل ریشه ای برای جلوگیری از رخ داد های آینده.

بازدارنده ها ممکن است در دو گروه اصلی طبقه بندی شوند، ملایم^{۱)} آموزش، مستند سازی، سنجش واکاوی) و سخت (فیزیکی، تکنیکی، سنجش عملیاتی. سنجش ملایم و سخت اغلب با یکدیگر هستند، بعنوان مثال یک واکاوی علل ریشه ای ممکن است با پیروی کردن از همان تکنیک شبیه حذف یخ یا جداسازی بهتر در اجزا استفاده کند. دو دسته بندی اصلی در ذیل آورده شده اند که خود آنها به اجزای کوچکتر تقسیم شده اند.

مثالهای از بازدارنده های آموزش، مستند سازی و واکاوی:

- آموزش، تجربه و شایستگی
- شایستگی سیستم و تجهیزات فنی
- تجهیزات ابزار دقیق و رویه های خاص
- آموزش تشبیه کننده
- بازنگری طراحی مرتبط
- واکاوی طراحی و بازنگری
- واکاوی پروسه (بررسی فشار، جریان)
- واکاوی محیط اطراف و محل قرار گرفتن
- واکاوی و پیگیری کردن عملیات
- واکاوی علل ریشه ای، شناسایی و واکاوی شکستهای مشترک و علل مشترک و سیستمی
- واکاوی طراحی و بازنگری
- واکاوی بهبود آزمون، نگهداری و شناسایی سنجش های برای کاهش شکسته های سیستمی و شکست های علل مشترک
- بررسی کردن تغییر و اصلاح
- ممیزی و بازنگری معتبر کمی در زمان آزمون و نگه داری
- مثالهای از بازدارنده های فیزیکی، فنی و عملیاتی
- عملیات و سنجش نگهداری
- لاروبی

- روغنکاری
- زهکشی فاضلاب
- چک کردن تنظیمات
- از بین برثن یخ ، برف
- مانوترینگ و بازرسی
- بررسی سیستم گرمایشی
- سنجش فعالیت و طراحی
- شایسته سازی مفهوم
- گوناگونی
- تغییرات، بهبود طراحی و فعالیت
- بهبود فن آوری
- بهبود مواد
- افزایش تشخیص
- سنجش فیزیکی و خط تولید
- جداسازی و تفکیک پذیری
- حصار
- جداسازی
- ردیابی گرمایی و گرمکن

۴-۱۱) تشریح ستونهای چک لیست شکست با علل مشترک:

در چک لیست CCF شامل ستونهای مختلفی می شود که هر یک از آنها مربوط به یک موضوع هستند یا نتایج حاصل از بازنگری در عملیات، یا دیگر جنبه ها که توسط کاربر تعیین میشود.

دسته بندی شکست CCF : در قسمتهای قبلی بحث شده است.

وزن در درصد^{۸۲} این بر اساس نتایج حاصل از بازنگری است، در اینجا هر دسته بندی از

CCF و دسته بندی در سطوح پایین تر که بر اساس توزیع آنها آورده شده که بر اساس داده های واقعی یا منابع خاص است. برای هر یک از تجهیزات وزن دهی در سه دسته بندی و بر حسب ۱۰۰ درصد است.

ارتباط^{۸۳} این یک ارزیابی است که مرتبط با ارتباط بین دستور یا سوالات وابسته به CCF است، و یک قضاوت است که توسط کاربر صورت می گیرد. در زیر مجموعه ارتباط سه جواب متفاوت موجود است که به شرح ذیل است:

بله: این سوال یا پرسش ارتباط را بررسی می کند و می تواند بنابر امتیازات معین در زمان پر کردن چک لیست به آن پاسخ داد.

نابهنگام^{۸۴}: این سوال یا دستور ارتباط را بررسی می کند اما نمی تواند بنابر امتیازات در زمان پر کردن چک لیست آن پاسخ داد. (بعنوان مثال: سوالاتی که به پیگیری عملیات هستند که به آنها در مرحله طراحی نمی توان پاسخ داد). عموماً وزن دهی آن از پیش توسط تخمین بتا تعیین شده است.

نه (NA): این دستور یا سوال ارتباط را برای مرحله طراحی یا نصب و راه اندازی را بررسی نمی کند. از اینرو وزن دهی عمومی آن از دسته بندی CCF است که از تخمین فاکتور بتا کاسته شده است.

بازدارنده: بازدارنده ها با زیر دسته بندی CCF ویژه در زیر بررسی شده اند مرتبط است، بعنوان مثال سنجش یا استراتژی برای جلوگیری یا کاهش احتمال رخ داد CCf. این از قبل نشان داده شده و پایه ای برای بررسی عمومی و رده بندی بازدارنده و در صنایع نفت و گاز بکار بسته می شود.

بازده^{۸۵}: این یک مقیاس گذاری (پیمایش) قابل مقایسه برای مقیاس گذاری CCF های بالقوه است که با اضافه کردن یک سطح استفاده می شود. فاکتور پیمایش به اینصورت پیشنهاد می گردد.

۳,۰: سنجش انجام نشده است نتایج آن از این فاکتور ۳ است.

۱,۰: سنجش انجام شده است اما داوری در مورد آن کم یا متوسط بوده، بازده آن به سمت مرز میانگین یا دقیق در مورد محافظت از CCF ها طبق استاندارد آن صنعت نرفته است.

۰,۵: سنجش مرزی متوسطی صورت گرفته است، اما نتایج سنجش بعنوان متوسط یا محدود بوده و یا نتایج پیش بینی انجام شده مستند سازی نشده است.

۰,۱: سنجش صورت گرفته و مستند سازی شده، آن سنجش خوب و مثبت بوده است، نتایج آن از داخل سوالات حاصل شده است.

*این مقادیر توسط کاربر استفاده می شود اما مقدار پیش فرض آن ۱ است.

فاکتور اصلاح^{۸۱}: این فاکتور محصول فاکتور بازدهی که در هر بازدارنده تعیین شده است و وزن دهی مرتبط با سوالات یا دستورات در مورد CCF های ویژه است. با خلاصه سازی کردن فاکتور اصلاح برای هر سوال یا دستور CCF، یک مجموع از فاکتور اصلاح بدست می آید. این موارد در مثال ها بعد توضیح داده خواهد شد.

سه دسته بندی CCF برای هر نوع از تجهیزات بر پایه تعیین کردن وزن در آزمون و دسته بندی ها و همچنین عوامل بالقوه ای که در بازنگری از علل رخ داد CCF ها بوده است خواهیم داشت. برای هر طبقه بندی از CCF ها یک عدد از تجهیزات خاص موجود در چک لیست سوالات یا دستور طبق پیشنهادات خواهیم داشت. وزن دهی برای هر سوال برای پایه یافته های حاصل از بررسی عملیاتی و داوری کارشناسان و همچنین قسمت های مرتبط با شکست های برای هر یک از تجهیزات که بررسی شده است تعیین می شود. بعنوان مثال برای شیر خاموش کننده اغلب دیده می شود که در زمان مورد نیاز بسته نشده است که بعنوان یک مسئله تلقی میشود. از اینرو نسبتاً وزن دهی زیاد در چک لیست برای شیرهای خاموش کننده وابسته به سوالات CCF است.

ارتباط و وزن از هریک از دسته بندی CCF ها و زیر دسته بندی ها در بین گروه های

^{۸۱} Modification Factor (Mod Factor)

تجهیزات زیاد است. همچنین همین سوالات ممکن است برای چندین گروه از تجهیزات بکار برده شود. برای مثال سنجش مربوط به بهبود واکاوی علل ریشه و آموزش، کارمندان و زمانبندی بطور نمونه برای چندین گروه از تجهیزات مناسب است. هرچند، اگر سوالات همان باشد، پاسخ ها ممکن است متفاوت باشد و یا سوالات CCF های ویژه یا بازدارنده وابسته ممکن است برای هر گروه از تجهیزات بالا که بررسی شده اند نامربوط باشد. بعنوان مثال گوناگونی برای قسمتهای از انتقال دهنده ها بعنوان نمونه انتقال دهنده سطح کاربردی است اما برای انتقال دهنده فشار اینگونه نیست. با این وجود، کاربر چک لیست ارتباط سوالات چک لیست با مطابق با شرح فوق تشخیص خواهد داد. نمونه از چک لیست CCF مربوط به شیر خاموش کننده در جدول ۴-۴ آورده شده است. (۲۳)

جدول ۴-۴ : نمونه ای از چک لیست برای شیر خاموش کننده

فاکتور اصلاح	بازدارنده		ارتباط	وزن	دسته بندی CCF
	بازده ی	شرحی از بازدارنده	بله/نه/	۴۵٪	خاصیت طراحی
۱،۰	۱،۰ کم	در مورد این طراحی یک بررسی با هدف آشکار سازی آسیب پذیری های مشترک انجام شده است، که آن وابسته است با اندازه مواد انتخاب شده، محل قرار گرفتن و بازدارنده های که آسیب پذیری های مشترک را کاهش دهد (مانند گوناگونی و جداسازی)	بله	۱۰٪	شیرها در همان گروه از تجهیزات هستند با همان نوع (ساخت، کارخانه تولید کننده، مواد مصرفی)
۰،۱۵	۱،۰ کم	آیا در مورد طراحی یک بازنگری با هدف شناختن محدودیت های که امکان دیدن الزامات زمان پاسخگویی انجام گرفته باشد وجود دارد؟	بله	۱۰٪	زمان پاسخگویی (حداقل یا حداکثر) بحرانی برای موفقیت اجرا شدن شیرها
۰،۰۰۵	۰،۱ زیاد	آن یک بازیابی بوسیله واکاوی و شاید آزمون کافی بودن توانایی کل نیروی که از قبل پیش آیا پیش بینی برای بستن شیر در شرایط پروسه و یا بزرگ شدن اندازه و یا ابعاد راه انداز را اندازه را بررسی شده است؟ آیا انجام دادن فعالیت شیر با تمام نیرو شرایط رویه متقاعد کننده است؟	بله	۵٪	نیروی ناکافی راه انداز می تواند باعث شود شیر که قسمتهای از شیر در این شرایط بسته نشود مانند ضعیف بودن فشار.
۰	۱،۰ کم	آیا گنجایش سیستم های هوشمند تأیید شده کافی است؟ و نیز آیا رویه در محل قرار گرفتن راه اندازه شخصی متقاعد کننده است ؟	نه	۰،۵	شکست مشترک سیستم های سود مند، از قبیل انبارها، هیدرولیک

					، یاسیستم های پنوماتیک می تواند منجر به خرابی بسته شدن شیر شود.
۰,۰۵	۱,۰ کم	آیا شرایط پایش یا دیگر عملیتهای سنجش برای جلوگیری از همان مقدار زیاد نشتی در محل بسته شدن صورت گرفته است؟	بله	۵٪	شیرها نیازمند جلوگیری از نشتی در محلی که محکم بسته می شود است.
۰,۰۲۵	۰,۵ مت وسط	آیا هرگونه تجربه عملی مربوط به شیرهای ویژه در دسترس است؟ یا آیا تجربه قبلی در دسترس برای شیرها و مناسب برای برنامه فعلی موجود است؟	بله	۵٪	این که آیا طراحی را می توان برای هدف مناسب دانست، و یا یک مسئله برای برنامه خاص در نظر گرفته شده است.
کل فاکتور اصلاح برای خواص طراحی					
۰,۳۳	۰,۳۳٪ و				
	بازده ی	شرحی از بازدارنده	بله/نه/	۲۰٪	کنترل محیطی (داخلی یا خارجی)
۰,۳	۱,۰ کم	آیا یک رویه ویژه برای کنترل ماسه، کثیفی، هیدراته شدن دارد. رویه پیاده سازی شده برای تمیز کردن و روغن کاری را شامل می شود؟	بله	۳٪	شیرها با یک عامل بیرونی محیطی از قبیل کثیفی، ماسه، مواجهه می شود. با یک عامل بالقوه ای که بر عملکرد شیر تاثیر دارد.
۰,۰۲	۰,۵ مت وسط	آیا سنجش فیزیکی پیاده سازی شده برای کنترل موارد تاثیر گذار داخلی نظیر تله شن و ماسه، جلوگیری کننده ها دارد؟	بله	۴٪	مطابق بالا
۰,۰۱۵	۰,۵ مت وسط	آیا رویه ای برای حذف یخ، جمع شدن برف، کنترل چگالی روغن هیدرولیک، است؟ در دوره های زمانی با درجه حرارت سرد در محل و زمان پیاده سازی (شامل رویه های که آنها را چک می کند، بعنوان مثال آیا ردیاب گرمایی روشن است)	بله	۳٪	شیرها در مواجهه با برف، تغییرات دمایی، یخ زدگی، پاشش آب دریاو... هستند، و آیا احتمالاً بر عملکرد شیر تاثیر می گذارند؟
۰,۰۲	۰,۵ مت وسط	آیا شیرهای با برف، یخ، پاشش آب دریا، درجه حرارت سرد مجهز به حفاظت از هوا / جداسازی / ردیابی گرما در تماس هستند؟	بله	۴٪	مطابق بالا
۰,۰۱۵	۰,۵ مت وسط	آیا رویه بازرسی و معیارهای پذیرش در محل برای کنترل و جلوگیری از خوردگی است؟	بله	۳٪	شیرها در محیط خورنده هستند (داخلی/یا خارجی) آن می تواند عملکرد شیرها را تحت تاثیر قرار دهند
۰,۰۳	۱,۰ مت وسط	آیا سنجش فیزیکی برای کنترل از خوردنگش محیطی از قبیل انتخاب مواد؛ مهار کننده خوردنگی پیاده سازی شده بود؟	بله	۳٪	مانند بالا

کل فاکتور اصلاح برای کنترل محیطی					(۱۳٪) ۰,۱۳
عملیات، نگهداری، اصلاح	۳۵٪	بله/نه/	شرحی از بازدارنده	بازده ی	
شیر ها بنا بر یک برنامه نگهداری از پیش تعریف شده آزمایش می شوند	۳٪	بله	آیا آزمایش و رویه نگهداری واقعی در دسترس است؟ پرسنل تعمیر و نگهداری آگاه هستند؟ و آن بصورت ادامه دار در تمام فاز طراحی بروز رسانی می شود؟	۰,۵ کم	۰,۱۵
مانند بالا	۳٪	بله	آیا یک رویه یا کار روز مره بصورت دوره ای و در صورت لزوم تست فرکانس عملکردی برای شیرهای که در تاریخچه آنها شکست ثبت شده و علل شکست آزمایش ثبت شده است وجود دارد؟	۳,۰ نرمال	۰,۹
مانند بالا	۴٪	بله	ایا پرسنل نگهداری همیشه برای شکستهای مشابه در دیگر شیرها، اگر یک شکست در مدت زمان آزمون یا عملیات آشکار باشد آنرا چک کرده اند؟	۰,۵ کم	۰,۰۲
نتایج آزمون دوره ای و نگهداری درون همان نوع از دستگاههای الکترونیک سیستم نگهداری و تعمیر وارد می شوند.	۵٪	بله	آیا اپراتورها تعمیر و نگهداری آموزش لازم در رابطه با عملکرد شیرها، شکست های بحرانی و ثبت اطلاعاتیه ها تعمیر و نگهداری به منظوریک تشریح خوب آموزش دیده اند؟ از قبیل علت شکست، روش شکست و حالت های شکست	۱,۰ کم	۰,۰۵
مانند بالا	۵٪	نابهنگام	آیا اطلاعاتیه های تعمیر و نگهداری مرتباً به منظور نشان دادن شکست های تکراری شیرها، برای مقایسه کردن نتایج برای تمام شیر در سراسر تاسیسات وانجام تجزیه تحلیل علل ریشه به منظور شناسایی سنجش های برای حذف علل ریشه ای بکار رفته است؟	۱,۰ کم	۰,۰۵
در مورد شکست یک شیر در مدت زمان عملیات یا آزمون ممکن است یک سنجش از دوباره برای فعالیت در حال اجرا آشکار شود.	۵٪	نابهنگام	آیا اگر یک شیر چندین مرتبه برای فعالیت رضایت بخش اجرا شود (بعنوان مثال بسته شدن سریع)، پس سنجش اضافی (روغنکاری، پاکسازی، یافتن علل ریشه ای) همیشه برای جلوگیری از این اتفاق می افتد؟	۱,۰ کم	۰,۰۵
اشتباه در تنظیم بعلت کاهش فشار در شیر و یا ضعیف شدن فشار در جعبه کنترل ممکن است نتیجه آن خرابی در	۵٪	نابهنگام	آیا عملیات سنجش پیاده سازی شده ترکیب و آرایش در مورد کاهش فشار بصورت دقیق تنظیم شده است و (اگر مناسب باشد) کالیبراسیون دوره ای بسته به زمان بسته شدن صورت گرفته است؟	۱,۰ کم	۰,۰۵

				شیر در زمان بسته شدن یا همچنین کند بسته شدن باشد.
۰,۰۰۵	۰,۱ زیاد	آیا روش هایی برای بررسی های مستقل بعد از اصلاح شیر، تنظیم شیر و تنظیم زمان بستن / باز شدن وجود دارد؟	بله	۵٪ اضافه شدن شیر های جدید یا شیر اصلاح شده، شامل تغییر برای شیر های انجام دهنده الزامات ممکن است در مدت زمان مرحله عملیاتی آشکار شوند.
۰,۳۳ (۳۳٪)			کل فاکتور اصلاح برای عملیات تعمیر و نگهداری و اصلاح	
۰,۷۹ (۷۹٪)			مجموع فاکتور اصلاح	

برای چک لیست که در بالا دیده شد تخمین فاکتور ۰,۷۹ پس اگر فاکتور بتا برای این شیر ۱۲٪ باشد، با بروز رسانی فاکتور، این فاکتور اینگونه تغییر می کند (۰,۷۹=۹,۵*۱۲٪).

۴-۱۲) فرمول های PDS

در این بخش رابطه ها و پارامترهای که برای تعیین کردن PDS استفاده می شود آورده شده است.

۴-۱۲-۱) روابط احتمال شکست در تقاضا

خلاصه ای از فرمول های PFD با همان تکرار پذیری با توجه به نوع پیکر بندی سیستم در جدول (۳-۵) آورده شده است.

برای PFD در ضابطه های بالا، نرخ شکست فعالیتها برای آن نوع از پیکر بندیهای که بعد از تمامی آزمون داخلی نتایج منتج شده است را داریم. خواننده می بایستی اول محاسبه کردن سطح اجزا سخت افزار اطلاع پیدا کند و سپس PFD برای نوع پیکر بندی محاسبه می شود. اسچوارتز یک نامساوی که مطابق بار روش های قبلی نیست را ارائه داده است. بررسی کردن یک پیکر بندی ۱۰۰۲ در ابتدا رابطه ذیل را خواهیم داشت :

$$[\lambda_{DU} \cdot \tau]^{2/3}$$

با در نظر گرفتن دومی خواهیم داشت :

$$[\lambda_{DU} * \tau] / 2 * [\lambda_{DU} * \tau] / 2 = [\lambda_{DU} * \tau]^{2/4}$$

و به همین ترتیب فاکتور اصلاح برای یک سیستم $100N$ برابر با $\frac{2^N}{N+1}$ است. و فاکتور اصلاح $4/3$ است.

این روش می تواند برای تعیین کردن فعالیت شکست برای سیستم ها با پیکر بندی پیچیده تر از 1002 ملالت آور باشد. همچنین برای پیکر بندی افزونگی شامل انواع اجزاء مختلف. برای ساده سازی، با خط مشی ها گذشته است، ابتدا PFD را به وسیله تقسیم کردن واقعی هر یک از PFD ها محاسبه کرده، به یک پیکر بندی $100N$ منشعب می کنیم. در مرحله دوم، بوسیله استفاده کردن از بعضی از فاکتورهای اصلاح کننده که در بالا ذکر شده است، خلاصه روابط به صورت جدول (۴-۵) در می آید. این خط مشی دلالت به پیکر بندی 1002 با دو جزء اجزاء غیر همسان در زیر است: (۲۴)

جدول ۴-۵: خلاصه ای از رابطه های ساده شده برای PFD

نوع سیستم	فرمول های محاسبه برای توزیع علل مشترک	توزیع شکست های مستقل
۱۰۰۱	-	$\lambda_{DU} \cdot \tau / 2$
۱۰۰۲	$\beta \cdot \lambda_{DU} \cdot \tau / 2$	$+$ $[\lambda_{DU} \cdot \tau]^{2/3}$
۱۰۰۲	-	$2 \cdot \lambda_{DU} \cdot \tau / 2$
۱۰۰۳	$C_{1003} \cdot \beta \cdot \lambda_{DU} \cdot \tau / 2$	$+$ $[\lambda_{DU} \cdot \tau]^{3/4}$
۲۰۰۳	$C_{2003} \cdot \beta \cdot \lambda_{DU} \cdot \tau / 2$	$+$ $[\lambda_{DU} \cdot \tau]^2$
۳۰۰۳	-	$3 \cdot \lambda_{DU} \cdot \tau / 2$
$100N; N = 2, 3, \dots$	$C_{100N} \cdot \beta \cdot \lambda_{DU} \cdot \tau / 2$	$+$ $\frac{1}{N+1} \cdot (\lambda_{DU} \cdot \tau)^N$
$M00N, M < N; N = 1, 2, \dots$	$C_{M00N} \cdot \beta \cdot \lambda_{DU} \cdot \tau / 2$	$+$ $\left(\frac{N!}{(N-M+2)! \cdot (M-1)!} \right) \cdot (\lambda_{DU} \cdot \tau)^{N-M+1}$
$N00N; N = 1, 2, 3, \dots$	-	$N \cdot \lambda_{DU} \cdot \tau / 2$

۴-۱۲-۲) روابط احتمال شکست در زمان

جدول ۴-۶ خلاصه ای از رابطه PFH برای رخ داد تکرار ی همان پیکر بندی در ذیل آورده شده است. و همچنین برای بدست آوردن فاکتور اصلاح می توانید از جدول ۴-۷ استفاده کنید.

جدول ۴-۶: خلاصه ای از رابطه ساده شده برای PFH (۲۵)

نوع سیستم	فرمول های محاسبه توزیع علل مشترک	توزیع برای شکست های مستقل
۱۰۰۱	-	λ_{DU}
۱۰۰۲	$\beta \cdot \lambda_{DU}$	$+ [\lambda_{DU} \cdot \tau]^2 / \tau$
۱۰۰۲	-	$2 \cdot \lambda_{DU}$
۱۰۰۳	$C_{1003} \cdot \beta \cdot \lambda_{DU}$	$+ [\lambda_{DU} \cdot \tau]^3 / \tau$
۲۰۰۳	$C_{2003} \cdot \beta \cdot \lambda_{DU}$	$+ 3 \cdot [\lambda_{DU} \cdot \tau]^2 / \tau$
۳۰۰۳	-	$3 \cdot \lambda_{DU}$
$100N; N = 2, 3, \dots$	$C_{M00N} \cdot \beta \cdot \lambda_{DU}$	$+ \left(\frac{N!}{(N-M+2)! \cdot (M-1)!} \right) \cdot (\lambda_{DU} \cdot \tau)^{N-M+1} / \tau$
$M00N, M < N; N = 1, 3, \dots$		$N \cdot \lambda_{DU}$

جدول ۴-۷: فاکتور C_{M00N} برای مدل های منطقی (۲۶)

$M \setminus N$	$N=۲$	$N=۳$	$N=۴$	$N=۵$	$N=۶$	$N=۷$	$N=۸$
$M=۱$	$C_{۱00۲}=۱,۰$	$C_{۱00۳}=۰,۵$	$C_{۱00۴}=۰,۳$	$C_{۱00۵}=۰,۲۱$	$C_{۱00۶}=۰,۱۷$	$C_{۱00۷}=۰,۱۵$	$C_{۱00۸}=۰,۱۵$
$M=2$	-	$C_{۲00۳}=۲,۰$	$C_{۲00۴}=۱,۱$	$C_{۲00۵}=۰,۷$	$C_{۲00۶}=۰,۴$	$C_{۲00۷}=۰,۲۷$	$C_{۲00۸}=۰,۱۵$
$M=۳$	-	-	$C_{۳00۴}=۲,۹$	$C_{۳00۵}=۱,۸$	$C_{۳00۶}=۱,۱$	$C_{۳00۷}=۰,۸$	$C_{۳00۸}=۰,۶$
$M=۴$	-	-	-	$C_{۴00۵}=۳,۷$	$C_{۴00۶}=۲,۴$	$C_{۴00۷}=۱,۶$	$C_{۴00۸}=۱,۱$
$M=۵$	-	-	-	-	$C_{۵00۶}=۴,۳$	$C_{۵00۷}=۳,۰$	$C_{۵00۸}=۲,۱$
$M=۶$	-	-	-	-	-	$C_{۶00۷}=۴,۸$	$C_{۶00۸}=۳,۵$
$M=۷$	-	-	-	-	-	-	$C_{۷00۸}=۵,۳$

فصل ۵ :

بررسی احتمال شکست در سیستم مشابه پمپاژ آب در فرایند شیرین سازی گاز ترش بدلیل خطاهای مشترک عملیاتی

۵-۱) مقدمه :

در فصول گذشته با مفاهیم مربوط به حوادث علل مشترک و نحوه استخراج نرخ شکست سیستم و همچنین ضریب بتا که نقش عمده ای در این زمینه دارد آشنا شدیم. در این فصل با آوردن برای یک سیستم پمپ به همراه ژنراتور و شیرهای عملگر که ممکن است سیستم های شبیه آن بصورت گسترده در صنایع گاز استفاده شود و رسم درخت خطا آن و تجزیه تحلیل این درخت به اهمیت حوادث علل مشترک و تجزیه تحلیل آن می پردازیم.

۵-۲) معرفی نرم افزار:

نرم افزار مورد استفاده تجزیه تحلیل رویداد نهایی درخت خطا^۷ ۲۰۱۷ نسخه ۱,۲,۲ می باشد این نرم افزار توسط کمپانی رلیوتیچ^۸ در سال ۲۰۱۷ انتشار یافته و دارای امکاناتی نظیر محاسبه

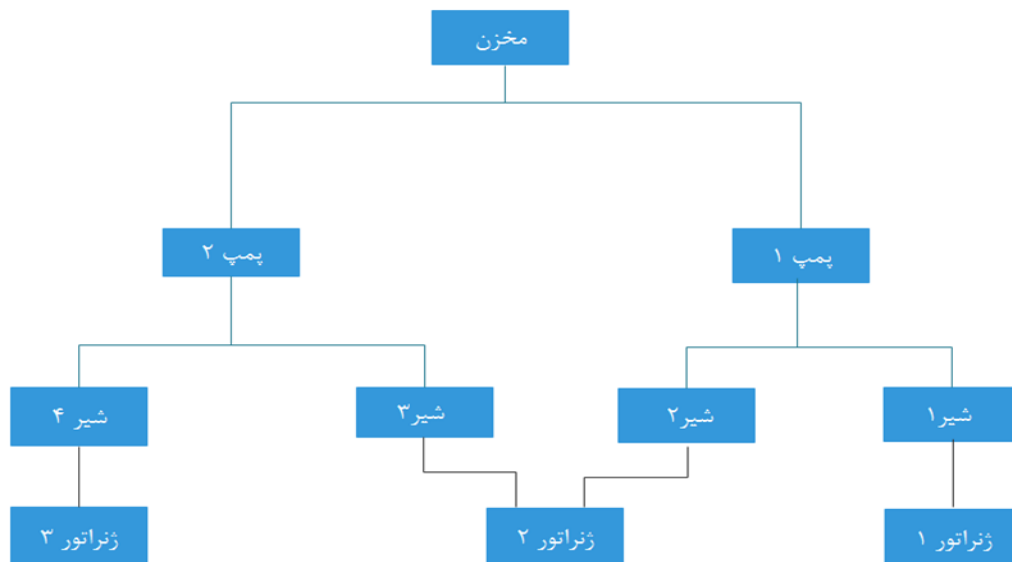
TopEvent FTA 2017 ^۷

Reliotech ^۸

کمی و کیفی رخ داد، امکان رسم درخت خروجی داده بها بصورت اکسل و همچنین عکس و تعیین نرخ توزیع رخ داد می باشد. این نکته قابل ذکر است که بدلیل عدم دسترسی به نسخه اصلی از نسخه آزمایشی در این تحقیق استفاده شده است. که استفاده از آن محدود تر شده است. جهت اطلاعات بیشتر در این رابطه می توانید به قسمت منابع مراجعه کنید. (۲۷)

۳-۵) نمونه مشابه سیستم پمپاژ آب در فرایند شیرین سازی گاز ترش

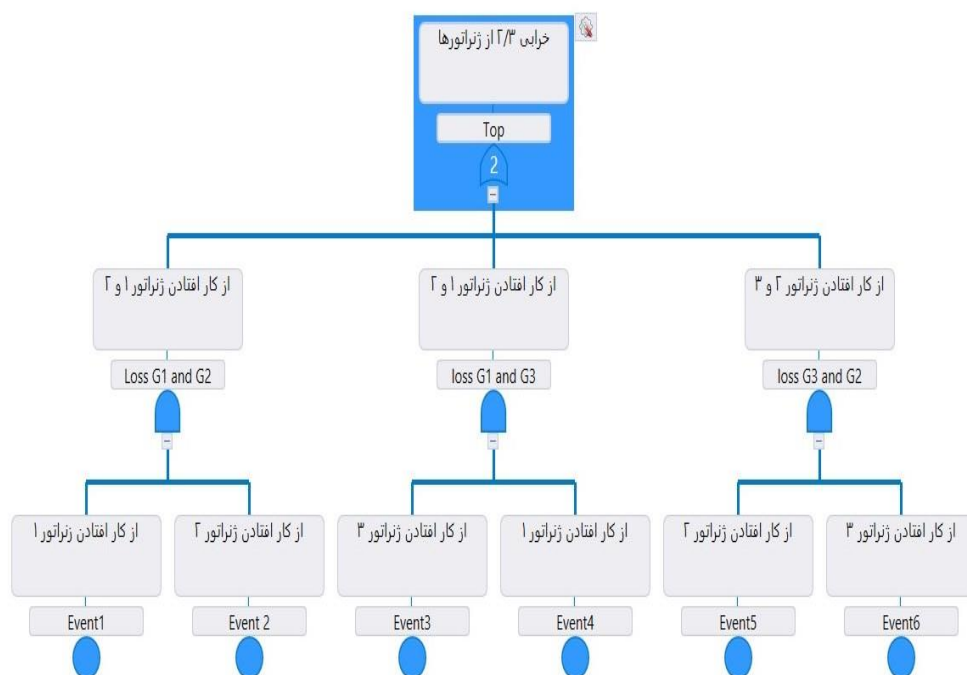
شکل ذیل یک نمونه پمپاژ آبی را نشان می دهد. در این سیستم به ژنراتور یک منبع آبی مشترک دارند. برای موفقیت عملیات سیستم ۲ ژنراتور از ۳ ژنراتور لازم است که کار کنند. به منظور دست یابی به عملیات مورد نظر، تعدادی افزونگی در سیستم طراحی شده است. پمپ ها از نوع الکتریکی هستند که آب را از مخزن با عملگر موتوری پمپ می کنند. شیرها ها به وسیله جریان برق باز و بسته می شوند. پمپ های، شیرها و ژنراتور همگی به وسیله یک رایانه مشترک پایش و کنترل می شوند. و همه این ها از یک منبع الکتریسته مشترک تغذیه می شوند.



نمودار (۵-۱): بلوک دیاگرام برای سیستم پمپاژ آبی

جدول (۱-۵) در بردارنده داده های نرخ شکست پایه برای وقایع خطا در سه شاخه FTA اولیه نشان داده در شکل (۲-۵) است. نرخ شکست پایه اجزاء و طول زمان عملیات یک ساعته محاسبات را ساده تر است.

جدول (۲-۵) در برگیرنده نتایج کیفی و کمی نگارش اولیه FT است این FT دارای ۲۲ برش است. جدول (۲-۵) در بردارنده داده های مربوط به نرخ شکست پایه برای وقایع خطای پایه در شاخه های FT اولیه به همراه ریز محاسبات در نمودار (۳-۵)، (۴-۵)، (۶-۵) و (۷-۵) است. در جدول (۳-۵) علاوه بر نرخ شکست هر جز وقایع و نرخ اضافی که باید به CCF اضافه شود. در بقیه موارد یکسان هستند.

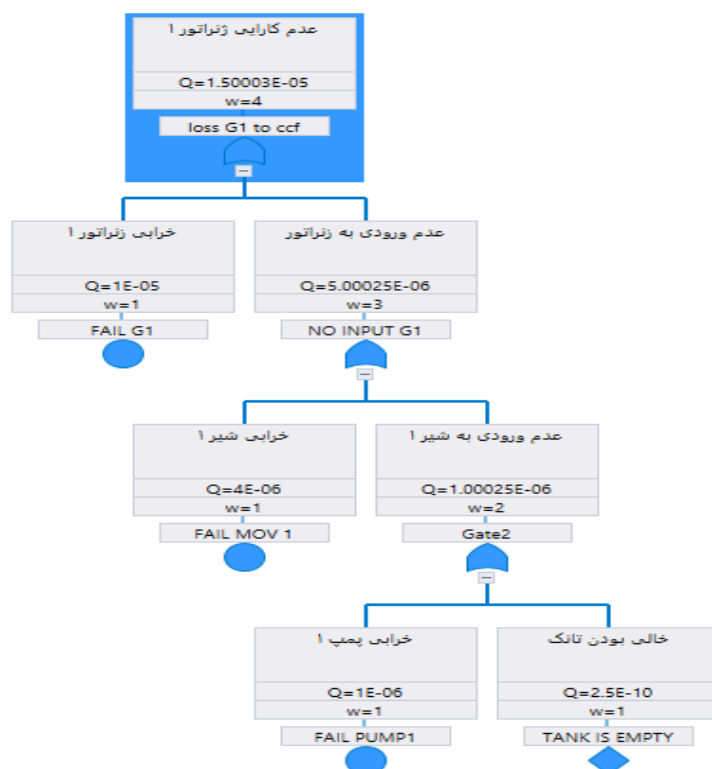


نمودار ۲-۵: نمودار درخت با رویداد اصلی مربوط به سیستم پمپاژ آبی

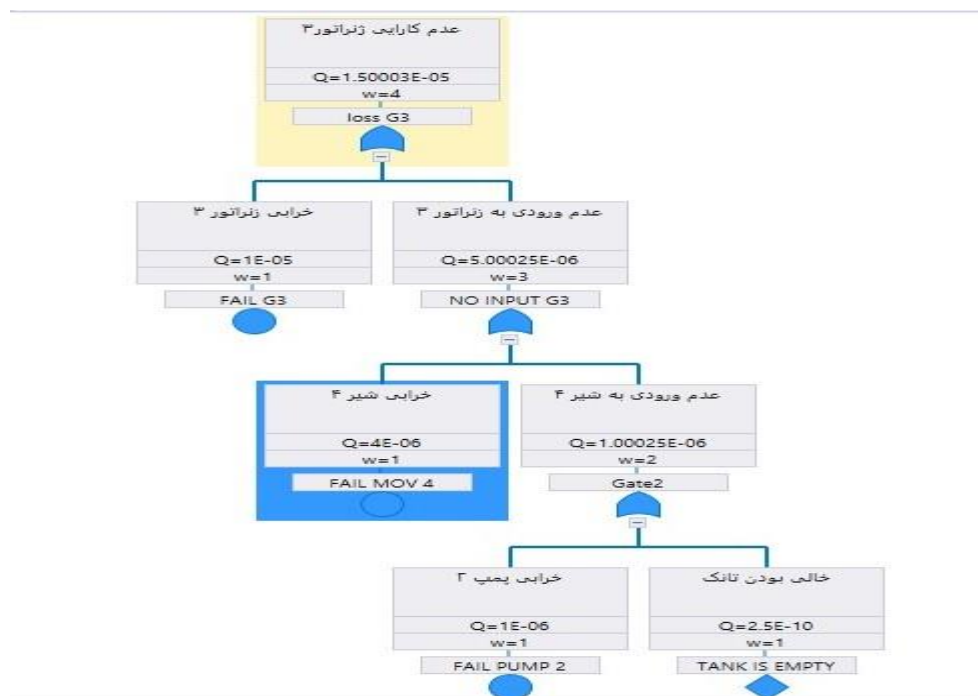
جدول ۱-۵ : اطلاعات رویداد اصلی برای درخت خطا بدون در نظر گرفتن CCF^{۹۰}

واقعہ	نرخ شکست	زمان مواجهہ (ساعت)	احتمال
P۱	1×10^{-6}	۱	1×10^{-6}
P۲	1×10^{-6}	۱	1×10^{-6}
M۱	4×10^{-6}	۱	4×10^{-6}
M۲	4×10^{-6}	۱	4×10^{-6}
M۳	4×10^{-6}	۱	4×10^{-6}
M۴	4×10^{-6}	۱	4×10^{-6}
G۱	1×10^{-5}	۱	1×10^{-5}
G۲	1×10^{-5}	۱	1×10^{-5}
G۳	1×10^{-5}	۱	1×10^{-5}
Z۱	$2,5 \times 10^{-10}$	۱	$2,5 \times 10^{-10}$

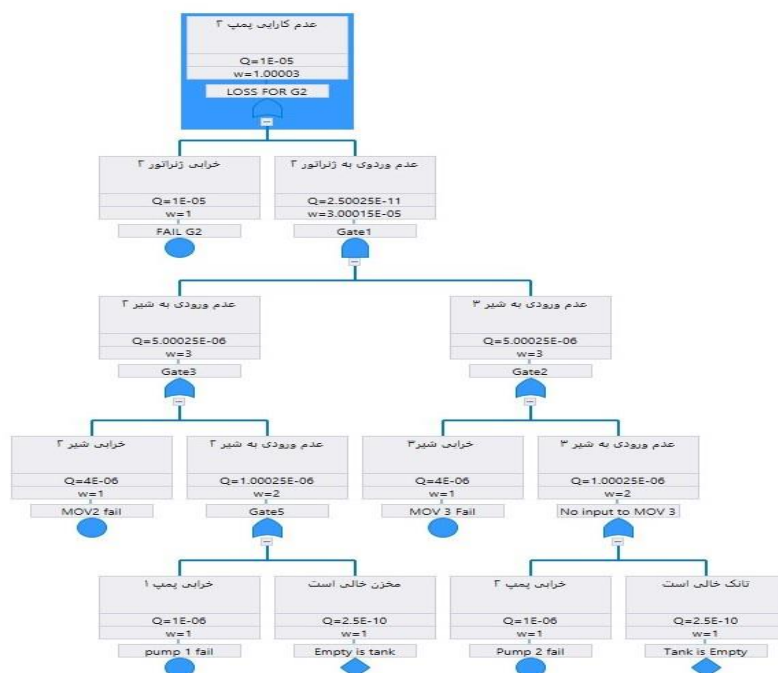
^{۹۰} لازم به ذکر است که اعداد مربوط به نرخ شکست تاسیسات در این فصل طبق نظر بنده می باشد و از هیچ منبعی اقتباس نشده است.



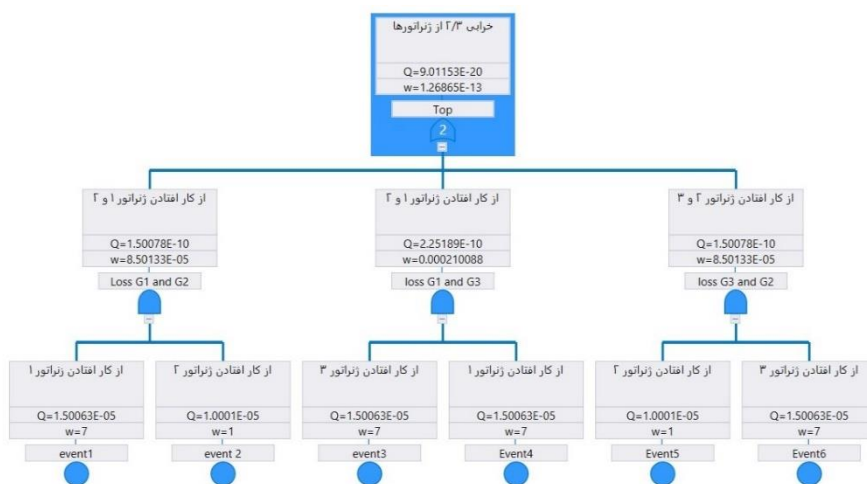
نمودار ۳-۵: درخت خطا برای عدم کارایی ژنراتور ۱ بدون رویداد CCF



نمودار ۴-۵: درخت خطا برای عدم کارایی ژنراتور ۳ بدون رویدادهای



نمودار ۵-۵: درخت خطا برای عدم کارایی ژنراتور ۲ بدون رویدادهای CCF



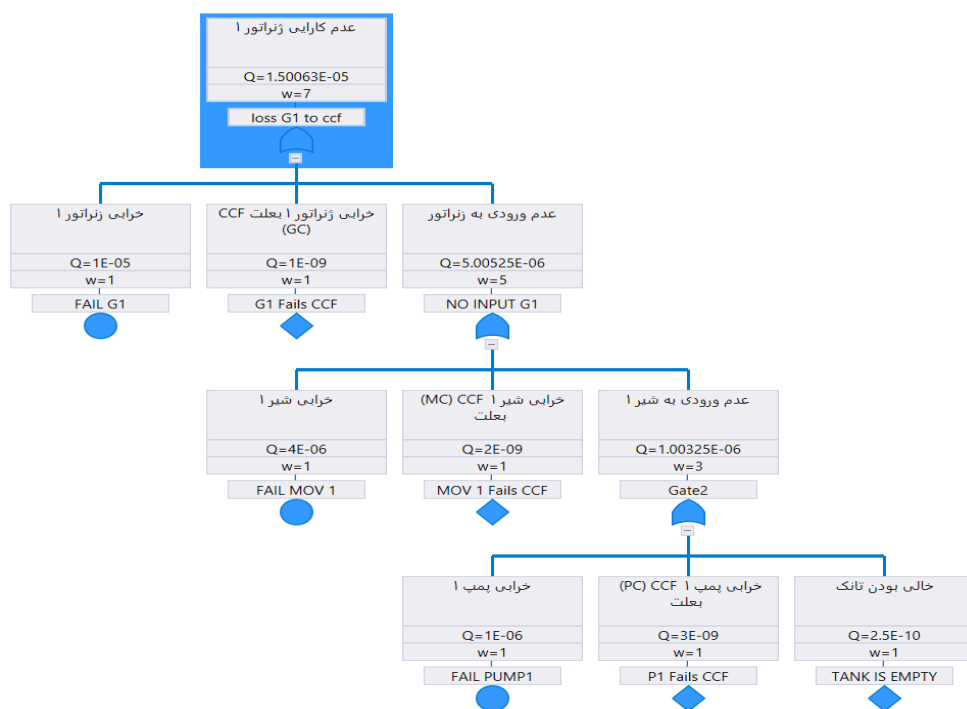
نمودار ۵-۶: میزان احتمال رویداد شکست سیستم بدون در نظر گرفتن رویداد CCF

جدول ۵-۲: نتایج حاصل از درخت خطا بدون در نظر گرفتن CCF

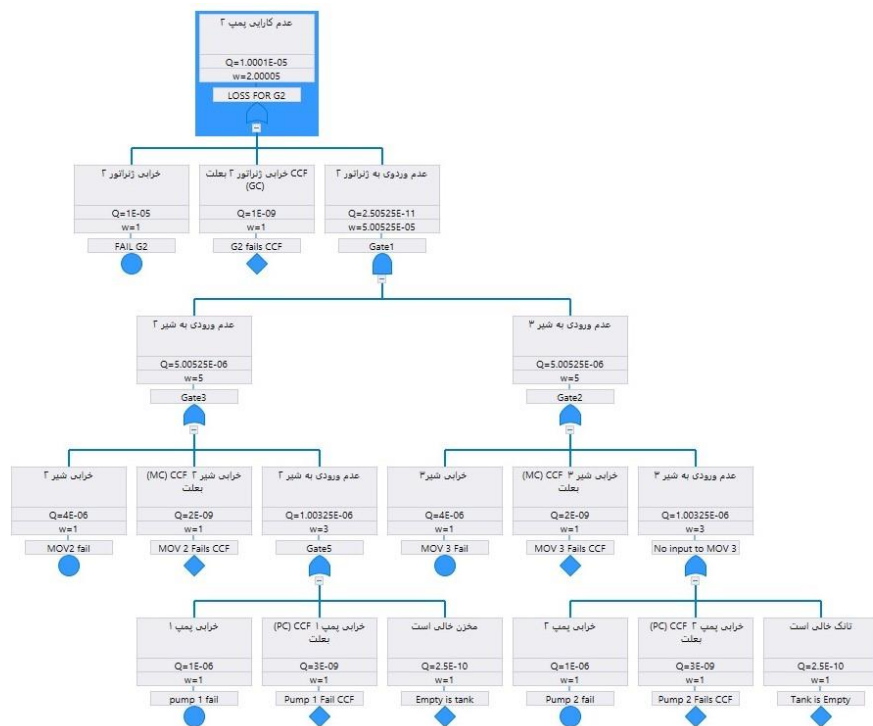
شماره برش	برش	احتمال
۱	G۱	G۲ ۱×۱۰ ^{-۱۰}
۲	G۱	G۳ ۱×۱۰ ^{-۱۰}
۳	G۲	G۳ ۱×۱۰ ^{-۱۰}
۴	Z۱	۲,۵×۱۰ ^{-۱۰}
۵	G۱	P۲ ۱×۱۰ ^{-۱۱}
۶	G۲	P۱ ۱×۱۰ ^{-۱۱}
۷	G۲	P۲ ۱×۱۰ ^{-۱۱}
۸	G۳	P۱ ۱×۱۰ ^{-۱۱}
۹	M۱	M۴ ۱,۶×۱۰ ^{-۱۱}
۱۰	G۱	M۴ ۴×۱۰ ^{-۱۱}
۱۱	G۲	M۱ ۴×۱۰ ^{-۱۱}
۱۲	G۲	M۴ ۴×۱۰ ^{-۱۱}
۱۳	G۳	M۱ ۴×۱۰ ^{-۱۱}
۱۴	P۱	P۲ ۱×۱۰ ^{-۱۲}
۱۵	M۱	P۲ ۴×۱۰ ^{-۱۲}
۱۶	M۲	P۲ ۴×۱۰ ^{-۱۲}
۱۷	M۳	P۱ ۴×۱۰ ^{-۱۲}
۱۸	M۴	P۱ ۴×۱۰ ^{-۱۲}
۱۹	G1	M۲ M۳ ۱,۶×۱۰ ^{-۱۶}
۲۰	G3	M۲ M۳ ۱,۶×۱۰ ^{-۱۶}
۲۱	M۱	M۲ M۳ ۶,۴×۱۰ ^{-۱۷}
۲۲	M۲	M۳ M۴ ۴×۱۰ ^{-۱۲}

جدول ۳-۵ : اطلاعات رویداد اصلی برای درخت خطا بدون در نظر گرفتن CCF

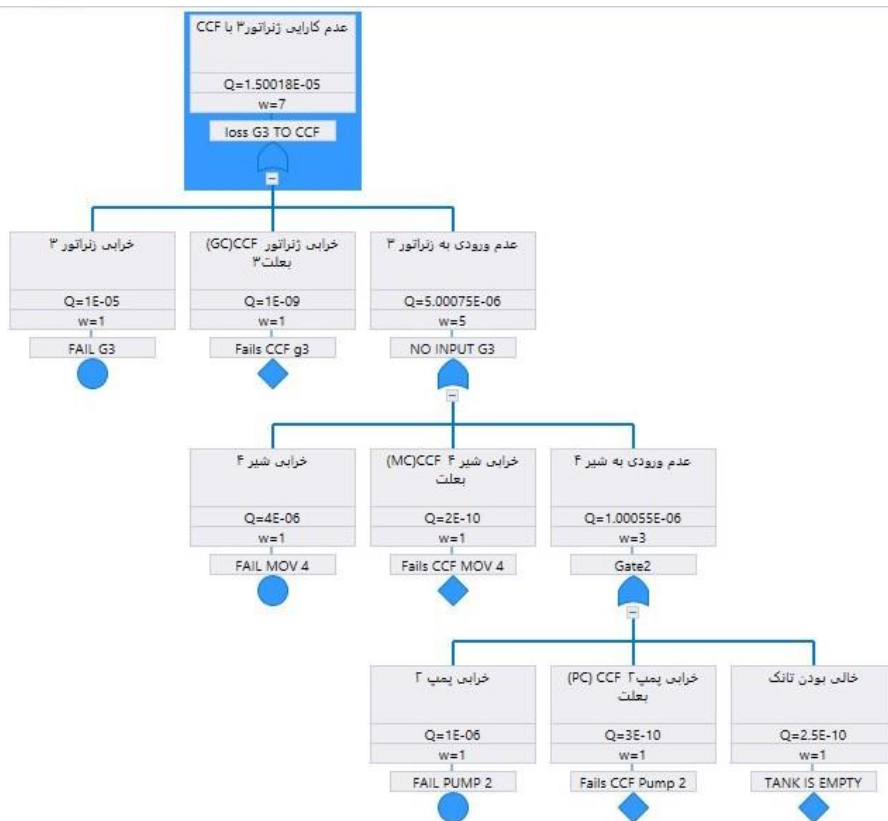
واقعہ	نرخ شکست	زمان مواجهہ	احتمال
P _۱	1×10^{-6}	۱	1×10^{-6}
P _۲	1×10^{-6}	۱	1×10^{-6}
M _۱	4×10^{-6}	۱	4×10^{-6}
M _۲	4×10^{-6}	۱	4×10^{-6}
M _۳	4×10^{-6}	۱	4×10^{-6}
M _۴	4×10^{-6}	۱	4×10^{-6}
G _۱	1×10^{-5}	۱	1×10^{-5}
G _۲	1×10^{-5}	۱	1×10^{-5}
G _۳	1×10^{-5}	۱	1×10^{-5}
Z _۱	$2,5 \times 10^{-10}$	۱	$2,5 \times 10^{-10}$
PC	$3,0 \times 10^{-9}$	۱	$3,0 \times 10^{-10}$
MC	$2,0 \times 10^{-9}$	۱	$2,0 \times 10^{-10}$
GC	$1,0 \times 10^{-9}$	۱	$1,0 \times 10^{-9}$



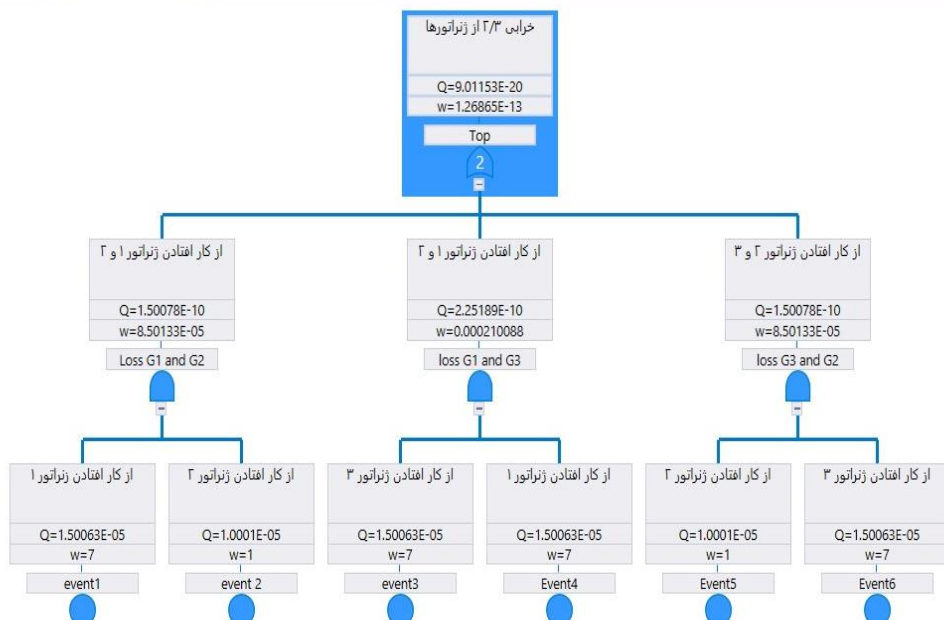
نمودار ۵-۷: نمودار درخت خطا با ریز محاسبات برای ژنراتور ۱ با در نظر گرفتن رویداد های CCF



نمودار ۵-۸: نمودار درخت خطا با ریز محاسبات برای ژنراتور ۲ با در نظر گرفتن رویداد های CCF



نمودار ۹-۵: نمودار درخت خطا با ریز محاسبات برای ژنراتور ۳ با در نظر گرفتن رویداد های CCF



نمودار ۱۰-۵: میزان احتمال رویداد شکست سیستم با در نظر گرفتن رویداد CCF

جدول ۴-۵: نتایج حاصل از درخت خطا با در نظر گرفتن CCF

شماره برش	برش	احتمال
۱	GC	$1,0 \times 10^{-9}$
۲	MC	$2,0 \times 10^{-9}$
۳	PC	$3,0 \times 10^{-9}$
۴	۱G	$1,0 \times 10^{-10}$
۵	۱G	$1,0 \times 10^{-10}$
۶	۲G	$1,0 \times 10^{-10}$
۷	۱Z	$2,5 \times 10^{-10}$
۸	۱G	$1,0 \times 10^{-11}$
۹	۲G	$1,0 \times 10^{-11}$
۱۰	۲G	$1,0 \times 10^{-11}$
۱۱	۳G	$1,0 \times 10^{-11}$
۱۲	۱M	$1,6 \times 10^{-11}$
۱۳	۱G	$4,0 \times 10^{-12}$
۱۴	۲G	$4,0 \times 10^{-12}$
۱۵	۲G	$4,0 \times 10^{-12}$
۱۶	۳G	$4,0 \times 10^{-12}$

$1,0 \times 10^{-12}$		۲P	۱P	۱۷
$4,0 \times 10^{-12}$		۲P	۱M	۱۸
$4,0 \times 10^{-12}$		۲P	۲M	۱۹
$4,0 \times 10^{-12}$		۱P	۳M	۲۰
$4,0 \times 10^{-12}$		۱P	۴M	۲۱
$1,6 \times 10^{-16}$	۳M	۲M	۱G	۲۲
$1,6 \times 10^{-16}$	۳M	۲M	۳G	۲۳
$6,4 \times 10^{-17}$	۳M	۲M	۱M	۲۴
$4,0 \times 10^{-17}$	۳M	۳M	۲M	۲۵

جدول (۴-۵) حاوی نتایج کمی و کیفی نگارش درخت خطاست که وقایع CCF را در بر می گیرد. این FT دارای ۲۵ برش با پایین ترین توانایی برش برای وقایع CCF است. توجه شود که همه برش ها در این جدول مشابه جدول (۲-۵) است به استثنای برش های CCF که در این جدول است. توجه شود حتی اگر نرخ شکست واقع پایه باشد باین وجود ، وقایع CCF با احتمال بیشتری رخ می دهند. به بیانی دیگر همه برش ها به جز شکست مربوط به مخزن از نوع رتبه ۲ از ۳ هستند. محاسبات احتمال شکست سیستم می تواند در زیر خلاصه شود:

$$CCF \text{ بدون شکست} = 7,83 \times 10^{-10}$$

$$CCF \text{ با شکست} = 6,78 \times 10^{-9}$$

این اعداد احتمال ، نشان می دهد که چگونه CCF ها در صورتی که از CCF ها در یک واکاوی مورد چشم پوشی قرار گیرند. می توانند تاثیر بارزی بر فراوانی شکست سیستم داشته باشند. شکست کلی از اندازه واقعی کمتر برآورد می شود و ارزیابی ریسک نادرست است.

فصل ۶ :

نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱) نتیجه گیری

طبق تحقیقات صورت گرفته شکست ها با علت مشترک جزو شکست های هستند که بصورت شناسایی نشده دسته بندی می شوند این شکست ها اکثرا در سیستم های مشابه رخ داده، بررسی این شکست ها در فاز عملیاتی صورت می گیرد، در پالایشگاه ها و صنایع نفت گاز که عناصر پایانی، و سیستم های ابزار دقیق کاربرد فراوان دارد نیاز به واکاوی بیشتر اینگونه از شکست ها می باشد. ثبت شکست ها و تجزیه و تحلیل دقیق آنها و همچنین ایجاد بانک اطلاعاتی و اشتراک گذاری آن در بین صنایع همانند کمک شایانی به آن می کند. در این گزارش ما انواع شکست های علل مشترک در مهم ترین تاسیسات ابزار دقیق را مورد بررسی قرار داده، و عوامل بوجود آورنده آنها را شرح دادیم، همچنین نحوه تعیین نرخ این نوع شکست است بر پایه فاکتور بتا توضیح داده. و با توجه به عدم دسترسی به منابع اطلاعاتی خارجی و داخلی امکان بررسی میدانی و عملی فراهم نگردید. با این حال این گزارش بصورت کیفی می تواند کمک شایانی در رابطه با کاهش این شکست ها در صنایع نفت و گاز، هسته ای، خودرویی نماید. همچنین این نکته حائز اهمیت است که بررسی این نوع از شکستها تقریباً یک دهه شروع شده است، و کشور ما می تواند یکی از پیشگامان در این رابطه باشد. در این فصل تعدادی از

پیشنهاداتی که برای تمام سیستم ها و همچنین سیستمهای مورد استفاده در فاز شیرین سازی گاز کاربرد دارد آورده شده است.

۶-۲) پیشنهاداتی در جهت کاهش CCF و شکست های سیستمی :

➤ اطمینان از کیفیت در فعالیت نگهداری :

یک شکست خاص در چندین تاسیسات برای بیش از گروه از تجهیزات آشکار می شود، آن قطعه دقیقاً نصب نشده است، چگونگی نصب آن نادرست است، تنظیم نادرست، و غیره، در آزمون های گذشته، فعالیتهای مربوط به نگهداری یا اصلاح شکستهای نظیر پایه نادرست در شیرها و تنظیم نادرست شناساگر و انتقال دهنده ها نمونه ای از این موارد است. از آنجائیکه هر شکست در آزمون بعدی ظاهر شده است، این اجزا واقعا در آن مدت زمان پروف تست داخلی و فعالیتی نداشته اند و به اینصورت یک توزیع درست از شکست ها در دسترس نمی باشد. بوسیله بهبود پروسه آزمون پروف و اطمینان از کیفیت نگهداری و فعالیت آزمونی، تکرار پذیری این نوع از شکست ها کاهش چشم گیری خواهند داشت. بدیهی است که آموزش کاربر شایستگی آنرا بالا می برد و این یک نکته مهم در سنجش است.

➤ پیگیری کردن انتقال دهنده ها سطح: استقرار نادرست انتقال دهنده ها، سنجش نادرست در انتقال دهنده ها و هشدارهای نادرست رویه واژگونی دارد و منجر به رویداد های ناخواسته می گردد. تعداد زیادی از شکست ها در انتقال دهنده سطح مرتبط با شناور سازی است که ناشی از تغییر در توزیع دانسیته متوسط در مجاری بالایی است. بجز بررسی کالیبراسیون منظم (بررسی کردن نقطه صفر) که انجام گرفته، نقطه صفر ممکن است در زمان شناور سازی در نقطه مورد نظر نباشد که خود باعث عدم شناسایی کمترین سطح و بیشترین سطح مایع شود در نتیجه خود این مورد می تواند منجر به شکستهای مخاطره آمیز شناسایی نشده شود.

➤ بنابراین انجام دادن منظم بررسی نقطه صفر در کاهش شکست های ناشی از کمترین سطح و بیشترین سطح موثر است.

➤ علاوه بر این، توصیه می شود که ارزشیابی برای هر هشدار می بایستی بصورت کامل انجام گیرد.

- همچنین انتقال دهنده سطح، ممکن است با کثیفی مواجهه شود. کلوخه شدن در مجاری فاضلاب از پی آمدهای عملیات نمونه ای از این مورد است. برای انتقال دهده روباز، آبکشی منظم باید صورت گیرد.
- عموماً این مورد که کاربر بدرستی نمی تواند فهم درستی از نحوه فعالیت انتقال دهنده و کالبراسیون دارد بهبود یابد. برای بعضی از انواع انتقال دهده سطح، بعنوان مثال انتقال دهده رادیو اکتیو، مواردی از سو تفاهم مشاهده میگردد که خود باعث چندین شکست میگردد.
- اجتناب کردن از کلوخه شدن خطوط ضربه ای برای انتقال دهنده فشار : مواردی از شکست های مخاطره آمیز شناسایی نشده مرتبط با کلوخه شدن در خطوط انتقال ضربه ای ناشی از کثیفی، هیدراته شدن
- شناسایی کردن انتقال دهنده های که در مواجهه با کثیفی یا سرما هستند.
- پیگیری کردن از ردیاب گرمایی و عناصر گرمایی یا هر دسته بندی از این نوع از تجهیزات از ایمنی بحرانی دارند یا پیگیری کردن از این تجهیزات اگر ایمنی بحرانی داشته باشند.
- ساده سازی بیش از اندازه زمان پاسخگویی برای خاموش کننده اضطراری، رویه خاموش کننده و شیر تخلیه زیاد است. مدت زمان پاسخگویی طولانی مدت از هر زمانی بوسیله اجرای واقعی در چندین زمان مختلف با شرایط کارخانه صورت گیرد. این تنها راه موقت است و علت شکست را حذف نمی کند، همچنین علت شکست از دوباره تکرار می شود. بنابراین مهم است که یک مطالعه موردی واقعی شناسایی علت شکست و کاهش ریسک سنجش برای جلوگیری از تکرار شکست صورت گیرد. همچنین داشتن درک درست و دانستن اینکه چگونه بالاترین و پایین ترین زمان پاسخگویی تعریف شده و یک پیش زمینه برای این محدودیت ها.
- پیاده سازی واکاوی علت ریشه ای: اطلاعاتی ها اغلب اطلاعات کافی در مورد علت دقیق و همچنین علت های بیشتر اصلی از علت های شکست می دهد. پیشنهادات و ابزار سنجش برای اجتناب از رخ دادن دوباره یا اثرات همانند اجزا دیگر سخت است. رسیدگی به بهبود دادن علت شکست می تواند توزیع تعداد شکست ها و همچنین CCF ها را کاهش دهد. در حقیقت علت ریشه ای باید شناسایی شود و سنجش صحیح انجام گیرد، سپس می توان اینگونه فرض کرد اکنون خیلی خوب است.

- بهبود کالیبراسیون شناساگر و انتقال دهنده شکست های متهددی در ارتباط با کالیبراسیون و محل قرار گرفتن شناسگر و انتقال دهنده وجود دارد. رویه نادرست و نامناسب آزمون یا رویه ای که به درستی صورت نگرفته باشد، هر دو ناشی از نبود شایستگی است. در یک تاسیسات آموزش خاص باید انجام گیرد، جایی که تمرکز بر روی کالیبراسیون کامل از شناساگر گاز و چیزهای شبیه آن که اگر کالیبراسیون صحیح صورت نپذیرد منجر به خطا می شود. بطور خاص برای رویه ای انتقال دهنده، این یکی از الزامات در پیداه سازی آموزش است. علاوه بر این رویه کالیبراسیون می بایستی مرتبا ارزشیابی گردد.
- پرهیز از ورود ناخواسته آب ب درون جعبه کنترل: ورود ناخواسته آب به جعبه کنترل و سنجش برای انواع مختلفی از تجهیزات در تاسیسات مختلف دیده می شود. نتیجه این رخ داد کاهش عملکرد از تجهیزات وابسته است، اما در بعضی از موارد ممکن است منجر به شکست های مخاطره آمیز شناسایی نشده شود. ورود ناخواسته آب درون یک جعبه کنترل به علت از بین رفت و اثر و درب بالایی جعبه می باشد. پس این موردی است که بایستی بر استفاده از درب های محکم بر روی جعبه کنترل تمرکز شود تا باعث کاهش تکرار پذیری ورود آب شود. این سنجش ممکن است مناسب دیگر تاسیسات با مسئله مشابه باشد.
- شناسایی خرابی های خاکی: خرابی خاکی ممکن است در انواع شناسگرها دیده شود که منجر به هشدار اشتباه و یا عدم هشدار شود. بنابراین داشتن تمرکز بر روی هشدار خرابی خاکی و حل این مسئله که آنها بصورت ناگهانی رخ می دهد مهم است.
- ناکافی بودن طراحی فعال کننده: فعال کننده ها برای چندین نوع از شیر باید جایگزین شود که مشکل فعال کننده است، بعنوان مثال علت معمولا می تواند مربوط به فاز طراحی باشد. یکی از مشکلاتی که برای همه شرایط عملیاتی مرتبط دیده می شود ممکن بعلاوه ناکافی بودن نیرو باشد یا انتخاب مواد برای راه اندازه ها می تواند مناسب نباشد.
- افزایش تمرکز بر روی مرمت کردن شکست های شناسایی شده: در بررسی هر سیستمی شکست های مخاطره آمیز شناسایی شده ای که مرتب با CCF هستند مشاهده شده است که اغلب از آنها چشم پوشی می شود، همچنین همیشه تعدادی از شکست های که علت آن غیر قابل حل می باشد دیده شده است که آنها را بعنوان شکست های قابل قبول پذیرفته ایم، به عبارت دیگر شکست های مخاطره آمیز شناسایی شده و وابسته به CCF می توانند توزیع

زیاد غیر قابل دسترس داشته باشند ، پس مهم است که فرض شود در زمان طراحی و پس از آن تمرکز بر روی حل هر شکستی زمان محدودی است.

بر پایه قسمت های گذشته می توان درک مناسبی از شکست های سیستمی و CCF ها داشت ، و حتما باید توجه خاصی به آن در فاز عملیاتی شود. با رجوع کردن به محاسبه قابلیت اطمینان به این نتیجه می رسیم که اطلاعات در دسترس ما در مورد افزونگی ها مناسب نیست. هرچند انجام واکاوی سطح راست آزمایی سیستم در مدت طراحی مناسب نیست اما می توان از آن در فاز عملیاتی برای کنترل خطاها استفاده برد. با این همه بررسی عملیاتی با تمرکز و توجه بر روی CCF ها و شکست های سیستمی محدود به فاز عملیاتی است. بنابر این آگاهی از شکست های سیستمی و CCF ها در مدت نگهداری و عملیات انفرادی و مراقبت کردن از سنجش بازدارنده ها در زمان انجام دادن برای اجتناب از هر شکستی مهم است.

➤ مورد دیگری که خیلی مهم است شرایط محیطی در زمان عملیات می باشد. که عملیات در چه شرایط خاصی و یا محیط خاصی صورت می گیرد. بازتاب این اثرات و شرایط در محاسبه مقادیر فاکتور بتا است. چک لیست های مناسب در استاندارد IEC ۶۱۵۰۸ و IEC ۶۲۰۶۱ موجود است.

واژه نامه:

کلمه	مترادف انگلیسی/ کلمه اختصاری
کارکرد ابزار ایمنی	Safety Instrumented Function (SIF)
شکست ایمن	Safe failure
شکست سیستمی	Systematic failure
تجزیه و تحلیل شکست با علت مشترک	Common Cause Failure Analysis(CCFA)
شکست با علت مشترک	Common CauseFailure (CCF)
ابزار ایمنی سیستم	Safety Instrumented System(SIS)
رویداد مستقل	Independent Event
رویداد وابسته	Dependent Event
یک موسسه استاندارد غیرانتفاعی غیردولتی است که استانداردهای بین‌المللی کلیه فن‌آوریهای مرتبط با الکترونیک و الکتریسیته (در کنار هم با نام الکتروتکنولوژی شناخته می‌شوند) را تهیه و منتشر می‌کند)	International Electrotechnical (IEC) Commission
	(NUREG) US Nuclear Regulatory Commission Regulation
گزارش‌های تخصصی در رابطه با مفاهیم خرابی، ریسک، ایمنی و قابلیت اطمینان در صنعت نفت و گاز ارائه می‌دهد.	ISO/TR
خاموش کننده اضطراری	Emergency shutdown (ESD)
واحد فشار هیدرولیک	Hydraulic Pressure Unite (HPU)
شکست خطرناک	Dangerous Failure
شکست مخاطرات آمیز شناسایی شده	Dangerous Detected(DD)
شکست مخاطرات غیر قابل تشخیص	Dangerous Undetected(DU)
شکست قابل چشم‌پوشی	Degraded Failure
شکست ایمن	Safe Failure
افزونگی	Redundancy

probability of failure on demand	احتمال شکست در تقاضا
Common Mode Failure (CMF)	حالت شکست مشترک
Cascading failures	شکست آبشاری
Root Causes	علت ریشه ای
Coupling Factors	عوامل مزدوج کننده
unified partial model (UPM)	مدل جزئی یکپارچه
Separation/Segregation	جدا سازی / تفکیک پذیری
Diversity	گوناگونی
Complexity	پیچیدگی
Maturity	بلوغ
Experience	تجربه
Procedure	روش های کاری
Human Interface	سطوح مشترک انسانی
Competence	صلاحیت
Training	آموزش
Safety Culture	فرهنگ ایمنی
Environmental Control	کنترل زیست محیطی
Environmental Testing	تست های محیطی
International Common Cause Data Exchange (ICDE)	مبادله اطلاعات علل مشترک بین المللی
Valves	شیر
Shutdown valves	شیر خاموش کننده
Blowdown Valves	شیر تخلیه
Fail To Open (FTO)	خرابی در باز شدن
Fire Dampers	دامپر آتش
Pressure Safety Valves (PSV)	شیر ایمنی فشار
heat tracing	ردیاب گرمایی
Gas detectors	شناساگر گاز
Fail To Function on demand (FTF)	خرابی در فعالیت در زمان
No Output (NOO)	نداشتن خروجی
Low Output (LOO)	خروجی کم
WRong Measurement (WRM)	اشتباه در اندازه گیری

Line gas detectors	شناسگر گاز خط
Flame detector	شناسگر شعله
level transmitters	انتقال دهنده سطح
FRozen Measurement (FRM)	بی حرکتی در سنجش
No Measurement /Out Of Rang(NOM)	خارج از اندازه
DRifting Measurement(DRM)	سنجش آهسته
Erratic output(ERO)	خروجی نامنظم
Weights	وزن در درصد
Relevance	ارتباط
Premature	ناپهنگام
Efficiency	بازده
Modification Factor (Mod Factor)	فاکتور اصلاح
Motor operated valve	مخزن با عملگر موتوری

منابع و مآخذ

- 1 Hauge, S [et al] . "Common cause failure in safety instrumented systems". Sintef technology and society Report. Project no, 102001186. 20, May 2015
- 2- Mosleh , A [et al]., "Procedures for Treating Common Cause Failure in Safety and Reliability Studies", NUREG/CR-4780, 1988
- 3-Smith, A.M and Watson ,I.A, "Common cause failures - a dilemma in perspective", *Reliability Engineering*, 1980 vol. 1, pp. 127-142
- 4- Hauge, S [et al]. "Common cause failure in safety instrumented systems". Sintef technology and society Report. Project no, 102001186. 20, May 2015
- 5- Rausand, M. *Reliability of safety critical: Theory and application*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2014
- 6- Reserch Report 029. *Proposal for requirements for low complexity safety related systems*. Health and Safety Executive. 30 aprile 2013
- 7- Sun, W. *Determination of Beta-factor for Safety Instrumented Systems*. Department of Production and Quality Engineering, June 2013
- 8- Hokstad, P. "Common Cause Failure Modeling: Status and Trends". Handbook of Performability Engineering, 2008
- ۹- شرح کلی فرایند پالایشگاه گاز. شرکت پترو سینا
- ۱۰ - شیرین سازی و چیدمان پالایشگاه گاز. آموزشگاه مجازی نفت و گاز ایران پایپینگ. ۲۱ خرداد ۱۳۹۵
- ۱۱ - شرح کلی فرایند پالایشگاه گاز. شرکت پترو سینا
- ۱۲ - شیرین سازی و چیدمان پالایشگاه گاز. آموزشگاه مجازی نفت و گاز ایران پایپینگ. ۲۱ خرداد ۱۳۹۵
- ۱۳ - شرح کلی فرایند پالایشگاه گاز. شرکت پترو سینا
- 14- <http://www.oecd-neo.org/jointproj/icde.html>
- 15- Mosleh , A [et al]., "Procedures for Treating Common Cause Failure in Safety and Reliability Studies", NUREG/CR-4780, 1988
- 16-IEC 61508, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related* Commission, 2010
- 17- IEC 62061 , *Safety of Machinery – Functional Safety of Safety-related Electrical, electronic and Programmable Electronic Control Systems*. Geneva : International Electrotechnical Commission , 2012
- 18- Rausand , M. *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications* , John wiley & Sonc , 2012

- 19- Hauge, S [et al] .“*Common cause failure in safety instrumented systems*”
 .Sintef technology and society Report.Project no,102001186. 20,May 2015
- 20 - Koo ,Y." *Common Cause Failure Analysis Improved Approach for
 Determining the Beta Value in the PDS Method*" ,NTNU,2017
- 21- Hauge, S [et al] .“*Common cause failure in safety instrumented systems*”
 .Sintef technology and society Report.Project no,102001186. 20,May 2015
- 22-Koo,Y." *Common Cause Failure Analysis Improved Approach for
 Determining the Beta Value in the PDS Method*" ,NTNU,2017
- 23- <http://www.oecd-neo.org/jointproj/icde.html>
- 24-Hokstad ,p. *Probability of Failure on Demand (PFD)- The Formulas of IEC
 61508 with Focus on the 1oo2D Voting*, SINTEF Technology and Society.2003
- 25- Schaefer,S& Ugljesa,E. *Estimation and evaluation of common cause failures*.
 Second International Conference on Systems (ICONS'07),2007
- 26-Hauge, S [et al]. *Reliability prediction method for safety instrumented systems—
 pds method handbook*, 2013 edition,2013 SINTEF report STF50 A, vol. 6031
- 27- <http://www.reliotech.com>