

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی هسته ای

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی هسته ای (M.Sc)

گرایش: راکتور

عنوان:

ارزیابی دینامیکی قابلیت اطمینان دیزل ژنراتورهای نیروگاه هسته ای بوشهر

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فصل اول: ارزیابی قابلیت اطمینان	
بخش اول : کلیات	
۱-۱-۱- موضوع مهندسی قابلیت اطمینان.....	۳
۱-۱-۲- طبقه بندی انواع سیستم.....	۳
۱-۱-۳- کیفیت.....	۶
۱-۱-۴- اهداف و کاربرد های قابلیت اطمینان.....	۷
بخش دوم : تحلیل و مدلسازی خرابی	
۱-۲-۱- سازوکارهای خرابی.....	۷
۱-۲-۲- انواع خرابی.....	۷
۱-۲-۳- توزیع های احتمالاتی.....	۱۱
۱-۲-۳-۱- توزیع دوتایی.....	۱۴
۱-۲-۳-۲- توزیع پواسون.....	۱۴
۱-۲-۳-۳- توزیع گوسی یا نرمال.....	۱۵
۱-۲-۳-۴- توزیع لاگ نرمال.....	۱۶
۱-۲-۳-۵- توزیع نمایی.....	۱۷
۱-۲-۳-۶- Weibull.....	۱۹
بخش سوم : تحلیل قابلیت اطمینان سیستم های بدون تعمیر	
۱-۳-۱- قابلیت اطمینان سیستم های ساده.....	۲۱
۱-۳-۲- تحلیل قابلیت اطمینان سیستم های پیچیده.....	۲۶
بخش چهارم : تحلیل قابلیت اطمینان سیستم های با تعمیر	
۱-۴-۱- سیستم قابل تعمیر.....	۲۸
بخش پنجم : فرایند مطالعات ارزیابی احتمالاتی ایمنی	
۱-۵-۱- ارزیابی احتمالاتی ایمنی.....	۳۲
۱-۵-۲- تحلیل رویدادهای آغازگر.....	۳۳
۱-۵-۳- تحلیل روند گسترش حوادث.....	۳۴
۱-۵-۴- تحلیل سیستم ها.....	۳۴
۱-۵-۵- تحلیل قابلیت اطمینان انسانی.....	۳۵

۳۵.....	۱-۵-۶- داده های مورد نیاز برای تحلیل PSA
۳۶.....	۱-۵-۷- پایگاه داده های عمومی
۳۷.....	۱-۵-۸- تعریف حالات خرابی و مرز قطعات
۳۸.....	۱-۵-۹- انتخاب مدل و پارامتر قابلیت اطمینان
۴۲.....	۱-۵-۱۰- تحلیل کمی
۴۳.....	۱-۵-۱۱- تحلیل حساسیت ، تحلیل عدم قطعیت و تحلیل اهمیت

فصل دوم : PRA/DPRA و نقش سناریو ها در ارزیابی ریسک

۴۷.....	۲-۱- ارزیابی احتمالاتی ریسک
۴۹.....	۲-۲- محدودیت های روش PRA کلاسیک
۵۰.....	۲-۳- Dynamic PRA
۵۱.....	۲-۴- بررسی روش های مختلف DPRA با تاکید بر تولید سناریو / مدل سازی
۵۲.....	۱۲-۴- درخت خطای دینامیک

فصل سوم : آنالیز قابلیت اطمینان ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری

بخش اول: کلیات

۵۵.....	۳-۱- خصوصیات و شرح مختصری از خرابی ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری
---------	---

بخش دوم : دیزل ژنراتور

۵۶.....	۳-۲- دیزل ژنراتور
۵۶.....	۳-۲-۱- توصیف سیستم
۵۶.....	۳-۲-۱-۱- هدف سیستم
۵۶.....	۳-۲-۱-۲- شرح مختصری از سیستم
۵۶.....	۳-۲-۱-۲-۱- شرح مختصری از فلوچارت
۵۶.....	۳-۲-۱-۲-۲- قطعات
۵۷.....	۳-۲-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم
۵۷.....	۳-۲-۱-۴- سیستم های پشتیبانی
۵۷.....	۳-۲-۱-۵- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال
۵۷.....	۳-۲-۱-۶- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری
۵۸.....	۳-۲-۱-۷- تست های دوره ای قطعات
۵۸.....	۳-۲-۱-۸- رویه تعمیرات برنامه ریزی شده و نشده
۵۹.....	۳-۲-۲- مدل کردن سیستم
۵۹.....	۳-۲-۲-۱- فرضیات و محدودیت ها

۵۹.....	۳-۲-۲-۲- بیان خرابی سیستم.....
۵۹.....	۳-۲-۲-۳- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها.....
۶۰.....	۳-۲-۲-۴- آنالیز حالت های غیر عملی.....
۶۰.....	۳-۲-۲-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل.....
بخش سوم : سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها	
۶۱.....	۳-۳- سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها.....
۶۱.....	۳-۳-۱- شرح سیستم.....
۶۱.....	۳-۳-۱-۱- هدف از سیستم.....
۶۱.....	۳-۳-۱-۲- شرح مختصری از سیستم.....
۶۱.....	۳-۳-۱-۳- شرح مختصری از فلوچارت.....
۶۳.....	۳-۳-۱-۲- تجهیزات.....
۶۴.....	۳-۳-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم.....
۶۴.....	۳-۳-۱-۴- سیستم های پشتیبانی.....
۶۵.....	۳-۳-۱-۵- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال.....
۶۵.....	۳-۳-۱-۶- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری.....
۶۶.....	۳-۳-۱-۷- تست های دوره ای قطعات.....
۶۶.....	۳-۳-۱-۸- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته).....
۶۷.....	۳-۳-۲- مدل کردن سیستم.....
۶۷.....	۳-۳-۲-۱- فرضیات و محدودیت ها.....
۶۹.....	۳-۳-۲-۲- بیان خرابی سیستم.....
۶۹.....	۳-۳-۲-۳- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها.....
۷۰.....	۳-۳-۲-۴- آنالیز حالت های بی تأثیر.....
۷۰.....	۳-۳-۲-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل.....
بخش چهارم: سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور	
۷۰.....	۳-۴- سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور.....
۷۰.....	۳-۴-۱- شرح سیستم.....
۷۰.....	۳-۴-۱-۱- هدف از سیستم.....
۷۱.....	۳-۴-۱-۲- شرح مختصری از سیستم.....
۷۱.....	۳-۴-۱-۲-۱- شرح مختصری از فلوچارت.....
۷۳.....	۳-۴-۱-۲-۲- تجهیزات.....

۷۴.....	۳-۴-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم
۷۴.....	۴-۱-۳- سیستم های پشتیبانی
۷۵.....	۵-۱-۳- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال
۷۶.....	۶-۱-۳- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری
۷۶.....	۷-۱-۳- تست های دوره ای قطعات
۷۷.....	۸-۱-۳- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته)
۷۸.....	۲-۴-۳- مدل کردن سیستم
۷۸.....	۱-۲-۴- فرضیات و محدودیت ها
۸۰.....	۲-۲-۴- بیان خرابی سیستم
۸۰.....	۳-۲-۴- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها
۸۲.....	۴-۲-۴- آنالیز حالت های بی تأثیر
۸۲.....	۵-۲-۴- آنالیز اشتباهات پرسنل
	بخش پنجم: سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور
۸۲.....	۵-۳- سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور
۸۲.....	۱-۵-۳- شرح سیستم
۸۲.....	۱-۱-۳-۵- هدف از سیستم
۸۳.....	۲-۱-۳-۵- شرح مختصری از سیستم
۸۳.....	۱-۲-۱-۳-۵- شرح مختصری از فلوچارت
۸۵.....	۲-۲-۱-۳-۵- تجهیزات
۸۶.....	۳-۱-۳-۵- کنترل و نظارت بر سیستم
۸۶.....	۳-۱-۳-۵- سیستم های پشتیبانی
۸۷.....	۵-۱-۳-۵- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال
۸۸.....	۶-۱-۳-۵- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری
۸۸.....	۷-۱-۳-۵- تست های دوره ای قطعات
۸۹.....	۸-۱-۳-۵- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته)
۹۰.....	۲-۵-۳- مدل کردن سیستم
۹۰.....	۱-۲-۳-۵- فرضیات و محدودیت ها
۹۱.....	۲-۲-۳-۵- بیان خرابی سیستم
۹۱.....	۳-۲-۳-۵- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها
۹۳.....	۴-۲-۳-۵- آنالیز حالت های بی تأثیر

۹۳.....	۳-۵-۲-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل.....
	بخش ششم : سیستم مکش هوا و اگزوز دیزل ژنراتور
۹۳.....	۳-۶- سیستم مکش هوا و اگزوز دیزل ژنراتور.....
۹۳.....	۳-۶-۱- شرح سیستم.....
۹۳.....	۳-۶-۱-۱- هدف از سیستم.....
۹۳.....	۳-۶-۱-۲- شرح مختصری از سیستم.....
۹۳.....	۳-۶-۱-۲-۱- شرح مختصری از فلوچارت.....
۹۵.....	۳-۶-۱-۲-۲- تجهیزات.....
۹۵.....	۳-۶-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم.....
۹۵.....	۳-۶-۱-۴- سیستم های پشتیبانی.....
۹۵.....	۳-۶-۱-۵- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال.....
۹۵.....	۳-۶-۱-۶- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری.....
۹۶.....	۳-۶-۱-۷- تست های دوره ای قطعات.....
۹۶.....	۳-۶-۱-۸- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته).....
۹۷.....	۳-۶-۲- مدل کردن سیستم.....
	بخش هفتم : سیستم هوای راه انداز
۹۷.....	۳-۷- سیستم هوای راه انداز.....
۹۷.....	۳-۷-۱- شرح سیستم.....
۹۷.....	۳-۷-۱-۱- هدف از سیستم.....
۹۷.....	۳-۷-۱-۲- شرح مختصری از سیستم.....
۹۷.....	۳-۷-۱-۲-۱- شرح مختصری از فلوچارت.....
۹۹.....	۳-۷-۱-۲-۲- تجهیزات.....
۹۹.....	۳-۷-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم.....
۹۹.....	۳-۷-۱-۴- سیستم های پشتیبانی.....
۱۰۰.....	۳-۷-۱-۵- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال.....
۱۰۰.....	۳-۷-۱-۶- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری.....
۱۰۱.....	۳-۷-۱-۷- تست های دوره ای قطعات.....
۱۰۱.....	۳-۷-۱-۸- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته).....
۱۰۲.....	۳-۷-۲- مدل کردن سیستم.....
۱۰۲.....	۳-۷-۲-۱- فرضیات و محدودیت ها.....

۱۰۳.....	۳-۷-۲-۲- بیان خرابی سیستم.....
۱۰۳.....	۳-۷-۲-۳- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها.....
۱۰۴.....	۳-۷-۲-۴- آنالیز حالت های بی تأثیر.....
۱۰۴.....	۳-۷-۲-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل.....
بخش هشتم : سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری	
۱۰۵.....	۸-۳- سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری.....
۱۰۵.....	۱-۸-۳- شرح سیستم.....
۱۰۵.....	۱-۱-۸-۳- عملکرد سیستم.....
۱۰۵.....	۲-۱-۸-۳- شرح مختصری از سیستم.....
۱۰۵.....	۱-۲-۱-۸-۳- شرح مختصری از فلوچارت.....
۱۰۵.....	۲-۲-۱-۸-۳- تجهیزات.....
۱۰۶.....	۳-۱-۸-۳- کنترل و نظارت بر سیستم.....
۱۰۶.....	۴-۱-۸-۳- تجهیزات سیستم.....
۱۰۷.....	۳-۸-۱-۵- عملکرد در شرایط کاری نرمال.....
۱۰۷.....	۶-۱-۸-۳- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری.....
۱۰۷.....	۷-۱-۸-۳- تست های دوره ای قطعات.....
۱۰۸.....	۸-۱-۸-۳- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته).....
۱۰۹.....	۲-۸-۳- مدل کردن سیستم.....
۱۰۹.....	۳-۸-۲-۱- فرضیات و محدودیت ها.....
۱۱۰.....	۳-۸-۲-۲- بیان خرابی سیستم.....
۱۱۰.....	۳-۸-۲-۳- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها.....
۱۱۱.....	۳-۸-۲-۴- آنالیز حالت های بی تأثیر.....
۱۱۲.....	۳-۸-۲-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل.....

فصل چهارم :ارزیابی قابلیت اطمینان و دسترسی سیستم

۱۱۳.....	۴-۱- انواع داده های خرابی.....
۱۱۳.....	۴-۲- مدت زمان کارکرد در نظر گرفته شده در محاسبات.....
۱۱۵.....	۴-۳- طبقه بندی اجزاء سیستم دیزل ژنراتور اضطراری.....
۱۱۵.....	۴-۴- تحلیل و ارزیابی سیستم دیزل ژنراتور اضطراری با استفاده از نرم افزار Blocksim9.....
۱۱۵.....	۴-۴-۱- ویژگی های نرم افزار Blocksim9.....

۱۱۶.....	۵-۴- دیاگرام قابلیت اطمینان و درخت خطای زیر سیستم ها.....
۱۲۷.....	۶-۴- اندازه گیری اهمیت.....
۱۲۸.....	۷-۴- ارزیابی قابلیت دسترسی سیستم دیزل ژنراتور اضطراری.....
۱۳۲.....	۴-۱-۷- مفروضات.....
۱۳۹.....	۴-۸- فرآیند شبیه سازی مونت کارلو.....
۱۴۰.....	۴-۱-۸- مزایا و معایب روش شبیه سازی.....

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

نتایج :

۱۶۱.....	ارزیابی قابلیت اطمینان.....
۱۶۱.....	شناسایی اجزای با اهمیت در سیستم.....
۱۶۳.....	اثر AGEING در محاسبات قابلیت دسترسی.....
۱۶۶.....	متوسط زمان تا رخداد اولین خرابی در مقایسه با قابلیت دسترسی.....
۱۶۷.....	ارزشیابی پژوهش و اعتبار سنجی.....
۱۶۷.....	محاسبات مجموعه ۴ کاناله دیزل ژنراتور اضطراری.....
۱۶۹.....	اهمیت و کاربرد پروژه صورت گرفته در محاسبات PRA.....
۱۷۰.....	پیشنهادهای.....
۱۷۱.....	منابع.....

فهرست جدول ها

عنوان	شماره صفحه
جدول ۱-۱- توابع قابلیت اعتماد و خرابی.....	۱۰
جدول ۲-۱- لیست توابع و پارامترهای قابلیت اعتماد توزیع های مختلف.....	۲۰
جدول ۳-۱- قابلیت اطمینان سیستم های ساده.....	۲۱
جدول ۳-۱- زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم.....	۵۸
جدول ۳-۲- انواع خرابی عناصر و عواقب آنها.....	۵۹
جدول ۳-۳- لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند.....	۶۴
جدول ۴-۳- زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم.....	۶۶
جدول ۵-۳- انواع خرابی عناصر و عواقب آنها.....	۶۹
جدول ۳-۶- لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند.....	۷۴
جدول ۳-۷- زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم.....	۷۷
جدول ۳-۸- انواع خرابی عناصر و عواقب آنها.....	۸۱
جدول ۳-۹- لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند.....	۸۷
جدول ۳-۱۰- زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم.....	۸۹
جدول ۳-۱۱- انواع خرابی عناصر و عواقب آنها.....	۹۲
جدول ۳-۱۲- زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم.....	۹۶
جدول ۳-۱۳- لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند.....	۱۰۰
جدول ۳-۱۴- زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم.....	۱۰۱
جدول ۳-۱۵- انواع خرابی قطعات و عواقب آنها.....	۱۰۴
جدول ۳-۱۶- لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند.....	۱۰۶
جدول ۳-۱۷- زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم.....	۱۰۸
جدول ۳-۱۸- انواع خرابی عناصر و عواقب آنها.....	۱۱۰
جدول ۴-۱- داده های دیزل ژنراتور.....	۱۳۳
جدول ۴-۲- داده های سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها.....	۱۳۳
جدول ۴-۳- داده های سیستم روغنکاری دیزل ژنراتور.....	۱۳۴
جدول ۴-۴- داده های سیستم دیزل آبی کننده خنک ژنراتور.....	۱۳۵

- جدول ۵-۴- داده های سیستم هوای راه انداز.....۱۳۶
- جدول ۶-۴- داده های سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتورهای اضطراری.....۱۳۷
- جدول ۷-۴- محاسبات مربوط به هر زیر سیستم.....۱۴۱
- جدول ۱-۵- مقایسه قابلیت عدم دسترسی.....۱۴۷

فهرست شکل ها

<u>عنوان</u>	<u>شماره صفحه</u>
شکل ۱-۱- انواع توابع خرابی نسبت به زمان.....	۵
شکل ۱-۲- فلوچارت کیفیت.....	۶
شکل ۳-۱- مدل توانمندی در مقابل چالش.....	۸
شکل ۱-۴- مدل خرابی تدریجی.....	۹
شکل ۱-۵- مدل خرابی سیستم آماده به کار.....	۱۰
شکل ۱-۶- نمودار هیستوگرام.....	۱۱
شکل ۱-۷- تابع چگالی احتمال (P.D.F).....	۱۲
شکل ۱-۸- میانگین ، میانه و مود یک تابع چگالی احتمال.....	۱۳
شکل ۱-۹- توابع توزیع نرمال.....	۱۵
شکل ۱-۱۰- توابع قابلیت اعتماد Lognormal.....	۱۶
شکل ۱-۱۱- توابع قابلیت اعتماد نمایی.....	۱۸
شکل ۱-۱۲- توزیع نمایی.....	۱۸
شکل ۱-۱۳- سیستم موازی.....	۲۲
شکل ۱-۱۴- سیستم آماده به کار (Standby).....	۲۴
شکل ۱-۱۵- دو سیستم آماده به کار.....	۲۵
شکل ۱-۱۶- نمودار سیستمی قابل تعمیر.....	۲۸
شکل ۱-۱۷- نمودار وضعیت های ممکن یک سیستم.....	۲۹
شکل ۳-۱- نمای یک کانال سیستم سوخت رسانی.....	۶۲
شکل ۳-۲- دیاگرام مدار ساده شده سیستم سوخت رسانی.....	۶۸
شکل ۳-۳- نمای یک کانال سیستم روغن کاری.....	۷۲
شکل ۳-۴- مدار ساده شده سیستم روغن کاری.....	۷۹
شکل ۳-۵- نمای یک کانال سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور.....	۸۳
شکل ۳-۶- دیاگرام مدار ساده شده سیستم خنک کننده آبی.....	۹۰
شکل ۳-۷- نمای یک کانال سیستم مکش هوا و آگزوز دیزل ژنراتور.....	۹۳
شکل ۳-۸- نمای یک کانال سیستم هوای راه انداز.....	۹۷

- شکل ۹-۳- دیاگرام مدار ساده شده سیستم هوای راه انداز..... ۱۰۲
- شکل ۱۰-۳- دیاگرام مدار ساده شده سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتورها..... ۱۰۸
- شکل ۱-۴- دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها..... ۱۱۶
- شکل ۲-۴- درخت خطای سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها..... ۱۱۷
- شکل ۳-۴- دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم روغنکاری دیزل ژنراتور..... ۱۱۸
- شکل ۴-۴- درخت خطای سیستم روغنکاری دیزل ژنراتور..... ۱۱۹
- شکل ۵-۴- دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور..... ۱۲۰
- شکل ۶-۴- درخت خطای سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور..... ۱۲۱
- شکل ۷-۴- دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم هوای راه انداز..... ۱۲۲
- شکل ۸-۴- درخت خطای سیستم هوای راه انداز..... ۱۲۲
- شکل ۹-۴- دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتورهای اضطراری..... ۱۲۳
- شکل ۱۰-۴- درخت خطای سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتورهای اضطراری..... ۱۲۴
- شکل ۱۱-۴- دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم دیزل ژنراتورهای اضطراری..... ۱۲۵
- شکل ۱۲-۴- درخت خطای سیستم دیزل ژنراتورهای اضطراری..... ۱۲۶
- شکل ۱۴-۴- شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها..... ۱۲۹
- شکل ۱۵-۴- شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال سیستم روغنکاری دیزل ژنراتور..... ۱۳۰
- شکل ۱۶-۴- شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور..... ۱۳۱
- شکل ۱۷-۴- محاسبات مربوط به هر تکرار شبیه سازی برای قابلیت دسترسی تجهیزات..... ۱۴۱
- شکل ۱-۵- نمودار قابلیت اطمینان بر حسب زمان برای هر یک از زیر سیستم ها..... ۱۶۲
- شکل ۲-۵- شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتورهای اضطراری..... ۱۶۳
- شکل ۳-۵- شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال دیزل ژنراتور اضطراری..... ۱۶۴
- شکل ۵-۴- نمودار تغییرات قابلیت دسترسی بر حسب زمان برای یک کانال دیزل ژنراتور اضطراری..... ۱۶۵
- شکل ۵-۵- مقایسه متوسط زمان تا رخداد اولین خرابی با قابلیت دسترسی در هر یک از زیر سیستم ها..... ۱۶۶
- شکل ۶-۵- نمای دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم دیزل ژنراتور اضطراری..... ۱۶۸
- شکل ۷-۵- درخت خطای سیستم دیزل ژنراتور اضطراری..... ۱۶۸

چکیده:

در زمان بهره برداری عادی از یک نیروگاه هسته ای، سیستم برق اضطراری در حالت آماده به کار می باشد. به گونه ای که در صورت وقوع رخداد پیشامد آغازگری مانند قطع برق خارجی نیروگاه، در عرض چند ثانیه باید به صورت خودکار راه اندازی شود. بنابراین، به منظور اطمینان از کارکرد دیزل ژنراتور در هنگام تقاضا، چگونگی انجام بازرسی، نگهداری و تعمیرات در این سیستم حائز اهمیت می باشد. از آنجا که دیزل ژنراتور ها مشخصات عملکردی خاصی دارند و در اثر فرسودگی (ageing) مشکلاتی را پیدا می کنند، لازم است تمهیداتی در طراحی آنها لحاظ گردد. ارزیابی قابلیت اطمینان کلاسیک به صورت گسترده در ایمنی نیروگاه های هسته ای به کار رفته است، اما بایستی در نظر داشت که بازرسی، تعویض و تعمیرات قطعات خراب شده در طول فواصل زمانی بر رفتار دینامیکی دیزل ژنراتور ها موثر است که در نتیجه استفاده از نتایج ارزیابی کلاسیک با گذشت زمان با خطای بیشتری توأم می گردد.

در این پروژه، ارزیابی دینامیکی قابلیت اطمینان برای مدل کردن رفتار دینامیکی دیزل ژنراتور های اضطراری، با به کار بردن روش مونت کارلو صورت گرفته است که نشان دهنده تاثیر فرسودگی بر روی مقدار قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی در مقایسه با نتایج ارزیابی کلاسیک می باشد.

با به کار بردن دیگرام بلوک قابلیت اطمینان دینامیکی و درخت خطای دینامیکی برای نشان دادن اثر فرسودگی بر روی مدل قابلیت اطمینان و به منظور سیاست نگهداری بهینه برای دستیابی به قابلیت دسترسی ماکزیمم برای سیستم دیزل ژنراتور های اضطراری نیروگاه هسته ای بوشهر پژوهش حاضر انجام شده است.

کلید واژه ها: دیزل ژنراتور اضطراری، نیروگاه اتمی بوشهر، فرسودگی، قابلیت اطمینان دینامیکی، دیگرام بلوک قابلیت اطمینان دینامیکی، درخت خطای دینامیکی، قابلیت دسترسی.

فصل اول:

ارزیابی قابلیت اطمینان

بخش اول : کلیات

۱-۱-۱- موضوع مهندسی قابلیت اطمینان

موضوع مهندسی قابلیت اطمینان، تحلیل خرابی سیستم ها و اجزای آن و تاثیر آن روی عملکرد قابل انتظار سیستم می باشد. (کرباسیان و طباطبایی ۱۳۸۸، ۱۱)

تحلیل :

- بررسی علل و سازکار خرابی
- مدل سازی خرابی
- محاسبه ی احتمال خرابی

خرابی :

خرابی، ایفا نکردن عملکرد مورد انتظار سیستم در مدت و شرایط معین می باشد.

قابلیت اطمینان :

ایفای عملکرد مورد انتظار در مدت و شرایط معین می باشد.

عملکرد مورد انتظار :

سیستمی که عملکرد مورد انتظار را انجام دهد، موفق یا قابل اعتماد است.

تعریف سیستم :

مجموعه ی عناصر یا اجزایی مرتبط و به هم وابسته.

۱-۱-۲- طبقه بندی انواع سیستم

تکنیک های ارزیابی در محدوده وسیعی از نظام های مهندسی توسعه و مورد استفاده قرار گرفته است. در حقیقت سطح ارزیابی قابلیت اعتماد یک ارزیابی چند نظامه است. برای مثال در انجام ارزیابی های احتمالاتی

تخصص های مهندسی برق، شیمی، ساختمان و غیره مورد نیاز می باشد. باید دقت شود که یک روش ارزیابی قابلیت اعتماد به تنهایی نمی تواند پاسخگوی کلیه نیاز های سنجش ایمنی باشد.

۱. از نظر ماهیت (نوع) سیستم

- سیستم های سخت افزاری
- سیستم های نرم افزاری
- سیستم های انسانی
- سیستم های سازمانی

۲. از نظر کلیت (سطح) سیستم

- کل سیستم
- اجزای سیستم

۳. از نظر درجه پیچیدگی

- سیستم ساده (در این سیستم، محاسبات با دست قابل انجام است).
- سیستم پیچیده

۴. از نظر رفتار سیستم

- رفتار ایستا
- رفتار دینامیکی (این نوع سیستم از نظر زمانی و موقعیتی، تغییر می کند).

۵. از نظر عملکرد سیستم

- سیستم عملکرد مقتضی شرایط^۱: سیستم هایی هستند که باید وظیفه خود را بدون خرابی در طول زمان مأموریت انجام دهند.
- سیستم های عملکرد پیوسته^۲: سیستم هایی هستند که به صورت پیوسته انجام وظیفه نمایند.

^۱ Mission oriented

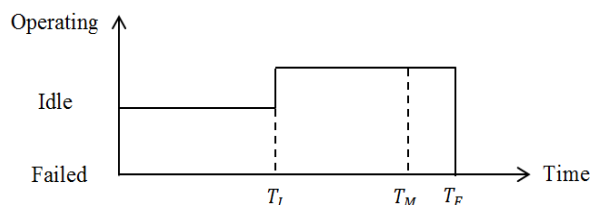
^۲ Continued operating

در سیستم های با عملکرد مقتضی شرایط خرابی تک تک اجزا سیستم مجاز می باشد. اما سیستم باید بتواند به وظیفه خود عمل نماید. جزء خراب در صورت غیر قابل تعمیر بودن سیستم خراب باقی خواهد ماند، در صورت قابل تعمیر بودن سیستم، تعمیر یا جایگزین می شود. در حالت دوم فرآیند تعمیر یا تعویض نباید در ماموریت سیستم وقفه ایجاد نماید. این سیستم خود به ۲ گروه زیر تقسیم می شوند:

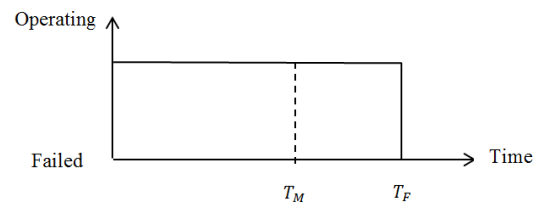
۱. سیستم هایی که فاز کار آنها در نقطه ای در زمان، شروع می شود و در این نقطه سیستم چک شده و بنابراین در مدت کاری باید به وظیفه خود عمل نماید.

۲. سیستم هایی که یک فاز بیکاری در مدت ماموریت خود دارند.

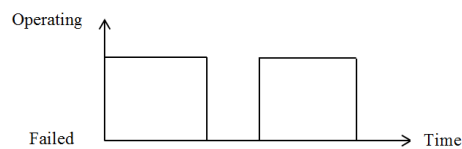
برای هر سه نوع سیستم تابع احتمال خرابی نسبت به زمان در شکل (۱-۱) رسم شده است.



(b) سیستم عملکرد مقتضی شرایط با فاز بیکاری



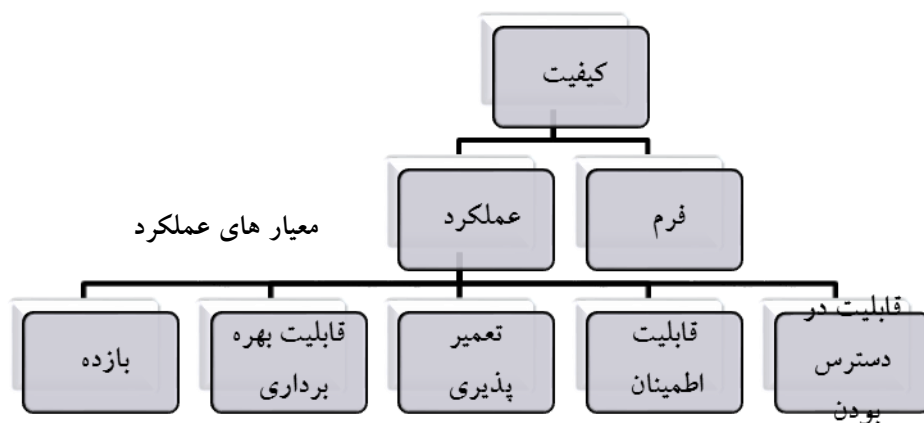
(a) سیستم عملکرد مقتضی شرایط بدون فاز بیکاری



(c) سیستم عملکرد پیوسته

شکل (۱-۱) طبقه بندی مختلف سیستم ها (بیلیتون و الن ۱۹۹۲، ۴)

۳-۱-۱- کیفیت



شکل (۲-۱) فلوچارت کیفیت^۱

همانطور که از فلوچارت شکل (۲-۱) بر می آید، کیفیت دارای دو بعد عملکرد^۲ و فرم^۳ می باشد. در بسیاری از موارد این دو به هم مرتبط هستند. برای عملکرد سیستم، معیارهای عملکرد^۴، تعریف می شود (به عنوان مثال در یک نیروگاه). بنابراین در علم قابلیت اطمینان، با عملکرد سیستم کار داریم.

۴-۱-۱- اهداف و کاربردهای قابلیت اطمینان

- هدف کلی: حصول اطمینان از عملکرد موفق (مورد انتظار) سیستم ها می باشد.
- اهداف و کاربردهای تفصیلی
 - بهبود کیفیت طراحی سیستم ها
 - ارتقاء کارایی سیستم های موجود
 - کاهش هزینه های مستقیم و غیر مستقیم
 - کاهش مخاطرات سیستم ها
 - ارزیابی مخاطرات سیستم ها (PRA or PSA)
 - تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه (RCM)
 - تغییرات فنی در طرح و افزایش طول عمر

۱-۱-۵- روش شناسی

^۱ Quality
^۲ Function
^۳ Form
^۴ Performance criteria

- رویکرد احتمالاتی $\longleftrightarrow$ رویکرد یقینی
- شبیه سازی منطقی به کمک درخت های منطقی

بخش دوم : تحلیل و مدلسازی خرابی

۱-۲-۱- سازوکارهای خرابی

سازوکارهای خرابی را به سه قسمت می توان تقسیم کرد:

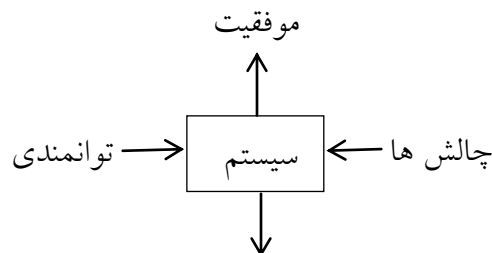
۱. مکانیکی: اضافه بار، خستگی، ضربه، خمش، پارگی و غیره .
۲. شیمیایی (خوردگی): خوردگی تحت تنش، خیس خوردگی، تخلخل، خوردگی گالوانیک و غیره .
۳. فرسودگی: خراش، ساییدگی، کندگی، خستگی سطحی و غیره .

۲-۱-۲- انواع خرابی

بر اساس انواع خرابی، مدل های مختلف تولید می شود.

۱. مدل توانمندی^۱ در مقابل چالش^۲

در این مدل، سیستم با یکسری توانمندی خاص، در مقابل یکسری چالش هایی قرار می گیرد، در این صورت سیستم یا دچار موفقیت^۳ و یا شکست^۴ می شود.



بر اساس نوع سیستم، توانمندی و چالش های سیستم متفاوتی دارند.

شکل (۱-۳) مدل توانمندی در مقابل چالش

^۱ Capability

^۲ Challenges

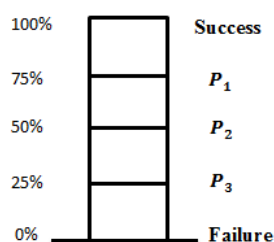
^۳ Success

^۴ Failure

چالش می تواند از نوع زمان نیز باشد. همیشه توانمندی ها و چالش در مقابل هم قرار می گیرند و نشان می دهد سیستم موفق یا دچار خطا می شود؛ این ساده ترین مدل و تعریف خرابی است. این مدل یک مدل گسسته و باینری می باشد، یعنی سیستم در آن دو وضعیتی است، یا موفق یا خراب. در نتیجه توسط این مدل نمی توان تمام وضعیت ها را بررسی کرد. اگر چه مدل ساده و پرکاربردی است و در بعضی موارد با وجود اینکه سیستم ممکن است، وضعیت های متفاوتی داشته باشد؛ ولی به دلیل سادگی، از این مدل استفاده می شود.

۲. مدل خرابی / موفقیت جزئی^۱:

در یک نیروگاه تغییرات سطح قدرت پیوسته است، به همین دلیل سطوح موفقیت میانی تعریف می شود.



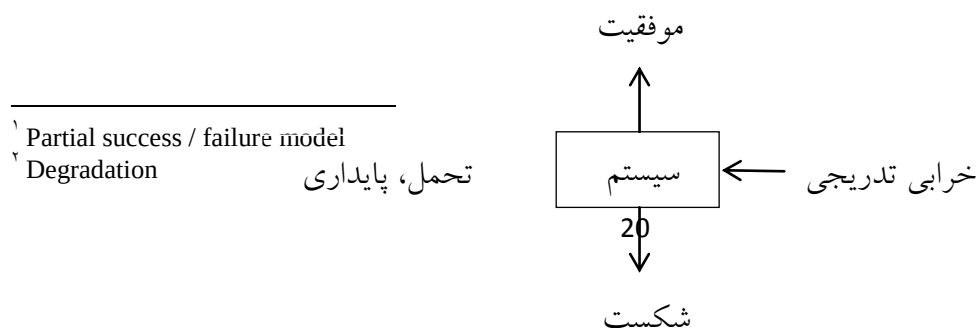
شکل (۱-۴) مدل خرابی / موفقیت جزئی

هنگامی که n قسمت مختلف در یک سیستم داشته باشیم، مدل سازی سیستم مشکل تر می شود و محاسبات طولانی تر می شود. در بعضی از موارد با وجود پیوسته بودن خروجی سیستم، ما فقط دو سطح S و F را در نظر می گیریم تا مدل سازی ساده تری داشته باشیم. جمع احتمال خرابی و موفقیت یک است؛ فرقی ندارد که خرابی یا موفقیت جزئی باشد.

$$F + S = 1$$

۳. مدل های خرابی تدریجی^۲

سیستم هایی وجود دارند که توسط دو مدل بالا قابل مدل سازی نیستند. در مورد یک سازه، با اعمال فشار زیاد در یک لحظه می شکند ولی در اینجا فرسایش در یک زمان رندم اتفاقی می افتد.

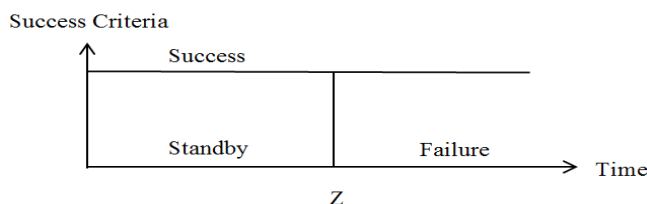




شکل (۵-۱) مدل خرابی تدریجی

۴. مدل های خرابی سیستم های آماده به کار^۱

تا به حال در مورد سیستم های دائمی صحبت کردیم ولی سیستم های آماده به کار فقط هنگام تقاضا استفاده می شوند و مدلسازی کاملاً متفاوتی دارند.



شکل (۶-۱) مدل خرابی سیستم آماده به کار

در مورد برق شبکه، هنگامی که استمرار دارد، در حالت موفقیت (S) قرار دارند ولی در هر لحظه ای تصادفی، مانند Z امکان دارد دچار شکست (F) گردد. به همین دلیل یک سیستم اضطراری تعریف می شود که همیشه در حال استراحت است و فقط در حالت تقاضا وارد مدار می شود به دلیل تصادفی بودن Z مدل سازی این نوع سیستم کاملاً متفاوت است.

۳-۲-۱- توزیع های احتمالاتی

توابع توزیع احتمال خرابی و قابلیت اعتماد به دو دسته کلی قابل تقسیم اند: (جعفر نژاد و اسماعیلیان ۶۰، ۱۳۹۰: ۲۱۵)

۱. توابع گسسته:

^۱ - Standby

- توزیع دو جمله ای منفی
- توزیع هندسی
- توزیع پواسن
- توزیع یکنواخت گسسته
- توزیع برنولی
- توزیع دو جمله ای
- توزیع فوق هندسی

۲. توابع پیوسته:

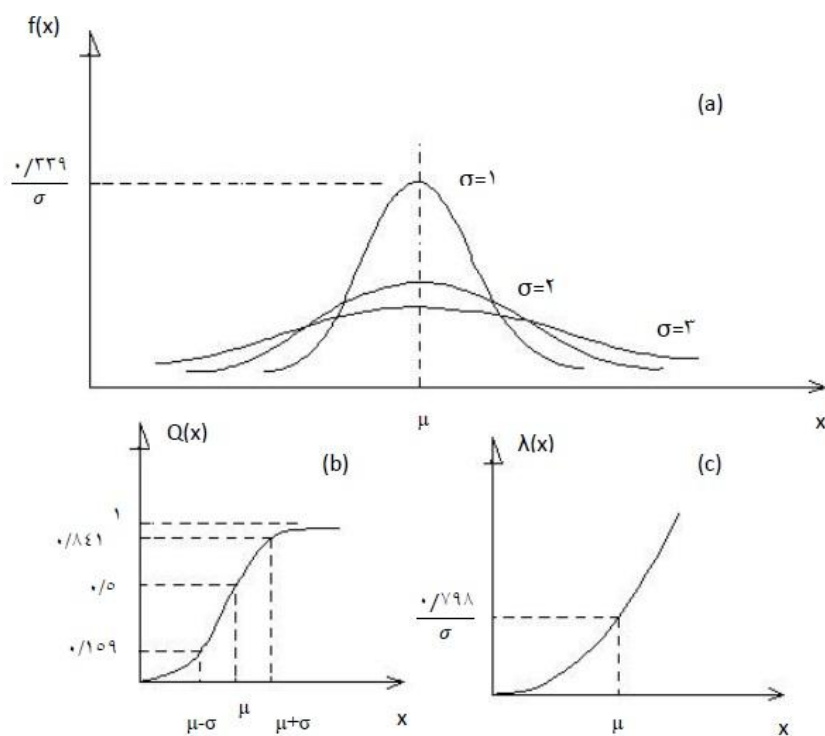
- توزیع یکنواخت پیوسته
- توزیع مثلثی
- تابع گاما
- توزیع گاما
- تابع بتا
- توزیع بتا
- توزیع نمایی
- توزیع فوق نمایی
- توزیع ارلانگ
- توزیع وایبول
- توزیع لاپلاس
- توزیع پارتو
- توزیع نرمال
- توزیع نرمال بریده شده
- توزیع لگ نرمال

در اینجا تنها به توضیح توزیع نرمال، نمایی و وایبول که در پایان نامه از آن استفاده شده است می پردازیم.

۱-۲-۳-۱- توزیع گوسی یا نرمال^۱

مهمترین و پر استفاده ترین توزیع در زمینه آمار و احتمال می باشد. این توزیع متقارن بوده و میانگین و میانه منطبق هستند و توزیع آن برحسب میانگین و انحراف استاندارد به صورت زیر بیان می شود.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp - \frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$



(c) نرخ مخاطره

(b) تابع توزیع جمعی

(a) تابع چگالی احتمال

شکل (۷-۱) توابع توزیع نرمال. (کراسیان و طباطبایی ۳۴، ۱۳۸۸)

^۱ - gaussian or normal distribution

اگر $z = \frac{x-\mu}{\delta}$ تعریف شود با استفاده از تابع توزیع نرمال استاندارد ($\delta = 1, \mu = 0$) و محاسبه مقدار Z از روی جدول (یا منحنی) مقدار X محاسبه می شود.

$$Q(-Z) = 1 - Q(Z)$$

۲-۳-۱- توزیع نمایی

برای حالتی که نرخ مخاطره ثابت می باشد این توزیع برای استفاده مناسب می باشد. توزیع نمایی حالت خاصی از توزیع پواسون می باشد و تابع چگالی احتمالی آن به صورت زیر می باشد:

$$f(x) = \begin{cases} \exp(-\lambda x) & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

$$E(x) = \frac{1}{\lambda} \quad E[x^2] = \frac{2}{\lambda^2} \quad \text{Var}(x) = \frac{1}{\lambda^2}$$

چنانچه نشان داده شد، احتمال سالم بودن یک جزء برای مدت t با شرط ثابت بودن نرخ مخاطره یعنی تابع قابلیت اعتماد به صورت زیر است:

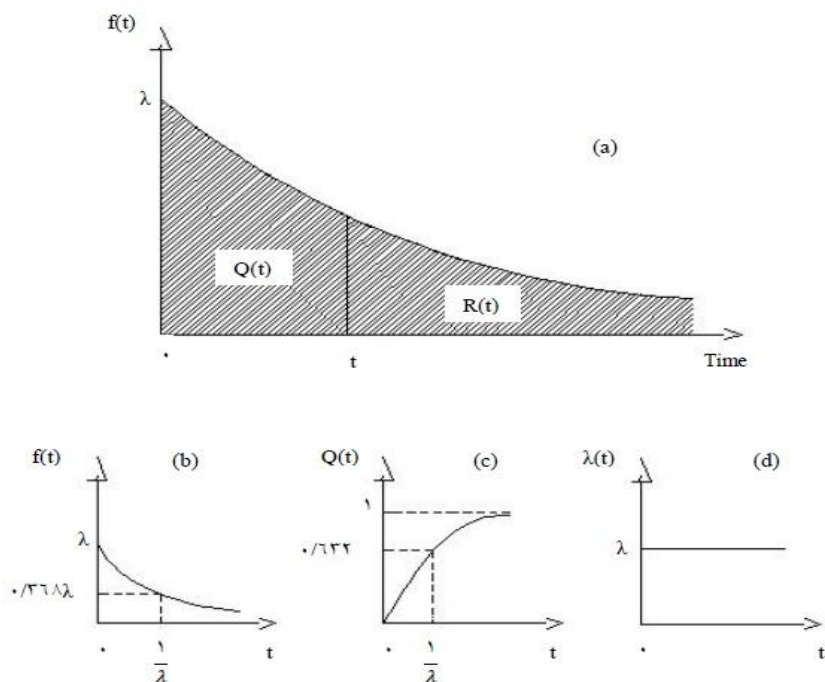
$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

بنابراین تابع چگالی خرابی $f(t) = \frac{-dR(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t}$ خواهد بود.

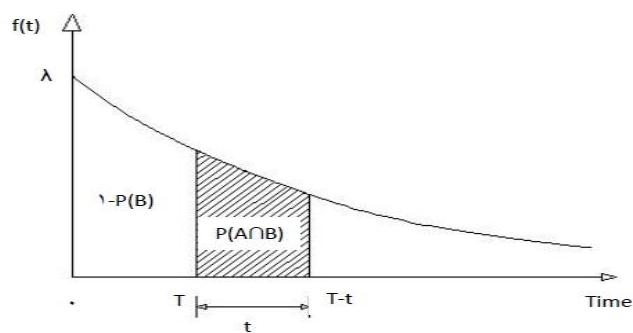
$$Q(t) = \int_0^t f(t) dt = 1 - e^{-\lambda t}$$

که نشان دهنده مناسب بودن توزیع نمایی برای ارزیابی خرابی سیستم ها و اجزاء با نرخ خرابی ثابت است. یک جزء در پریود زمانی T نشان داده شده در شکل (۱۲-۱) را در نظر می گیریم. ارزیابی احتمالی خرابی در بازه بعد t یعنی پریود زمانی (T, T+t) ضروری است احتمال خرابی در این بازه به صورت مستقل از بازه قبلی T نمی تواند ارزیابی شود زیرا اگر این جزء در پریود T خراب شده باشد در بازه (T, T+t) دیگر خراب نمی شود، احتمال خرابی در طول t به نام احتمال^۱ وابسته به گذشته شناخته شده است، زیرا مقدار آن وابسته به تاریخ گذشته جزء می باشد.

^۱ - Posterior



شکل (۸-۱) توابع قابلیت اطمینان نمایی. (کراسیان و طباطبایی ۱۳۸۸، ۲۴)



شکل (۹-۱) توزیع نمایی (بیلیتون والن ۱۹۹۲، ۱۸۳)

با به کار بردن احتمال شرطی به علت مشروط بودن خرابی در طول t به سالم ماندن مولفه q تا زمان T خواهیم داشت .

(خرابی در طول بازه t معین به شرط سالم بودن تا زمان T)

$$P(A/B) = P$$

$$= Q_c(t)$$

$$P(A \cap B) = P$$

(سالم بودن تا زمان T و خرابی در طول بازه $(T, T+t)$)

$$= \int_T^{T+t} \lambda e^{-\lambda t} dt = e^{-\lambda T} - e^{-\lambda(T+t)}$$

$$= \int_T^{\infty} \lambda e^{-\lambda t} dt = e^{-\lambda T}$$

بنابراین :

$$= Q_c(t) = \frac{e^{-\lambda T} - e^{-\lambda(T+t)}}{e^{-\lambda T}}$$

$$= 1 - e^{-\lambda T} \rightarrow 1 - e^{-\lambda T}$$

نتیجه به دست آمده بسیار مهم است زیرا بیان می کند که احتمال خرابی برای هر بازه زمانی ثابت t مستقل از زمان عملکرد قبلی خواهد بود و تنها وابسته به طول بازه t خواهد بود. این نتایج تنها به توزیع نهایی قابل اعمال خواهد بود و بنابراین تنها قابل اعمال به طول عمر مفید یا پیرو عملکرد زمان خواهد بود. قابلیت اعتماد برای پیروهای نرمال یکسان ثابت خواهد بود. این خاصیت مهم توزیع نهایی منجر به تلاعی این مفهوم می شود که این توزیع یک توزیع بدون حافظه خواهد بود. (پورگل محمد، ۱۳۷۷) اگر:

$$\lambda t \ll 1 \quad Q(t) = Q_c(t) = \lambda t \quad R(t) = 1 - \lambda t$$

در جدول (۱-۱) توابع قابلیت اطمینان و خرابی (مدل های عمر) نشان داده شده اند.

جدول (۱-۱) توابع قابلیت اعتماد و خرابی

رابطه سوم	رابطه دوم	رابطه اول	علائم	
$f(t)/R(t)$	$f(t)/(1-F(t))$	$-1/R(t) \frac{dR(t)}{dt}$	$\lambda(t)$	نرخ مخاطره
$\exp[-\int_0^t \lambda(t') dt']$	$1-F(t)$	$\int_t^{\infty} f(t') dt'$	$R(t)$	قابلیت اعتماد
$1 - \exp[-\int_0^t \lambda(t') dt']$	$1-R(t)$	$\int_0^t f(t') dt'$	$F(t)$	احتمال خرابی
$\lambda(t)R(t)$	$-\frac{dR(t)}{dt}$	$\frac{dF(t)}{dt}$	$f(t)$	چگالی احتمال خرابی

۳-۲-۱- توزیع Weibull

بعضی تجهیزات در قسمتی از طول دوران عمر خود دارای نرخ خرابی نزولی، در قسمتی دیگر ثابت و در بخش دیگر دارای نرخ خرابی صعودی هستند. (کریاسیان و طباطبایی ۲۹، ۱۳۸۸) این توزیع با تغییر یکی از پارامتر هایش این امکان را فراهم می سازد.

در این توزیع دو متغیر داریم و به صورت زیر تعریف می شود :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} t^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

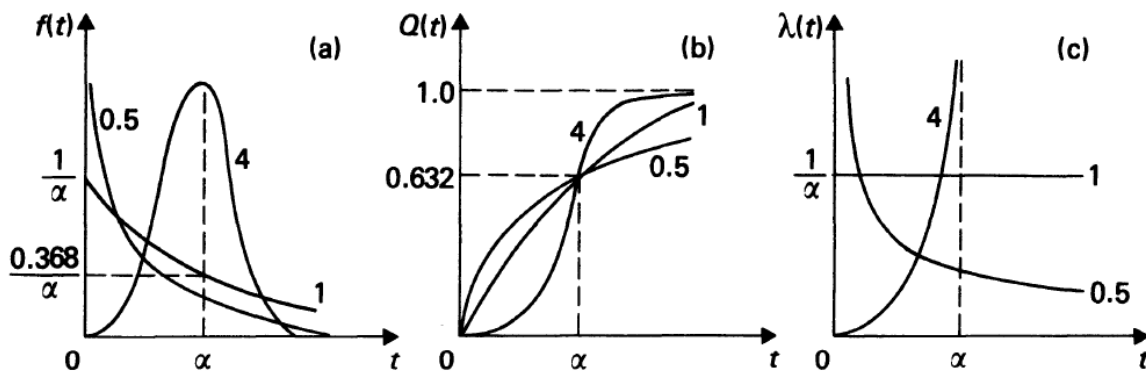
$$h(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} = \beta \frac{t^{\beta-1}}{\alpha^\beta}$$

β می تواند یکی از سه حالت زیر را داشته باشد:

به همان توزیع نمایی تبدیل می شود $\beta=1 \rightarrow$

$\beta < 1 \rightarrow \text{DFR (Decreasing Failure Rate)}$

$\beta > 1 \rightarrow \text{IFR (Increasing Failure Rate)}$



(a) تابع چگالی احتمال

(b) تابع توزیع جمعی

(c) نرخ مخاطره

شکل (۱-۱۰) تابع توزیع وایبول (بیلیتون و الن ۱۸۹، ۱۹۹۲)

در جدول (۱-۲) خلاصه ای از توابع قابلیت اعتماد و پارامترهای توزیع های مختلف آورده شده است.

جدول (۱-۲) لیست توابع و پارامترهای قابلیت اعتماد توزیع های مختلف

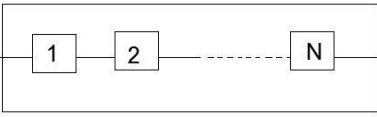
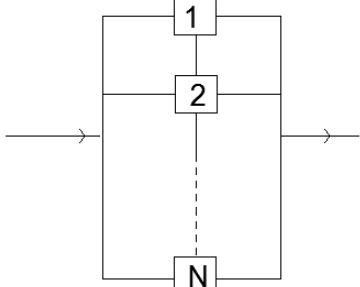
Distribution	Range	Failure density function, $f(t)$	Survivor function, $R(t)$	Hazard rate, $\lambda(t)$	Expected value, $E(t)$	Variance σ^2
normal	$-\infty \leq t \leq \infty$	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$	$\int_t^{\infty} f(t)dt$	$\frac{f(t)}{R(t)}$	μ	σ^2
Exponential	$t \geq 0$	$\lambda \exp(-\lambda t)$	$\exp(-\lambda t)$	λ	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda^2}$
Weibull	$t \geq 0, \beta > 0, \alpha > 0$	$\frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$	$\exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$	$\frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^\beta}$	$\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$	$\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$

بخش سوم : تحلیل قابلیت اطمینان سیستم های بدون تعمیر^۱

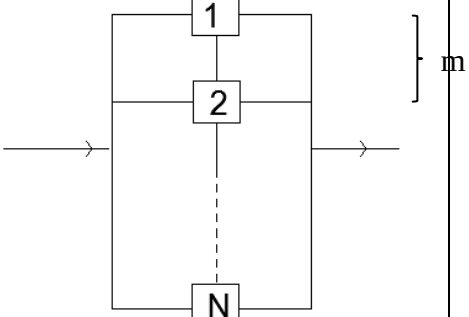
۱-۳-۱- قابلیت اطمینان سیستم های ساده

سیستم های ساده ، سیستم هایی هستند که دارای اجزای کمی هستند ، به طوری که می توان به صورت دستی قابلیت اطمینان آنها را بررسی کرد. (گروش ۱۳۸۱ ، ۱۲۵)

جدول (۱-۳) قابلیت اطمینان سیستم های ساده

Name	System	$R_{sys}(t)$	MTTF
		$R_{sys} = e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{\lambda}$
Series		$R_{sys} = \prod_{n=1}^N R_n = \prod_{n=1}^N e^{-\lambda_n t} = e^{-\sum \lambda_n t}$ $= \frac{N}{11} e^{-\lambda_n t} = e^{-\sum d n t}$	$\frac{1}{\sum \lambda_n}$
Parallel (Active Parallel)		$R_{sys} = 1 - F_{sys} = 1 - \prod_{n=1}^N (1 - R_n)$	$\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} + \dots$

^۱ - منظور از بدون تعمیر این است که ما تعمیر آنها را در نظر نگرفته ایم.

Parallel 1 m/N		$R_{sys} = \sum_{n=m}^N \frac{N!}{n! (N-n)!}$	$R^n = (1 - R)^{N-n}$
----------------------	---	---	-----------------------

سیستم ها را معمولاً به صورت نمودار جعبه ای^۱ نشان می دهیم.

۱. سیستم سری

عملکرد موفق سیستم مستلزم عملکرد موفق تمامی عناصر سیستم است که این معادل آن است که بگوییم با خرابی تنها یک جزء سیستم خراب می شود. حاصلضرب قابلیت اعتماد تک تک اجزاء سیستم برابر با قابلیت اعتماد سیستم است. در این سیستم قابلیت اطمینان سیستم از قابلیت اطمینان تک تک اجزاء کمتر است.

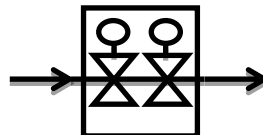
اگر اجزاء مشابه نباشند :

$$R_{sys} = e^{-\sum \lambda_n t}$$

$$MTTF = \frac{1}{\sum \lambda_n}$$

۲. سیستم موازی

برای عملکرد موفق سیستم، عملکرد موفق تنها یک جزء سیستم کافی است که این معادل آن است که بگوییم خرابی سیستم مستلزم خرابی تمام اجزای سیستم است. عملکرد سیستم به اتصال ظاهری بستگی ندارد و بستگی به تعریف عملکرد سیستم دارد. ، مثلاً سیستم زیر در صورت عملکرد هر کدام، سیال عبور نمی کند، پس سیستم موازی است.



شکل (۱-۱۴) سیستم موازی

^۱ - Reliability Block Diagram : RBD

این سیستم ها را سیستم های Active Parallel می گویند زیرا همه اجزا زیر بار هستند. ولی سیستم های آماده به کار، Passive Parallel هستند..

به کار موازی کردن افزونگی^۱ می گویند. یعنی از یک عنصر چند تا قرار می دهیم تا قابلیت اطمینان افزایش یابد.

۳. سیستم k out of N

در یک سیستم موازی ، ممکن است N تا عنصر داشته باشیم ولی فقط موفقیت دو یا چند عنصر کافی باشد. قابلیت اطمینان این سیستم از موازی کمتر و از سری بیشتر است. زیرا در آن عملکرد موفق به عملکرد موفق m سیستم بستگی دارد.

* در طراحی سیستمی که می خواهیم مثلاً به $(R_{sys}=0.99)$ برسیم، چندین حالت وجود دارد مثلاً سری کردن با تک عنصرهای با R خیلی بالا و یا موازی کردن چند عنصر با R پایین تر. شرایط فیزیکی تعیین کننده حالت مورد نظر است.

High level Redundancy $R_{sys} = 1 - (1 - R)^N$

Low level Redundancy $R_{sys} = [1 - (1 - R)^m]^N$

۴. بعضی سیستم ها ، نه سری اند ، نه موازی

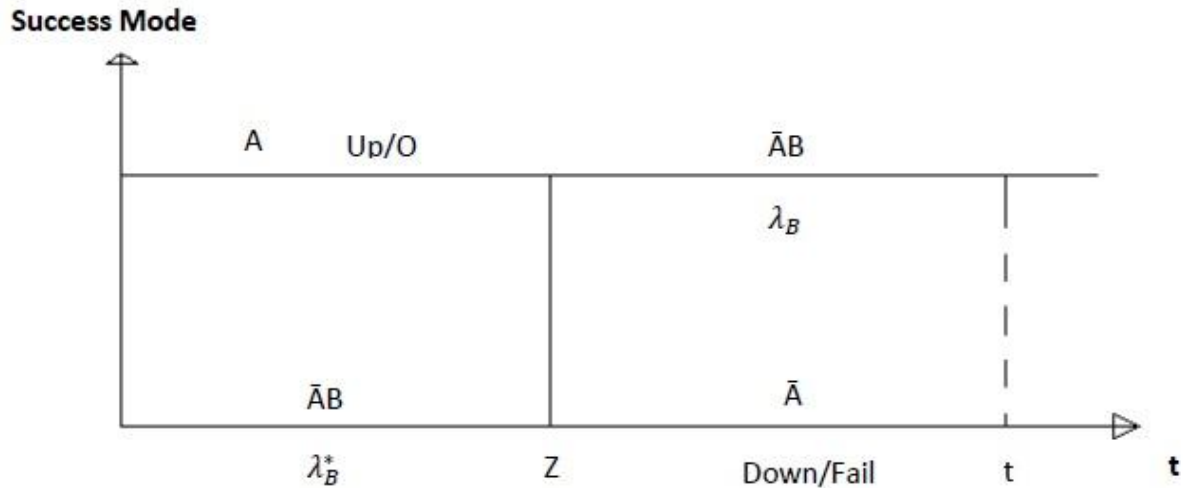
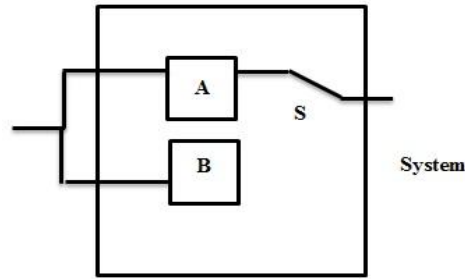
- روش تبدیل ستاره به مثلث و برعکس

- روش تجزیه، که آرایش سیستم های پیچیده را به سیستم های ساده تبدیل می کند.

۵. بررسی قابلیت اعتماد سیستم های آماده به کار

فرض کنید A کار اصلی سیستم را انجام می دهد، عنصر B که رزرو A می باشد، همیشه در مدار زیر بار نیست، توسط یک سوئیچ تعیین می شود که کدام در مدار باشد. در واقع یک سیستم موازی است ولی Passive Parallel است. (کرباسیان و طباطبایی ۱۳۸۸، ۶۳)

^۱ Redundancy



شکل (۱-۱۵) سیستم آماده به کار (شریفی و دیگران ۱۳۹۱، ۵۸)

سیستم در یک زمان نامشخص Z دچار خطا می شود. انتظار داریم در این زمان سیستم آماده به کار وارد مدار شود. در یک زمان غیر مشخص مانند t می خواهیم قابلیت اطمینان را حساب کنیم، اگر فقط یک عنصر داشتیم R به صورت نمایی بود، ولی سیستم متشکل از A و B است.

$$R_{sys} = R_A(t) + \int_0^t f_A(z) dz * R_B(t-z)$$

اگر یک بازه زمان کوچک حول Z بگیریم، احتمال خرابی A برابر است با :

$$f_A(z) dz \quad \text{احتمال خرابی } A \text{ در } dz :$$

$$R_B(t-z) \quad \text{احتمال عملکرد موفق } B \text{ بین } Z \text{ و } t :$$

چون Z مشخص نیست باید روی Z انتگرال بگیریم. با فرض توزیع زمانی

$$R_{sys} = e^{-\lambda_A t} + \int_0^t \lambda_A e^{-\lambda_A z} * e^{-\lambda_B(t-z)} dz$$

$$R_{sys}(t) = e^{-\lambda_A t} + \frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_B} [e^{-\lambda_B t} - e^{-\lambda_A t}]$$

$$= \frac{\lambda_1 e^{-\lambda_2 t}}{\lambda_1 - \lambda_2} + \frac{\lambda_2 e^{-\lambda_1 t}}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

دو اشکال در این فرمول وجود دارد:

۱. باید قابلیت اطمینان سویچ را هم حساب کنیم که در انتگرال ضرب می کنیم .

$$R_{sys} = R_A(t) + R_s * \int_0^t f_A(z) dz * R_B(t-z)$$

۲. به علاوه باید برای حالتی که سیستم B در حالت خاموشی هم دچار مشکل شود، نیز در نظر گرفته شود.

λ_B نرخ خرابی مربوط به حالتی است که سیستم در حال کار است و λ_B^* را نرخ خرابی سیستم در حالتی که در حال توقف است تعریف می کنیم:

$$R_{sys} = R_A(t) + R_s * \int_0^t f_A(z) dz * R_B^* * R_B(t-z)$$

$$R_B^* = e^{-\lambda_B^* z}$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2(\lambda_1 + \lambda_2^*)}$$

در اینجا A و B از لحاظ قابلیت اطمینان با هم یکسان نبودند. اگر هر دو سیستم یکسان باشند، داریم :

$$R_{sys} = e^{-\lambda t}(1 + \lambda t)$$

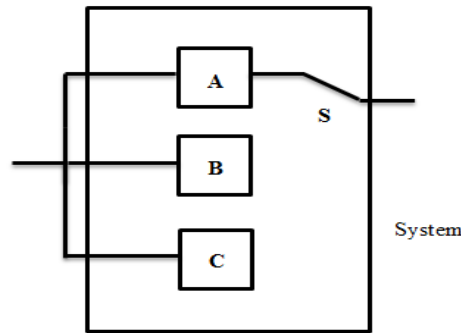
$$\text{if } \lambda_B^* = 0, R_s = 1$$

اگر سیستم دارای دو سیستم آماده به کار باشد؛ برای لحظه t سه مورد موفقیت تعریف می کنیم :

۱- A سالم باشد .

۲- A خراب و B در مدار

۳- A و B خراب و C در مدار



شکل (۱-۱۶) سیستمی شامل دو سیستم آماده به کار

۲-۳-۱- تحلیل قابلیت اطمینان سیستم های پیچیده

برای سیستم های پیچیده از شبیه سازی منطقی استفاده می کنیم؛ مانند استفاده از درخت های منطقی. درخت منطقی، یک نمایش گرافیکی انتزاعی از سیستم با استفاده از نمادهای منطقی است .

الف) (FT) درخت عیب (Fault tree)

ب) (ET) درخت رویداد (Event tree)

الف) ساختار درخت عیب (FT) :

بعد از شناخت دقیق سیستم، به ترتیب زیر می باشد:

۱. انتخاب یک رویداد راس (Top Event, TE) :

یک رویداد نامطلوب، یکی از انواع خرابی سیستم. رویداد مطلوب را ما تعیین می کنیم مثلاً در نیروگاه می توانیم عدم تداوم تولید و یا خرابی توربین یا یک قطعه، رویداد نامطلوب باشد .

۲. شناسایی عوامل بلافاصله منجر به رویداد راس:

- عیب سخت افزاری
- نرسیدن سیگنال مثل سیگنال جریان برق خطای انسانی و سازمانی
- حوادث خارجی : مثل حوادث طبیعی مانند زلزله، سیل و طوفان حوادث ناشی از فعالیت های انسانی ، سقوط هواپیما، انفجار، جنگ و ...

۳. برقراری ارتباط بین این عوامل و رویداد راس با استفاده از نمادهای منطقی

۴. شناسایی عوامل منجر به رویدادهای سطح بالاتر

۵. برقراری ارتباط منطقی بین رویدادهای سطح پایین و بالا

۶. ادامه تحلیل تا سطح رویدادهای پایه (Basic event)

۷. تحلیل کیفی درخت عیب :

شناسایی نقطه ضعف های سیستم توسط یک رابط ریاضی درخت عیب را بنویسیم. رابطه ریاضی توسط جبر منطقی بین رویداد راس و رویداد پایه .

۸. تحلیل کمی درخت عیب :

محاسبه احتمال رویداد رأس هدف تعیین قابلیت اطمینان رویداد رأس است، که شامل روش های زیر است:

- روش فضای رویداد (Event – Space Method)
- روش ردیابی مسیر (Path Tracing)
- روش مجموعه های برشی کمینه (Minimal Cut Set)

ب) تحلیل درخت رویداد :

درخت رویداد مقدم بر درخت عیب است و از آن استفاده می کند. در درخت رویداد^۱ از یک رویداد پایه^۲ شروع کرده و ادامه می دهیم. اگر بخواهیم به جای قابلیت اطمینان روی مخاطرات متمرکز شویم باید سیستم را برای انواع آغازگرهای حادثه بررسی کرده و پاسخ را دنبال کنیم.

۱. انتخاب یک رویداد آغاز گر (Initiating Event)

۲. شناسایی سیستم های مقابله با رویداد آغازگر

سیستم های کنترلی اجازه نمی دهند تا رویداد آغازگر به نتایج بد منجر شوند، این سیستم ها دارای یک Reliability هستند که توسط Fault tree آن را به دست می آوریم.

^۱ event tree

^۲ Basic

۳. ارزیابی قابلیت اعتماد سیستم های مقابله با رویداد آغازگر (به کمک Fault tree Analysis)

۴. بررسی پیامدهای هر شاخه

۵. ساده کردن درخت رویداد

۶. محاسبه احتمال هر شاخه

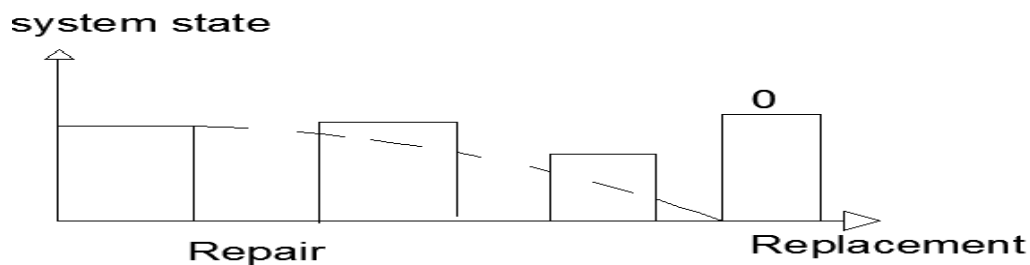
با درخت عیب می توانیم رویدادهای نامطلوب را بررسی کنیم و احتمال وقوع آن را کاهش دهیم. برای بدست آوردن احتمال خرابی یک سیستم از درخت عیب استفاده می کنیم که خرابی سیستم Top Event آن است . پس ET , FT مکمل هم هستند.

بخش چهارم : تحلیل قابلیت اطمینان سیستم های با تعمیر

بسیاری از سیستم ها قابل تعمیر هستند، ولی ممکن است آن را در مدل سازی در نظر بگیریم یا لحاظ نکنیم.

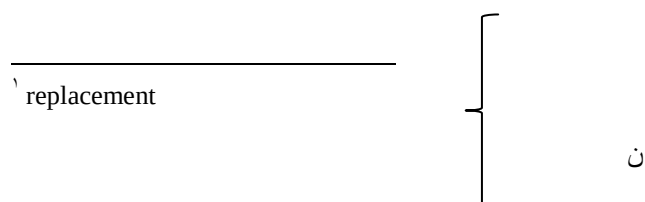
۱-۴-۱- سیستم قابل تعمیر

سیستمی که بتواند پس از خرابی، بدون جایگزینی کامل^۱، بازسازی و به کار برگشت داده شود. بعد از مدتی ممکن است سیستم کیفیت خود را از دست بدهد و کاملاً جایگزین شود.



شکل (۱۷-۱) نمودار سیستم قابل تعمیر (شریفی و دیگران ۱۳۹۱، ۱۳)

وضعیت های ممکن یک سیستم:



۱. کار عادی (Operation) O

Up

۲. کار با موفقیت جزئی (Partial failure) P

۳. توقف ناشی از خرابی (Failure) F

Down {

۴. توقف رزرو (standby) S

۵. تعمیر (Repair) R

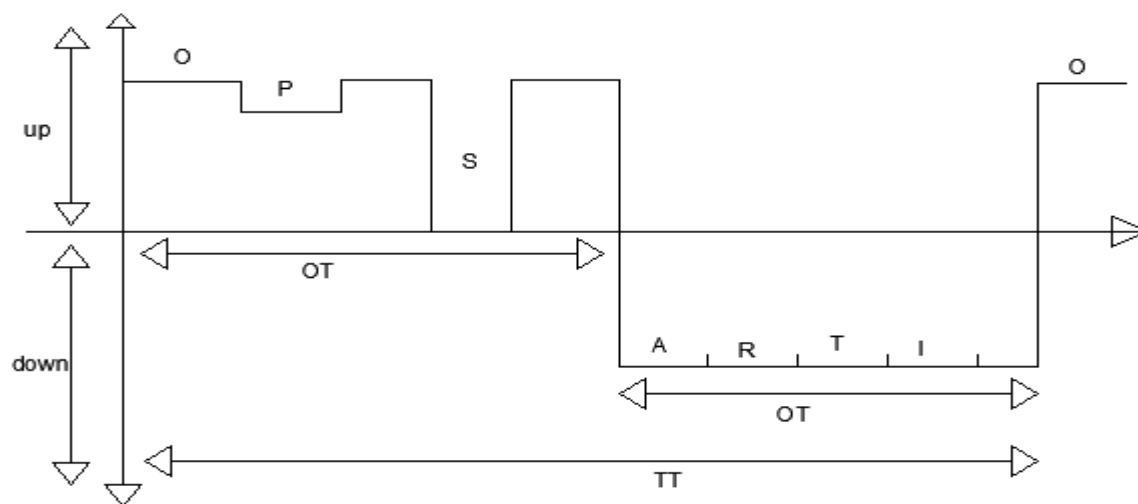
۶. تست (Test) T

۷. نصب (Instalation)

۸. اداری (انبار، تدارکات) (Admin station) A

Down {

۹. تعمیرات پیشگیرانه



شکل (۱۸-۱) نمودار وضعیت های ممکن یک سیستم (مدرس ۲۰۰۶، ۱۳۱)

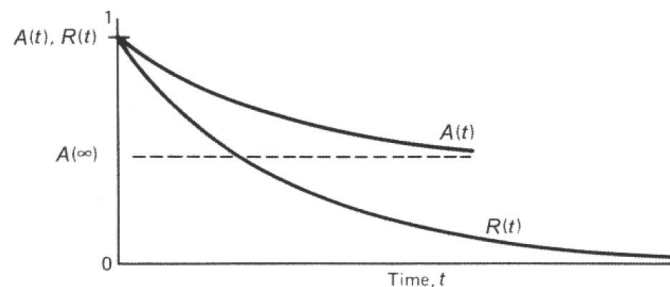
به طور کلی قرار گرفتن در هر کدام از این وضعیت ها به صورت آماری است. در این حالت در زمانهایی که سیستم در حالت up است به جای قابلیت اطمینان از اصطلاح قابلیت دسترسی^۱ استفاده می کنیم. در غیر این صورت سیستم قابل دسترس نیست^۲.

بدون تعمیر و دو وضعیتی: $R(t) \leftrightarrow F(t)$

با تعمیر و چند وضعیتی: $A(t) + u(t) = 1$ $A(t) \leftrightarrow U(t)$

ممکن است برای قابلیت دسترسی فقط حالت های O را در نظر بگیریم برحسب کاربرد می توانیم تعاریف مختلفی از A داشته باشیم. با در نظر گرفتن اینکه قرار گرفتن در هر کدام از این حالتها رندم است، می خواهیم احتمال قرار گرفتن در هر کدام از حالتها را به دست آوریم. با چند احتمال وضعیت هایی که سیستم در دسترس است به ما $A(t)$ را می دهد. دیدیم $R(t)$ سیستم دارای خصوصیات زیر است:

$A(t)$ هم باید نزولی باشد ولی به صفر نمی رسد و به یک مقدار حدی A_{∞} می رسد. برای u هم یک u_{∞} در نظر می گیریم که جمع $A_{\infty} + u_{\infty} = 1$ است. در اصل سیستم رفتار گسسته ای دارد ولی $A(t)$ به صورت پیوسته مدل می شود. (فقط برای سهولت کار)



شکل (۱۹-۱) فرم کلی $A(t)$ و حالت حدی آن در توزیع نمایی (مک کرمیک و لی ۲۰۱۱، ۱۱۷)

بخش پنجم : فرایند مطالعات ارزیابی احتمالاتی ایمنی

۱-۵-۱- ارزیابی احتمالاتی ایمنی

^۱ availability
^۲ unavailable

ارزیابی احتمالاتی ایمنی یک روش سیستماتیک برای حصول اطمینان از چگونگی ساخت و کارکرد سیستم های پیچیده است. این روش نشان دهنده چگونگی ارتباط انسان، اجزای نرم افزاری و سخت افزاری سیستم است و با هدف تعیین مهمترین اجزایی که در ریسک سیستم ها شرکت دارند، انجام می شود. به علاوه با استفاده از روش های کمی، احتمال و یا فرکانس حوادثی را که منتهی به مخاطرات پرتودهی می شود را محاسبه می کند و در هر مورد بزرگی اثرات محیطی و اقتصادی پیش بینی می شوند. مقدار ریسک (تلفات قابل انتظار) هر سلسله از رویدادها با ضرب فرکانس وقوع سلسله رویدادها در اثرات آن به دست می آید. نتیجه اصلی این مطالعات مقدار واقعی ریسک محاسبه شده نیست، بلکه هدف آن مشخص کردن اجزایی از سیستم است که در ریسک سیستم نقش اصلی را دارند. به علاوه عدم قطعیتی که در تخمین ها وجود دارد و شناسایی راهکارهای ممکن برای کاهش ریسک، جزء اهداف این روش به شمار می آیند. (مدرس و دیگران ۲۰۱۰)

بر طبق تا سال ۲۰۰۰ میلادی بیشتر از ۲۰۰ ارزیابی احتمالاتی ایمنی در کل جهان انجام شده است. (IAEA ۲۰۱۰) تمامی آنها سطح اول را انجام داده اند و فرکانس وقوع آسیب به قلب را مشخص کرده اند. در بعضی موارد، تحلیل ادامه داده شده تا روند گسترش حادثه بعد از آسیب به قلب مشخص شود. این مرحله به عنوان مرحله ۱۰ معرفی شده است. استانداردهای چند سال گذشته به انجام PSA سطح دوم منجر شده است تا سال ۲۰۰۰ تعداد کمی PSA سطح سوم کامل شده است.

گستره انجام PSA ها متفاوت است تمامی آنها به بررسی رویدادهای آغازگر در قدرت نامی پرداخته اند و در بعضی از موارد برای توان های پایین تر و یا حالت خاموشی هم مطالعات ادامه پیدا کرده است. به علاوه تمامی مطالعات بر روی رویدادهای داخلی تمرکز داشته اند و در بعضی موارد مخاطرات داخلی مانند آتش سوزی و سیل و مخاطرات خارجی مانند زلزله و سوانح هوایی نیز بررسی شده اند. با توجه به اینکه این پژوهش در حیطه یکی از گام های سطح اول (یعنی تحلیل رویدادهای آغاز گر) انجام می شود در ادامه مراحل سطح اول PSA معرفی خواهند شد. (IAEA ۲۰۱۰)

۲-۵-۱- تحلیل رویدادهای آغازگر

در گام ابتدایی ارزیابی احتمالاتی ایمنی، پس از آشنایی با نیروگاه و جمع آوری اطلاعات، می بایست مجموعه رویدادهای آغازگر (IE) تعیین گردند. رویدادهای آغازگر رویدادهایی هستند یک اختلال در نیروگاه ایجاد می کنند و در صورت خرابی سیستم های ایمنی مربوطه، دارای پتانسیل بالقوه برای منتهی شدن به آسیب قلب می باشند. روش های سیستماتیکی برای تعیین مجموعه رویدادهای آغازگر وجود دارد که هر کدام دارای

محدودیت های مختص به خود هستند. از آنجایی که هدف تولید لیستی کامل از رویدادهای آغازگر است ، معمولاً تمامی این روش ها دنبال شوند ، اگر چه ممکن است یک روش به عنوان روش اصلی انتخاب شده باشد . در زیر چند مورد از روش های ممکن آورده شده است (مدرس و دیگران ۲۰۱۰) :

- ارزیابی مهندسی
- مراجعه به لیست های قبلی
- تحلیل مقایسه ای
- تجربیات بهره برداری

با توجه به حوزه کاری انتخاب شده برای مطالعات ، مجموعه رویدادهای آغازگر تعیین شده می بایست شامل رویدادهای آغازگر داخلی (مانند حادثه از دست دادن خنک کننده) ، مخاطرات داخلی (مانند آتش سوزی ، انفجار و سیل با منشأ داخلی) و مخاطرات خارجی (مانند زلزله ، سانحه هوایی و سیل با منشأ خارجی) باشند. از دست دادن شبکه برق خارجی نیز باید به عنوان رویداد مورد نیاز جهت تحلیل روند گسترش حوادث ، بعضی از رویدادهای آغازگر با هم در یک گروه قرار گیرد (IAEA ۲۰۱۰) تا برای تحلیل در یک درخت رویداد بیایند (مدرس و همکاران ۲۰۱۰).

۳-۵-۱- تحلیل روند گسترش حوادث

مرحله بعدی در مطالعات ، تعیین پاسخ نیروگاه به هر گروه از رویدادهای آغازگر است . مدلسازی این مرحله به تولید توالی رویدادها می انجامد. یک توالی رویداد ، دسته ای از رویدادهاست که در پی یک رویداد آغازگر، به حالت ایمن و یا آسیب قلب منجر می شود. روش های مختلفی برای تحلیل روند گسترش حوادث وجود دارد از جمله :

- درخت رویداد^۱
- نمودار پیامد علت^۲
- نمودار توالی رویداد^۳

^۱ Event tree

^۲ Cause consequence diagram

^۳ Event sequence diagram

در این میان روش درخت رویداد ، روش اصلی برای تحلیل روند گسترش حوادث است و روش های دیگر ذکر شده به عنوان روش تکمیلی مورد استفاده قرار می گیرند(مدرس و دیگران ۲۰۱۰).

در واقع درخت رویداد ، مدلی گرافیکی است که برای تحلیل توالی رویدادها به کار گرفته می شود . در تحلیل درخت رویداد لازم است برای هر یک از رویدادهای آغازگر تمامی کارکردهای ایمنی مورد نیاز به همراه معیار موفقیت سیستم های ایمنی مرتبط با آنها ، مشخص شود . خرابی یا عدم خرابی هر کدام از این سیستم های ایمنی سرفصل های درخت رویداد را تشکیل می دهند . به علاوه عملکرد اپراتور و رویدادهای پایه می توانند شامل این سرفصل ها باشند . درخت رویداد معمولاً به صورتی رسم می شود که وابستگی رویدادها را به رویداد قبلی در سرفصل منعکس کند . در بعضی از موارد نیز به دلیل اینکه خرابی یک سیستم تأثیری در حالت قبلی نخواهد داشت ، شاخه ها حذف می شوند (IAEA ۲۰۱۰).

۴-۵-۱- تحلیل سیستم ها

تا قبل از این مرحله ، پاسخ واحد به رویدادهای آغازگر مدل شده است نتیجه این مدل سازی شامل اجزا و رویدادهایی می شود که باید با دقت بالاتری تحلیل شوند . عمومی ترین عنصر در یک مدل توالی رویداد خرابی یک سیستم است جزئیات این رویدادها با استفاده از یکی از روش های زیر قابل مدل سازی است :

- درخت عیب^۱
- دیاگرام فضای حالت^۲
- بلوک دیاگرام قابلیت اطمینان^۳

درخت عیب اصلی ترین روش تحلیل در مدل سازی سیستم هاست و سایر روش ها در حالت های خاص استفاده می شوند . قبل از اجرای هر کاری ، ابتدا می بایست با عملکرد سیستم و تمامی اجزای آن و اثرات خرابی اجزا در موفقیت سیستم آشنایی پیدا شود . این اطلاعات می تواند با استفاده از یک روش کیفی مثل تحلیل حالات خرابی و اثرات^۴ (FMEA) به دست آید(مدرس و دیگران ۲۰۱۰). رویداد رأس^۵ در درخت های عیب حالت خرابی تعریف شده در درخت رویداد است و در نقطه مقابل معیار موفقیت قرار می گیرد. در بعضی موارد ، بیشتر از یک درخت عیب برای یک سیستم نیاز است تا معیارهای موفقیت تعریف شده در

^۱ Fault tree

^۲ State space diagram

^۳ Reliability block diagram

^۴ Failure modes and effects analysis

^۵ Top event

گروه های مختلف رویداد آغازگر مدل سازی شود . تحلیل درخت عیب تا سطح رویدادهای پایه ادامه پیدا می کند که عموماً شامل خرابی قطعات ، عدم دسترسی قطعات در بازه تعمیر و نگهداری ، خرابی با عامل مشترک و خطای اپراتور می شود (مدرس و دیگران ۲۰۱۰).

۵-۵-۱- تحلیل قابلیت اطمینان انسانی

یک مرحله مهم در تحلیل PSA تحلیل قابلیت اطمینان انسانی^۱ (HRA) می باشد که شامل تعیین عملکردهای انسانی ، وارد کردن این عملکردها در مدل منطقی (درخت عیب و درخت رویداد) و رویدادهای مرتبط می باشد . با داشتن سیستم های ایمنی با سطح بالای افزونگی ، تنوع و قابلیت اطمینان ، توالی خرابی های شامل خطای انسانی ، سهم بالایی در فرکانس آسیب به قلب دارند (IAEA ۲۰۱۰).

۶-۵-۱- داده های مورد نیاز برای تحلیل PSA

گام مهم بعدی ، جمع آوری و تولید تمام اطلاعات مورد نیاز برای کمی سازی مدل های ساخته شده در طی مراحل پیشین است . با توجه به اینکه کمبود داده های در دسترس می تواند مدل را تحت تاثیر قرار دهد . بین این مرحله و مراحل قبلی ممکن است تکرار صورت گیرد . عملیات این مرحله شامل تعیین مدل های قابلیت اطمینان و پارامترهای مورد نیاز ، تعیین منابع داده های مناسب و تکمیل و ارزیابی داده ها برای تولید پارامترهای لازم و عدم قطعیت های مربوط به آنها می شود. (معینان، ۱۳۹۰)

عموماً داده های مورد نیاز مطالعات PSA در سه بخش بررسی می شود :

- داده های رویدادهای آغازگر
- داده های خرابی قطعات ، تست ، تعمیر ، نگه داری و خرابی با عامل مشترک
- داده های خطای انسانی

۷-۵-۱- پایگاه داده های عمومی^۲

در جاییکه برای تخمین پارامترهای مدل ، داده های مختص واحد^۳ وجود ندارد از پایگاه داده عمومی استفاده می شود . این داده ها می توانند از پارامترهای مختص واحد یک نیروگاه و یا بیشتر به دست آید .

^۱ Human reliability analysis

^۲ Generic Database

^۳ Plant specific database

بر این اساس ، داده های موجود می توانند در سه دسته کلی دسته بندی شوند :

- دسته اول : پایگاه های داده ای که با نظرات تخصصی تولید می شود.
- دسته دوم : پایگاه های داده ای که با جمع آوری تجربیات بهره برداری یک گروه از نیروگا هها تولید می شوند .
- دسته سوم : پایگاه های داده ای که با استفاده از تجربیات بهره برداری مختص واحد تولید می شود.

اگر این داده ها برای نیروگاهی با شباهت زیاد برای مثال اندازه ، نوع ، سازنده و محیط کاری یکسان ، استفاده شوند ، در صورت عدم وجود داده های مختص واحد بهترین پایگاه داده ممکن خواهد بود . در واقع برای بسیاری از کاربردها استفاده از پارامترهای عمومی می تواند کافی باشد. این داده ها نه تنها در نیروگاه های تازه تاسیس مورد استفاده قرار می گیرند ، بلکه با توجه به اهمیتشان در نیروگاه های در حال کاری که داده های مختص واحد آنها در دسترس است نیز کاربرد دارند . درحالت کلی ، اگر این داده ها به دقت انتخاب شوند و با طراحی قطعات ، مرز تجهیزات ، تعریف حالات خرابی و شرایط بهره برداری تناسب داشته باشند ، اضافه کردن داده های مختص نیروگاه تغییر قابل توجهی در نتایج ایجاد نخواهد کرد .

مقدار اطلاعات موجود در پایگاه داده های مختلف ، متفاوت است و می تواند شامل بعض و یا تمام موارد زیر باشد :

- توصیف قطعه
- حالت خرابی
- نرخ خرابی (بر ساعت) و یا خرابی در هر تقاضا ، که به صورت مقادیر متوسط و میانگین آورده می شود
- حدود بالا و پایین (در صورت استفاده از توزیع) مقادیر حداقل و حداکثر و سایر پارامترهایی که رنج ممکن از نرخ خرابی را تعریف می کنند
- فاکتور خطا که همراه نرخ خرابی می آید
- زمان تعمیر (به ندرت یافت می شود)

۸-۵-۱- تعریف حالات خرابی و مرز قطعات

تحلیل داده قطعات با هدف مدل سازی خرابی ، تعمیر ، تست و نگه داری قطعات انجام می شود . تعریف آنچه در خرابی یک قطعه شرکت می کند ، نیاز به تعیین بعضی از مشخصه های قطعات دارد . این کار مرزهای تعریف شده قطعه را تعیین و حالات خرابی را تعریف می کند . حالات خرابی یک حالت غیر مطلوب عملکرد قطعه است . برای مثال شیر موتوری بسته در زمانی که نیاز است به دلیل خرابی مکانیکی شیر باز نشود.

در هنگام استفاده از داده های عمومی تعریف مرز قطعات و حالات خرابی اهمیت پیدا می کند . هیچ روش مشخصی برای تعریف مرز قطعات وجود ندارد. بیشتر منابعی که در دسته اول قرار می گیرند تعریف دقیقی از مرز قطعات ارائه نمی دهند . از آنجایی که داده های دسته دوم مربوط به خرابی های واقعی قطعات می شوند ، تعریف بهتری از مرز قطعات دارد . البته اگر سیستم گزارش نیروگاه دارای مقررات سختگیرانه ای در مورد تعریف مرز قطعات نباشد ، دچار سوء تعبیر خواهیم شد. در صورتی که داده های کافی در سیستم جمع آوری داده های نیروگاه وجود داشته باشد ، دسته سوم داده ها در حالت کلی دارای تعریف دقیقی از مرز قطعات هستند اما اگر داده ها از مدارک گزارش روزانه و یا گزارش های نگه داری استخراج شده باشند، ممکن است باعث سوء تعبیر و یا تعریف های نامتناسب از مرز قطعات شود.

شرایط برای تعریف حالات خرابی پیچیده تر است. اگر چه شباهت هایی وجود دارد ولی هیچ سیستم پذیرفته شده ای برای تعریف حالات خرابی وجود ندارد . بعضی از داده های موجود شامل تعریف حالات خرابی می شوند ، ولی معمولاً هیچ اطلاعات دقیقی وجود ندارد . منابع داده ای که حالات خرابی را دقیقاً تعریف نکرده اند باید به دقت مورد استفاده قرار گیرند . به علاوه بسیاری از منابع بین نرخ خرابی در هنگام کار و نرخ خرابی آماده به کار تفاوتی قائل نیستند که می تواند باعث سوء تعبیر شود. (مدرس و دیگران ۲۰۱۰)

تعاریف حالات خرابی و مرز قطعات در هریک از دو مجموعه داده مختلف ، می تواند متفاوت باشد . برای مثال پمپی را در نظر بگیرید که داده های خرابی آن جمع آوری می شود . خرابی سیستم I&C این پمپ می تواند جزء خرابی پمپ در نظر گرفته شود و یا اینکه به صورت جداگانه ای ثبت شود . در این صورت داده های دو حالت متفاوت خواهد بود . در حالت اول مرز پمپ شامل سیستم I&C می شود ولی در حالت دوم مرز پمپ فقط شامل خود پمپ می شود.

به علاوه تعمیر قطعه و تست و نگه داری قطعه بررسی می شود تا بدانیم برای هر کاری از حالات کاری واحد ، هر چند وقت و در چه مدت زمانی ، باید قطعه را غیر قابل استفاده در نظر بگیریم و کدام قطعه یا قطعات تحت اثر قرار می گیرند و اینکه عملیات در حال کار انجام می شود و یا نه. (مدرس و دیگران ۲۰۱۰)

۹-۵-۱- انتخاب مدل و پارامتر قابلیت اطمینان

از نظر مکان و روش آشکار کردن خطای قطعات ، خطاها به دسته های زیر تقسیم می شوند :

- خطاهایی که به صورت پیوسته چک می شوند تا از طریق سیستم های مانیتورینگ خاص آشکار سازی شوند که این کار یا می تواند به صورت فوری در لحظه رخداد خطا از طریق آلارم های صوتی و یا نوری و یا بعد از زمان کوتاهی (از چند دقیقه تا چند ساعت) و توسط اپراتور انجام شود.
- خطاهایی که به صورت دوره ای چک می شوند و تنها در هنگام بازرسی و تست دوره ای در هنگام بهره برداری از نیروگاه قابل تشخیص هستند.

در شرایط کاری عادی ، قطعات از نظر امکان بازیابی بعد از تشخیص به دو دسته قابل تعمیر و غیر قابل تعمیر تقسیم می شوند . هنگام کار در شرایط حادثه ، قطعات در حال کار ، باید در مدت ماموریت مورد نیاز ، کار ایمنی خود را انجام دهند . خطای این دسته از قطعات بعد از راه اندازی موفق رخ می دهد (برای مثال خاموش شدن یک پمپ بعد از راه اندازی) مشخصات کمی این دسته از خطاها در چنین شرایطی ، مقدار متوسط نرخ خرابی و یا احتمال خرابی در بازه زمانی مدت ماموریت مربوطه می باشد (BNPP PSA۲۰۰۳).

در تحلیل PSA ، با توجه به اینکه قطعه در کدامیک از این دسته ها قرار می گیرند یک مدل قابلیت اطمینان متناظر برای آن در نظر گرفته می شود هر مدل قابلیت اطمینان یک یا چند پارامتر نیاز دارد که روابط ظاهر می شوند در ادامه مدل های قابلیت اطمینان به همراه پارامترهای مورد نیاز هر کدام آورده شده است .

الف . نوع اول : Monitored , Repairable Component

این مدل زمانی استفاده می شود که قطعات در هر لحظه از نظر تامین وظیفه مورد نظر چک شوند و خطای آنها بلافاصله تشخیص داده شده و قطعه تعمیر شود (RiskSpectrum User manual 2008). در این مدل قطعات قابل تعمیر در نظر گرفته می شوند و برای هر دو مرحله خطا و تعمیر از توزیع نمایی استفاده می شود . بدین معنی که هر دو نرخ خطا و نرخ تعمیر ثابت اند . عدم دسترسی قطعه در این مدل از رابطه زیر به دست می آید :

پارامترهای ضروری :	پارامترهای اختیاری :
○ نرخ خرابی λ	○ احتمال خرابی q
○ نرخ تعمیر μ	

در اکثر برنامه های آنالیز درخت خطا و در بسیاری از دیگر انواع تحلیل قابلیت اطمینان ، تنها جمله دوم این معادله استفاده می شود . این عدم دسترسی از صفر آغاز شده و به سرعت افزایش می یابد و به یک مقدار مجانبی حالت دائم می رسد . جمله اول معادله اختیاری است و در اکثر موارد استفاده نمی شود . اگر مقدار پارامترهای اختیاری q مشخص نشده باشد و یا برابر با صفر باشد عبارت اول از بین می رود . اما اگر $q > 0$ باشد عبارت اول از q آغاز شده و با توجه به نرخ خرابی μ کاهش می یابد تا به صفر برسد . در هر دو حالت نرخ تعمیر ثابت در نظر گرفته می شوند (BNPP PSA 2003).

ب. نوع دوم : Periodically Tested Component

این مدل قابلیت اطمینان ، برای مدل کردن قطعاتی است که خرابی آنها فقط در حین تست وسیله قابل تشخیص است . بدین معنی که این نوع قطعات به صورت آماده به کار قرار دارند و وضعیت آنها مشخص نیست . به همین دلیل در بازه های زمانی مشخص تست می شوند تا وضعیت آنها در انجام مأموریت مورد نظر بررسی شود (RiskSpectrum User manual 2008). این مدل پیچیده ترین مدل در بین مدل های قابلیت اطمینان است . در ساده ترین فرم ، و با تنها نرخ خرابی و بازه های تست مشخص شده ، معادله آن به شکل مدل های سنتی برای قطعات با تست دوره ای در می آید . پارامترهای لازم و اختیاری این مدل بدین صورت است :

پارامترهای ضروری :	پارامترهای اختیاری :
○ نرخ خرابی λ	○ احتمال خرابی q
○ بازه تست TI	○ زمان اولین تست TF
	○ زمان متوسط تعمیر TR

این مدل نیز از توزیع نمایی برای فرآیند خطا (نرخ خطای ثابت) و بازه تست ثابت و یک زمان تعمیر ثابت (در صورت استفاده از TR) به کار گرفته می شود. برای ساده کردن درک این مدل ، ابتدا آن را تنها همراه

پارامترهای لازم ، نرخ خرابی و بازه تست بررسی می کنیم. در این صورت عدم دسترسی از طریق معادله زیر به دست می آید (BNPP PSA 2003) :

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda(t-T_i)} \quad T_i = 0, T_1, 2T_1, \dots$$

با توجه به معادله عدم دسترسی به صورت منحنی دندان اره ای در می آید . اگر به مدل ، زمان اولین تست ، TF را اضافه کنیم مدل همان است با این تفاوت که زمان تست ها به مقدار TF جا به جا می شوند :

$$T_i = 0, TF, TF + T_1, TF + 2T_1, \dots$$

مقدار متوسط عدم دسترسی Q_{mean} با انتگرال گیری از $Q(t)$ روی سیکل کامل به دست می آید :

$$Q = \frac{1}{T_t} \int_0^{T_t} Q(t) dt = 1 - \frac{1}{\lambda T_t} (1 - e^{-\lambda T_t})$$

ج. نوع سوم : Constant Unavailability

مدل نوع سوم برای قطعاتی استفاده می شود که احتمال خرابی آنها به زمان بهره برداری و یا سایر پارامترها وابسته نیست و اغلب شامل قطعاتی است که خرابی در هر تقاضا آنها موجود است و یا به دلیل تست و نگه داری در دسترس نیستند (RiskSpectrum User manual 2008).

این مدل ، مدلی ساده است که در آن عدم دسترسی q به عنوان تنها پارامتر ، ثابت در نظر گرفته می شود . بیشترین کاربرد این مدل در حالاتی است که احتمال خرابی در هر تقاضا مورد نیاز است . عموماً این مدل زمانی استفاده می شود که قطعات یا سیستم ها فعال می شوند و یا تغییر وضعیت می دهند برای مثال شیرهایی که در هنگام باز یا بسته شدن و یا موتورهایی که در هنگام راه اندازی یا توقف دچار خطا می شوند . این مدل هیچ رفتار تابع زمانی ندارد . فرمول عدم دسترسی $Q(t)$ و مقدار متوسط عدم دسترسی Q_{mean} بدین صورت است (BNPP PSA 2003) : $Q = q$ و $Q(t) = q$

پارامترهای ضروری :	پارامترهای اختیاری :
○ احتمال خرابی q	---

د. نوع چهارم : Component with Fixed Mission Time

این مدل برای قطعاتی استفاده می شود که باید در طی یک زمان مشخص کارکنند و در طی این زمان قابل تعمیر نیستند . این قطعات عموماً بعد از راه اندازی ، مأموریت خود را در مدت مأموریت^۱ انجام می دهند (RiskSpectrum User manual 2008).

این مدل رفتاری مانند نوع سوم دارد اما در این مدل ، عدم دسترسی ثابت به صورت مستقیم به عنوان ورودی داده نمی شود بلکه این مقدار با استفاده از نرخ خرابی و زمان مأموریت محاسبه می شود . مقدار عدم دسترسی ثابت q نیز می تواند به صورت اختیاری وارد شود (BNPP PSA 2003).

$$Q(t) = q + 1 - e^{-\lambda T_M} (= \text{constant})$$

$$Q = q + 1 - e^{-\lambda T_M} (= \text{constant})$$

پارامترهای ضروری :	پارامترهای اختیاری :
○ نرخ خرابی λ	○ احتمال خرابی q
○ مدت مأموریت T_M	

د. نوع پنجم : Constant Frequency

این مدل زمانی استفاده می شود که یک رویداد با فرکانس (نرخ) ثابت رخ می دهد . عموماً این مدل تنها برای حوادث آغازگر مورد استفاده قرار می گیرد . این حوادث آغازگر اکثراً در درخت های رویداد استفاده می شوند ولی می توانند به عنوان رویداد پایه در درخت عیب هم استفاده شوند (BNPP PSA 2003).

ه. نوع ششم : Non – Repairable Component

این مدل برای قطعاتی به کار گرفته می شود که در طی بهره برداری قابل تعمیر نمی باشد . این مدل هم برای قطعات آماده به کار و هم قطعات در حال کار قابل استفاده است اما در هر کدام از این حالات نرخ خرابی تعریف متفاوتی دارد (RiskSpectrum User manual 2008). این مدل برای قطعات بدون تعمیر با رفتار نمایی (نرخ خطای ثابت) است همانند سایر مدل ها عدم دسترسی به عنوان پارامتری اختیار در نظر گرفته شده است . این مدل می تواند در شرایطی که احتمال خرابی در زمان صفر موجود باشد نیز استفاده شود (BNPP PSA 2003).

پارامترهای ضروری :	پارامترهای اختیاری :
--------------------	----------------------

^۱ Mission Time

در این مدل تعریف مقدار متوسط حالت دائم برای عدم دسترسی Q معنایی ندارد زیرا این مقدار به صورت مجانبی به سمت یک افزایش می یابد.

۱۰-۵-۱- تحلیل کمی

مرحله بعدی مطالعات، کمی کردن برای تعیین فرکانسی آسیب به قلب و مشخص کردن سهم هر توالی رویداد در آن می باشد برای این کار لازم است مدل های منطقی که با استفاده از درخت عیب و رویداد انجام شده است از طریق عبارات جبری کاهش یابند. در نتیجه فرکانس توالی های رویداد با استفاده از فرکانس های رویدادهای آغازگر، احتمالات خرابی قطعات، احتمالات خرابی های با عامل مشترک احتمالات خطای انسانی و سایر داده های مورد نیاز، محاسبه خواهد شد. تعداد زیادی از کدهای کامپیوتری وجود دارند که این محاسبات را انجام می دهند. (IAEA ۲۰۱۰)

فصل دوم:

PRA/DPRA و نقش سناریو ها در ارزیابی ریسک

۱-۲- ارزیابی احتمالاتی ریسک

ارزیابی احتمالاتی ریسک که ارزیابی ریسک کمی و ارزیابی احتمالاتی ایمنی نیز نامیده می شود، بعنوان روش شناسی جامع و سیستماتیک برای ارزیابی ریسک هایی که با هر چرخه عمر سیستمهای مهندسی شده پیچیده همراه است، (مانند نیروگاه های برق هسته ای، خطوط هوایی، مأموریت های فضایی، نیروگاه های شیمیایی و تجهیزات نظامی) از تعریف مفهوم، تا طراحی، ساخت و عملیات راه اندازی و تا خارج کردن از سرویس تعریف می شود. PRA ابتدا در صنایع هوا فضا در زمان برنامه های فضایی آپلو استفاده شده است. (استاماتلوس ۲۰۰۰). اولین کاربرد درمقیاس گسترده ی روش PRA، WASH-۱۴۰۰ بود، مطالعه ایمنی راکتر (NRC ۱۹۷۵). WASH-۱۴۰۰ دوره رویداد هایی را در نظر می گیرد که ممکن است در طول یک حادثه

جدی در یک راکتور آب سبک رخ دهد و عواقب رادیو لوزیکی این رویداد ها و احتمال وقوع آن ها با استفاده از یک روش درخت رویداد / درخت خطا برآورد شده است. یکی دیگر از انطباق های عمده ی روش شناسی PRA بعد از بررسی گسترده سیاست های ایمنی ناسا بدنبال جادته Challenger رخ داد. در آن زمان، ناسا تعدادی از برنامه ها را برای تحلیل ریسک کمی مانند ارزیابی ریسک برنامه شاتل فضایی ایجاد کرد (فرگلا ۱۹۹۵) اداره ایمنی و بیمه مأموریت ها در هیات ریسه ناسا کتابهای راهنمایی متعددی را منتشر کرد، تا کارشناسان PRA را در ناسا ارتقا دهد. (استاماتلوس و دیگران ۲۰۰۲)

در فرایند ارزیابی ریسک مرتبط با یک سیستم، PRA سه سؤال عمده را پاسخ می دهد که میتوان آن را بعنوان یک مجموعه سه گانه ارائه داد $\{< s_i, f_i, p_i >\}$: "سناریو ها - فرکانس ها - عواقب":

۱. چه چیزی می تواند خراب شود؟ [سناریو ها]
 ۲. هر سناریو چقدر محتمل است؟ [احتمالات]
 ۳. نتایج هر سناریو چقدر شدید است؟ [عواقب]
- سناریوهایی که عواقب مشابه دارند معمولاً بایکدیگر گروه بندی میشوند تا فاکتور ریسک را برای هر نتیجه فراهم کنند. (کاپلان و گریک ۱۹۸۱)

روش PRA کلاسیک شامل ساختار مدلهای جداگانه که رفتار و ساختار سیستم را بوسیله تحلیلگر ریسک توصیف می کند، می باشد. مدلهای معمولاً در شکل درخت خطا و درخت رویداد ساخته می شوند که نمایش گرافیکی جبر بولی هستند که ترکیبات رویدادهای پایه، که منجر به خرابی سیستم می شوند را توصیف می کنند. رویداد های پایه معمولاً خرابی برخی قطعات یا زیر سیستم ها را نشان می دهند. دانش لازم برای حل ET/FT محاسبه احتمالات پایه است. بسته های نرم افزاری تجاری براحتی برای ساخت ET/FT در دسترس است و محاسبات لازم را اداره می کنند.

دقت نتایج PRA، زمانی که اطلاعات احتمالات خرابی لازم، کمیاب و یا کاملاً در دسترس نیست، برای استفاده بعنوان ورودی برای فرایند ارزیابی نقصان میابد. در این موارد، نتایج PRA برای مقایسه ریسک نسبی یا رتبه بندی ریسک مناسبتر از ارزیابی ریسک مطلق است. این چنین مقایسه ها و رتبه بندی ها برای اصلاح طراحی سیستم ها و مفاهیم موجود در یک محیط با منابع کم، بسیار مفید است. (استاماتلوس ۲۰۰۰).

به طور طبیعی، زمانی که اطلاعات احتمالات خرابی براحتی در دسترس است، یافته اند که تلاش های PRA مزایای اضافی برای سازمان دهی کاربردها دارد. تعدادی از این مزایا در (استاماتلوس ۲۰۰۰) فهرست شده است و شامل موارد زیر است :

۱. بیش جدید در رابطه با عیبهای طراحی و راههای مقرون بصرفه برای حذف آن ها در طراحی قبل از ساخت و راه اندازی
۲. یک درک عمیق از بهربرداری نرمال و غیرنرمال سیستم هاوامکانات پیچیده
۳. درک بهتر از روش ها برای کاهش هزینه های بهربرداری و نگهداری زمانی که شرایط ایمنی را تامین میکند یا از ان فراتر می رود.
۴. یادگیری اصول تکنیکی برای درخواست و دریافت معافیت از الزامات قانونی محافظه کارانه غیر ضروری

اهمیت تکنیکهای PRA بوسیله تعدادی از سازمان های نظارتی که انها را مستقیماً در چارچوب های نظارتیشان وارد کرده اند به رسمیت شناخته شده است. درموقعیت هایی که مدیریت ریسک برای موفقیت مأموریت اهمیت اساسی دارد، روش های PRA نقش مهم و روز افزونی در آگاه سازی تصمیمات مدیریتی و/یا سازمان های نظارتی دارد. در سال ۱۹۸۸، NRC، برای مثال شرایطی را تعیین کرد که هر نیروگاه هسته ای در امریکا، ارزیابی نیروگاهی مستقلی را انجام دهد تا آسیب پذیری نیروگاه را نسبت به خرابی های سخت افزاری و اشتباهات انسانی در طراحی و بهربرداری، شناسایی و ارزیابی کنند.

۲-۲- محدودیت های روش PRA کلاسیک

روش های PRA در پروژه های مختلفی با موفقیت بکار رفته است. اما توصیف بعضی سیستم های دینامیکی پیچیده، فقط با به کارگیری تکنیک هایی مثل آنالیز تحلیل درخت خطا/ درخت رویداد دارای مشکلاتی است. تکنیک های کلاسیک هنگامی که برای سیستم های دینامیک و پیچیده بکار میروند که اغلب شامل سیستم های هیبرید قطعات سخت افزاری، نرم افزاری و انسانی هستند که در بین آنها اثرات متقابل زیادی ممکن است رخ دهد که با چالش های زیادی در هر جنبه از مسئله روبرو است. فرایند برآورد احتمالات و تعیین عواقب با تاثیر پذیرفتن از دینامیک های سیستم در نرخ ها و مکانیزم های خرابی اجزای سیستم، تحت تاثیر قرار می گیرد. مهم تر اینکه تولید سناریوها با موانع زیادی روبروست، از جمله انفجار ترکیبی.

همچنانکه قبلاً گفتیم، سناریوها در ارزیابی ریسک احتمالاتی نقش مهمی دارد. یکی از سوالات اساسی که PRA تلاش می کند به آن جواب دهد این است که چه چیزی می تواند خراب شود یا دقیقتر، سناریوهای پر خطر کدامند. ارزیابی ریسک بستگی به سناریوهای پرخطری دارد که بوسیله تحلیلگر تعریف شده است. به منظور ارزیابی ریسک، باید مجموعه سناریو ها کامل شود، و سناریو ها از هم جدا گردند و تعداد آن ها تعیین شود (کاپلان و گریک ۱۹۸۱). یکی از بزرگترین چالش هایی که روش های PRA به هنگام بکار بردن در سیستم های پیچیده دینامیک با آن روبرو است، گرفتن یک مجموعه کامل از سناریوهای جدا از هم است.

روش های PRA همچون درخت های رویداد و خطا پیاده سازی منطق است. مدل های بنا شده بر اساس منطق بول (Boolean Logic)، در تعیین زمانبندی رویدادها یا حتی مشخص کردن ترتیب رویدادها، دارای محدودیت می باشند. همچنین مدل کردن وابستگی های احتمالاتی یا تغییر با زمان نرخ رویداد ها در سناریو ها دشوار است.

در مدلی که بر اساس منطق بول بنا شده، حتی با توسعه "دینامیک"، تحلیلگر ریسک باید اثرات متقابل بین قسمت های مختلف سیستم و اثرات آن روی ایمنی سیستم را شناسایی کند. دریک سیستم دینامیک این وظیفه ساده نیست.

در آنالیز FT، همیشه فرض بر این است که حوادث پایه (Basic Event) در cut set ها با حادثه رأس Top (Event) در یک زمان رخ داده اند، یعنی FT به صورت استاتیک است و اختلاف زمان بین رخداد ها لحاظ نمی شود به خصوص در مواردی که در یک سیستم دینامیک، اثرات متقابل پیچیده ای بین اجزای سخت افزار، نرم افزار و انسانی درکار است. (کجازی ۱۹۹۶)

جدای از مسئله آنالیز وابسته به زمان، در نظر نگرفتن دینامیک سیستم دربرخی موارد ساده سازی مهمی است. آنالیز ET میتواند به درستی مکانیزم خرابی سیستم های دینامیکی را توضیح دهد، اما با توجه به صرف نظر کردن از متغیر های فرآیندی، نمیتواند توزیع زمانی حالت نامطلوب را تعیین کند. بنابراین تنها راهی که ET میتواند تغییرات زمانی را در نظر بگیرد از طریق گسسته کردن بازه های زمانی فرآیند متغیر ها می باشد. هنگامی که ما نیاز به جزئیات فرآیند متغیرها داریم و یا موقعی که تعداد متغیر ها افزایش می یابد، رشد ET غیر قابل کنترل است. بدون داشتن یک مدل فیزیکی، آنالیز ET باید بر مبنای قضاوت ذهنی (Expert Judgment) از اثر متقابل بین متغیر ها انجام شود. در نتیجه، محاسبه احتمال وقوع حالت بعدی میتواند درست نباشد. فرآیند

اتفاقی ناشی از خرابی های تصادفی نرم افزار / سخت افزار، که با دینامیک سیستم ها و / یا مداخله انسانی ترکیب شده اند، احتمالا خرابی های مهم و قابل توجه دیگری را در سیستم موجب می شوند.

۳-۲ - Dynamic PRA

با اذعان به این چنین مشکلاتی یک مجموعه از روش شناسی های جدید تحت عنوان " قابلیت اطمینان دینامیکی " یا " ارزیابی دینامیکی ریسک " (Dynamic PRA) توسعه یافته است. بخاطر گستردگی رشته هایی که روی این مسئله کار می کنند، گاهی به سختی میتوان اصطلاحاتی که به روش شناسی پیشنهادی مشابه، اشاره میکنند را شناسایی کرد با این وجود پذیرفته میشود که روشهایی که تلاش میکنند سیستم ها را با مشخصه های زیر برای هدف PRA بکار گیرند روش DPRA است: (آلد میر و زیو ۱۹۹۸)

۱. پدیده های دینامیکی تاثیر فراوانی بر روی پاسخ سیستم دارند. (مثلا کارکرد وسایل محافظتی / کنترلی هنگام رسیدن به استانه تعیین شده مقادیر متغیرهای فرایند)

۲. رفتار خرابی اجزای سخت افزاری و اقدامات اپراتور انسانی به فرایند دینامیکی وابسته است.

۳. اثرات متقابل پیچیده بین اقدامات اپراتور انسانی و قطعات سخت افزاری بر پاسخ سیستم و رفتار خرابی تاثیر دارد.

۴. حالت های تنزل یافته مختلفی وجود دارد که با حالت های خرابی چند گانه و فرایند دینامیکی مرتبط است. روشهای Dynamic PRA ابزاری مکمل برای تکنیک های PRA هستند که میتوانند اثرات متقابل میان اجزا و متغیرهای فرایندی را به سادگی کنترل کنند. بطور کلی، آنها مدل سازی واقع گرایانه تری از سیستم ها، به منظور آنالیز قابلیت اعتماد، ریسک و ایمنی می دهند. با در دست داشتن DPRA، تحلیلگر ریسک سیستم میتواند به طور روشن تری محدوده ی رویکرد کلاسیک راد رک کند و تعیین کند که چه موقع روش های دینامیک لازم و قابل استفاده است. از آنجایی که مشکل استفاده از PRA در ساده سازی و مصالحه ای که تحلیلگر باید ایجاد کند قرار دارد، بار اثبات درست بودن روش شناسی بر دوش تحلیلگر است. (لیبو و دیگران ۲۰۰۰). به هر حال، تکنیک های DPRA چارچوبی برای بدست آوردن تاثیر دینامیک های زمان و فرایند روی سناریو فراهم میکند، بنابراین بار اثبات درستی از تحلیلگر، به روش شناسی منتقل می شود.

روش شناسی DPRA در دهه اخیر تحولات زیادی داشته است. در سال ۱۹۸۱، امکان اصلاح Dynamic PRA بررسی شد (امندلا و رینا ۱۹۸۱). چند سال بعد، بکارگیری DYLAM و ADS برای حل مسئله DPRA

درتاسیسات برق هسته ای و دیگر حیطه ها انجام شد (نیولیانتو و دیگران ۱۹۸۶). همچنین این منابع رانیز میتوانید مشاهده کنید. (سو و مصلح ۱۹۹۶)، (چنگ ۱۹۹۹).

اخیرا، یک چهارچوب محاسباتی جامع تر برای انجام ارزیابی های دینامیکی احتمالاتی معرفی شد (دووقت واسمیت ۱۹۹۲). تئوری دینامیک احتمالاتی مسایل DPRA را معادل مسایل انتقال که باید بوسیله شبیه سازی مونت کارلو (به عنوان مثال) حل گردد، تفسیر کرد. برای بررسی کلی تر روش شناسی Dynamic PRA مقالات متعددی در دسترس هستند. (سیو ۱۹۹۴)، (لیو و دیگران ۲۰۰۰).

۴-۲- بررسی روش های مختلف DPRA با تاکید بر تولید سناریو / مدل سازی

روش های DPRA را میتوان بسته به اینکه از تلاش های نشات گرفته از ارتقای تکنیک های مدل سازی PRA کلاسیک ناشی شده باشد یا نه، به دو طبقه بندی پایه تقسیم بندی کرد. روشهای DPRA ای که از روش PRA کلاسیک ناشی شده، شامل روش درخت خطای دینامیک (DFT) Dynamic Fault Tree و روش دیگرام عواقب رویداد توسعه یافته Extended Event Sequence Diagram (ESD). آنها یکی از روش PRA کلاسیک ناشی نشده است شامل GOFLOW، Dynamic Flow graph و تکنیک های شبیه سازی است. در ادامه تنها به توصیف روش درخت خطای دینامیک که در این پروژه به کار رفته، می پردازیم.

۴-۲-۱- درخت خطای دینامیک

درخت خطای استاتیک در مواجهه با مسایل PRA جهان واقعی که می تواند شامل وابستگی عواقب، بهبود خطا و اشتباه و وجود افزونگی ها باشد، زیاد مناسب نیست. بخاطر پذیرش گسترده استفاده زیاد از تحلیل درخت خطای استاتیک، با این حال، یک رویکرد طبیعی تلاشش این بود که آن ها را بگونه ای ارتقا دهد و اصلاح کند که به آن ها این امکان را بدهد تا مشخصه های دینامیک سیستم را بگیرند، درشرایطی که فرمت و توانایی های FTA آشنا را حفظ کند. روش درخت خطای دینامیک که بوسیله دوگان و دیگران پیشنهاد شده (دوگان ۱۹۹۱) این کار را با اضافه کردن گیت های جدید متعددی مانند گیت وابستگی عملکردی، گیت cold spare، گیت priority-AND و گیت sequence-enforcing به درخت خطای معمول، انجام دادند، بگونه ای که میتواند افزونگی و عواقب رویدادها را کنترل کند.

مدل های زنجیره مارکوف و Binary Decision Diagrams (BDD) برای حل یک DFT استفاده شده است. فرآیند تبدیل یک DFT به یک مدل مارکوف به صورت خودکار در آماده است. زمانی که ابعاد یک سیستم افزایش می یابد، به هر حال، این تبدیل یک فضای حالت بزرگ، تولید می کند. در نتیجه تلاشها در جهت جداسازی اتوماتیک درخت عیب به درخت های فرعی (sub-trees) صورت گرفته است، که میتواند استاتیک یا دینامیک باشد و درخت های فرعی با استفاده از الگوریتم های مختلف می تواند حل شود (دوگان ۲۰۰۰)، (آماري و دیگران ۲۰۰۳). روش های ترکیبی مانند BDD در صورتیکه درخت های فرعی استاتیک باشند و مدل زنجیره مارکوف، برای حل درخت های فرعی دینامیک می تواند استفاده شود.

بسته های نرم افزاری مانند DiTree و بعدا گاليله در دانشگاه ویرجینیا توسعه یافته اند، تا مدل درخت خطای دینامیک را حل کنند (دوگان ۲۰۰۰)، (دوگان و دیگران ۲۰۰۰). درخت خطای دینامیک در بسته های نرم افزاری درخت خطای تجاری متعددی پشتیبانی می شوند، مانند Fault Tree+ و Sapphire Relax.

سپین و دیگران درخت خطای دینامیک متفاوتی را پیشنهاد کردند، تا شرایط زمانی را در سیستم های ایمنی، مورد بررسی قرار دهند (کپین و موکو ۲۰۰۲). رویداد های خانگی (House events) که میتوانند در نقاط زمانی گسسته، خاموش یا روشن شوند در درخت خطای کلاسیک وارد شد تا شرایط زمانی را تامین کند. یک ماتریس رویداد خانه، رویدادهای خانگی ای را نشان میدهد که در نقاط زمانی گسسته خاموش و روشن می شود.

هر دو نوع DFT، عملکرد FTA را توسعه میدهند تا شامل برخی خصوصیات دینامیک شوند، اما هیچ یک از آن ها قادر نیست از پس همه ی طیف گسترده ی مشخصه های دینامیک بر آید. هر دوی آن ها فرضیات مارکوف مدل بستگی دارند. بنابراین اثرات متقابل دینامیکی پیچیده همچون اثرات متقابل بین رفتار قطعات و پارامترهای فرایند به راحتی بدست نمی آید.

فصل سوم:

آنانیز قابلیت اطمینان ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری

بخش اول:

۱-۳- خصوصیات و شرح مختصری از خرابی ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری

ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری به عنوان منبع تغذیه ای مستقل در از دست دادن برق خارجی نیروگاه برق هسته ای در نظر گرفته شده است. ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری چهار کانال جدا از هم مستقل از یکدیگر را در بردارد، که هر کانال منبع تغذیه برای یک کانال بار می باشد. کانال ها خرابی هایی که وابسته به رویداد آغازگر، که مستلزم عملکرد ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری باشد را ندارند.

در انجام آنالیز قابلیت اطمینان تمام سیستم های کمکی ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری، آن سیستم هایی که خرابی آنها منجر به از دست دادن عملکرد اختصاص داده شده به ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری میشد، شناسایی شدند. برای هر کدام از این سیستم ها یک مفهوم خرابی توضیح داده شده و یک آنالیز از تأثیر تک تک اجزاء بر روی عملکرد یک کانال ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری صورت گرفته است. به عنوان یک بخش از هر کانال ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری، سیستم های کمکی زیر در نظر گرفته شده اند:

- سیستم نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتور
- سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور
- سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور
- سیستم راه انداز دیزل ژنراتور
- سیستم مکش هوا و آگزوز دیزل ژنراتور
- سیستم هوای راه انداز

دیزل ژنراتورها با تجهیزات الکتریکی و مکانیکی، ابزارهای اتوماتیک و ابزار دقیق و کنترل در حوزه منبع تغذیه گنجانیده می شوند. (دیزل ژنراتور و تجهیزات کمکی آن که به عنوان یک قطعه که خصوصیات خرابی ایمن آن به وسیله کارخانه تولید کننده مشخص شده است، رفتار می کنند)

داده های قابلیت اطمینان دیزل ژنراتورهای GY10,11-40,41 و واحدهای مشترک آن در خرابی خود دیزل و تجهیزاتش، که در داخل مرز دیزل ژنراتور است، لحاظ شده اند. خرابی یکی از کانال های ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری زمانی اتفاق می افتد که کاهش ولتاژ در شینه های سیستم تغذیه اضطراری رخ دهد. در این صورت یکی از پیشامدهای زیر ممکن است اتفاق بیافتد:

- خرابی دیزل ژنراتور برای شروع به کار در یک مدت زمان خاص.
- از کارافتادن دیزل ژنراتور در حین ارائه خدمات در زمان اضطراری بعد از اینکه با موفقیت شروع به کار کرد.

بخش دوم : دیزل ژنراتور

۳-۲- دیزل ژنراتور

۳-۲-۱- توصیف سیستم

۳-۲-۱-۱- هدف سیستم

ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری GY10,11,20,21,30,31,40,41 در واقع منبع تغذیه اضطراری برای تأمین برق اضطراری در نیروگاه های برق هسته ای هستند.

۳-۲-۱-۲- شرح مختصری از سیستم

۳-۲-۱-۲-۱- شرح مختصری از فلوچارت

دو دیزل ژنراتور GY10,11 D001;GY20,21D00;GY30,31D001,GY40,41D001 و تجهیزات کمکی آن در هر ساختمان ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری قرار دارند. دیزل ژنراتورها به صورت موازی به یکدیگر متصل شده اند و به یک بخش از سیستم منبع تغذیه اضطراری به وسیله یک سویچ متصل شده اند.

۳-۲-۱-۲-۲- قطعات

دیزل ژنراتورها در مجموعه ای که توسط شرکت سازنده، شامل تجهیزات الکتریکی و گرمایی ، تجهیزات اتوماسیون و ابزار دقیق و کنترل میباشد، به نیروگاه تحویل داده شده اند . (یک دیزل ژنراتور و تجهیزات کمکی اش به عنوان یک عنصر در نظر گرفته شده، که شاخص های عملکرد بدون خرابی آن نیز توسط سازنده تعیین شده است). بازده یک دیزل ژنراتور 3100 KW را ایجاد می کند که جمع بازده دو دیزل ژنراتور 6200 KW می گردد.

۳-۲-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم

سیستم کنترل اتوماتیک دیزل ژنراتور نیز در یک مجموعه به نیروگاه تحویل داده شده است و قابلیت اطمینان نیز محاسبه گردیده است.

۳-۲-۱-۴- سیستم های پشتیبانی

برای نگهداری دیزل ژنراتور ها در حالت آمادگی مستمر برای راه اندازی در شرایط عملکرد نرمال در نیروگاه های برق هسته ای و برای اطمینان یافتن از قابل استفاده بودن در شرایط اضطراری یک عملکرد قابل اعتماد از سیستم های کمکی زیر لازم است :

- سیستم نگه داری و سوخت رسانی دیزل ژنراتور
- سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور
- سیستم خنک کننده آب دیزل ژنراتور
- سیستم مکش هوا و اگزوز دیزل ژنراتور
- سیستم هوای راه انداز
- سیستم خنک کننده اتاق توربین ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری
- سیستم منبع تغذیه کمکی ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری

۵-۱-۲-۳- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال

در شرایط کاری نرمال نیروگاه برق هسته ای، دیزل ژنراتورها کار نمی کنند آنها در حالت آمادگی مداوم برای شروع به کار هستند.

۶-۱-۲-۳- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری

وقتی که پیشامد آغازگر اتفاق می افتد (زمانی که عملکرد دیزل ژنراتور لازم میگردد) راه اندازی دیزل ژنراتور به صورت خودکار (اتوماتیک) صورت می گیرد . اگر لازم باشد راه اندازی دیزل ژنراتورها از اتاق کنترل اصلی و اتاق کنترل اضطراری امکان پذیر است ، به همین ترتیب از اتاق کنترل ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری.

دو دیزل ژنراتوری که در هر کانال ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری قرار دارند به صورت همزمان شروع به کار می کنند و زمانی به یک کانال سیستم منبع تغذیه اضطراری متصل میشوند که به ولتاژ نامی برسند.

۷-۱-۲-۳- تست های دوره ای قطعات

در واحد بهره برداری تست های دوره ای با راه اندازی دیزل ژنراتور ها در هر کانال به صورت ایمن صورت می گیرد. این تست های دوره ای هر ۶۷۲ ساعت یک بار صورت می گیرد و از آنجا که ۴ کانال داریم، هر ۱۶۸ ساعت یک کانال تست میگردد، بدین ترتیب ایمنی افزایش میابد. در طول این تست ها ، دیزل ژنراتورها ،

خواص عملکردی خود را از دست نمی دهند و در مواردی که پیشامد آغازگر اتفاق بیافتد، آماده به انجام عملکردهای ایمنی هستند .

لیست دیزل ژنراتورهایی که تست های دوره ای در واحد بهره برداری روی آنها صورت می گیرد ، تأثیر دیزل ژنراتورها روی قابل استفاده بودن کانال ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری در جدول (۱-۳) آمده است:

جدول (۱-۳) زمان تست ها و تأثیر آن روی عملکرد سیستم

دوره بر حسب ساعت (h)	تأثیر تست روی عملکرد سیستم	نوع کنترل شده خرابی	عنصر
۶۷۲	تأثیر نپذیرفته است	شروع به کار نکردن	دیزل ژنراتور GY10,20,30,40,D001
۶۷۲	تأثیر نپذیرفته است	شروع به کار نکردن	دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001

۸-۱-۲-۳- رویه تعمیرات برنامه ریزی شده و نشده

تعمیرات برنامه ریزی شده دیزل ژنراتورها هر یک سال یک بار در طول خاموشی راکتور، زمانی که سوخت گیری مجدد صورت می گیرد ،انجام می شود، همچنین تعمیرات پیشگیرانه برنامه ریزی شده ی تجهیزات نیز انجام شود . در واحد بهره برداری تعمیرات برنامه ریزی شده انجام نمی گردد و در آنالیز نیز در نظر گرفته نشده است. بعد از انجام تعمیرات برنامه ریزی شده ، دیزل ژنراتورها تحت تست های راه اندازی و کنترل قرار می گیرند. بنابراین اشتباهات پرسنل که مرتبط با تعمیرات برنامه ریزی شده می باشد، در آنالیز در نظر گرفته نمی شود .

با کشف خرابی در حداقل یکی از دو دیزل موجود در یک کانال در واحد بهره برداری،کانال باید برای تعمیراتی که در طراحی برنامه ریزی نشده ، از کار انداخته شود. از کار افتادن یک کانال در یک تعمیر برنامه ریزی نشده در زمان کاری راکتور،برای زمانی بیشتر از ۷۲ ساعت از لحظه تشخیص خرابی، در صورتی که سه کانال دیگر ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری در دسترس باشند، پذیرفته نشده است. از کار افتادن یک کانال در یک تعمیر برنامه ریزی نشده به عنوان خرابی کانال پذیرفته شده است و در آنالیز قابلیت اطمینان سیستم در نظر گرفته شده است.

۳-۲-۲- مدل کردن سیستم

۳-۲-۲-۱- فرضیات و محدودیت ها

دیزل ژنراتورها هیچ خرابی ای که وابسته به پیشامد آغازگر باشد، ندارند. دیزل ژنراتور و تجهیزات کمکی آن که به صورت یک مجموعه از طرف شرکت سازنده به نیروگاه تحویل داده شده اند، به عنوان عنصری که شاخصهای ایمنی آن به وسیله سازنده مشخص شده است، در نظر گرفته شده اند.

۳-۲-۲-۲- بیان خرابی سیستم

راه اندازی نشدن حداقل یکی از دو دیزل ژنراتورها موجود در یک کانال به عنوان خرابی کانال لحاظ می گردد.

۳-۲-۲-۳- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها

انواع خرابی عناصر و عواقب آنها در جدول (۳-۲) آورده شده است.

جدول (۳-۲) انواع خرابی عناصر و عواقب آنها

نشان	شرح عنصر	حالت عنصر		نوع خرابی	کنترل در حالت مورد انتظار	قابلیت بهبود	عواقب خرابی
		حالت مورد انتظار	حالت حادثه				
GY10D001	دیزل ژنراتور	آماده برای راه اندازی	در حال عملکرد	راه اندازی نشدن؛ خرابی در عملکرد	کنترل دوره ای	عنصر قابل بهبود	خرابی کانال
GY20D001	دیزل ژنراتور	آماده برای راه اندازی	در حال عملکرد	راه اندازی نشدن؛ خرابی در عملکرد	کنترل دوره ای	عنصر قابل بهبود	خرابی کانال
GY30D001	دیزل ژنراتور	آماده برای راه اندازی	در حال عملکرد	راه اندازی نشدن؛ خرابی در عملکرد	کنترل دوره ای	عنصر قابل بهبود	خرابی کانال
GY40D001	دیزل ژنراتور	آماده برای راه اندازی	در حال عملکرد	راه اندازی نشدن؛ خرابی در عملکرد	کنترل دوره ای	عنصر قابل بهبود	خرابی کانال

کانال	بهبود	خرابی در عملکرد	عملکرد	اندازی	ژنراتور	
خرابی کانال	عنصر قابل بهبود	کنترل دوره ای	راه اندازی نشدن؛ خرابی در عملکرد	در حال عملکرد	آماده برای راه اندازی	دیزل ژنراتور GY11D001
خرابی کانال	عنصر قابل بهبود	کنترل دوره ای	راه اندازی نشدن؛ خرابی در عملکرد	در حال عملکرد	آماده برای راه اندازی	دیزل ژنراتور GY21D001
خرابی کانال	عنصر قابل بهبود	کنترل دوره ای	راه اندازی نشدن؛ خرابی در عملکرد	در حال عملکرد	آماده برای راه اندازی	دیزل ژنراتور GY31D001
خرابی کانال	عنصر قابل بهبود	کنترل دوره ای	راه اندازی نشدن؛ خرابی در عملکرد	در حال عملکرد	آماده برای راه اندازی	دیزل ژنراتور GY41D001

۴-۲-۳- آنالیز حالت های غیر عملی (Inoperable)

در یک واحد متوقف شده، در طول تعمیرات پیشگیرانه طراحی شده، عملیات تعمیرات برنامه ریزی شده در طراحی دیزل ژنراتور ها، انجام می گیرد، پس از آن تست های راه اندازی و کنترل برای دیزل ژنراتورها باید انجام گیرد.

تست های دوره ای دیزل ژنراتورها منجر به از دست دادن خواص عملکردی آنها نمی شوند، بنابراین در وقوع رویداد آغازگر در شرایط تست، دیزل ژنراتورها می توانند وارد عمل گردند.

۴-۲-۳-۵ آنالیز اشتباهات پرسنل

دیزل ژنراتورها به صورت اتوماتیک راه اندازی می گردند. در این آنالیز، خرابی ای که به سبب عملکرد پرسنل در از کار انداختن دیزل ژنراتورها بعد از اینکه منبع تغذیه به حالت نرمال بازگشت، در نظر گرفته شده است. در طول انجام تست کنترل، دیزل ژنراتورها خواص عملکردی خود را از دست نمی دهند ، بنابراین اشتباهات اپراتور که مرتبط با تست می شود، در محاسبات حذف شده است.

بخش سوم : سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها

۳-۳- سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها

۳-۳-۱- شرح سیستم

۳-۳-۱-۱- هدف از سیستم

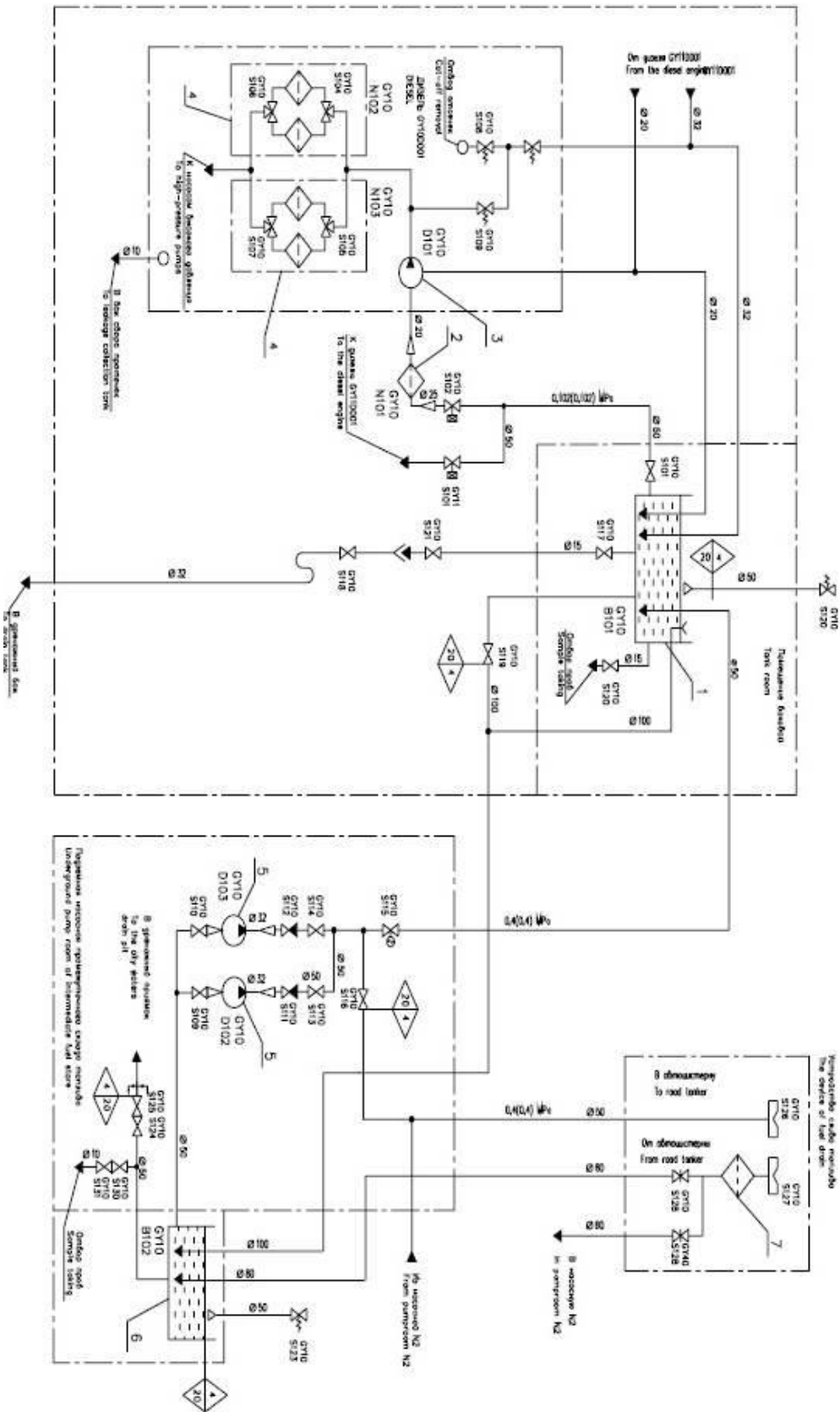
سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی (سیستم سوخت رسانی) برای ذخیره سازی ، آماده سازی (رسوب کردن ، فیلتراسیون) و عرضه سوخت به دیزل در نظر گرفته شده است. سیستم سوخت رسانی یک سیستم ایمنی پشتیبان می باشد.

۳-۳-۲-۱- شرح مختصری از سیستم

۳-۳-۱-۲-۱- شرح مختصری از فلوچارت

سیستم سوخت رسانی متشکل از چهار کانال جدا از هم مستقل است که با ساختار ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری سازگار است. شکل (۳-۱) فلوچارت یکی از کانال های سیستم سوخت رسانی را نشان می دهد (یعنی یک اتاقک ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری)، چون کانال ها کاملاً مشابه یکدیگر هستند به نشان دادن یک کانال بسنده کرده ایم.

سیستم سوخت رسانی ، آماده سازی سوخت (رسوب کردن و فیلتراسیون) و عرضه به دیزل ها را مهیا می سازد. مصرف سوخت به وسیله دو دیزل موجود در اتاقک ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری در هر ساعت برابر با $1.64m^3$ در هنگام کارکرد دیزل ژنراتور در توان نامی می باشد. همان طور که می دانیم در هر کانال دو دیزل وجود دارد که یک باک سوخت روزانه برای آنها در نظر گرفته شده است که در ارتفاع $9.6+$ متری قرار دارد (هر ساختمان ZK یک باک اصلی دارد در حالی که مخزن ذخیره که در ارتفاع $5-$ متری می باشد، در ساختمان ZS قرار دارد). قطعات سیستم محرک موتور از طریق سیستم تغذیه نرمال و اضطراری مصرف کننده های گروه ۲ تأمین می گردد.



شکل (۳-۱) نمای یک کانال سیستم سوخت رسانی

کدام
کانال

۳-۳-
۲-۲-
۲-
تجهیزات
از
های

سیستم شامل آیتم های زیر هستند:

- مخزن ذخیره GY10,20,30,40B102 ($V=100m^3$) که برای نگهداری سوخت دیزل به میزانی که عملکرد دیزل ژنراتور را برای ۲ روز کارکرد فراهم کند، در نظر گرفته شده است.
- باک مصرف روزانه GY10,20,30,40B101 ($V=10m^3$) زمانی که پر شود، عملکرد دیزل ژنراتورها را برای مدت پنج ساعت تأمین می کند.
- فیلتر دانه درشت سوخت GY10,20,30,40,N101 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40,D1001 و GY11,21,31,41,N101 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001
- واحد فیلتر دانه ریز سوخت GY10,20,30,40,N102,103 برای دیزل ژنراتور . GY10,20,30,40,D1001 و GY11,21,31,41N102,103 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001 (یکی اصلی و دیگری رزرو می باشد).
- پمپ های قوی GY10,20,30,40,D102,103 که برای پر کردن باک مصرف روزانه با سوخت از مخزن ذخیره در نظر گرفته شده است. (یکی اصلی و دیگری رزرو می باشد).
- پمپ تخلیه GY10,20,30,40,D101 و GY11,21,31,41,D101 که محرکه ی آن میل لنگ دیزل می باشد و در فشار ۴ bar قرار دارد. این پمپ ها وظیفه ی تأمین سوخت به داخل فیلترهای ریز و از آنجا به پمپ های فشار قوی سوخت یا انژکتور که وظیفه پاشش سوخت در سیلندر را به عهده دارند و در فشار ۶ bar بار قرار دارند را به عهده دارد. (اضافه این سوخت به سیستم باز میگردد، همچنین نشتی های انژکتور نیز به مخزن باز می گردد).
- شیر برقی GY10S115 که در خط تأمین سوخت به مخزن سوخت روزانه قرار دارد،همواره باز است،مگر در مواقع آتش سوزی بسته می گردد.
- شیرهای یک طرفه GY10S111, GY10S112 در خط تخلیه پمپ های قوی باک مصرف روزانه.
- هر ساختمان سایت دیزل ژنراتور اضطراری که برای تخلیه سوخت از مخزن کامیون حمل سوخت که بین دو اتاقک سایت دیزل ژنراتور اضطراری مشترک است، شامل موارد زیر است :
- فیلتر دانه درشت سوخت GY10N104 , GY20N104 که در حالت نرمال بسته و تنها در هنگام سوخت گیری باز می گردد.
- شیرهای دریچه ای GY10,40,S128 ,GY20,30S128.
- خط لوله هایی برای پرکردن و تخلیه سوخت.

۳-۳-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم

کنترل و نظارت بر سیستم سوخت رسانی در اتاق کنترل محلی صورت می گیرد و یک سیگنال خطای ترکیب شده نیز به اتاق کنترل اصلی فرستاده می شود.

برای کنترل سیستم و به دست آوردن اطلاعات در مورد حالت آنها در طول عملکرد، تدارکاتی برای اندازه گیری پارامترهای زیر در نظر گرفته شده است:

- فشار در پمپ های مکش
- فشار در پمپ های تخلیه
- فشار در خروجی و ورودی فیلترها
- سطح سوخت در باک مصرف روزانه و مخزن ذخیره

۳-۳-۱-۴- سیستم های پشتیبانی

لیست سیستم هایی که سیستم سوخت رسانی بر عملکرد ایمنی آنها تاثیر میگذارد، در جدول (۳-۳) نشان داده شده است.

جدول (۳-۳) لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند

لیستی از قطعات مهم سیستم	سیستم های کنترل و نظارت		
	سیستم خنک کننده آب	سیستم منبع تغذیه	سیستم کنترل
پمپ تقویت مخزن خدمات GY10,20,30,40,D102,103		11FE,12FF, 13FG,14FH	
شیر موتوری GY10,20,30,40,S115		11FE,12FF 13FG,14FH	

۳-۳-۱-۵- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال

در طول کارکرد نرمال واحد، سیستم سوخت رسانی در حالت آماده به کار می باشد و سوخت را به مدت دو روز در مخزن ذخیره GY10,20,30,40,B102 نگهداری می کند و ذخیره سازی سوخت در باک سوخت روزانه GY10,20,30,40,B101 به مقداری است که عملکرد دیزل ژنراتورها را حداقل برای ۵ ساعت تضمین کند.

سطح سوخت در باک مصرف روزانه GY10,20,30,40B101 به طور دائم تا حد خاصی صرف نظر از حالت دیزل ژنراتور، نگهداری می شود. در صورت کاهش سطح سوخت در باک مصرف روزانه GY10,20,30,40B101 به وسیله یک سیگنال از شاخصهای سطح، پمپ GY10,20,30,40,D102 به صورت خودکار شروع به فراهم کردن سوخت از مخزن ذخیره GY10,20,30,40,B102 به باک مصرف روزانه می کند. در کاهش میزان سطح از آن مقداری که تعیین شده بوده، پمپ به صورت اتوماتیک تریپ می کند. پمپ رزرو ، GY10,20,30,40,D103 با انتقال بار اتوماتیک، هنگام خرابی در عملکرد پمپ اصلی GY10,20,30,40,D102، شروع به کار می کند.

در کاهش سطح سوخت در مخزن ذخیره GY10,20,30,40,B102 یک سیگنال به اتاق کنترل محلی و اتاق کنترل اصلی فرستاده می شود. مخزن ذخیره در شرایط کارکرد نرمال قدرت واحد به وسیله کامیون های حمل سوخت که از انبار های اصلی قابل احتراق نیروگاه برق هسته ای و مواد روان کننده یا نزدیکترین پایگاه روغن دوباره پر می شود.

۱-۳-۳-۶- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری

در کارکرد دیزل ژنراتور ، سوخت از باک مصرف روزانه GY10,20,30,40B101 به وسیله گرانش به داخل فیلتر دانه درشت GY11,21,31,41,N101 یا GY10,20,30,40,N101 فرستاده می شود و از آنجا به سمت پمپ تخلیه دیزل GY11,21,31,41,D101 یا GY10,20,30,40,D101 که سوخت را به درون فیلترهای دانه ریز GY10,20,30,40,N102 ,GY11,21,31,41,D101 هدایت می کند تا به پمپ های فشار قوی روانه گردند.

باک مصرف روزانه GY10,20,30,40B101 به صورت اتوماتیک از طریق سیگنالی که از شاخص سطح آن میرسد، به وسیله پمپ قوی GY10,20,30,40D102 یا GY10,20,30,40D103 سوخت را از مخزن ذخیره GY10,20,30,40B102 گرفته و دوباره پر می شود.

در صورت کاهش سطح سوخت در مخزن ذخیره GY10,20,30,40B102 سیگنالی به اتاق کنترل محلی و اصلی فرستاده می شود. مخزن ذخیره در هنگام از دست دادن منبع تغذیه (کمکی) در شرایط کارکرد نرمال قدرت نیروگاه، به وسیله کامیون های حمل سوخت که از انبار های اصلی قابل احتراق نیروگاه برق هسته ای و مواد روان کننده یا نزدیکترین پایگاه روغن دوباره پر می شود. تخلیه و سرریز اضطراری باک مصرف روزانه GY10,20,30,40B101 به مخزن ذخیره GY10,20,30,40B102 فرستاده می شود.

۷-۱-۳-۳- تست های دوره ای قطعات

آمادگی عملکرد سیستم به صورت دوره ای در طول کارکرد نیروگاه با تست کردن، چک می گردد. تست سیستم سوخت رسانی همزمان با دیزل ژنراتور ها صورت میگیرد. این تست های دوره ای هر ۶۷۲ ساعت یک بار صورت می گیرد و از آنجا که ۴ کانال داریم، هر ۱۶۸ ساعت یک کانال تست میگردد، بدین ترتیب ایمنی افزایش میابد. در طول این تست ها ، دیزل ژنراتورها ، خواص عملکردی خود را از دست نمی دهند و در مواردی که پیشامد آغازگر اتفاق بیافتد، آماده به انجام عملکردهای ایمنی هستند .

لیست سیستم هایی که تست های دوره ای در طول عملکرد نیروگاه روی آنها صورت می گیرد و تأثیر آنها روی قابل استفاده بودن سیستم در جدول (۳-۴) آمده است:

جدول (۳-۴) زمان تست ها و تأثیر آن روی عملکرد سیستم

دوره بر حسب ساعت (h)	تأثیر تست روی عملکرد سیستم	نوع کنترل شده خرابی	قطعه
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	پمپ تخلیه دیزل ژنراتور GY10,20,30,40,D101
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	پمپ تخلیه دیزل ژنراتور GY11,21,31,41,D101
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	پمپ قوی مخزن ذخیره GY11,21,31,41,D101
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر یکطرفه GY10,20,30,40,S111 GY10,20,30,40,S112

۸-۱-۳-۳- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته)

تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم هر یک بار در سال در طول خاموشی راکتور برای سوخت گذاری مجدد و تعمیرات پیش گیرانه تجهیزات، انجام می شود . در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه تعمیرات برنامه ریزی شده انجام نمی شوند و در آنالیز نیز در نظر گرفته نمی شوند. بعد از انجام تعمیرات برنامه ریزی شده ، سیستم

تحت تست های راه اندازی و کنترل قرار می گیرد. بنابراین اشتباهات پرسنل که مرتبط با تعمیرات برنامه ریزی شده می باشد، در آنالیز در نظر گرفته نمی شود.

در صورت خرابی قطعات سیستم در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه، تعمیرات ناخواسته صورت می گیرد. حذف یک کانال از سرویس (خدمات) برای تعمیرات برنامه ریزی نشده در طول بهره برداری قدرت راکتور برای طول مدتی بیش از ۷۲ ساعت از لحظه تشخیص خرابی به شرط اینکه عملکرد ۳ کانال دیگر سیستم تأیید شده باشد، مجاز نیست. از کار افتادن کانال برای تعمیرات ناخواسته به عنوان خرابی کانال محسوب می شود و در آنالیز قابلیت اطمینان سیستم در نظر گرفته می شود.

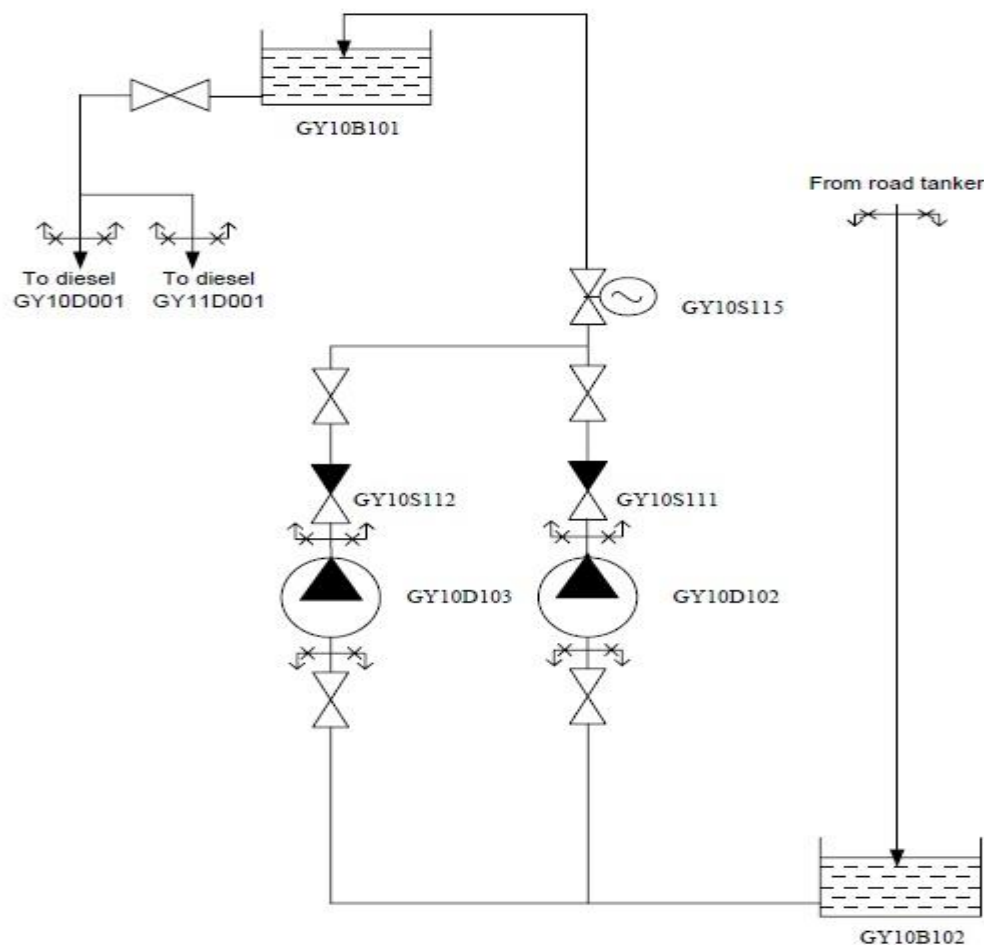
۲-۳-۳- مدل کردن سیستم

۱-۲-۳-۳- فرضیات و محدودیت ها

دیاگرام مدار ساده شده سیستم سوخت رسانی در شکل (۳-۲) نمایش داده شده است. مرزهای سیستم در مدل قابلیت اطمینان مطابق با دیاگرام ساده شده اقتباس شده است. در رسم و طراحی دیاگرام مدار ساده شده سیستم، فرضیات و محدودیت های زیر در نظر گرفته شده است:

- دیاگرام مدار ساده شده برای یک کانال ساخته شده است، زیرا کانال ها کاملاً یکسان هستند؛
- سیستم سوخت رسانی خرابی های وابسته به پیشامد آغازگر ندارد؛
- خرابی قطعاتی که در محدوده منبع تغذیه دیزل ژنراتور قرار می گیرند، در آنالیز نادیده گرفته شده است زیرا دیزل ژنراتور و تجهیزات کمکی آن که به صورت یک مجموعه از طرف شرکت سازنده به نیروگاه تحویل داده شده اند، به عنوان عنصری که شاخصهای ایمنی آن به وسیله سازنده مشخص شده است، در نظر گرفته شده اند؛
- خطوط کمکی از ملاحظات حذف شده اند (پرکردن، تخلیه، نمونه برداری، خطوط درین و خطوط قطع جریان) همچنانکه باز شدن شیرهای کاذب با توجه به روش های فنی و اجرایی، یک پیشامد با احتمال پایین است؛
- شیرهای دستی با توجه به اینکه باز هستند یا قفل شده اند؛
- دستگاه درین سوخت در آنالیز در نظر گرفته نشده است؛
- خرابی شیرهایی که به صورت دستی کار می کنند برای اینکه در موقعیت باز باقی بمانند (بسته شدن کاذب) نظر به اینکه خرابی آنها با توجه به روش های فنی و اجرایی، یک پیشامد با احتمال پایین است؛

- خرابی قطعات سیستم هایی از قبیل خط لوله ها، در آنالیز در نظر گرفته نشده است؛
- خرابی قطعات سیستم های کنترلی در آنالیز در نظر گرفته نشده اند ، زیرا طراحی این سیستم برای ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری بسط داده نشده است.



شکل (۳-۲) دیاگرام مدار ساده شده سیستم سوخت رسانی

۳-۳-۲-۲- فرضیات و محدودیت ها

خرابی یک از کانال های سیستم سوخت رسانی، پیشامدی است که در آن احتمال تأمین سوخت به دیزل در میزان جریانی که مورد نیاز بوده، از دست رفته است.

۳-۳-۲-۳- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها

انواع خرابی قطعات و عواقب آنها در جدول (۳-۵) نشان داده شده است.

جدول (۳-۵) انواع خرابی عناصر و عواقب آنها

نشان	قطعه	حالت قطعه		نوع خرابی	نظارت در	عواقب خرابی
		حالت آماده به کار	حالت حادثه		حالت آماده به کار	
GY10S111, GY20S111, GY30S111, GY40S111	شیر یکطرفه	بسته شده	بسته شده (به صورت دوره ای برای پمپاژ باز می شود)	شکست در باز شدن	نظارت دوره ای	تحریک یا به کاراندازی حالت آماده به کار
GY10S112, GY20S112, GY30S112, GY40S112	شیر یکطرفه	بسته شده	بسته شده (به صورت خودکار با انتقال بار باز می شود)	شکست در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی شیرهای یکطرفه GY10,20,30,40S111
GY10S115, GY20S115, GY30S115, GY40S115	شیر موتوری	باز	باز	خرابی در حالت باز باقی ماندن	نظارت مداوم	خرابی کانال
GY10B101, GY20B101, GY30B101, GY40B101	باک مصرف روزانه			نشت	نظارت مداوم	خرابی کانال
GY10B102, GY20B102, GY30B102, GY40B102	مخزن ذخیره			نشت	نظارت مداوم	خرابی کانال

۳-۳-۲-۴- آنالیز حالت های بی تأثیر

روند تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم، در طول تعمیر پیش گیرانه در هنگام خاموشی نیروگاه، بعد از اینکه تست های راه اندازی و کنترل انجام شدند، صورت می گیرند؛ که توانایی های عملکردی سیستم را تحت تاثیر قرار نمی دهد. تست های دوره ای سیستم منجر به از دست دادن خواص عملکردی آن نمی شود، زیرا در وقوع رویداد آغازگر در حالتی که قطعات در حال تست شدن می باشند، سیستم می تواند وارد عمل گردد.

۲-۳-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل

خرابی های مربوط به اشتباهات پرسنل در آنالیز انجام شده، در نظر گرفته نشده است زیرا در هنگام شروع به کار دیزل ژنراتور، سیستم به طور اتوماتیک، آغاز به کار یا تریپ می کند. در طول تست های کنترلی، سیستم، قابلیت های خود را حفظ می کند و در نتیجه، اشتباهات اپراتور که با وضعیت های غلط قطعات سیستم در طول دوره ی تست ها درگیر است، غیر محتمل شمرده می شود.

بخش چهارم: سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور

۴-۳- سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور

۴-۳-۱- شرح سیستم

۴-۳-۱-۱- هدف از سیستم

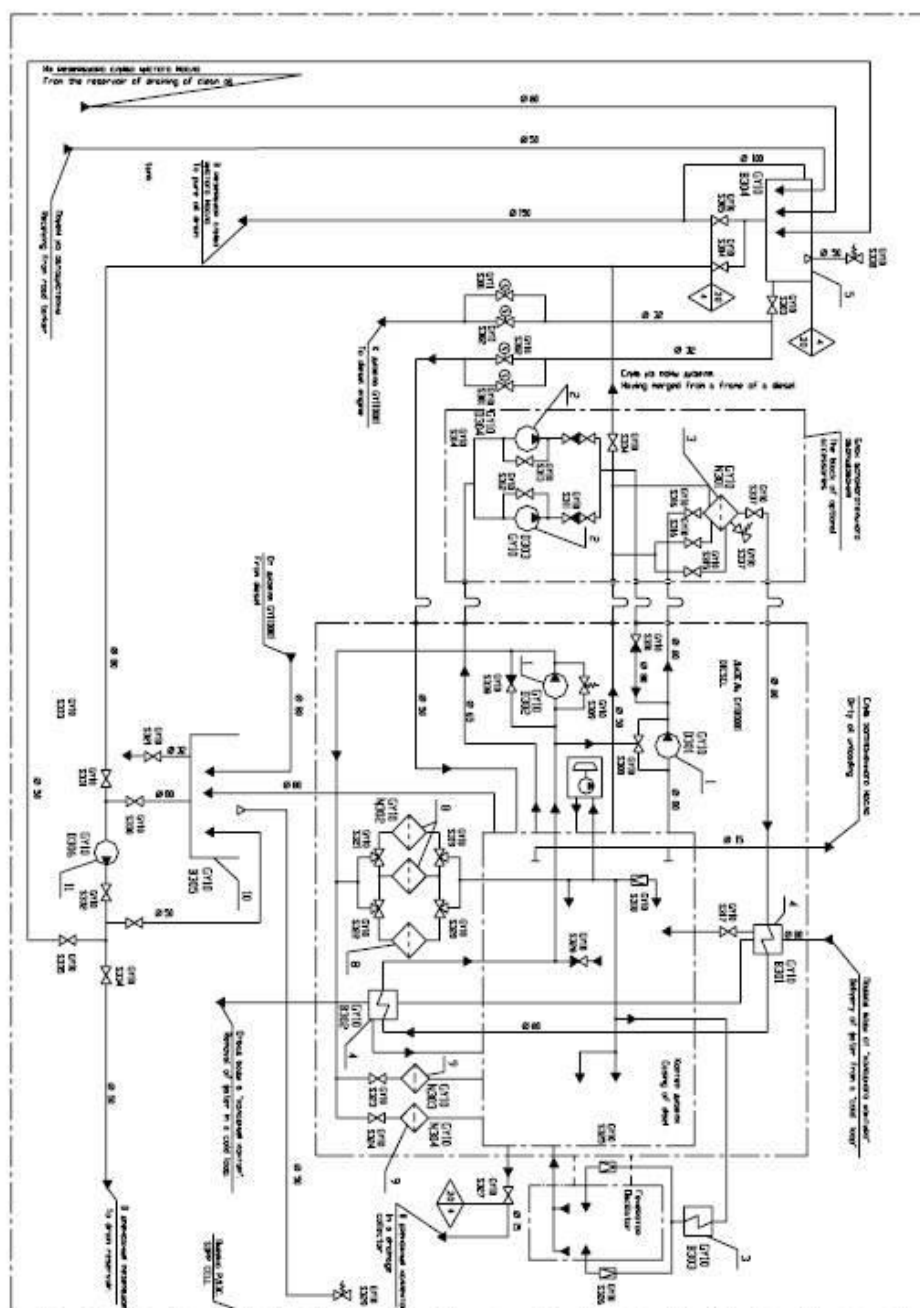
سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور برای ذخیره سازی، آماده سازی (رسوب کردن، فیلتراسیون) و عرضه روغن به دیزل و همینطور نگهداشتن دیزل در حالت آماده برای راه اندازی ظرف پانزده ثانیه به کار می رود. سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور یک سیستم ایمنی پشتیبان است.

۴-۳-۱-۲- شرح مختصری از سیستم

۴-۳-۱-۲-۱- شرح مختصری از فلوچارت

سیستم روغن کاری متشکل از چهار کانال جدا از هم مستقل است که با ساختار ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری سازگار است. شکل (۳-۳) فلوچارت یکی از کانال های سیستم روغن کاری را نشان می دهد (یعنی یک اتاقک ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری)، چون کانال ها کاملاً مشابه یکدیگر هستند به نشان دادن یک کانال بسنده کرده ایم.

سیستم روغن کاری روغن لازم را فراهم می کند و آن را برای مدت هفت روز برای دیزل ذخیره میکند. قطعات سیستم محرک موتور از طریق سیستم تغذیه نرمال و اضطراری مصرف کننده های گروه ۲ تأمین می گردد.



۳-۴-۱-
تجهیزات
هر

۲-۲-
کدام از

کانال های سیستم شامل آیتم های زیر هستند:

- پمپ های گردش دیزل GY10,20,30,40D301,302 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41D301,302 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001، که محرکه ی آن میل لنگ دیزل می باشد.
- پمپ های برقی تخلیه روغن GY10,20,30,40D303,304 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41D303,304 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001، به منظور گردش دوره ای روغن گرم شده، به داخل دیزل درحالت آماده به کار، تعبیه شده است.
- پمپ دریافت کننده روغن تمیز GY10,20,30,40D305، که روغن تمیز را گرفته و آن را به باک ذخیره روغن در زمانی که روغنی که از کامیون می آید، در دسترس نیست، می رساند.
- پمپ تخلیه GY10,20,30,40D306، که برای تخلیه روغن از محل اتصال میل لنگ، تانک سرریز، باک مصرف روزانه و خط های لوله سیستم به مخزن نشتی و مخزن کامیون به کار می رود.
- خنک کننده روغن دیزل GY10,20,30,40B301,302 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41B301,302 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001.
- - خنک کننده روغن ژنراتور GY10,20,30,40B303 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41B303 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001.
- - فیلتر دانه ریز روغن GY10,20,30,40N301 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41N301 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001.
- فیلتر های دانه درشت GY10,20,30,40N302,303,304 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41N302,303,304 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001.
- فیلتر دانه ریز روغن GY10,20,30,40N305,306 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41N305,306 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001.
- باک ذخیره روغن GY10,20,30,40B304؛
- تانک سرریز GY10,20,30,40B305؛
- شیر موتوری GY10,20,30,40S301,302 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41S301,302 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001 روی خط تامین روغن از باک ذخیره روغن.

- شیر یکطرفه GY10,20,30,40S307,308,321 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و
- GY11,21,31,41S307,308,321 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001.

۳-۱-۴-۳- کنترل و نظارت بر سیستم

کنترل و نظارت بر سیستم در اتاق کنترل محلی صورت می گیرد و یک سیگنال خطای ترکیب شده نیز به اتاق کنترل اصلی فرستاده می شود. سیستم کنترل اتوماتیک امکان مشخص شدن علل خطای ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری ترکیبی یا سیگنال های عدم دسترسی که در اتاق کنترل اصلی تولید شده را فراهم می آورد. برای کنترل سیستم روغن کاری و به دست آوردن اطلاعات در مورد حالت آنها در طول عملکرد، تدارکاتی برای اندازه گیری پارامترهای زیر در نظر گرفته شده است:

- فشار در پمپ های مکش
- فشار در پمپ های تخلیه
- فشار در خروجی و ورودی فیلترها
- سطح روغن در باک ذخیره روغن و تانک سرریز
- دمای روغن در سیستم

۳-۱-۴-۴- سیستم های پشتیبانی

لیست سیستم هایی که سیستم روغن کاری بر عملکرد ایمنی آنها تاثیر میگذارد، در جدول (۶-۳) نشان داده شده است.

جدول (۶-۳) لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند

لیستی از قطعات مهم سیستم	سیستم های کنترل و نظارت		
	سیستم خنک کننده	سیستم منبع تغذیه	سیستم

کنترل	آب	
		پمپ های برقی تخلیه روغن GY10,20,30,40D303,304
		پمپ های برقی تخلیه روغن GY11,21,31,41D303,304
		شیرهای موتوری GY10,20,30,40S301,302
		شیرهای موتوری GY11,21,31,41S301,302

۵-۱-۳- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال

در شرایط کارکرد نرمال واحد، سیستم روغن کاری در حالت آماده به کار است و تضمین می کند که:

- روغن را حداقل برای هفت روز ذخیره سازی کند؛
- میل لنگ دیزل مجدداً پر کند؛
- دیزل را در حالت آمادگی برای شروع به کار ظرف مدت ۱۵ ثانیه، بوسیله گردش دوره ای روغن گرم شده در داخل دیزل، نگه دارد.

شرط لازم برای شروع به کار کردن دیزل ظرف مدت ۱۵ ثانیه، حفظ دمای روغن در سیستم، حدود ۳۳ درجه می باشد. دمای روغن بطور اتوماتیک در سطح مشخصی نگه داشته میشود تا آب گرم شده در مدار داخلی دیزل که در مبدل الکتریکی سیستم آب خنک کننده دیزل ژنراتور گرم می شود، به گردش در آید. با قرار گرفتن دیزل ژنراتور در حالت آماده به کار، گردش دوره ای روغن گرم شده به داخل مجموعه ظرف یک دقیقه انجام میشود. (هر سه ساعت)

به کار اندازی و قطع پمپ برقی تخلیه روغن گرم شده GY10,20,30,40D303 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41D303 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001 بطور اتوماتیک توسط سیگنال های سنسورهای دمای روغن اتفاق می افتد. پمپ های آماده به کار GY10,20,30,40D304 یا GY11,21,31,41D304 با انتقال بار به صورت اتوماتیک در صورت خرابی پمپ در حال کارکرد مربوطه GY10,20,30,40D303 یا GY11,21,31,41D303 شروع به کار می کند.

۶-۱-۴-۳- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری

سیستم روغن کاری دیزل یک سیستم تحت فشار از نوع گردش است. دیزل برطبق اصل میل لنگ "مرطوب" کار می کند. درحالت کارکرد دیزل ژنراتور، گردش روغن بوسیله پمپ GY10,20,30,40D301,302 برای دیزل GY11,21,31,41D301,302 و پمپ GY10,20,30,40D301 (GY11,21,31,41D301) روغن را از میل لنگ می گیرد و آن را وارد فیلتر GY10,20,30,40N301 (GY11,21,31,41N301) و خنک کننده های GY10,20,30,40B301 (GY11,21,31,41B301) و GY10,20,30,40B302 (GY11,21,31,41B302) می کند به منظور مکش از پمپ GY10,20,30,40D302 (GY11,21,31,41D302). پمپ GY10,20,30,40D302 (GY11,21,31,41D302) روغن را درون فیلترهای دانه درشت GY10,20,30,40N302,303,304 (GY11,21,31,41D302) برای سیستم روغن کاری دیزل و ژنراتور به جریان می اندازد، در این حالت روغن برای فیلتر های دانه ریز GY10,20,30,40N305,306 (GY11,21,31,41N305,306) تامین می شود.

سطح روغن لازم در کارتر دیزل ژنراتور بطور اتوماتیک ثابت می ماند. هنگام کاهش سطح روغن. درکارتر دیزل، شیرهای GY10,20,30,40S301,302 بطور اتوماتیک با یک سیگنال از نشانگرهای سطح برای دیزل GY10,20,30,40D001 یا GY11,21,31,41N301,302 برای دیزل GY11,21,31,41D001 باز می شود و روغن از باک ذخیره روغن GY10,20,30,40B304 بوسیله نیروی جاذبه برای کارتر دیزل مربوطه تامین می شود.

برای روغنکاری یاتاقان های ژنراتور، روغن از طریق خنک کننده مخصوص GY10,20,30,40B303 برای دیزل GY10,20,30,40D001 یا GY11,21,31,41B303 برای دیزل GY11,21,31,41D001 تامین می شود. برای روغنکاری سیستم ژنراتور، روغن به داخل کارتر دیزل زهکشی می شود.

سرریز از کارتر دیزل، به درون تانک سرریز روغن GY10,20,30,40B305 راه می یابد، که از آنجا روغن میتواند به داخل باک ذخیره روغن GY10,20,30,40B304 یا به باک نشستی توسط پمپ استخراج GY10,20,30,40D306 برگردانده شود.

۷-۱-۴-۳- تست های دوره ای قطعات

آمادگی عملکرد سیستم به صورت دوره ای در طول کارکرد نیروگاه با تست کردن، چک می گردد. تست سیستم سوخت رسانی همزمان با دیزل ژنراتور ها صورت میگیرد. این تست های دوره ای هر ۶۷۲ ساعت یک بار صورت می گیرد و از آنجا که ۴ کانال داریم، هر ۱۶۸ ساعت یک کانال تست میگردد، بدین ترتیب ایمنی افزایش میابد. در طول این تست ها، دیزل ژنراتورها، خواص عملکردی خود را از دست نمی دهند و در مواردی که پیشامد آغازگر اتفاق بیافتد، آماده به انجام عملکردهای ایمنی هستند.

تجهیزاتی که درحالت آماده به کار می باشند، مشمول تست می شوند. تجهیزات سیستم، که به طور دوره ای بوسیله یک سیگنال سنسورهای دمایی شروع به کار می کنند، شامل تست نمی شوند. لیست سیستم هایی که تست های دوره ای درطول عملکرد نیروگاه روی آنها صورت می گیرد و تأثیر آنها روی قابل استفاده بودن سیستم در جدول (۷-۳) آمده است:

جدول (۷-۳) زمان تست ها و تأثیر آن روی عملکرد سیستم

دوره بر حسب ساعت (h)	تأثیر تست روی عملکرد سیستم	نوع کنترل شده خرابی	قطعه
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	پمپ های گردش دیزل GY10,20,30,40D301,302
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر یکطرفه GY10,20,30,40S321
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر های موتوری GY10,20,30,40S301,302
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	پمپ های گردش دیزل GY11,21,31,41D301,302
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر یکطرفه GY11,21,31,41S321
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر های موتوری GY11,21,31,41S301,302

۸-۱-۴- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته)

تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم هر یک بار در سال در طول خاموشی راکتور برای سوخت گذاری مجدد و تعمیرات پیش گیرانه تجهیزات، انجام می شود. در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه تعمیرات برنامه ریزی شده انجام نمی شوند و در آنالیز نیز در نظر گرفته نمی شوند. بعد از انجام تعمیرات برنامه ریزی شده، سیستم

تحت تست های راه اندازی و کنترل قرار می گیرد. بنابراین اشتباهات پرسنل که مرتبط با تعمیرات برنامه ریزی شده می باشد، در آنالیز در نظر گرفته نمی شود.

در صورت خرابی قطعات سیستم در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه، تعمیرات ناخواسته صورت می گیرد. حذف یک کانال از سرویس (خدمات) برای تعمیرات برنامه ریزی نشده در طول بهره برداری قدرت راکتور برای طول مدتی بیش از ۷۲ ساعت از لحظه تشخیص خرابی به شرط اینکه عملکرد ۳ کانال دیگر سیستم تأیید شده باشد، مجاز نیست. از کار افتادن کانال برای تعمیرات ناخواسته به عنوان خرابی کانال محسوب می شود و در آنالیز قابلیت اطمینان سیستم در نظر گرفته می شود.

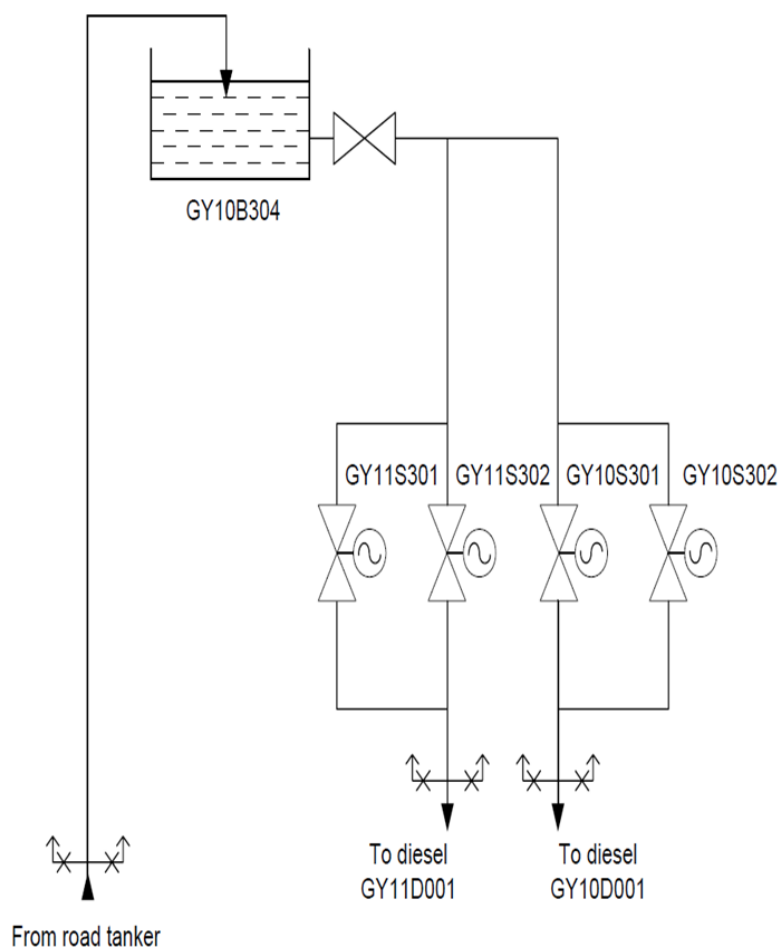
۲-۴-۳- مدل کردن سیستم

۱-۲-۴-۳- فرضیات و محدودیت ها

دیاگرام مدار ساده شده سیستم روغن کاری در شکل (۴-۳) نمایش داده شده است. مرزهای سیستم در مدل قابلیت اطمینان مطابق با دیاگرام ساده شده اقتباس شده است. در رسم و طراحی دیاگرام مدار ساده شده سیستم ، فرضیات و محدودیت های زیر در نظر گرفته شده است:

- دیاگرام مدار ساده شده برای یک کانال ساخته شده است ، زیرا کانال ها کاملاً یکسان هستند؛
- سیستم روغن کاری خرابی های وابسته به پیشامد آغازگر ندارد؛
- خرابی قطعاتی که در محدوده منبع تغذیه دیزل ژنراتور قرار می گیرند، در آنالیز نادیده گرفته شده است زیرا دیزل ژنراتور و تجهیزات کمکی آن که به صورت یک مجموعه از طرف شرکت سازنده به نیروگاه تحویل داده شده اند، به عنوان عنصری که شاخصهای ایمنی آن به وسیله سازنده مشخص شده است، در نظر گرفته شده اند؛
- خطوط کمکی از ملاحظات حذف شده اند(پرکردن ، تخلیه ، نمونه برداری ، خطوط سرریز، تخلیه کارتر دیزل و باک ذخیره روغن و خطوط درین) همچنانکه باز شدن شیرهای کاذب با توجه به روش های فنی و اجرایی، یک پیشامد با احتمال پایین است؛
- سرریز، استخراج و گرفتن روغن از پمپ ها، به دلیل اینکه در اجرای عملکرد های ایمنی به وسیله سیستم اثر نمی گذارند، در نظر گرفته نشده اند.
- خرابی شیرهایی که به صورت دستی کار می کنند برای اینکه در موقعیت باز باقی بمانند (بسته شدن کاذب) نظر به اینکه خرابی آنها با توجه به روش های فنی و اجرایی ، یک پیشامد با احتمال پایین است؛

- خرابی قطعات سیستم هایی از قبیل خط لوله ها، در آنالیز در نظر گرفته نشده است؛
- خرابی قطعات سیستم های کنترلی در آنالیز در نظر گرفته نشده اند ، زیرا طراحی این سیستم برای ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری بسط داده نشده است.



شکل (۳-۴) مدار ساده شده سیستم روغن کاری

۲-۲-۴-۳- بیان خرابی سیستم

خرابی یک از کانال های سیستم روغن کاری، پیشامدی است که در آن احتمال نگهداری دمای روغن در مقدار مشخص شده، به چرخش در آوردن روغن گرم شده در درون مجموعه در حالت آماده به کار و تأمین روغن به دیزل در هنگام کارکرد، از دست رفته است.

۳-۲-۴-۳- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها

انواع خرابی قطعات و عواقب آنها در جدول (۳-۸) نشان داده شده است.

جدول (۳-۸) انواع خرابی عناصر و عواقب آنها

نشان	قطعه	حالت قطعه		نوع خرابی	نظارت در حالت آماده به کار	عواقب خرابی
		حالت آماده به کار	حالت حادثه			
GY10S301,	شیر	بسته شده (به	بسته شده (به	شکست در باز	نظارت دوره	خرابی کانال در خرابی

GY20S301, GY30S301, GY40S301	موتوری	صورت دوره ای به وسیله سطح روغن در کارتر دیزل باز می شود)	صورت دوره ای به وسیله سطح روغن در کارتر دیزل باز می شود)	شدن، خرابی درحالت باز باقی ماندن	ای	ترکیبی شیرهای GY10,20,30,40S302
GY10S302, GY20S302, GY30S302, GY40S302	شیر موتوری	بسته شده (به صورت دوره ای به وسیله سطح روغن در کارتر دیزل باز می شود)	بسته شده (به صورت دوره ای به وسیله سطح روغن در کارتر دیزل باز می شود)	شکست در باز شدن، خرابی درحالت باز باقی ماندن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی شیرهای GY10,20,30,40S301
GY11S301, GY21S301, GY31S301, GY41S301	شیر موتوری	بسته شده (به صورت دوره ای به وسیله سطح روغن در کارتر دیزل باز می شود)	بسته شده (به صورت دوره ای به وسیله سطح روغن در کارتر دیزل باز می شود)	شکست در باز شدن، خرابی درحالت باز باقی ماندن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی شیرهای GY11,21,31,41S302
GY11S302, GY21S302, GY31S302, GY41S302	شیر موتوری	بسته شده (به صورت دوره ای به وسیله سطح روغن در کارتر دیزل باز می شود)	بسته شده (به صورت دوره ای به وسیله سطح روغن در کارتر دیزل باز می شود)	شکست در باز شدن، خرابی درحالت باز باقی ماندن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی شیرهای GY11,21,31,41S301
GY10B304, GY20B304, GY30B304, GY40B304	باک ذخیره روغن			نشت	نظارت مداوم	خرابی کانال

۴-۲-۳- آنالیز حالت های بی تأثیر

روند تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم، در طول تعمیر پیش گیرانه در هنگام خاموشی نیروگاه، بعد از اینکه تست های راه اندازی و کنترل انجام شدند، صورت می گیرند؛ که توانایی های عملکردی سیستم را تحت تاثیر قرار نمی دهد. تست های دوره ای سیستم منجر به از دست دادن خواص عملکردی آن نمی شود، زیرا در وقوع رویداد آغازگر در حالتی که قطعات در حال تست شدن می باشند، سیستم می تواند وارد عمل گردد.

۲-۴-۳-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل

خرابی های مربوط به اشتباهات پرسنل در آنالیز انجام شده، در نظر گرفته نشده است زیرا در هنگام شروع به کار دیزل ژنراتور، سیستم به طور اتوماتیک، آغاز به کار یا تریپ می کند. در طول تست های کنترلی، سیستم، قابلیت های خود را حفظ می کند و در نتیجه، اشتباهات اپراتور که با وضعیت های غلط قطعات سیستم در طول دوره ی تست ها درگیر است، غیر محتمل شمرده می شود.

بخش پنجم: سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور

۳-۵- سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور

۳-۵-۱- شرح سیستم

۳-۵-۱-۱- هدف از سیستم

سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور برای اهداف زیر در نظر گرفته شده است:

- برای نگهداری دمای از پیش تعیین شده ی آب و روغن در حالت آماده به کار دیزل (در حالت آمادگی برای شروع به کار در طول زمان ۱۵ ثانیه)
- برای خنک نگهداشتن دیزل، ژنراتور و کمپرسور در هنگام عملکرد دیزل ژنراتور در هنگام قطع برق خارجی خارجی نیروگاه یا در حالت تست.

سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور یک سیستم ایمنی پشتیبان می باشد.

۳-۵-۱-۲- شرح مختصری از سیستم

۳-۵-۱-۲-۱- شرح مختصری از فلوچارت

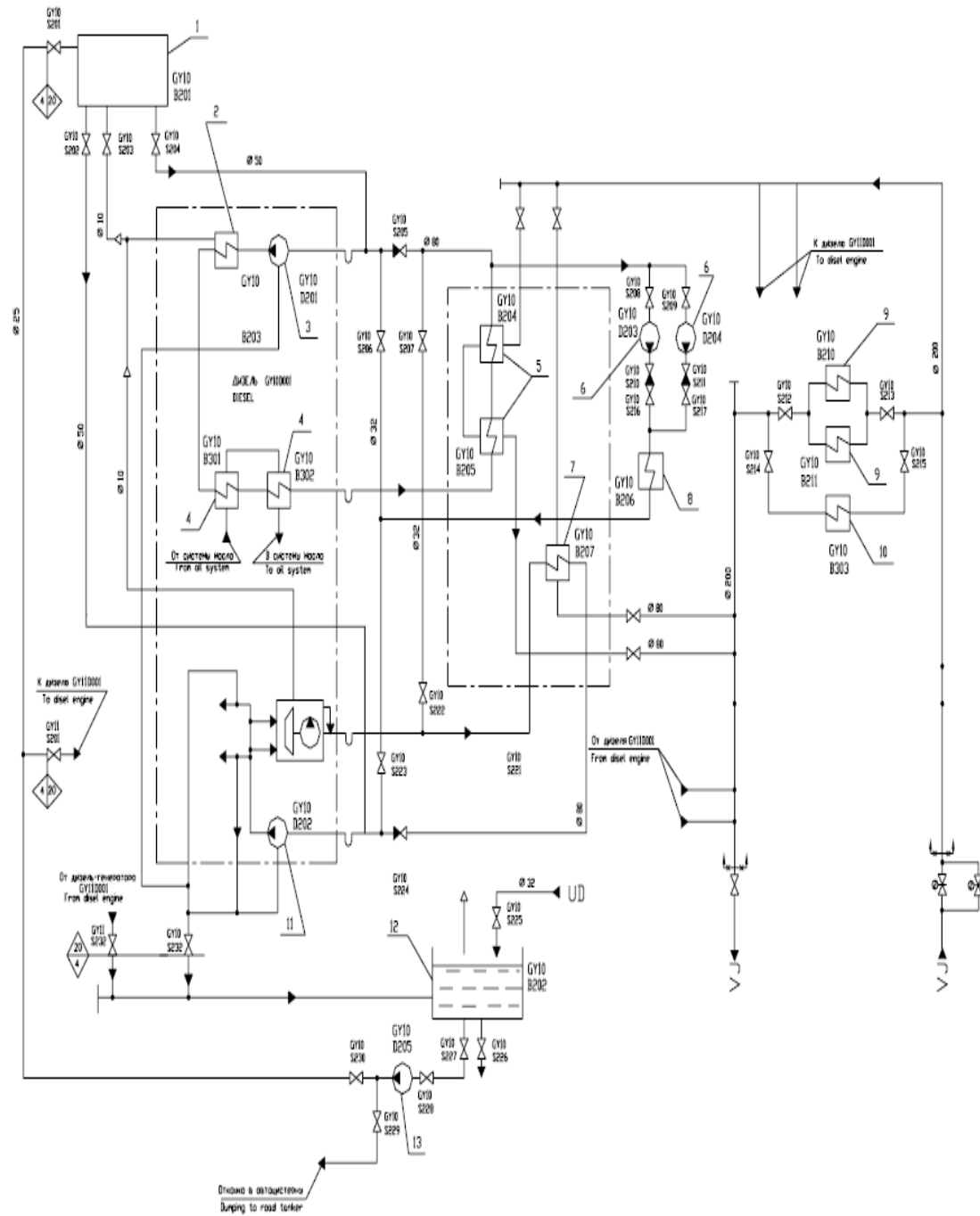
سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور متشکل از چهار کانال جدا از هم مستقل است که با ساختار ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری سازگار است. شکل (۳-۵) فلوچارت یکی از کانال های سیستم سوخت رسانی را نشان می دهد (یعنی یک اتاقک ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری)، چون کانال ها کاملاً مشابه یکدیگر هستند به نشان

دادن یک کانال بسنده کرده ایم. سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور در دو مدار بسته، در سیستم گردش می کند:

- مدار آب گرم

- مدار آب سرد

برداشت حرارت از سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور به وسیله تجهیز خنک کننده آبی VJ انجام می گردد. قطعات سیستم محرک موتور از طریق سیستم تغذیه نرمال و اضطراری مصرف کننده های گروه ۲ تأمین می گردد.



شکل (۳-۵) نمای یک کانال سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور

۲-۲-۱-۵-۳- تجهیزات

هر کدام از کانال های سیستم شامل آیتم های زیر هستند:

- پمپ های گردش آب مدار گرم GY10,20,30,40D202 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41D202 برای دیزل GY11,21,31,41D001؛
- پمپ های گردش آب مدار خنک شده GY10,20,30,40D201 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41D201 برای دیزل GY11,21,31,41D001؛
- پمپ های گرم کننده GY10,20,30,40D203,204 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41D203,204 برای دیزل GY11,21,31,41D001، که برای پخش کردن آب گرم به طور دوره ای به داخل دیزل در حالت آمادگی تعبیه شده است؛
- پمپ تقویتی تانک انبساط GY10,20,30,40D205 که برای ذخیره آب در تانک انبساط و استخراج آب از سیستم به کار می رود؛
- خنک کننده های آب مدار گرم GY10,20,30,40B207 برای دیزل GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41B207 برای دیزل GY11,21,31,41D001؛
- خنک کننده های آب مدار سرد GY10,20,30,40B204,205 برای دیزل GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41B204,205 برای دیزل GY11,21,31,41D001؛
- خنک کننده های هوای فشرده GY10,20,30,40B203 برای دیزل GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41B203 برای دیزل GY11,21,31,41D001، که برای خنک کردن هوا بعد از گرم شدن آن در نتیجه فشرده گی در کمپرسور توربین دیزل به کار می رود؛
- خنک کننده هوای ژنراتور GY10,20,30,40B209,210 برای دیزل ژنراتور GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41B209,210 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,41D001؛
- خنک کننده روغن دیزل GY10,20,30,40B301,302 برای دیزل GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41B301,302 برای دیزل GY11,21,31,41D001؛
- خنک کننده روغن ژنراتور GY10,20,30,40B301,302 برای دیزل GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41B301,302 برای دیزل GY11,21,31,41D001؛
- هیتر الکتریکی آب GY10,20,30,40B206 برای دیزل GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41B206 برای دیزل GY11,21,31,41D001، برای گرم کردن تا چهل و پنج درجه

سانتی گراد در کاهش دمای روغن یا آب زیر سی و سه سانتی گراد درحالی که دیزل درحالت آمادگی است؛

- تانک های انبساط GY10,20,30,40B201 برای دیزل GY10,20,30,40D001 و
- GY11,21,31,41B201 برای دیزل GY11,21,31,41D001 برای جبران انبساط حرارتی آب، جدا کردن ترکیب هوای بخار و ایجاد گرما روی مکش پمپ دیزل به کار می رود؛
- تانک ذخیره آب GY10,20,30,40B202 برای ذخیره آب، آب را با فشار ریختن روی سیستم درطول تعمیرات و زه کشی آب از سیستم به کار می رود؛
- شیرهای برقی VJ14,24,34,44S001,002 روی تجهیز خط تامین آب خنک کننده و شیرهای دستی با یک قفل VJ17,27,37,47S001,002 روی تجهیز خط تخلیه آب خنک کننده؛
- شیر یک طرفه GY10,20,30,40S205,210,211,224 در خطوط متصل شده پمپ های دیزل GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41S205,210,211,224 در لوله کشی پمپ متصل شده دیزل GY11,21,31,41D001.

۳-۵-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم

کنترل و نظارت بر سیستم خنک کننده در اتاق کنترل محلی صورت می گیرد و یک سیگنال خطای ترکیب شده نیز به اتاق کنترل اصلی فرستاده می شود. برای کنترل سیستم و به دست آوردن اطلاعات در مورد حالت آنها در طول عملکرد، تدارکاتی برای اندازه گیری پارامترهای زیر در نظر گرفته شده است:

- فشار در پمپ های مکش
- فشار در پمپ های تخلیه
- سطح آب در تانک ها
- دمای آب در سیستم

۴-۳-۵-۱- سیستم های پشتیبانی

لیست سیستم هایی که سیستم خنک کننده آبی بر عملکرد ایمنی آنها تاثیر میگذارد، در جدول (۳-۹) نشان داده شده است.

جدول (۳-۹) لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند

لیستی از قطعات مهم سیستم	سیستم های کنترل و نظارت		
	سیستم خنک کننده آب	سیستم منبع تغذیه	سیستم کنترل
پمپ های گردش GY10,20,30,40D201,202		11FE,12FF, 13FG,14FH	
پمپ های گردش GY11,21,31,41D201,202		11FE,12FF 13FG,14FH	
پمپ های گرم کننده GY10,20,30,40D203,204		11FE,12FF, 13FG,14FH	
پمپ های گرم کننده GY11,21,31,41D203,204		11FE,12FF, 13FG,14FH	
شیر های موتوری VJ14,24,34,44S001,002		11FE,12FF, 13FG,14FH	

۵-۱-۳- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال

در طول عملیات نرمال واحد، سیستم خنک کننده، دیزل را در حالت آمادگی برای شروع به کار، در عرض پانزده ثانیه نگه می دارد و در طول کار دیزل ژنراتور در حالت تست ، ژنراتور و کمپرسور را خنک نگه میدارد. شرط لازم برای شروع به کار دیزل ظرف پانزده ثانیه نگه داشتن دمای آب در رنج ۳۳ تا ۵۷ درجه می باشد. دمای آب به طور اتوماتیک در سطح معین شده به منظور گرم کردن در هیترهای الکتریکی GY10,20,30,40B206 و GY11,21,31,41B206 حفظ می شود، بعد از آن که آب گرم شده به وسیله پمپ های GY10,20,30,40D203 از دیزل ها کشیده می شود. هیتر برقی و پمپ گرم کننده آب با سیگنال حسگر دما به طور اتومات روشن یا خاموش می شود.

سیستم قبل از شروع به کار واحد پرمی شود. پرکردن تانک انبساط تا تعمیر دوم لازم نیست. (بعد از شانزده هزار ساعت) یک تانک ذخیره برای ذخیره آب در اتاقک پیش بینی شده است. تانک با حسگری که از سیگنال سطح حداقل می آید، به طور دستی دوباره پرمی گردد. اگر سیستم نیاز به تخلیه داشت آب با نیروی جاذبه توسط پمپ GY10,20,30,40D205 تخلیه می شود.

۶-۱-۵-۳- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری

سیستم خنک کننده بطور اتوماتیک بلافاصله بعد از شروع به کار دیزل ژنراتور به حرکت درمی آید. در طول عملیات دیزل ژنراتور، گردش آب مدار گرم با پمپ دیزل GY10,20,30,40D202 و GY11,21,31,41D202 در مدار بسته از طریق دیزل و خنک کننده سیستم GY10,20,30,40B207 و GY11,21,31,41B207 انجام میشود، جایی که آب خنک کننده گرمایش را به قطعه سیستم خنک کننده YJ10,20,30,40 می دهد.

گردش آب مدار خنک شده بوسیله پمپ دیزل GY10,20,30,40D201 و GY11,21,31,41D201 در مدار بسته از طریق خنک کننده هوای فشار دهنده GY10,20,30,40B203 و GY11,21,31,41B203، دو خنک کننده روغن GY10,20,30,40B301,302 و GY11,21,31,41B301,302 و سیستم خنک کننده GY10,20,30,40B204,205 و GY11,21,31,41B204,205 تحت تاثیر قرار میگیرد، جایی که آب خنک کننده گرمایش را به قطعه سیستم خنک کننده YJ10,20,30,40 می دهد.

گرمای از ژنراتور و هوای کمپرسور و خنک کننده روغن با قطعه آب خنک کننده دفع می شود. شیرهای VJ14S001,002 در خط قطعه آب خنک کننده بطور اتوماتیک روی با راه اندازی دیزل ژنراتور باز می شود.

۷-۱-۵-۳- تست های دوره ای قطعات

آمادگی عملکرد سیستم به صورت دوره ای در طول کارکرد نیروگاه با تست کردن، چک می گردد. تست سیستم خنک کننده همزمان با دیزل ژنراتور ها صورت میگیرد. این تست های دوره ای هر ۶۷۲ ساعت یک بار صورت می گیرد و از آنجا که ۴ کانال داریم، هر ۱۶۸ ساعت یک کانال تست میگردد، بدین ترتیب ایمنی افزایش میابد. در طول این تست ها، دیزل ژنراتورها، خواص عملکردی خود را از دست نمی دهند و در مواردی که پیشامد آغازگر اتفاق بیافتد، آماده به انجام عملکردهای ایمنی هستند.

لیست سیستم هایی که تست های دوره ای در طول عملکرد نیروگاه روی آنها صورت می گیرد و تاثیر آنها روی قابل استفاده بودن سیستم در جدول (۱۰-۳) آمده است:

جدول (۱۰-۳) زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم

دوره بر حسب ساعت (h)	تأثیر تست روی عملکرد سیستم	نوع کنترل شده خرابی	قطعه
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	پمپ های گردش دیزل GY10,20,30,40D201,202
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	پمپ های گردش دیزل GY11,21,31,41D201,202
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر یکطرفه GY11,21,31,41S205,224
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر های موتوری VJ14,24,34,44S001,002

۸-۱-۵-۳- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته)

تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم هر یک بار در سال در طول خاموشی راکتور برای سوخت گذاری مجدد و تعمیرات پیش گیرانه تجهیزات، انجام می شود. در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه تعمیرات برنامه ریزی شده انجام نمی شوند و در آنالیز نیز در نظر گرفته نمی شوند. بعد از انجام تعمیرات برنامه ریزی شده، سیستم تحت تست های راه اندازی و کنترل قرار می گیرد. بنابراین اشتباهات پرسنل که مرتبط با تعمیرات برنامه ریزی شده می باشد، در آنالیز در نظر گرفته نمی شود.

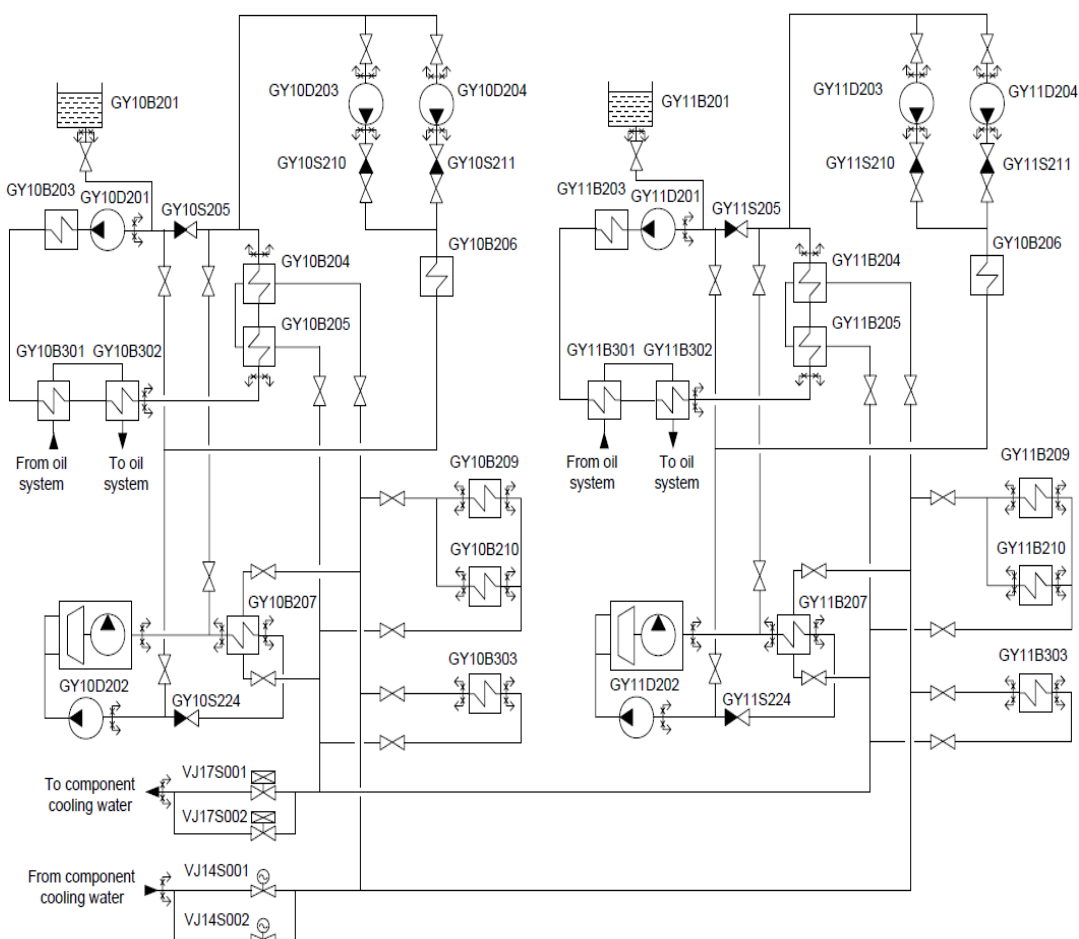
در صورت خرابی قطعات سیستم در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه، تعمیرات ناخواسته صورت می گیرد. حذف یک کانال از سرویس (خدمات) برای تعمیرات برنامه ریزی نشده در طول بهره برداری قدرت راکتور برای طول مدتی بیش از ۷۲ ساعت از لحظه تشخیص خرابی به شرط اینکه عملکرد ۳ کانال دیگر سیستم تأیید شده باشد، مجاز نیست. از کار افتادن کانال برای تعمیرات ناخواسته به عنوان خرابی کانال محسوب می شود و در آنالیز قابلیت اطمینان سیستم در نظر گرفته می شود.

۲-۵-۳- مدل کردن سیستم

۱-۲-۵-۳- فرضیات و محدودیت ها

دیاگرام مدار ساده شده سیستم خنک کننده آبی در شکل (۶-۳) نمایش داده شده است. مرزهای سیستم در مدل قابلیت اطمینان مطابق با دیاگرام ساده شده اقتباس شده است. در رسم و طراحی دیاگرام مدار ساده شده سیستم، فرضیات و محدودیت های زیر در نظر گرفته شده است:

- دیاگرام مدار ساده شده برای یک کانال ساخته شده است ، زیرا کانال ها کاملاً یکسان هستند؛
- سیستم خنک کننده آبی خرابی های وابسته به پیشامد آغازگر ندارد؛
- خرابی قطعاتی که در محدوده منبع تغذیه دیزل ژنراتور قرار می گیرند، در آنالیز نادیده گرفته شده است زیرا دیزل ژنراتور و تجهیزات کمکی آن که به صورت یک مجموعه از طرف شرکت سازنده به نیروگاه تحویل داده شده اند، به عنوان عنصری که شاخصهای ایمنی آن به وسیله سازنده مشخص شده است، در نظر گرفته شده اند؛
- خطوط کمکی از ملاحظات حذف شده اند (پرکردن ، تخلیه ، سر ریز شدن، خطوط تخلیه تانک نگهداری ، خطوط درین و خطوط هوا) همچنانکه باز شدن شیرهای کاذب با توجه به روش های فنی و اجرایی، یک پیشامد با احتمال پایین است؛
- تانک نگهداری و پمپ تقویتی در آنالیز در نظر گرفته نشده است زیرا آنها از عملکرد های ایمنی سیستم تاثیر نمی پذیرند؛
- خرابی شیرهایی که به صورت دستی کار می کنند برای اینکه در موقعیت باز باقی بمانند (بسته شدن کاذب) نظر به اینکه خرابی آنها با توجه به روش های فنی و اجرایی ، یک پیشامد با احتمال پایین است؛
- خرابی قطعات سیستم هایی از قبیل خط لوله ها، در آنالیز در نظر گرفته نشده است؛
- خرابی های با عامل مشترک برای پمپ در آنالیز در نظر گرفته نشده است؛
- خرابی قطعات سیستم های کنترلی در آنالیز در نظر گرفته نشده اند ، زیرا طراحی این سیستم برای ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری بسط داده نشده است.



شکل (۳-۶) دیاگرام مدار ساده شده سیستم خنک کننده آبی

۲-۵-۳-۲- بیان خرابی سیستم

خرابی یک از کانال های سیستم خنک کننده آبی، پیشامدی است که در آن احتمال نگهداری دمای آب خنک کننده در مقدار مشخص شده و تامین آب به بار های سیستم در حالت آماده به کار و در هنگام کارکرد، از دست رفته است.

۲-۳-۳-۵- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها

انواع خرابی قطعات و عواقب آنها در جدول (۳-۱۱) نشان داده شده است.

جدول (۱۱-۳) انواع خرابی عناصر و عواقب آنها

نشان	قطعه	حالت قطعه		نوع خرابی	نظارت در حالت آماده به کار	عواقب خرابی
		حالت آماده به کار	حالت حادثه			
GY10S210, GY20S210, GY30S210, GY40S210	شیر یکطرفه	به صورت دوره ای باز می شود	بسته	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	به کار اندازی پمپ آماده به کار
GY10S211, GY20S211, GY30S211, GY40S211	شیر یکطرفه	با انتقال بار باز می شود	بسته	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی شیرهای GY10,20,30,40S210
GY11S210, GY21S210, GY31S210, GY41S210	شیر یکطرفه	به صورت دوره ای باز می شود	بسته	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	به کار اندازی پمپ آماده به کار
GY11S211, GY21S211, GY31S211, GY41S211	شیر یکطرفه	با انتقال بار باز می شود	بسته	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی شیرهای GY11,21,31,41S210
GY10S205, GY20S205, GY30S205, GY40S205	شیر یکطرفه	بسته	باز	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال
GY10S224, GY20S224, GY30S224, GY40S224	شیر یکطرفه	بسته	باز	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال
GY11S205, GY21S205, GY31S205, GY41S205	شیر یکطرفه	بسته	باز	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال
GY11S224, GY21S224, GY31S224, GY41S224	شیر یکطرفه	بسته	باز	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال
VJ14S001, VJ24S001, VJ34S001, VJ44S001	شیر موتوری	بسته شده	باز	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی شیرهای VJ14,24,34,44S002
VJ14S002, VJ24S002, VJ34S002, VJ44S002	شیر موتوری	بسته شده	باز	خرابی در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی شیرهای VJ14,24,34,44S001

۴-۲-۵-۳- آنالیز حالت های بی تأثیر

روند تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم، در طول تعمیر پیش گیرانه در هنگام خاموشی نیروگاه، بعد از اینکه تست های راه اندازی و کنترل انجام شدند، صورت می گیرند؛ که توانایی های عملکردی سیستم را تحت تاثیر قرار نمی دهد. تست های دوره ای سیستم منجر به از دست دادن خواص عملکردی آن نمی شود، زیرا در وقوع رویداد آغازگر در حالتی که قطعات در حال تست شدن می باشند، سیستم می تواند وارد عمل گردد.

۲-۵-۳-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل

خرابی های مربوط به اشتباهات پرسنل در آنالیز انجام شده، در نظر گرفته نشده است زیرا در هنگام شروع به کار دیزل ژنراتور، سیستم به طور اتوماتیک، آغاز به کار یا تریپ می کند. در طول تست های کنترلی، سیستم، قابلیت های خود را حفظ می کند و در نتیجه، اشتباهات اپراتور که با وضعیت های غلط قطعات سیستم در طول دوره ی تست ها درگیر است، غیر محتمل شمرده می شود.

بخش ششم : سیستم مکش هوا و اگزوز دیزل ژنراتور

۶-۳- سیستم مکش هوا و اگزوز دیزل ژنراتور

۱-۶-۳- شرح سیستم

۱-۱-۶-۳- هدف از سیستم

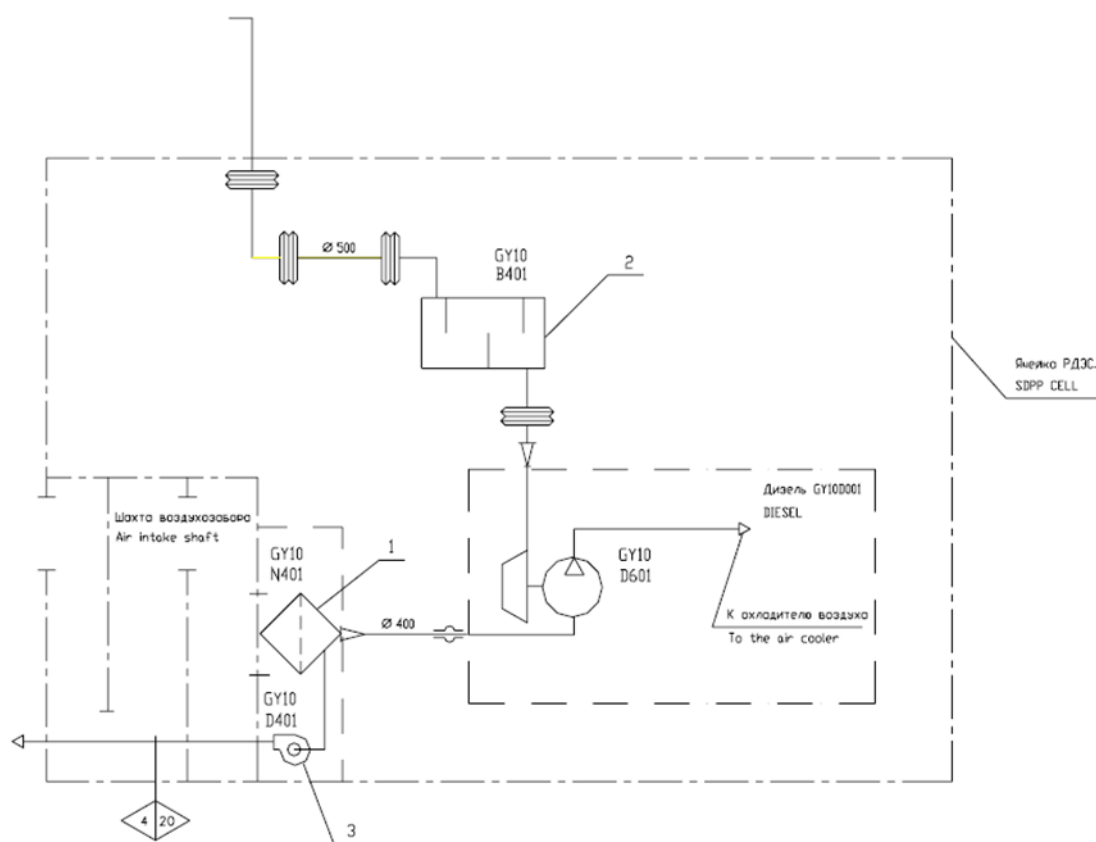
سیستم مکش هوا و اگزوز دیزل ژنراتور (سیستم مکش-اگزوز) مکش، تمیز کردن و تامین هوای لازم برای فرایند احتراق و برداشت گازهای خروجی در طول کارکرد دیزل ژنراتور را فراهم می کند. سیستم مکش هوا و اگزوز دیزل ژنراتور یک سیستم ایمنی پشتیبان می باشد.

۲-۱-۶-۳- شرح مختصری از سیستم

۱-۲-۱-۶-۳- شرح مختصری از فلوچارت

سیستم مکش هوا و اگزوز دیزل ژنراتور متشکل از چهار کانال جدا از هم مستقل است که با ساختار ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری سازگار است.

شکل (۷-۳) فلوجارت یکی از کانال های سیستم مکش هوا و آگزوز دیزل ژنراتور را نشان می دهد (یعنی یک اتاقک ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری)، چون کانال ها کاملاً مشابه یکدیگر هستند به نشان دادن یک کانال بسنده کرده ایم. تجهیزات سیستم دراتاقک ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری جای دارد. قطعات سیستم محرک موتور از طریق سیستم تغذیه نرمال و اضطراری مصرف کننده های گروه ۲ تأمین می گردد.



شکل (۷-۳) نمای یک کانال سیستم مکش هوا و آگزوز دیزل ژنراتور

۲-۱-۲-۳- تجهیزات

هر کدام از کانال های سیستم شامل آیتم های زیر هستند:

- فیلتر های مکش هوا GY10,20,30,40N401 برای دیزل ژنراتور
- GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41N401 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,40D001 که
- برای تمیز کردن هوا به منظور احتراق از گرد و غبار تعبیه شده است.

- صدا خفه کن های آگزوز GY10,20,30,40B401 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,40D001 و GY10,20,30,40D001 برای دیزل ژنراتور که برای کاهش صدای آگزوز دیزل در حد مجاز در طراحی در نظر گرفته شده است.
- فن فیلتر GY10,20,30,40D401 برای دیزل ژنراتور GY11,21,31,40D001 و GY10,20,30,40D001 برای دیزل ژنراتور که مداوم گرد و غبار های غلیظ را برداشت می کند.

۳-۶-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم

کنترل سیستم در نظر گرفته نمی شود. نظارت سیستم به طور اتوماتیک نیز در نظر گرفته نمی شود، نظارت چشمی در طول گشت انجام می گردد.

۳-۶-۱-۴- سیستم های پشتیبانی

برای تضمین کارکرد سیستم مکش هوا و آگزوز، داشتن سیستم تغذیه برق قابل اعتماد، ضروری است.

۳-۶-۱-۵- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال

در طول کارکرد نرمال نیروگاه، سیستم مکش هوا و آگزوز در حالت آماده به کار می باشد و به صورت دوره ای تست می گردد.

۳-۶-۱-۶- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری

در طول کارکرد دیزل ژنراتور، مکش هوا برای احتراق، در بیرون از اتاقک ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری در داخل پیچ و خم های محفظه مکش هوا، انجام می شود، به سمت دیوار عقب تر اتاقکی که ماشین دیزل ژنراتور در آن سمت قرار دارد، در مجاورت فیلتر های هوا قرار دارند جایی که هوا از گرد و غبار تمیز می گردد، زیرا محتوای ذرات درون هوا که به منظور احتراق وارد دیزل ژنراتور می شوند، نباید بیش از $2mg/m^3$ باشند.

تمیز کردن مقدماتی هوا با برداشت اتوماتیک مداوم گرد و غبارهای غلیظ در واحد multi-cyclone از نوع خشک کننده حاصل می گردد. گرد و غبارهای غلیظ به وسیله ی فن فیلترهای ایستا برداشت می شود. تمیز کردن هوا در سطح ظریف در المنت های فیلتری کاغذی صورت می گیرد. گاز های خروجی دیزل، از داخل مجرای آگزوز به وسیله ی صدا خفه کن، جایی که مقداری از انرژی هدر می رود، به بیرون رانده می شوند.

۷-۱-۶-۳- تست های دوره ای قطعات

آمادگی عملکرد سیستم به صورت دوره ای در طول کارکرد نیروگاه با تست کردن، چک می گردد. تست سیستم مکش هوا و اگزوز همزمان با دیزل ژنراتور ها صورت می گیرد. این تست های دوره ای هر ۶۷۲ ساعت یک بار صورت می گیرد و از آنجا که ۴ کانال داریم، هر ۱۶۸ ساعت یک کانال تست میگردد، بدین ترتیب ایمنی افزایش می یابد.

در طول این تست ها ، دیزل ژنراتورها ، خواص عملکردی خود را از دست نمی دهند و در مواردی که پیشامد آغازگر اتفاق بیافتد، آماده به انجام عملکردهای ایمنی هستند. لیست سیستم هایی که تست های دوره ای در طول عملکرد نیروگاه روی آنها صورت می گیرد و تأثیر آنها روی قابل استفاده بودن سیستم در جدول (۳-۱۲) آمده است :

جدول (۳-۱۲) زمان تست ها و تأثیر آن روی عملکرد سیستم

دوره بر حسب ساعت (h)	تأثیر تست روی عملکرد سیستم	نوع کنترل شده خرابی	قطعه
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	فن ها GY10,20,30,40D401

۸-۱-۶-۳- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته)

تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم هر یک بار در سال در طول خاموشی راکتور برای سوخت گذاری مجدد و تعمیرات پیش گیرانه تجهیزات، انجام می شود . در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه تعمیرات برنامه ریزی شده انجام نمی شوند و در آنالیز نیز در نظر گرفته نمی شوند. بعد از انجام تعمیرات برنامه ریزی شده ، سیستم تحت تست های راه اندازی و کنترل قرار می گیرد. بنابراین اشتباهات پرسنل که مرتبط با تعمیرات برنامه ریزی شده می باشد، در آنالیز در نظر گرفته نمی شود.

در صورت خرابی قطعات سیستم در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه، تعمیرات ناخواسته صورت می گیرد. حذف یک کانال از سرویس (خدمات) برای تعمیرات برنامه ریزی نشده در طول بهره برداری قدرت

راکتور برای طول مدتی بیش از ۷۲ ساعت از لحظه تشخیص خرابی به شرط اینکه عملکرد ۳ کانال دیگر سیستم تأیید شده باشد، مجاز نیست.

از کار افتادن کانال برای تعمیرات ناخواسته به عنوان خرابی کانال محسوب می شود و در آنالیز قابلیت اطمینان سیستم در نظر گرفته می شود.

۲-۶-۳- مدل کردن سیستم

تمام قطعات سیستم مکش هوا و اگزوز عملکردشان را از سیستمی که شامل دیزل ژنراتور تحویلی به نیروگاه می شود، تاثیر می پذیرند و درخت خطا برای سیستم داده شده مدل نشده است زیرا یک دیزل ژنراتور و تجهیزات کمکی اش به عنوان یک عنصر در نظر گرفته شده، که شاخص های عملکرد بدون خرابی آن توسط سازنده تعیین شده است.

بخش هفتم : سیستم هوای راه انداز

۷-۳- سیستم هوای راه انداز

۱-۷-۳- شرح سیستم

۱-۱-۷-۳- هدف از سیستم

سیستم هوای راه انداز برای تولید هوای کمپرس شده، نگهداری، آماده سازی و تامین برای دیزل به کار می رود. سیستم هوای راه انداز یک سیستم ایمنی پشتیبان است.

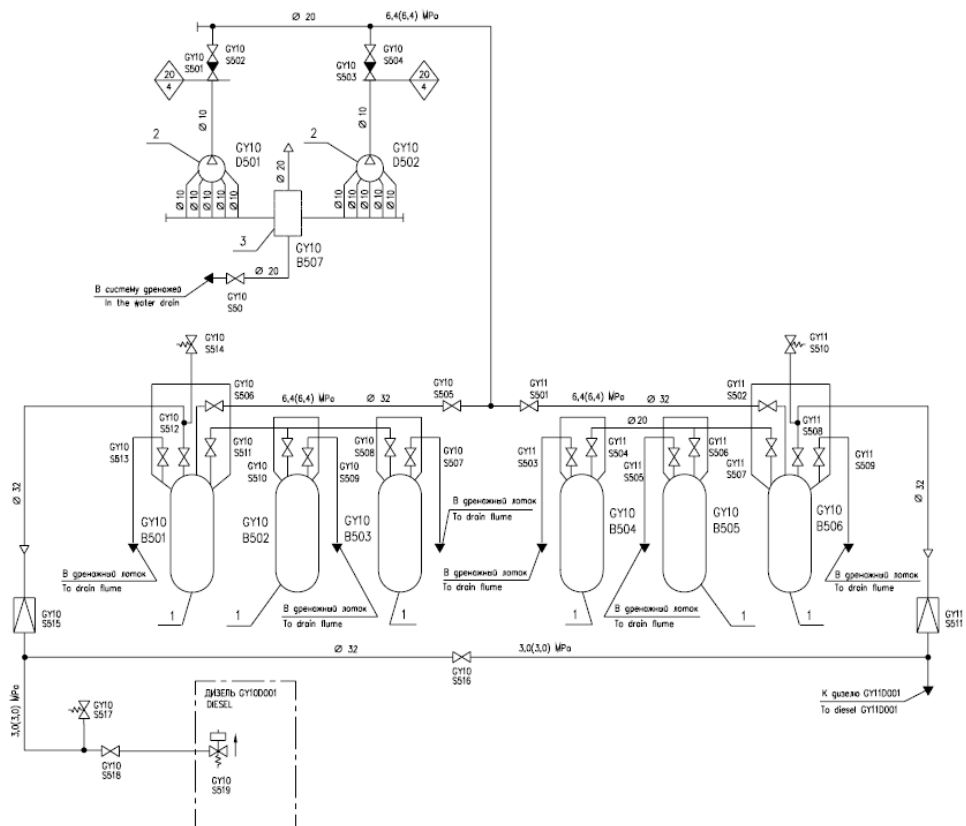
۲-۱-۷-۳- شرح مختصری از سیستم

۱-۲-۱-۷-۳- شرح مختصری از فلوچارت

سیستم هوای راه انداز متشکل از چهار کانال جدا از هم مستقل است که با ساختار ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری سازگار است. شکل (۸-۳) فلوچارت یکی از کانال های سیستم هوای راه انداز را نشان می دهد (یعنی یک اتاقک ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری)، چون کانال ها کاملاً مشابه یکدیگر هستند به نشان دادن یک کانال بسنده کرده ایم. سیستم هوای راه انداز:

- سیلندر ها را با هوای کمپرس شده تا فشار ۶,۴ MPa پر می کند؛

- هوای کمپرس شده را برای انجام مراحل راه اندازی به دیزل عرضه می کند؛
 - هوای کمپرس شده تا فشار ۶,۴ MPa برای سیلندر تغذیه می کند؛
 - هوا را به میزان کافی نگهداری کرده و برای ۶ راه اندازی متوالی دیزل فراهم می کند.
- قطعات سیستم محرک موتور از طریق سیستم تغذیه نرمال و اضطراری مصرف کننده های گروه ۲ تأمین می گردد.



شکل (۸-۳) نمای یک کانال سیستم هوای راه انداز

۲-۲-۱-۷-۳- تجهیزات

هر کدام از کانال های سیستم شامل آیتم های زیر هستند:

- کمپرسور GY10D501,502 برای پرکردن سیلندر راه اندازی با هوای فشرده تا فشار شش مگاپاسکال در نظر گرفته شده است، فشار هوا را بین ۴,۱ - ۵,۴ مگاپاسکال هنگام کاهش فشار در سیستم بخاطر نشتی یا استارت حفظ می کند؛

- سیلندرهایی هوای راه انداز GY10B501,502,503,504,505,506 برای ذخیره هوای فشرده تا فشار ۴,۶ مگاپاسکال می باشد؛

- تانک پایین آورنده انبساط GY10B507 برای جمع اوری نشتی ناشی از عملکرد کمپرسور طراحی شده است؛

- شیر راه انداز GY10,20,30,40S519 برای دیزل GY10,20,30,40D001 و شیر راه انداز GY11,21,31,41S519 برای دیزل GY11,21,31,41D001؛

- شیر یک طرفه GY10,20,30,40S501,503 روی طرف تخلیه کمپرسورها.

۳-۷-۱-۳- کنترل و نظارت بر سیستم

کنترل و نظارت بر سیستم در اتاق کنترل محلی صورت می گیرد و یک سیگنال خطای ترکیب شده نیز به اتاق کنترل اصلی فرستاده می شود. سیستم کنترل اتوماتیک امکان مشخص شدن علل خطای ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری ترکیبی یا سیگنال های عدم دسترسی که در اتاق کنترل اصلی تولید شده را فراهم می آورد .

۳-۷-۱-۴- سیستم های پشتیبانی

لیست سیستم هایی که سیستم هوای راه انداز بر عملکرد ایمنی آنها تاثیر میگذارد، در جدول (۳-۱۳) نشان داده شده است.

جدول (۳-۱۳) لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند

لیستی از قطعات مهم سیستم	سیستم های کنترل و نظارت		
	سیستم خنک کننده آب	سیستم منبع تغذیه	سیستم کنترل
کمپرسور های الکتریکی GY10,20,30,40D501,502		11FE,12FF, 13FG,14FH	
شیر های راه انداز GY10,20,30,40S519		11FE,12FF 13FG,14FH	
شیر های راه انداز GY11,21,31,4S519		11FE,12FF, 13FG,14FH	

۵-۱-۷-۳- عملکرد در شرایط کارکرد نرمال

در شرایط کارکرد نرمال واحد، سیستم هوای راه انداز هوای فشرده را تا فشار شش مگاپاسکال فراهم می کند، هوای کمپرس شده را در سیلندر ها نگهداری و دوباره پر می کند.

پرکردن سیلندر GY10,20,30,40B501,502,503,504,505,506 با کمپرسور برقی مستقل GY10,20,30,40D501,502 بوسیله یک سیگنال از گیج های فشار در خطوط لوله برای تامین هوای دیزل انجام می شود. سیستم های راه اندازی دیزلها با خطوط لوله برای متعادل کردن پارمترهای شروع ترکیب شده است.

۶-۱-۷-۳- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری

با ولتاژ فرمان استارت محرک های الکترومغناطیسی شیرهای راه انداز اصلی GY10,20,30,40S519 دیزل GY10,20,30,40D001 و GY11,21,31,41S519 برای دیزل GY11,21,31,41D001 تامین می شود. هوای فشرده به درون شیرهای راه انداز و شیرهای کنترل راه انداز برای سیلندر دیزل فرستاده می شوند. به محض اینکه میل لنگ دیزل به سرعت گردشی ۳۵۰ دور در دقیقه رسید شیر راه انداز اصلی که روی دیزل است، بسته می شود.

۷-۱-۷-۳- تست های دوره ای قطعات

آمادگی عملکرد سیستم به صورت دوره ای در طول کارکرد نیروگاه با تست کردن، چک می گردد. تست سیستم هوای راه انداز همزمان با دیزل ژنراتور ها صورت میگیرد. این تست های دوره ای هر ۶۷۲ ساعت یک بار صورت می گیرد و از آنجا که ۴ کانال داریم، هر ۱۶۸ ساعت یک کانال تست میگردد، بدین ترتیب ایمنی افزایش میابد. در طول این تست ها ، دیزل ژنراتورها ، خواص عملکردی خود را از دست نمی دهند و در مواردی که پیشامد آغازگر اتفاق بیافتد، آماده به انجام عملکردهای ایمنی هستند.

لیست سیستم هایی که تست های دوره ای در طول عملکرد نیروگاه روی آنها صورت می گیرد و تأثیر آنها روی قابل استفاده بودن سیستم در جدول (۳-۱۴) آمده است:

جدول (۳-۱۴) زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم

دوره بر حسب ساعت (h)	تأثیر تست روی عملکرد سیستم	نوع کنترل شده خرابی	قطعه
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	کمپرسور الکتریکی GY10,20,30,40D501,502
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر یکطرفه GY10,20,30,40S501,503
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر راه انداز با درایو الکترو مغناطیسی GY10,20,30,40S519
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر راه انداز با درایو الکترو مغناطیسی GY11,21,31,41S519

۸-۱-۷-۳- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته)

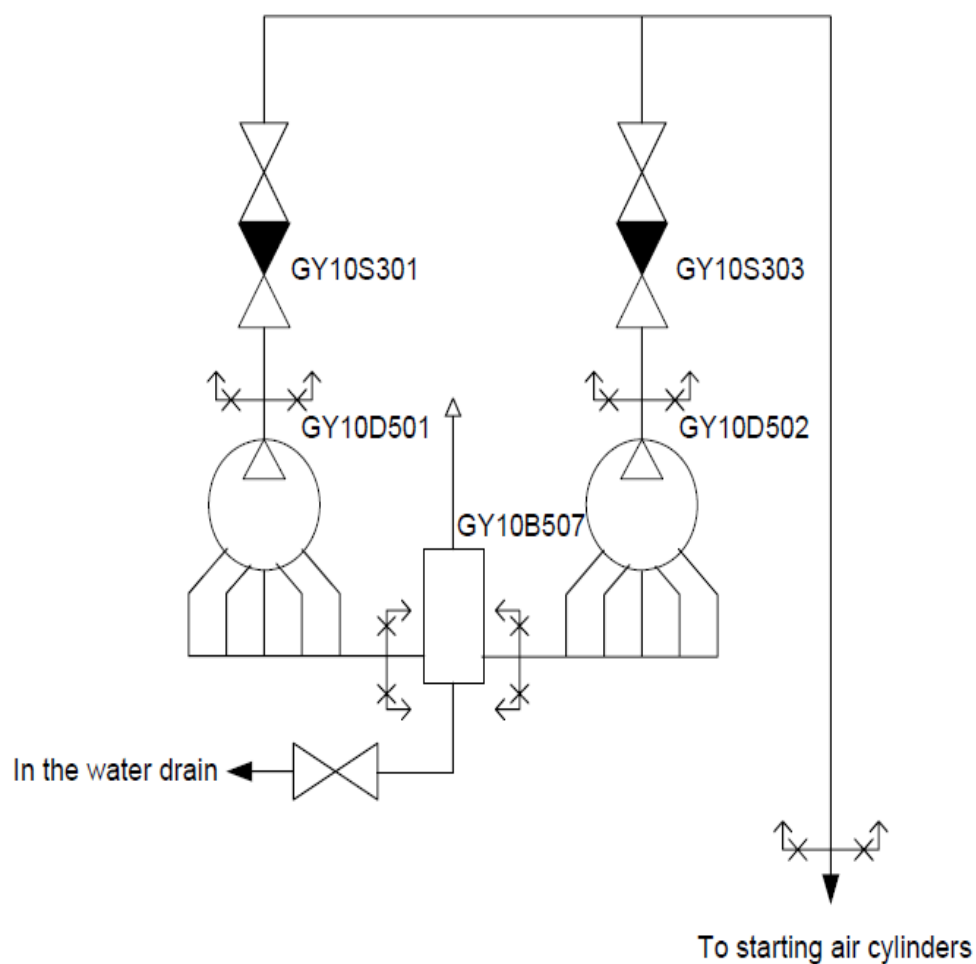
تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم هر یک بار در سال در طول خاموشی راکتور برای سوخت گذاری مجدد و تعمیرات پیش گیرانه تجهیزات، انجام می شود . در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه تعمیرات برنامه ریزی شده انجام نمی شوند و در آنالیز نیز در نظر گرفته نمی شوند. بعد از انجام تعمیرات برنامه ریزی شده ، سیستم تحت تست های راه اندازی و کنترل قرار می گیرد. بنابراین اشتباهات پرسنل که مرتبط با تعمیرات برنامه ریزی شده می باشد، در آنالیز در نظر گرفته نمی شود.

در صورت خرابی قطعات سیستم در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه، تعمیرات ناخواسته صورت می گیرد. حذف یک کانال از سرویس (خدمات) برای تعمیرات برنامه ریزی نشده در طول بهره برداری قدرت راکتور برای طول مدتی بیش از ۷۲ ساعت از لحظه تشخیص خرابی به شرط اینکه عملکرد ۳ کانال دیگر سیستم تأیید شده باشد، مجاز نیست. از کار افتادن کانال برای تعمیرات ناخواسته به عنوان خرابی کانال محسوب می شود و در آنالیز قابلیت اطمینان سیستم در نظر گرفته می شود.

۱-۲-۷-۳- فرضیات و محدودیت ها

دیاگرام مدار ساده شده سیستم هوای راه انداز در شکل (۹-۳) نمایش داده شده است. مرزهای سیستم در مدل قابلیت اطمینان مطابق با دیاگرام ساده شده اقتباس شده است. در رسم و طراحی دیاگرام مدار ساده شده سیستم، فرضیات و محدودیت های زیر در نظر گرفته شده است:

- دیاگرام مدار ساده شده برای یک کانال ساخته شده است، زیرا کانال ها کاملاً یکسان هستند؛
- سیستم هوای راه انداز خرابی های وابسته به پیشامد آغازگر ندارد؛
- خرابی قطعاتی که در محدوده منبع تغذیه دیزل ژنراتور قرار می گیرند، در آنالیز نادیده گرفته شده است زیرا دیزل ژنراتور و تجهیزات کمکی آن که به صورت یک مجموعه از طرف شرکت سازنده به نیروگاه تحویل داده شده اند، به عنوان عنصری که شاخصهای ایمنی آن به وسیله سازنده مشخص شده است، در نظر گرفته شده اند؛
- خرابی شیرهایی که به صورت دستی کار می کنند برای اینکه در موقعیت باز باقی بمانند (بسته شدن کاذب) نظر به اینکه خرابی آنها با توجه به روش های فنی و اجرایی، یک پیشامد با احتمال پایین است؛
- خرابی قطعات سیستم هایی از قبیل خط لوله ها، در آنالیز در نظر گرفته نشده است؛
- خرابی قطعات سیستم های کنترلی در آنالیز در نظر گرفته نشده اند، زیرا طراحی این سیستم برای ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری بسط داده نشده است.



شکل (۳-۹) دیاگرام مدار ساده شده سیستم هوای راه انداز

۲-۲-۷-۳- بیان خرابی سیستم

خرابی یک از کانال های سیستم هوای راه انداز، پیشامدی است که در آن احتمال تأمین هوای فشرده به دیزل در هنگام راه اندازی، از دست رفته است.

۳-۷-۲-۳- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها

انواع خرابی قطعات و عواقب آنها در جدول (۳-۱۵) نشان داده شده است.

جدول (۱۵-۳) انواع خرابی قطعات و عواقب آنها

نشان	قطعه	حالت قطعه		نوع خرابی	نظارت در حالت آماده به کار	عواقب خرابی
		حالت آماده به کار	حالت حادثه			
GY10S501, GY20S501, GY30S501, GY40S501	شیر یک طرفه	به صورت دوره ای برای ترکیب سیلندر ها باز می شود	بسته شده	شکست در باز شدن	نظارت دوره ای	تحریک کمپرسور های آماده به کار
GY10S503, GY20S503, GY30S503, GY40S503	شیر یک طرفه	بسته شده (به صورت اتوماتیک در صورت انتقال بار باز می گردد)	بسته شده	شکست در باز شدن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی شیرهای یک طرفه GY10,20,30,40S301

۴-۲-۷-۳- آنالیز حالت های بی تأثیر

روند تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم، در طول تعمیر پیش گیرانه در هنگام خاموشی نیروگاه، بعد از اینکه تست های راه اندازی و کنترل انجام شدند، صورت می گیرند؛ که توانایی های عملکردی سیستم را تحت تأثیر قرار نمی دهد.

تست های دوره ای سیستم منجر به از دست دادن خواص عملکردی آن نمی شود، زیرا در وقوع رویداد آغازگر در حالتی که قطعات در حال تست شدن می باشند، سیستم می تواند وارد عمل گردد.

۴-۲-۷-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل

خرابی های مربوط به اشتباهات پرسنل در آنالیز انجام شده، در نظر گرفته نشده است زیرا در هنگام شروع به کار دیزل ژنراتور، سیستم به طور اتوماتیک، آغاز به کار یا تریپ می کند. در طول تست های کنترلی، سیستم، قابلیت های خود را حفظ می کند و در نتیجه، اشتباهات اپراتور که با وضعیت های غلط قطعات سیستم در طول دوره ی تست ها درگیر است، غیر محتمل شمرده می شود.

بخش هشتم : سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری

۸-۳- سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری

۸-۳-۱- شرح سیستم

۸-۳-۱-۱- عملکرد سیستم

سیستم خنک کننده هوا UV61,62,63,64D001,002 برای برداشت گرمای اضافی آزاد شده و نگهداری دمای هوا در یک حد از پیش تعیین شده در اتاق های ماشین دیزل ژنراتور در نظر گرفته شده است.

سیستم خنک کننده هوا UV61,62,63,64D001,002 یک سیستم ایمنی پشتیبان می باشد.

۸-۳-۱-۲- شرح مختصری از سیستم

۸-۳-۱-۲-۱- شرح مختصری از فلوچارت

سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری متشکل از چهار کانال جدا از هم مستقل است که با ساختار ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری سازگار است.

کارکرد سیستم خنک کننده هوا از اصل چرخش مجدد هوا پیروی می کند. هوای گرم شده به سمت خنک کننده هوا جریان می یابد، جایی که به دمای مناسب می رسد و پس از آن به وسیله فنی از طریق سیستم مجراهای هوا به اتاق دیزل عرضه می گردد.

گرما از سیستم خنک کننده هوا به وسیله سیستم تغذیه آب UF10,20,30,40 برداش می شود.

قطعات سیستم محرک موتور از طریق سیستم تغذیه نرمال و اضطراری مصرف کننده های گروه ۲ تأمین می گردد.

۸-۳-۱-۲-۲- تجهیزات

هرکانال سیستم شامل دو تاسیسات خنک کننده هوای گردش مجدد است (یکی در حال کارکرد و دیگری آماده به کار) که هریک شامل تجهیزات زیر هستند:

- فن سانتریفوز UV61,62,63,64D001 یا UV61,62,63,64D002 ؛

- خنک کننده هوا UV61,62,63,64B001 یا UV61,62,63,64B002 ؛

- شیر محرک موتوری UF42,52,62,72S001 یا UF42,52,62,72S002 در خط تامین آب خنک کننده برای خنک کننده هوا؛
- دمپر هوای موتوری UV61,62,63,64S001 یا UV61,62,63,64S002 در خط مکش؛
- شیر یک طرفه روی طرف تخلیه فن UV61,62,63,64S003 یا UV61,62,63,64S004 .

۳-۱-۸-۳- کنترل و نظارت بر سیستم

کنترل و نظارت بر سیستم خنک کننده هوا در اتاق کنترل محلی صورت می گیرد و یک سیگنال خطای ترکیب شده نیز به اتاق کنترل اصلی فرستاده می شود.

سیستم به صورت اتوماتیک با شروع به کار دیزل به کار می افتد. بین تاسیسات در حال کارکرد و آماده به کار یک انتقال بار اتومات لحاظ شده است.

برای کنترل سیستم و به دست آوردن اطلاعات در مورد حالت آنها در طول عملکرد، تدارکاتی برای اندازه گیری پارامترهای زیر در نظر گرفته شده است:

- فشار در سمت تخلیه فن
- دمای هوا در سیستم بعد از فن
- دمای هوا در اتاق

۳-۱-۸-۴- سیستم های پشتیبان

لیست سیستم هایی که سیستم خنک کننده هوا بر عملکرد ایمنی آنها تاثیر میگذارد، در جدول (۱۶-۳) نشان داده شده است.

جدول (۱۶-۳) لیست سیستم هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر میگذارند

لیستی از قطعات مهم سیستم	سیستم های کنترل و نظارت		
	سیستم خنک کننده آب	سیستم منبع تغذیه	سیستم کنترل
فن UV61,62,63,64D001,002		11FE,12FF, 13FG,14FH	
خنک کننده هوا UV61,62,63,64B001,002	UF40,50,60,70		
شیر موتوری UF42,52,62,72S001,002		11FE,12FF, 13FG,14FH	
دامپر هوای الکتریکی UV61,62,63,64S001,002		11FE,12FF, 13FG,14FH	

۵-۱-۸-۳- عملکرد در شرایط کاری نرمال

در طول شرایط نرمال واحد سیستم خنک کننده هوا UV61,62,63,64D001,002 در حالت آمادگی است.

۳-۱-۸-۶- عملکرد سیستم در شرایط اضطراری

سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری بطور اتوماتیک در آغاز به کار دیزل ژنراتور شروع به کار می کند.

در هنگام وقوع پیشامد آغازگر که شامل از دست دادن برق خارجی نیروگاه می شود، فن در حال کارکرد UV61,62,63,64D001 شروع به کار می کند و دمپر هوا UV61,62,63,64S001 به وسیله قفل کردن در خط مکش باز میشود و شیر UF42,52,62,72S001 در خط تامین هوای خنک کننده به خنک کننده هوا باز می شود.

۳-۱-۸-۷- تست های دوره ای قطعات

آمادگی عملکرد سیستم به صورت دوره ای در طول کارکرد نیروگاه با تست کردن، چک می گردد. تست سیستم سوخت رسانی همزمان با دیزل ژنراتور ها صورت میگیرد.

این تست های دوره ای هر ۶۷۲ ساعت یک بار صورت می گیرد و از آنجا که ۴ کانال داریم، هر ۱۶۸ ساعت یک کانال تست می گردد، بدین ترتیب ایمنی افزایش میابد

در طول این تست ها ، دیزل ژنراتورها ، خواص عملکردی خود را از دست نمی دهند و در مواردی که پیشامد آغازگر اتفاق بیافتد، آماده به انجام عملکردهای ایمنی هستند .

لیست سیستم هایی که تست های دوره ای در طول عملکرد نیروگاه روی آنها صورت می گیرد و تاثیر آنها روی قابل استفاده بودن سیستم در جدول (۱۷-۳) آمده است :

جدول (۱۷-۳) زمان تست ها و تاثیر آن روی عملکرد سیستم

دوره بر حسب ساعت (h)	تأثیر تست روی عملکرد سیستم	نوع کنترل شده خرابی	قطعه
672	بی تأثیر	خرابی در شروع به کار کردن	فن UV61,62,63,64D001,002
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	دامپر هوای الکتریکی UV61,62,63,64S001,002
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر موتوری UF42,52,62,72S001,002
672	بی تأثیر	خرابی در باز شدن	شیر یکطرفه UV61,62,63,64S003,004

۳-۸-۱-۸- رویه های تعمیرات برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده (ناخواسته)

تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم هر یک بار در سال در طول خاموشی راکتور برای سوخت گذاری مجدد و تعمیرات پیش گیرانه تجهیزات، انجام می شود . در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه تعمیرات برنامه ریزی شده انجام نمی شوند و در آنالیز نیز در نظر گرفته نمی شوند.

بعد از انجام تعمیرات برنامه ریزی شده ، سیستم تحت تست های راه اندازی و کنترل قرار می گیرد. بنابراین اشتباهات پرسنل که مرتبط با تعمیرات برنامه ریزی شده می باشد، در آنالیز در نظر گرفته نمی شود.

در صورت خرابی قطعات سیستم در طول بهره برداری قدرت از نیروگاه، تعمیرات ناخواسته صورت می گیرد. حذف یک کانال از سرویس (خدمات) برای تعمیرات برنامه ریزی نشده در طول بهره برداری قدرت راکتور برای طول مدتی بیش از ۷۲ ساعت از لحظه تشخیص خرابی به شرط اینکه عملکرد ۳ کانال دیگر سیستم تأیید شده باشد ، مجاز نیست .

از کار افتادن کانال برای تعمیرات ناخواسته به عنوان خرابی کانال محسوب می شود و در آنالیز قابلیت اطمینان سیستم در نظر گرفته می شود.

۳-۸-۲- مدل کردن سیستم

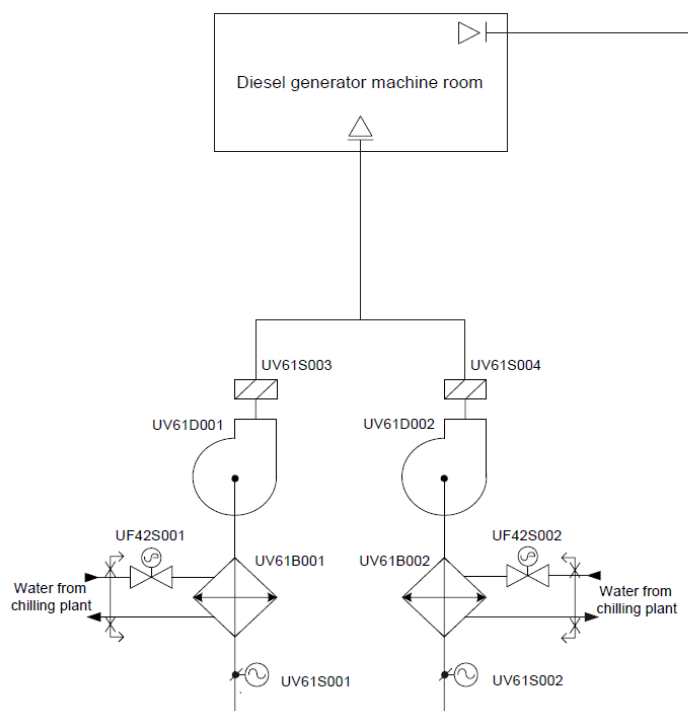
۱-۲-۸-۳- فرضیات و محدودیت ها

دیاگرام مدار ساده شده سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های در شکل (۱۰-۳) نمایش داده شده است.

مرزهای سیستم در مدل قابلیت اطمینان مطابق با دیاگرام ساده شده اقتباس شده است .

در رسم و طراحی دیاگرام مدار ساده شده سیستم ، فرضیات و محدودیت های زیر در نظر گرفته شده است:

- دیاگرام مدار ساده شده برای یک کانال ساخته شده است ، زیرا کانال ها کاملاً یکسان هستند؛
- سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور ها خرابی های وابسته به پیشامد آغازگر ندارد؛
- خرابی قطعات سیستم هایی از قبیل خط لوله ها، در آنالیز در نظر گرفته نشده است؛
- خرابی قطعات سیستم های کنترلی در آنالیز در نظر گرفته نشده اند ، زیرا طراحی این سیستم برای ایستگاه دیزل ژنراتور اضطراری بسط داده نشده است.



شکل (۳-۱۰) دیاگرام مدار ساده شده سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتورها

۳-۸-۲-۲- بیان خرابی سیستم

خرابی یک از کانال های سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتورها، پیشامدی است که در آن احتمال تأمین هوا به اتاق دیزل در هنگام کارکرد دیزل در جریان تعیین شده و دمای لازم، از دست رفته است.

۳-۸-۲-۳- آنالیز علت های خرابی و عواقب آنها

انواع خرابی قطعات و عواقب آنها در جدول (۳-۱۸) نشان داده شده است.

جدول (۱۸-۳) انواع خرابی عناصر و عواقب آنها

نشان	قطعه	حالت قطعه		نوع خرابی	نظارت در حالت آماده به کار	عواقب خرابی
		حالت آماده به کار	حالت حادثه			
UV61D001, UV62D001, UV63D001, UV64D001	فن	قطع شده	در حالت عملکرد قرار می گیرد	خرابی در شروع به کار کردن، شکست در عملکرد	نظارت دوره ای	به کار اندازی UV61,62,63,64D002
UV61D002, UV62D002, UV63D002, UV64D0021	فن	قطع شده	با انتقال اتوماتیک بار در حالت عملکرد قرار می گیرد	خرابی در شروع به کار کردن، شکست در عملکرد	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی UV61,62,63,64D001
UV61B001, UV62B001, UV63B001, UV64B001	خنک کننده هوا	قطع شده	در حالت عملکرد قرار می گیرد	نشت	نظارت دوره ای	به کار اندازی UV61,62,63,64D002
UV61B002, UV62B002, UV63B002, UV64B002	خنک کننده هوا	قطع شده	با انتقال اتوماتیک بار در حالت عملکرد قرار می گیرد	نشت	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی UV61,62,63,64D001
UV61S001, UV62S001, UV63S001, UV64S001	دامپر هوای الکتریکی	بسته	باز	خرابی در باز شدن، خرابی در حالت باز باقی ماندن	نظارت دوره ای	به کار اندازی UV61,62,63,64D002
UV61S002, UV62S002, UV63S002, UV64S002	دامپر هوای الکتریکی	بسته	با انتقال اتوماتیک باز می شود	خرابی در باز شدن، خرابی در حالت باز باقی ماندن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی UV61,62,63,64D001
UF42S001, UF52S001, UF62S001, UF72S001	شیر موتوری	بسته	باز	خرابی در باز شدن، خرابی در حالت باز باقی ماندن	نظارت دوره ای	به کار اندازی UV61,62,63,64D002
UF42S002, UF52S002, UF62S002, UF72S002	شیر موتوری	بسته	با انتقال اتوماتیک باز می شود	خرابی در باز شدن، خرابی در حالت باز باقی ماندن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی UV61,62,63,64D001
UV61S003, UV62S003, UV63S003, UV64S003	شیر یکطرفه	بسته شده	باز	خرابی در باز شدن، خرابی در حالت باز باقی ماندن	نظارت دوره ای	به کار اندازی UV61,62,63,64D002
UV61S004, UV62S004, UV63S004, UV64S004	شیر یکطرفه	بسته شده	با انتقال اتوماتیک باز می شود	خرابی در باز شدن، خرابی در حالت باز باقی ماندن	نظارت دوره ای	خرابی کانال در خرابی ترکیبی UV61,62,63,64D001

۴-۲-۸-۳- آنالیز حالت های بی تأثیر

روند تعمیرات برنامه ریزی شده سیستم، در طول تعمیر پیش گیرانه در هنگام خاموشی نیروگاه، بعد از اینکه تست های راه اندازی و کنترل انجام شدند، صورت می گیرند؛ که توانایی های عملکردی سیستم را تحت تاثیر قرار نمی دهد.

تست های دوره ای سیستم منجر به از دست دادن خواص عملکردی آن نمی شود، زیرا در وقوع رویداد آغازگر در حالتی که قطعات در حال تست شدن می باشند، سیستم می تواند وارد عمل گردد.

۴-۲-۸-۳-۵- آنالیز اشتباهات پرسنل

خرابی های مربوط به اشتباهات پرسنل در آنالیز انجام شده، در نظر گرفته نشده است زیرا در هنگام شروع به کار دیزل ژنراتور، سیستم به طور اتوماتیک، آغاز به کار یا تریپ می کند.

در طول تست های کنترلی، سیستم، قابلیت های خود را حفظ می کند و در نتیجه، اشتباهات اپراتور که با وضعیت های غلط قطعات سیستم در طول دوره ی تست ها درگیر است، غیر محتمل شمرده می شود.

فصل چهارم: ارزیابی قابلیت اطمینان و دسترسی سیستم

در این فصل، به ارزیابی قابلیت اطمینان، اندازه گیری اهمیت و قابلیت دسترسی زیر سیستم های دیزل ژنراتور اضطراری که در فصل سوم به طور مفصل توضیح داده شدند، همچنین کل سیستم یعنی دیزل ژنراتور اضطراری نیروگاه هسته ای بوشهر برای هر چهار کانال سیستم پرداخته می شود.

۱-۴- انواع داده های خرابی

داده های خرابی از انواع گوناگونی تشکیل می شوند که به طور مفصل در بخش پنجم فصل اول مورد بحث قرار گرفت. در این پژوهش داده های جمع آوری شده یا از اطلاعات موجود در PSA بوشهر و یا دستور تعمیرات و سرویس دیزل ژنراتور نیروگاه بوشهر، همچنین نظرات کارشناسی مورد استفاده قرار گرفته است.

از آنجا که داده های موجود در PSA بوشهر، طبق شش مدل گفته شده در بخش پنجم فصل اول در دسترس بود و با این داده ها نمی توانستیم دینامیک بودن را مدل کنیم، پس فرض های زیر را برای محاسبات داده های ورودی لحاظ کردیم :

الف) تبدیل توزیع نمایی با داشتن λ ، به توزیع ویبول و به دست آوردن α و β برای این توزیع، که این عملیات به دلیل اینکه توزیع نمایی memory less می باشد، صورت گرفته است.

در توزیع نمایی اگر قابلیت اطمینان برای قطعه ای که تا زمان t_0 کارکرده باشد و پس از آن به اندازه Δt کار کند، این مقدار مستقل از زمان قبل از t_0 می باشد.

$$R(t_0 + \Delta t | t_0) = e^{-\lambda \Delta t} \quad (۴-۱)$$

که این با محاسبات دینامیک، منافات دارد زیرا ما می خواهیم رفتار سیستم را از لحظه شروع به کار تا زمان مورد نظر به عنوان مثال ۱۰ سال کارکرد نیروگاه ببینیم، در حالی که در توزیع نمایی مثلا اگر بخواهیم قابلیت اطمینان را در ۲۴ ساعت ببینیم در ۲۴ امین ساعت محاسبه می گردد و کاری به عملکرد قبلی آن ندارد؛ ولی در

ویبول در هر لحظه از این ۲۴ ساعت محاسبات قابلیت اطمینان مشاهده می گردد. (توجه داریم که این مورد با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو صورت پذیرفته است که در بخش شبیه سازی توضیحات آن آورده شده است).

فرمول به کاررفته در انجام محاسبات :

$$\lambda = \text{Mean Time to Failure} = \frac{1}{\lambda}$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \alpha \Gamma\left(\frac{\beta+1}{\beta}\right) = \alpha \Gamma\left(\frac{2+1}{2}\right), (\Gamma(1.5) = 0.886226) \quad (4-2)$$

با فرض $\beta=2$ تابع گاما محاسبه شده و از آنجا α محاسبه می گردد.

توجه داریم در مدل ویبول، α , scale factor , β , shape factor می باشد.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (4-3)$$

β می تواند یکی از سه حالت زیر را داشته باشد:

به همان توزیع نمایی تبدیل می شود $\beta=1 \rightarrow$

$$\beta < 1 \rightarrow \text{DFR(Decreasing Failure Rate)}$$

$$\beta > 1 \rightarrow \text{IFR(Increasing Failure Rate)}$$

در آخرین حالت رفته رفته نرخ خرابی افزایش پیدا می کند و در این حالت است که فرسودگی و Aging را می توان لحاظ کرد به همین دلیل $\beta=2$ در نظر گرفته شده است. (منیری راد ۱۳۹۱، ۸۵)

ب) از آنجا که زمان تعمیر یا بازرسی یک قطعه می تواند طبق شرایط مختلف تغییر کند زمان هایی که داریم را با یک توزیع نرمال مدل کرده ایم یعنی اگر ۳۶ ساعت به عنوان مثال برای تعمیر تانک مورد نیاز است با انحراف معیار ۱۰٪ لحاظ گردیده است.

$$\text{mean} = 36 \text{ hr}$$

$$\text{Standard division} = 3.6 \text{ hr}$$

۲-۴- مدت زمان کارکرد در نظر گرفته شده در محاسبات :

در محاسباتی که تاکنون برای تحلیل احتمالاتی ایمنی دیزل بوشهر صورت گرفته، تعمیرات و بازرسی لحاظ نگردیده است و همچنین توزیع های نمایی که ایراد آنها را گفتیم، به کار برده شده است. به بیان دیگر محاسبات کلاسیک تاکنون انجام شده است. در این محاسبات فقط زمان حادثه مد نظر است. از این رو زمان محاسبات ۲۴ ساعت معمولاً لحاظ گردیده است. (یعنی برای حالتی است که پیشامد آغازگر رخ دهد و روند حادثه مد نظر باشد)

در پروژه حاضر، ما با در نظر گرفتن تک تک پارامترهای نگهداری و تعمیرات، بازرسی، اجزای standby، فاکتور بازیابی و تعویض های صورت گرفته، محاسبات خود را برای ۲۴ ساعت، که در این حالت سیستم در حالت brand new می باشد و قابلیت اطمینان آن بسیار نزدیک به ۱ می باشد؛ (Upper band) تا ۳۰ سال به عنوان بدترین حالت در نظر گرفته شده است. (Lower band)

ما در توزیع ویبول در زمان $t = \alpha$ به قابلیت اطمینان ۳۶٪ می رسیم یعنی از ٪ ۱۰۰ اجزا، ۶۴٪ آنها خراب می شوند، از این رو برای اینکه فرسودگی سیستم را در ویبول مشاهده کنیم عدد های بالا را در محاسبات لحاظ کرده ایم.

۳-۴- طبقه بندی اجزاء سیستم دیزل ژنراتور اضطراری :

همانطور که در فصل سوم بیان شد سیستم دیزل ژنراتور اضطراری بوشهر را به زیر سیستم های سوخت رسانی، روغن کاری، خنک کننده آبی و ... دسته بندی کردیم و برای هر کدام از این زیر سیستم ها تمام فرضیات، داده ها و ... در همان فصل به طور مفصل توضیح داده شده است.

۴-۴- تحلیل و ارزیابی سیستم دیزل ژنراتور اضطراری با استفاده از نرم افزار Blocksim9

۴-۴-۱ ویژگی های نرم افزار Blocksim9

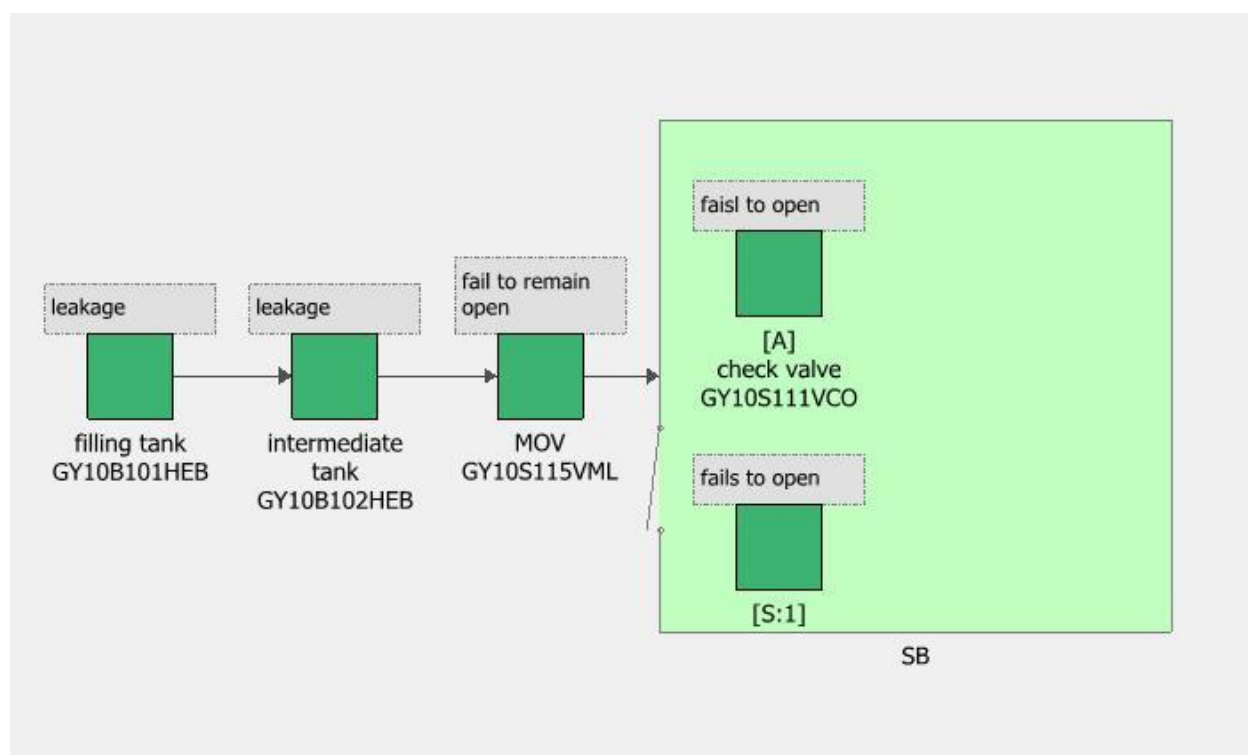
نرم افزار Blocksim9 (راهنمای نرم افزار BlockSim 9)، به اجرای فرآیندهای پیچیده در سیستم ها، از جمله ارزیابی قابلیت اطمینان، قابلیت تعمیر پذیری، قابلیت دسترسی و نیز بهینه سازی سیستم با استفاده از دیگرام بلوک های قابلیت اطمینان یا آنالیز درخت خرابی می پردازد. همچنین با تحلیل هر فرآیند، به بیان نتایج قابلیت اطمینان سیستم (نظیر زمان متوسط خرابی ها، نرخ خرابی، مدت زمان فعالیت یا از کار افتادگی تجهیزات و ...) می پردازد. برای ارزیابی سیستم در این نرم افزار، با افزودن ویژگی های قابلیت اطمینان (نظیر

توزیع های آماری مربوط به مدت زمان رخداد خرابی (برای هر یک از بلوک ها می توان قابلیت اطمینان را محاسبه کرد. در واقع، هر یک از بلوک ها از ساختاری با قابلیت پیش بینی خرابی برخوردار می شوند.

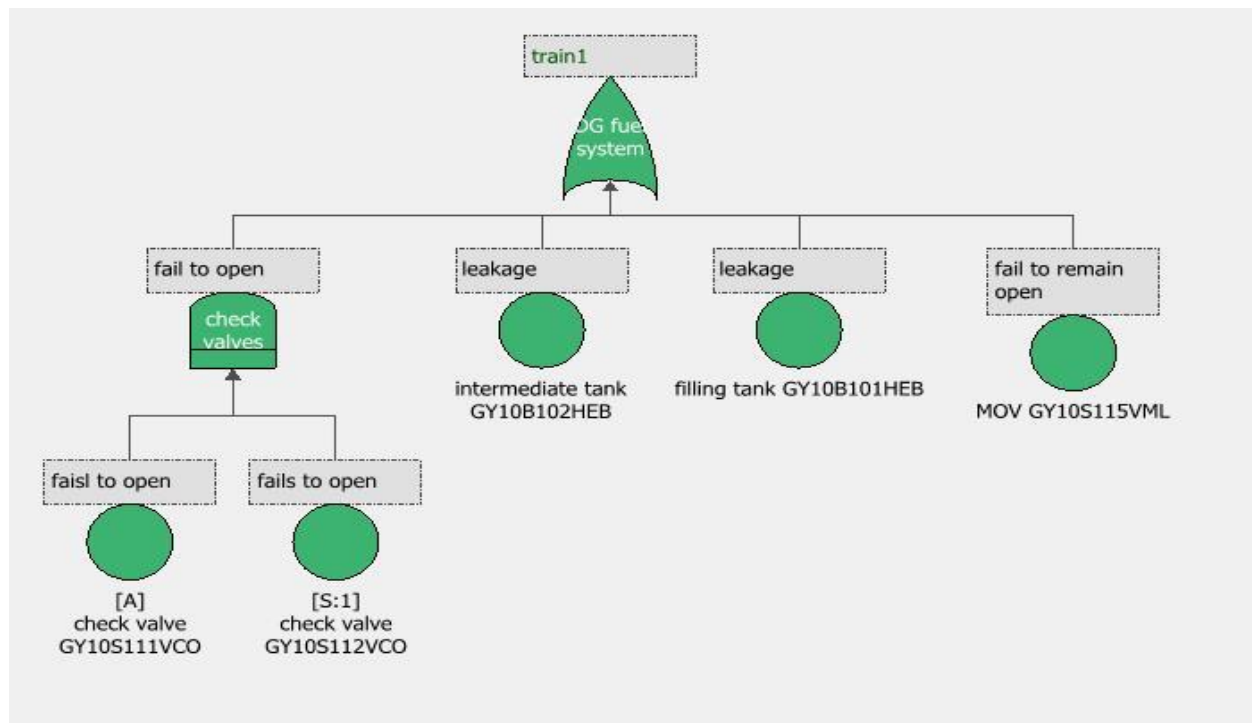
بنابراین، می توان قابلیت اطمینان سیستم و محاسبات آماری و نمودارها را برای هر بلوک به دست آورد، به این حالت آنالیزهای تحلیلی گفته می شود. با افزودن ویژگی های نگهداری و تعمیرات به هر یک از بلوک ها می توان قابلیت دسترسی و قابلیت تعمیر پذیری (نظیر استراتژی های نگهداری، نیروی کار مورد نیاز، مدت زمان تعمیرات و ...) را برای هر بلوک یا کل سیستم شبیه سازی و محاسبه کرد؛ به این حالت نیز آنالیزهای شبیه سازی گفته می شود.

۵-۴- دیاگرام قابلیت اطمینان و درخت خطای زیر سیستم ها

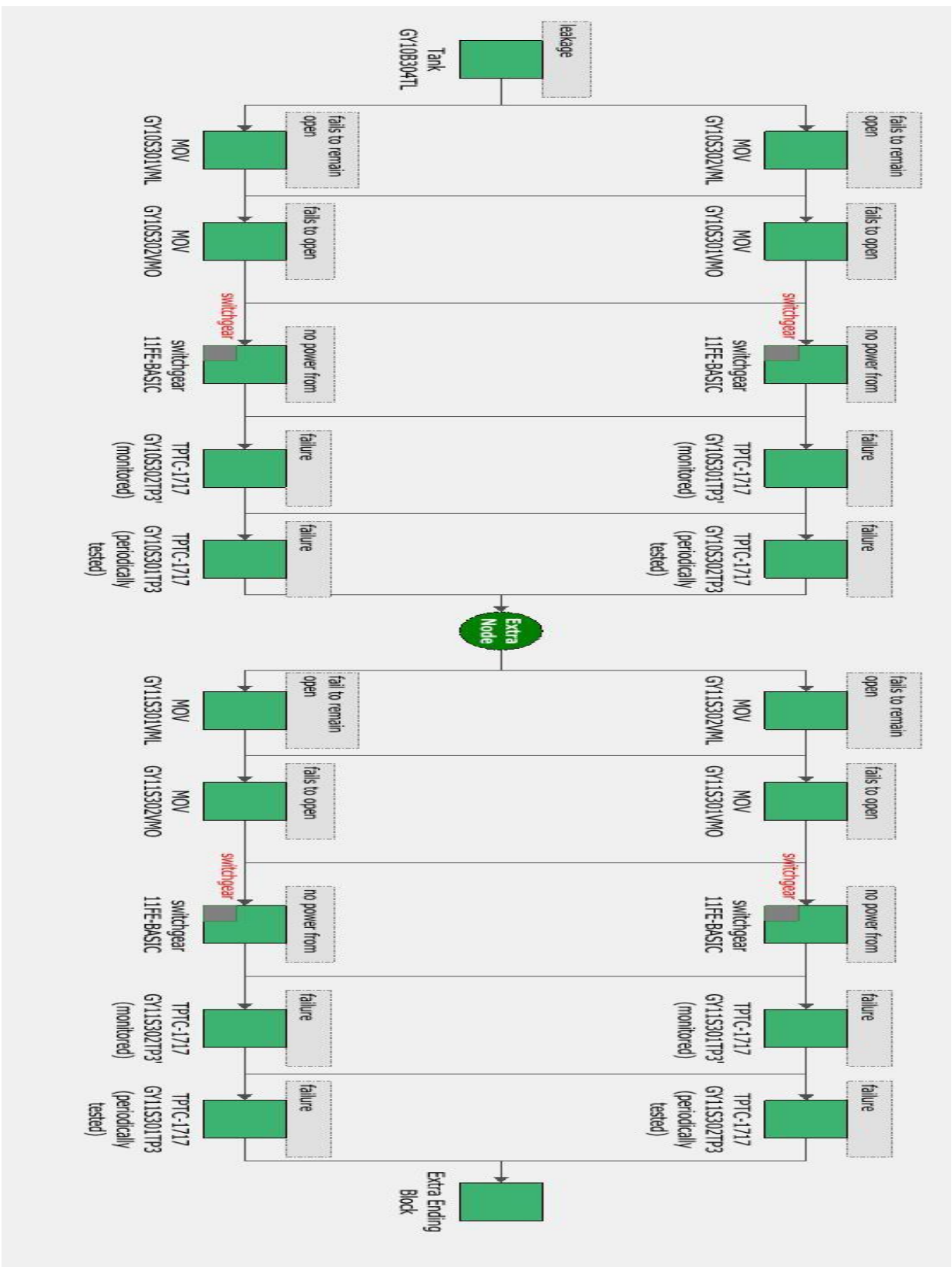
دیاگرام قابلیت اطمینان و درخت خطای زیر سیستم ها و کل سیستم در زیر برای هر سیستم آورده شده است.



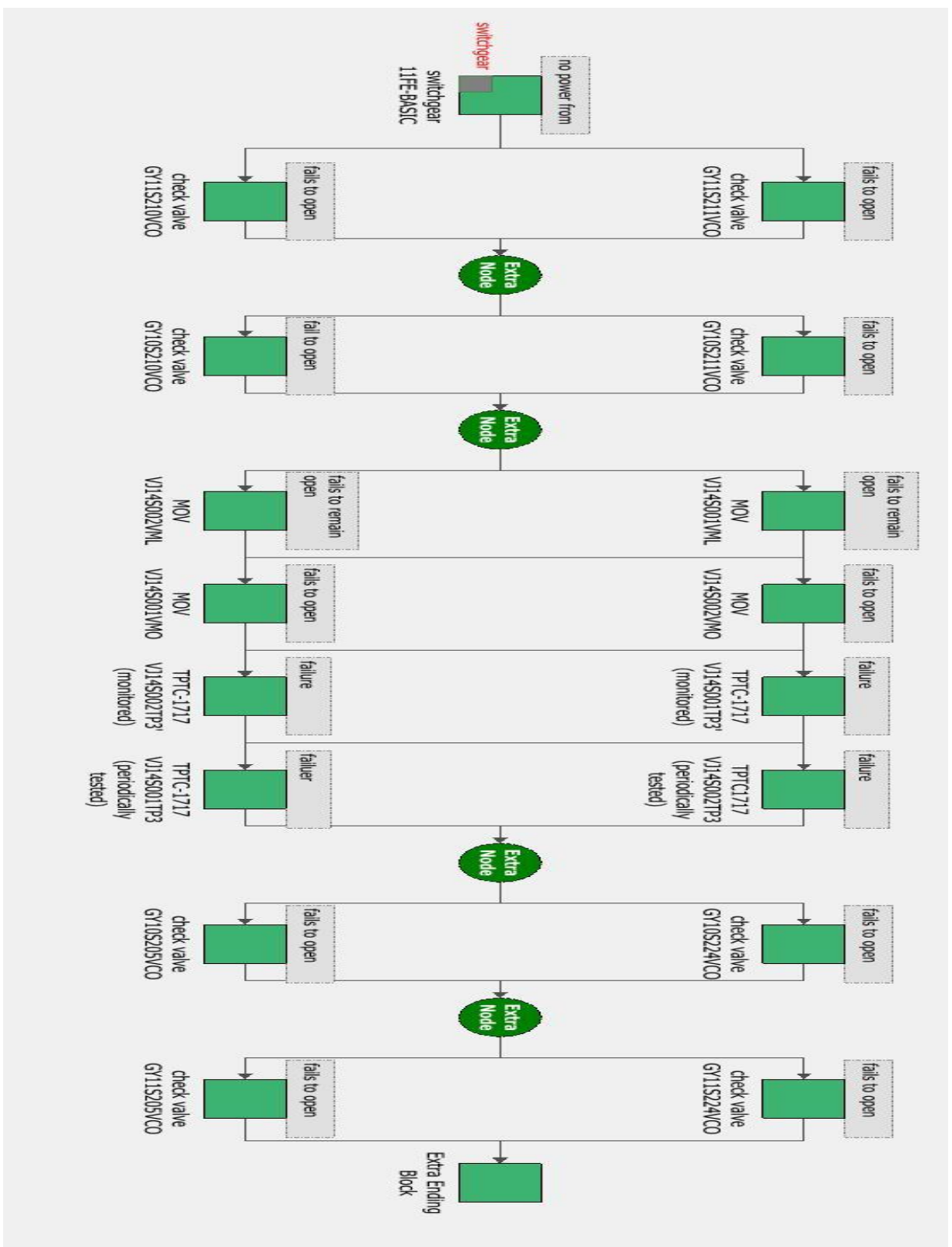
(شکل ۱-۴) دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها



(شکل ۲-۴) درخت خطای سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها

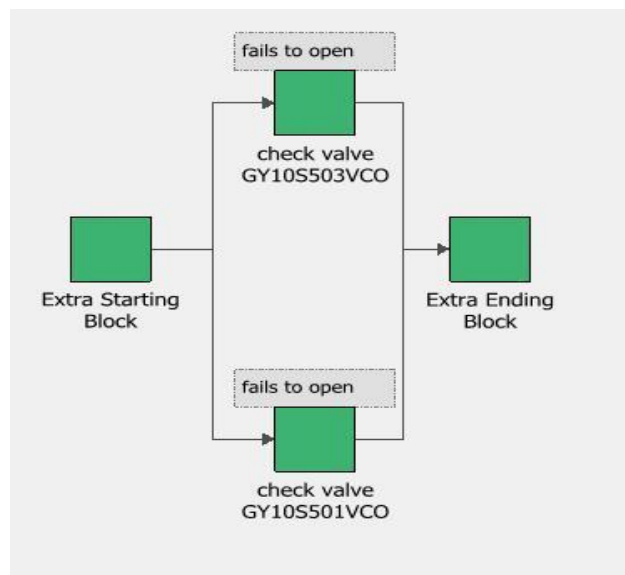


(شکل ۳-۴) دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم روشن کاری دیزل ژنراتور

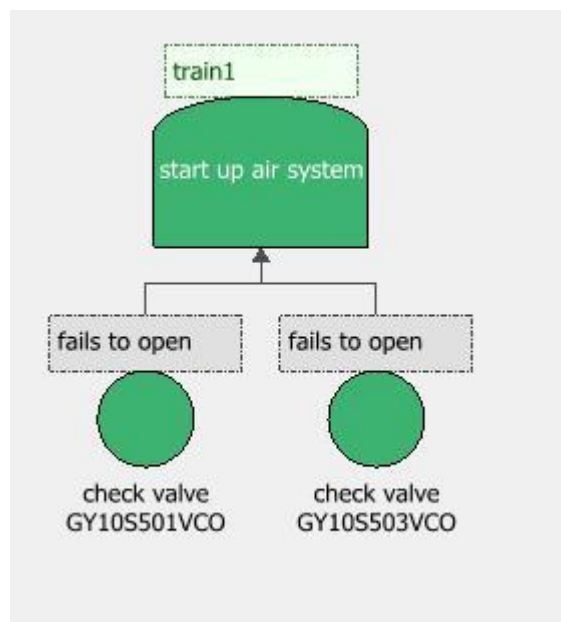




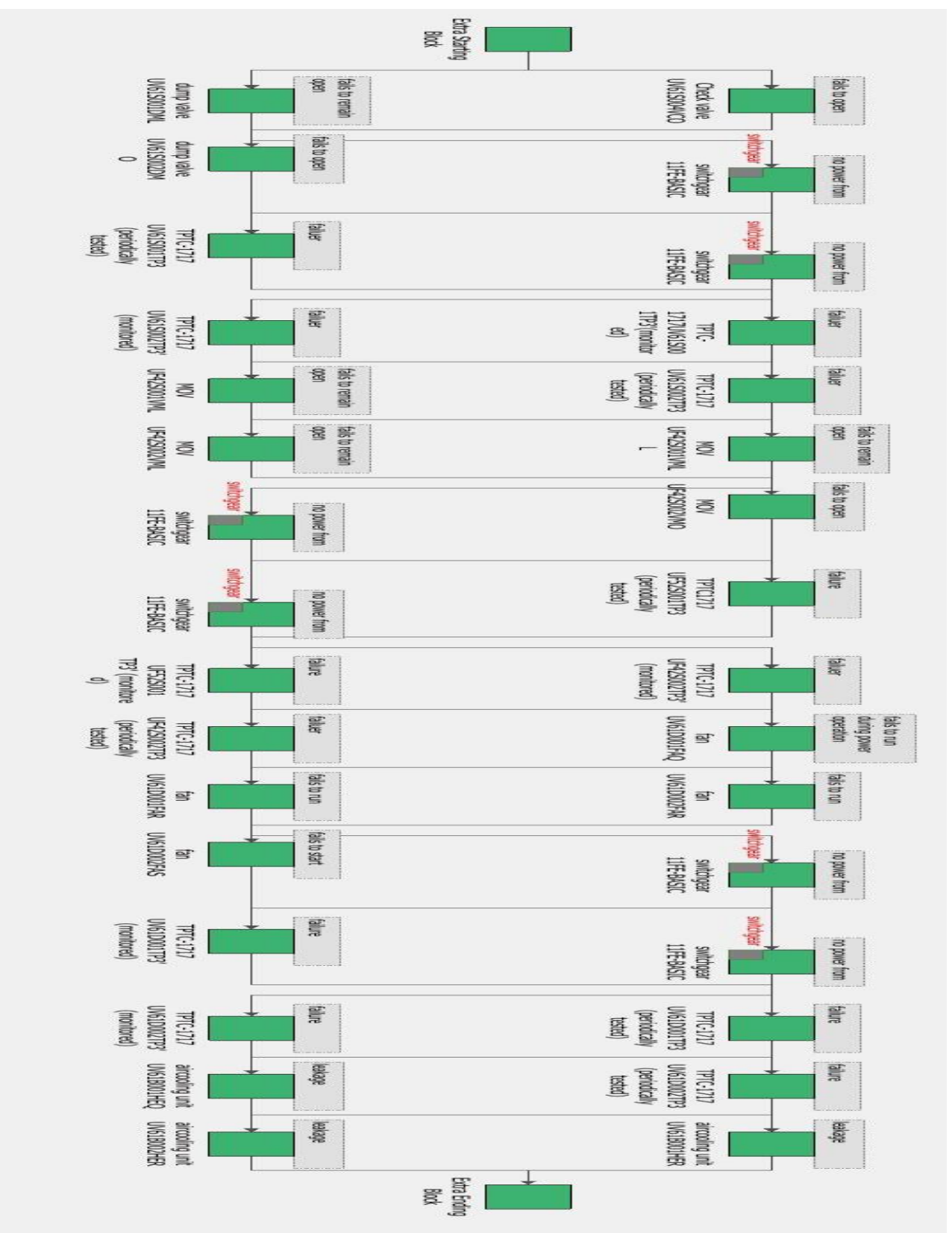
(شکل ۶-۴) درخت خضای سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور



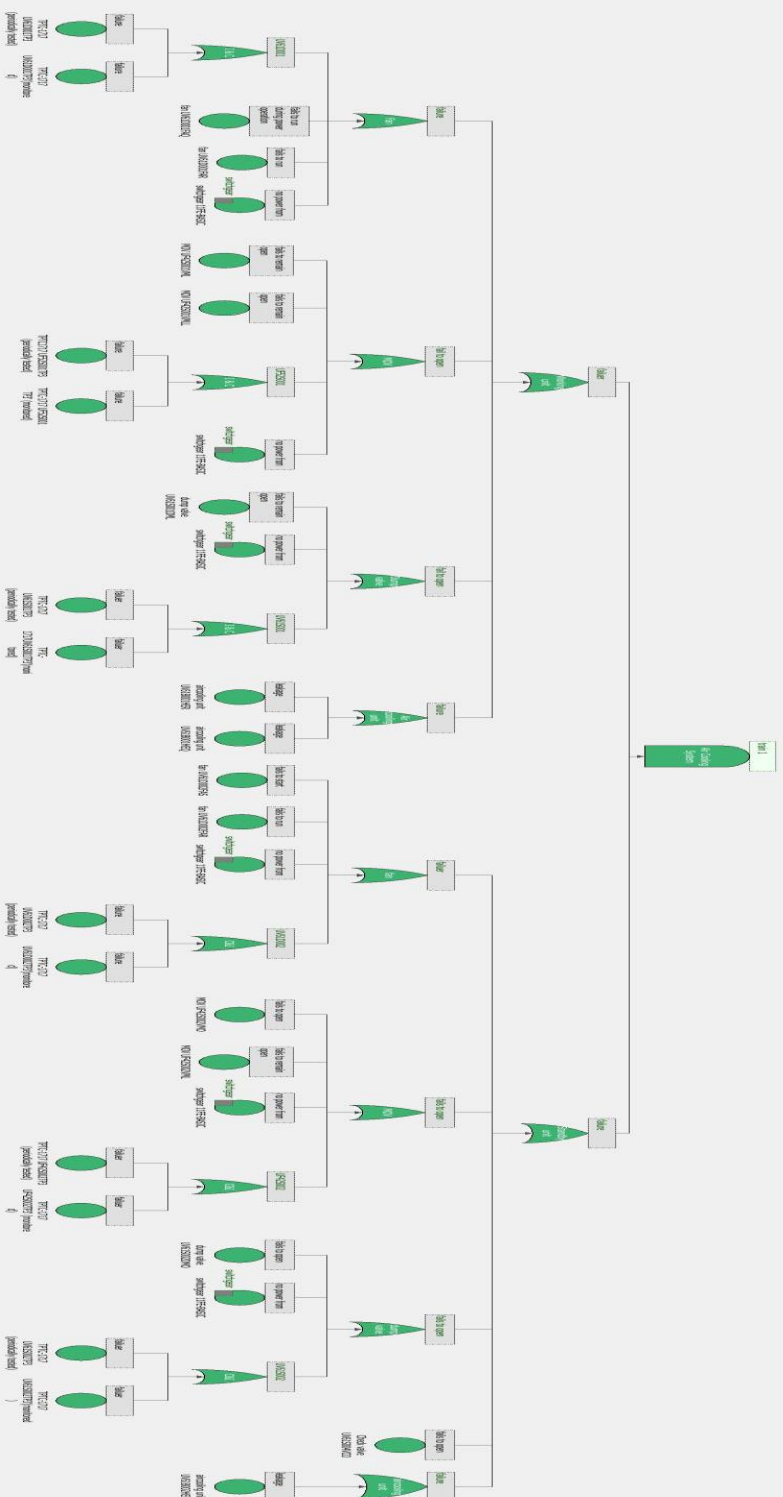
(شکل ۷-۴) دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم هوای راه انداز



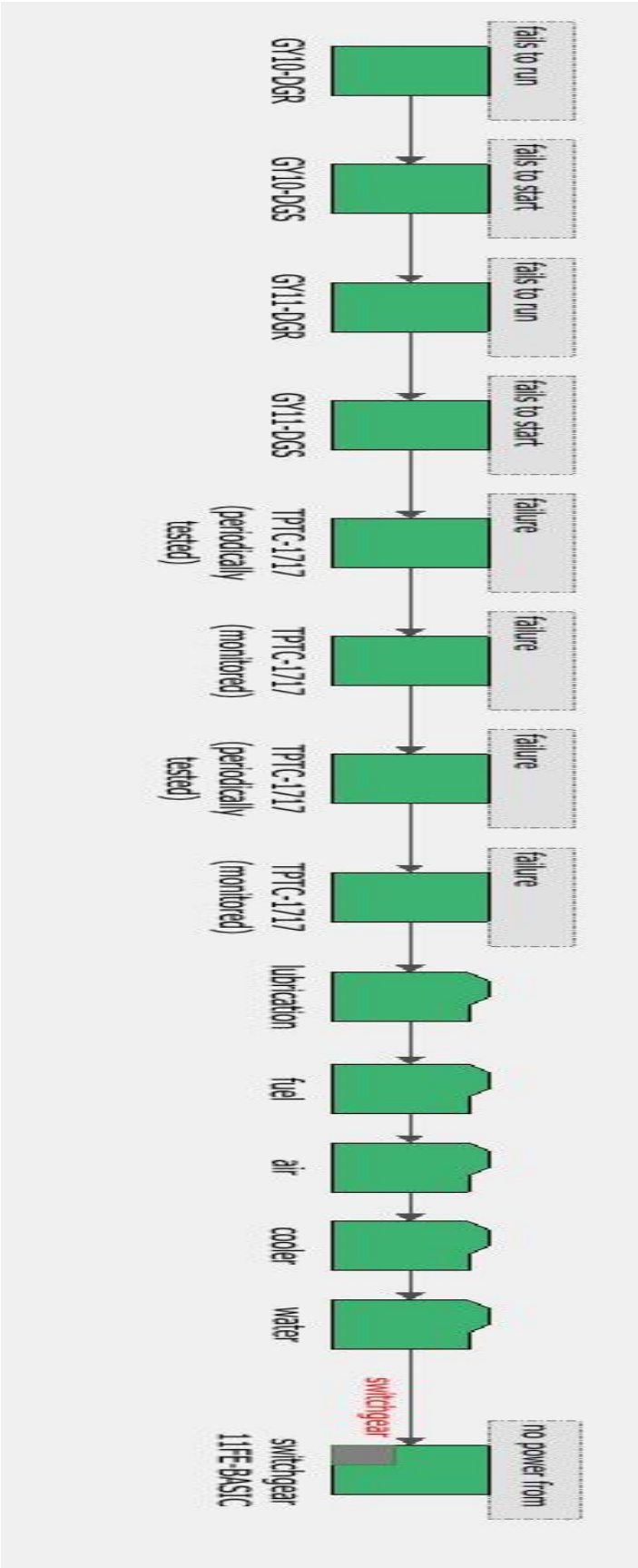
(شکل ۸-۴) درخت خطای سیستم هوای راه انداز



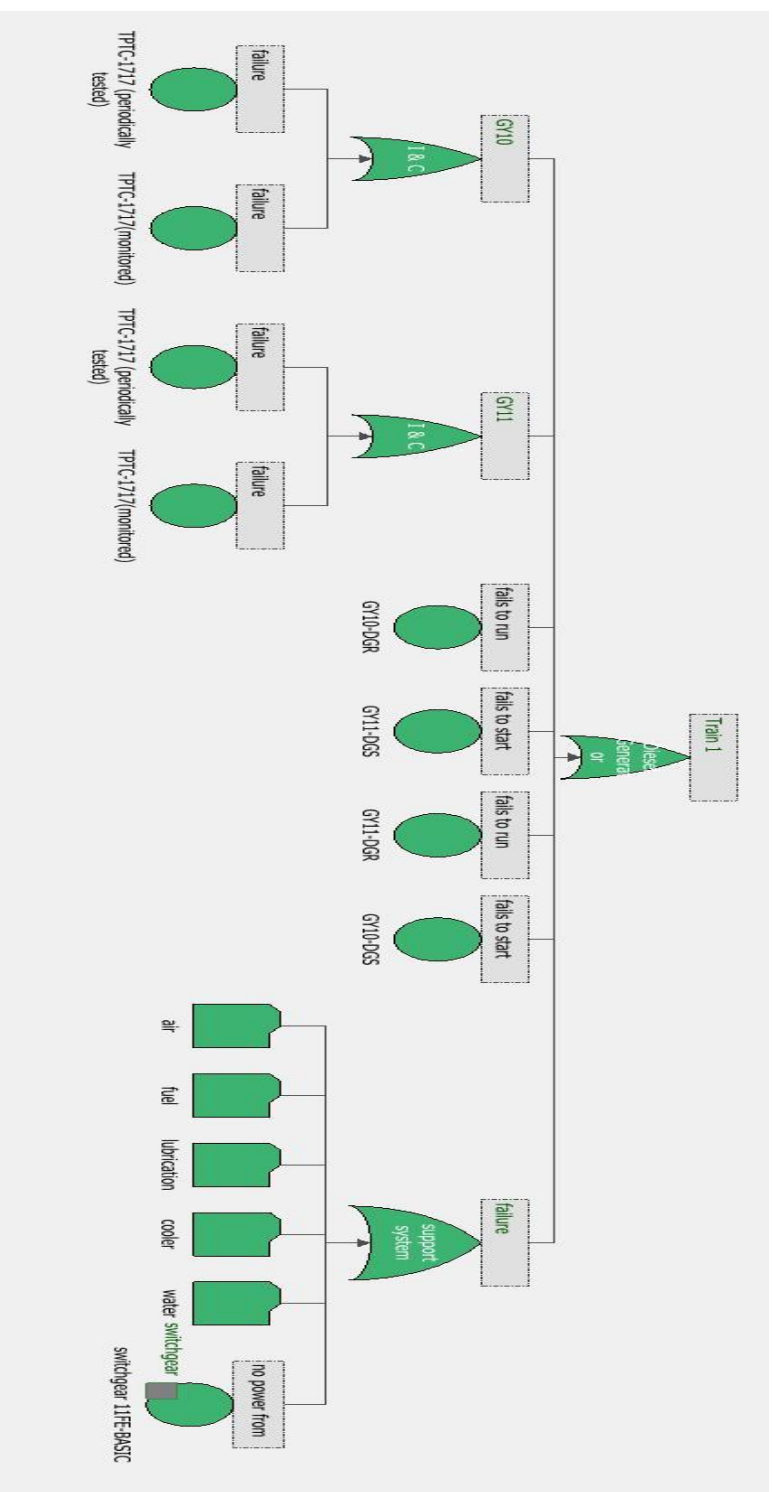
(شکل ۹-۴) دیگرام قابلیت اطمینان سیستم خنک کننده هواي اتاق دیرل ژنراتورهای اضطراری



(شکل ۱۰-۴) درخت خطای سیستم خنک کننده هواي اتاق ديزل ژنراتورهای اضطراری



شکل ۱۱-۴) دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم دیزل ژنراتور های اضطراری



شکل ۱۲-۴) درخت خطای سیستم دیرل ژنراتورهای اضطراری

در رسم Dynamic Fault Tree و Dynamic Reliability Block Diagram از Sub Standby Gate و Diagram Mirror Group استفاده شده است.

۶-۴- اندازه گیری اهمیت :

ارزیابی قابلیت اطمینان کل سیستم، وابسته به تمامی اجزاء سیستم است. دانستن اینکه کدام قطعه خرابی بیشتری دارد برای ما اهمیت دارد زیرا با شناسایی این قطعه، می توان در مسائل اقتصادی صرفه جویی به سزایی انجام داد بدین گونه که برای این قطعه ارزش بیشتری در مرحله طراحی آن قائل شده و با افزایش کیفیت قطعه و نگهداری و بازرسی مناسب، قابلیت اطمینان و کارایی کل سیستم را بالا می بریم.

اندازه گیری اهمیت قابلیت اطمینان روشی برای شناسایی اهمیت نسبی هر مؤلفه با توجه به قابلیت اطمینان کلی سیستم است. از طرف دیگر، اهمیت قابلیت اطمینان، هم به ویژگی های خرابی اجزاء و هم به موقعیت اجزاء در سیستم وابسته است. برای تعیین مقدار عددی اهمیت قابلیت اطمینان، باید نسبت مشتق قابلیت اطمینان سیستم را بر قابلیت اطمینان اجزاء آن محاسبه کرد. مقدار اهمیت قابلیت اطمینان $I_R(t)$ برای مؤلفه i ام در یک سیستم با n مؤلفه، به صورت زیر محاسبه می شود: (منیری راد ۱۳۹۱، ۹۰)

$$I_{R_i}(t) = \frac{\partial R_s(t)}{\partial R_i(t)} \quad (۴-۴)$$

که R_s قابلیت اطمینان سیستم، R_i قابلیت اطمینان مؤلفه i ام است.

از آنجا که تعمیرات و بازرسی ها نیز در محاسبه اهمیت نقش ایفا می کنند فرمول زیر برای به دست آوردن شاخص اهمیت به کار رفته است:

$$RS FCI = \frac{\text{تعداد خرابی های از کار افتادگی سیستم که به وسیله جزء } i \text{ ام در } (0,t)}{\text{تعداد خرابی های سیستم در } (0,t)} \quad (۵-۴)$$

در زیر قطعه مهم در هر یک از زیر سیستم ها، همچنین کل سیستم مشخص شده است. بدین منظور قابلیت اطمینان قطعه یا زیر سیستمی که نسبت به بقیه کمتر باشد برای ما اهمیت بیشتری دارد.



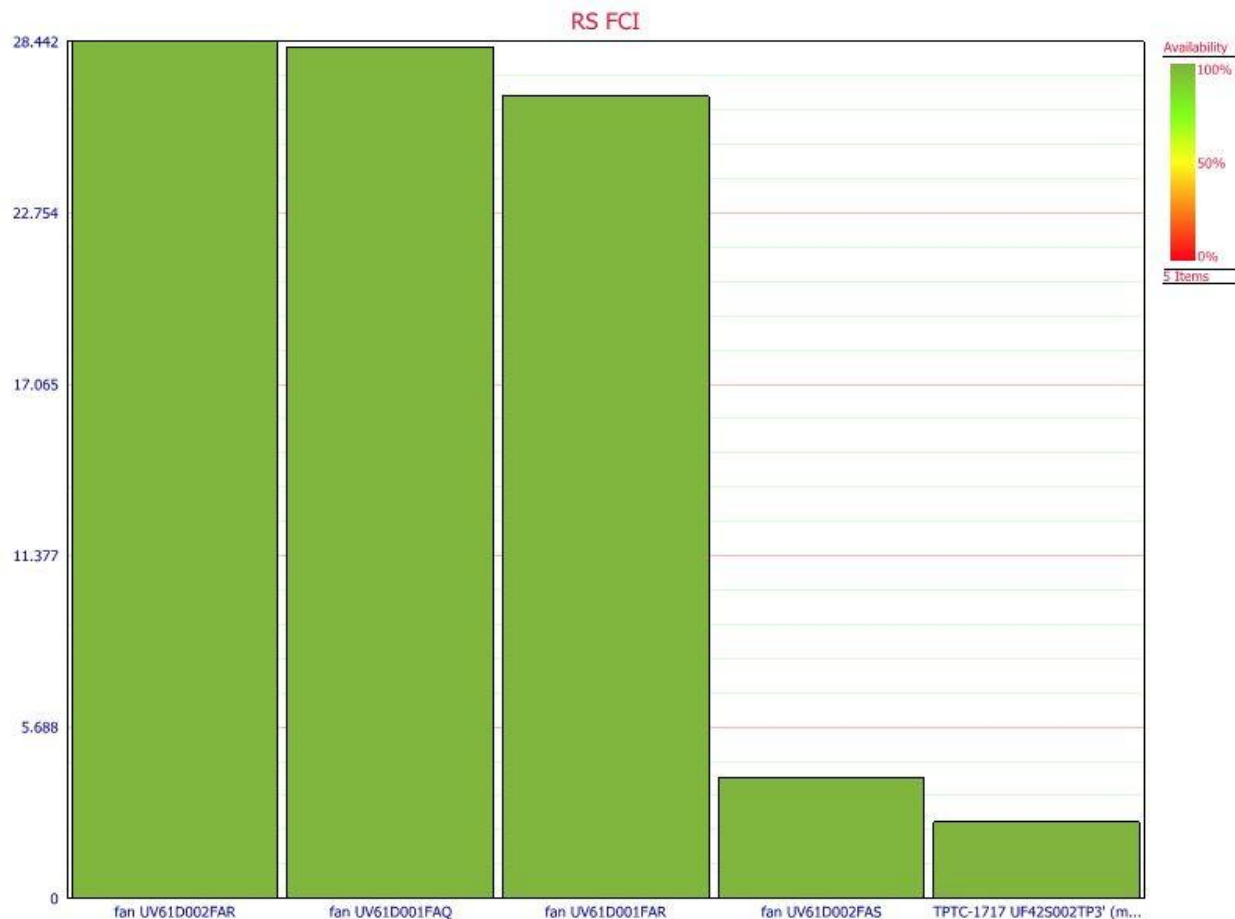
شکل (۱۴-۴) شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتور



شکل (۱۵-۴) شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور



شکل (۱۶-۴) شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور



شکل (۱۷-۴) شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری

۷-۴- ارزیابی قابلیت دسترسی سیستم دیزل ژنراتور اضطراری :

مفهوم و تئوری قابلیت دسترسی در فصل اول بیان شده است. در این بخش به بررسی قابلیت دسترسی هر یک از کانال های دیزل ژنراتور اضطراری و زیر سیستم های آن و کل سیستم پرداخته می شود. هدف از این بخش بیان ناکارآمدی مفهوم ارزیابی قابلیت اطمینان برای سیستم های قابل تعمیر است. به طوریکه قابلیت دسترسی، یک فاکتور مهم برای سیستم هایی است که تحت تعمیرات متوالی قرار می گیرند. این در حالی است که ارزیابی قابلیت اطمینان یک فاکتور مناسب و مفید برای سیستم های غیر قابل تعمیر است.

عموما عدم دسترسی تجهیزات به دو عامل وابسته است که اولین عامل عبارت است از عدم دسترسی به دلیل فعالیت های نگهداری اصلاحی و دومین عامل نیز به دلیل فعالیت های بازرسی و یا نگهداری پیش گیرانه است. در نتیجه، با استفاده از محاسبات مربوط به ارزیابی قابلیت دسترسی تجهیزات می توان به شناسایی ثب

اطلاعاتی نظیر تعداد خرابی، تعداد فعالیت های نگهداری پیش گیرانه و بازرسی، مدت زمان صرف شده در هر یک از فعالیت ها و ... برای یک دوره زمانی مشخص پرداخت.

در زیر داده های جمع آوری شده و مورد استفاده برای هر سیستم آورده شده است.

جدول (۱-۴) داده های دیزل ژنراتور

داده بازرسی	داده تعمیرات	α و β در مدل ویبول	پارامترها	نرخ خرابی	مدل قابلیت اطمینان	شرح خرابی قطعه	نشان
Mean= 0.375 Std= 0.125	Mean= 12 Std= 1.2	$\alpha=114208.537$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	9.88E-06	Periodically tested	DG fails to start	GY10-DGS
Mean= 0.375 Std= 0.125	Mean= 12 Std= 1.2	$\alpha=3338.403389$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	3.38E-04	Constant mission time	DG fails to run	GY10-DGR

جدول (۲-۴) داده های سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتورها

داده بازرسی	داده تعمیرات	α و β در مدل ویبول	پارامترها	نرخ خرابی	مدل قابلیت اطمینان	شرح خرابی قطعه	نشان
Mean= 0.375 Std= 0.125	Mean= 60 Std= 12	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Constant mission time	Check valve fails to open	GY10S111VCO
Mean= 0.375 Std= 0.125	Mean= 60 Std= 12	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Periodically tested	Check valve fails to open	GY10S112VCO
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=14616325.72$ $\beta=2$	Repair time (TR) 36 Mission time (TM) 24	7.72E-08	Constant mission time	Leakage of intermediate tank	GY10B102HEB
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=14616325.72$ $\beta=2$	Repair time (TR) 36 Mission time(TM) 24	7.72E-08	. Constant mission time	Leakage of filling tank	GY10B101HEB
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=1410475.432$ $\beta=2$	Repair time (TR) 36 Mission time (TM) 24	8.00E-07	Periodically tested	MOV fails to remain open	GY10S115VML

جدول (۴-۳) داده های سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور

داده بازرسی	داده تعمیرات	α و β در مدل ویبول	پارامترها	نرخ خرابی	مدل قابلیت اطمینان	شرح خرابی قطعه	نشان
Mean= 36 Std= 3.6	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=692257.8806$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	1.63E- 06	Periodically tested	MOV fails to open	GY11S301VMO
Mean= 36 Std= 3.6		$\alpha=1410475.432$ $\beta=2$	Mission time (TM) 24	8.00E- 07	Constant mission time	MOV fails to remain open	GY11S301VML
Mean= 8 Std= 0.8	Mean= 0.2 Std= 0.02	$\alpha=16353338.34$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	6.90E- 08	Periodically tested	Failure of TPTC-1717 (periodically tested)	GY11S301TP3
Mean= 8 Std= 0.8		$\alpha=163533.3834$ $\beta=2$	Repair time (TR) 8 Mission time (TM) 24	6.90E- 06	Constant mission time	Failure of TPTC-1717 (monitored)	GY11S301TP3'
			Probability (q) 5.20E-05		Probability per demand	No power from switchgear	11FE-BASIC
Mean= 36 Std= 3.6		$\alpha=14616325.72$ $\beta=2$	Repair time (TR) 36 Mission time (TM) 24	7.72E- 08	Constant mission time	Leakage of tank	GY10B304TL
			Probability (q) 7.83E-06		Probability per demand	Common cause failure of GY10-40, 11- 41S301,302	CCF-VALVES

جدول (۴-۴) داده های سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور

داده	داده تعمیرات	α و β در مدل ویبول	پارامترها	نرخ خرابی	مدل قابلیت اطمینان	شرح خرابی قطعه	نشان
Mean= 36 Std= 3.6	Mean= 0.375 Std= 0.125	$\alpha=692257.8806$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	1.63E-06	Periodically tested	MOV fails to open	VJ14S001VMO
Mean= 36 Std= 3.6		$\alpha=1410475.432$ $\beta=2$	Mission time (TM) 24	8.00E-07	Constant mission time	MOV fails to remain open	VJ14S001VML
Mean= 8 Std= 0.8	Mean= 0.2 Std= 0.02	$\alpha=16353338.34$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	6.90E-08	Periodically tested	Failure of TPTC-1717 (periodically tested)	VJ14S001TP3
Mean= 8 Std= 0.8		$\alpha=163533.3834$ $\beta=2$	Repair time (TR) 8 Mission time (TM) 24	6.90E-06	Constant mission time	Failure of TPTC-1717 (monitored)	VJ14S001TP3'
			Probability (q) 5.20E-05		Probability per demand	No power from switchgear	11FE-BASIC
Mean= 60 Std= 12	Mean= 0.375 Std= 0.125	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Periodically tested	Check valve fails to open	GY10S205VCO
Mean= 60 Std= 12	Mean= 0.375 Std= 0.125	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Periodically tested	Check valve fails to open	GY10S224VCO
			Probability (q) 9.70E-07		Probability per demand	Common cause failure of GY10,11-40,41S205,224	CCF-CV-GY
Mean= 60 Std= 12	Mean= 0.375 Std= 0.125	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Periodically tested	Check valve fails to open	GY10S210VCO
Mean= 60 Std= 12	Mean= 0.375 Std= 0.125	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Periodically tested	Check valve fails to open	GY10S211VCO
			Probability (q) 9.70E-07		Probability per demand	Common cause failure of GY10,11-40,41S210,211	CCF-CV-GY'
Mean= 60 Std= 12	Mean= 0.375 Std= 0.125	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Periodically tested	Check valve fails to open	GY11S210VCO
Mean= 60 Std= 12	Mean= 0.375 Std= 0.125	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Periodically tested	Check valve fails to open	GY11S211VCO

جدول (۴-۵) داده های سیستم هوای راه انداز

داده	داده تعمیرات	α و β در مدل ویبول	پارامترها	نرخ خرابی	مدل قابلیت اطمینان	شرح خرابی قطعه	نشان
Mean= 0.375 Std= 0.125	Mean= 1.5 Std= 0.5	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Periodically tested	Check valve fails to open	GY10S501VCO
Mean= 0.375 Std= 0.125	Mean= 1.5 Std= 0.5	$\alpha=5586041.315$ $\beta=2$	Test interval (TI) 672	2.02E-07	Periodically tested	Check valve fails to open	GY10S503VCO

جدول (۴-۶) داده های سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری

داده	داده تعمیرات	α و β در مدل ویبول	پارامترها	نرخ خرابی	مدل قابلیت اطمینان	شرح خرابی قطعه	نشان
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=29538.7525$ $\beta=2$	Repair time (TR) 36	3.82E-05	Monitored, repairable	Fan fails to run during power operation	UV61D001 FAQ
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=29538.7525$ $\beta=2$	Mission time (TM) 24	3.82E-05	Constant mission time	Fan fails to run	UV61D001 FAR
			Probability (q) 5.20E-05		Probability per demand	No power from switchgear	11FE-BASIC
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=1410475.432$ $\beta=2$	Repair time (TR) 36 Mission time (TM) 24	8.00E-07	Constant mission time	MOV fails to remain open	UF42S001V ML
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=1410475.432$ $\beta=2$	Repair time (TR) 8	8.00E-07	Monitored, repairable	MOV fails to remain open	UF42S001V MLL
			Probability (q) 5.20E-05		Probability per demand	No power from switchgear	11FE-BASIC
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=1410475.432$ $\beta=2$	Repair time (TR) 36 Mission time (TM) ۲۴	8.00E-07	Constant mission time	Dump valve fails to remain open	UV61S001 DML
			Probability (q) 5.20E-05		Probability per demand	No power from switchgear	11FE-BASIC
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=1128380.345$ $\beta=2$	Mission time (TM) 24	1.00E-06	Constant mission time	Leakage of aircooling unit	UV61B001 HER
	Mean= 36 Std= 3.6	$\alpha=1128380.345$ $\beta=2$	Repair time (TR) 36 Mission time (TM) ۲۴	1.00E-06	Constant mission time	Leakage of aircooling unit	UV61B001 HEQ

UV61D002 FAS	Fan fails to start	Periodically tested	1.20E-05	Test interval (TI) 672	$\alpha=94031.69545$ $\beta=2$	Mean= 36 Std= 3.6	Mean= 0.375 Std= 0.125
UV61D002 FAR	Fan fails to run	Constant mission time	3.82E-05	Mission time (TM) ۲۴	$\alpha=29538.7525$ $\beta=2$	Mean= 36 Std= 3.6	
11FE- BASIC	No power from switchgear	Probability per demand		Probability (q) 5.20E-05			
UV61D001 TP3	Failure of TPTC- 1717 (periodically tested)	Periodically tested	6.90E-08	Test interval (TI) 672	$\alpha=16353338.34$ $\beta=2$	Mean= 8 Std= 0.8	Mean= 0.2 Std= 0.02
UV61D001 TP3'	Failure of TPTC- 1717 (monitored)	Constant mission time	6.90E-06	Repair time (TR) 8 Mission time (TM) ۲۴	$\alpha=163533.3834$ $\beta=2$	Mean= 8 Std= 0.8	
UF42S002V MO	MOV fails to open	Periodically tested	1.63E-06	Test interval (TI) 672	$\alpha=692257.8806$ $\beta=2$	Mean= 36 Std= 3.6	Mean= 0.375 Std= 0.125
UF42S002V ML	MOV fails to remain open	Constant mission time	8.00E-07	Repair time (TR) 36 Mission time (TM) ۲۴	$\alpha=1410475.432$ $\beta=2$	Mean= 36 Std= 3.6	
11FE- BASIC	No power from switchgear	Probability per demand		Probability (q) 5.20E-05			
UF42S002T P3	Failure of TPTC- 1717 (periodically tested)	Periodically tested	6.90E-08	Test interval (TI) 672	$\alpha=16353338.34$ $\beta=2$	Mean= 8 Std= 0.8	Mean= 0.2 Std= 0.02
UF42S002T P3'	Failure of TPTC- 1717 (monitored)	Constant mission time	6.90E-06	Repair time (TR) 8 Mission time (TM) 24	$\alpha=163533.3834$ $\beta=2$	Mean= 8 Std= 0.8	
UV61S002 DMO	Dump valve fails to open	Periodically tested	1.63E-06	Test interval (TI) 672	$\alpha=692257.8806$ $\beta=2$	Mean= 36 Std= 3.6	Mean= 0.375 Std= 0.125
11FE- BASIC	No power from switchgear	Probability per demand		Probability (q) 5.20E-05			
UV61S002T P3	Failure of TPTC- 1717 (periodically tested)	Periodically tested	6.90E-08	Test interval (TI) 672	$\alpha=16353338.34$ $\beta=2$	Mean= 8 Std= 0.8	Mean= 0.2 Std= 0.02
UV61S002T P3'	Failure of TPTC- 1717 (monitored)	Constant mission time	6.90E-06	Repair time (TR) 8 Mission time (TM) ۲۴	$\alpha=163533.3834$ $\beta=2$	Mean= 8 Std= 0.8	
UV61B002 HER	Leakage of aircooling unit	Constant mission time	1.00E-06	Mission time (TM) ۲۴	$\alpha=1128380.345$ $\beta=2$	Mean= 36 Std= 3.6	

۱-۸-۴- مفروضات

- در سیستم سوخت رسانی ، طبق گفته کارشناسان محترم تعمیرات دیزل ژنراتور نیروگاه بوشهر، از آنجا که عمر تانک های سوخت در حدود ۳۰ سال است اگر برای تانک مشکلی پیش آید، تعمیر روی آن صورت می گیرد نه تعویض. در نتیجه برای تانک، تعمیر به طور میانگین در حدود ۳۶ ساعت وقت لازم است که انحراف معیار حدود ۱۰٪ یعنی ۶/۳ ساعت با توزیع نرمال آن را در آنالیز خود لحاظ کرده ایم.
- فرض دیگری که در آنالیز بر حسب تجربه کارشناسان در نظر گرفته شده است این است که پس از تعمیرات ، قطعه مورد نظر به اندازه ۸۰٪ حالت اولیه بر می گردد. این معیار (restoration factor) در هر تعمیر، با تعمیر قبلی مقایسه می شود.
- شیرهای یک طرفه از آنجایی که به محل مورد نظر جوش خورده اند، قابل تعمیر نبوده و کلاً تعویض می شوند. (طبق نظر کارشناس) از این رو تعمیر آنها بین ۲ الی ۳ روز طول می کشد که توزیع نرمال مربوطه برای آن لحاظ گردیده است. توجه داریم این زمان زیاد نه تنها به دلیل تعویض و جوشکاری است بلکه چون محیط دارای گازوئیل است، باید محیط ایمنی جهت تعویض ایجاد گردد لذا زمان کمی طولانی تر می شود.
- توجه داریم، بازرسی قطعاتی که زمان آنها را از PSA بوشهر نداشتیم طبق گفته کارشناس، حدود یک ربع الی نیم ساعت در نظر گرفتیم یعنی همان زمان راه اندازی دیزل برای تست.

۸-۴- فرآیند شبیه سازی مونت کارلو :

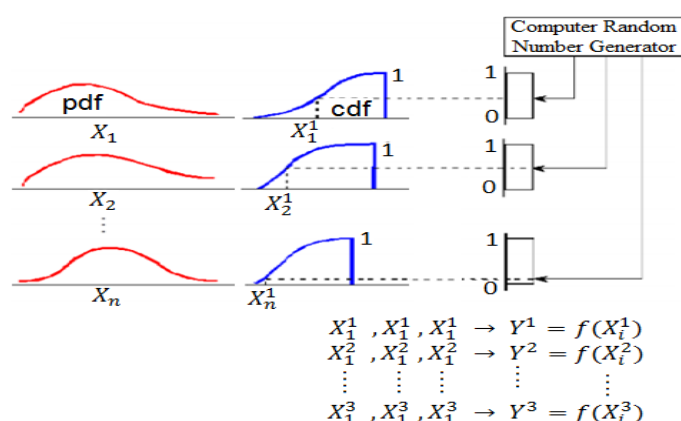
در دهه اخیر استفاده از تکنیک های تحلیل آماری در زمینه مهندسی قابلیت اطمینان به شدت گسترش یافته است. شبیه سازی مونت کارلو در سال ۱۹۴۰ به عنوان بخشی از برنامه بمب اتمی توسعه یافت. دانشمندان در آزمایشگاه ملی لوس آلاموس^۱ برای مدل سازی نفوذ تصادفی نوترون از این شبیه سازی استفاده کردند. دانشمندان این روش را مونت کارلو نامیدند. شبیه سازی مونت کارلو در رشته های مختلفی همچون فیزیک، سرمایه گذاری و قابلیت اطمینان سیستم به طور گسترده استفاده می شود (الکساندر ۲۰۰۳).

^۱ Los Alamos National Laboratory

روش شبیه سازی مونت کارلو یک روش نمونه گیری مصنوعی است که می تواند برای حل مسائل پیچیده در روابط تحلیلی و شبیه سازی مسائل آماری مورد استفاده قرار گیرد. دو دسته ورودی برای شبیه سازی مونت کارلو لازم است. دسته نخست ورودی ها شامل توزیع خرابی یا تعمیرات، مجموعه پارامترهای هر توزیع و... است. دسته دوم شامل منطق سیستم است یا به عبارت دیگر، نحوه ارتباط اجزا و قطعات با یکدیگر و تأثیر خرابی آن ها بر همدیگر و خرابی کل سیستم می باشد (کورس و دیگران ۲۰۱۱). یک مسئله قابلیت اطمینان معمولاً با استفاده از تابع خرابی فرمول بندی می شود. برای بررسی چگونگی روش شبیه سازی مونت کارلو رابطه را برای تخمین مقدار Y در نظر می گیریم (مقدسا و فدایی ۲۰۱۲). فرض شود Y مقدار $MTBF^1$ یک سیستم و x_i تخمین $MTBF$ اجزای تشکیل دهنده سیستم است).

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (6-4)$$

در این شبیه سازی، مقداری از توزیع های هر x_i در رابطه (۷-۴) انتخاب (نمونه گیری) می شود. این نمونه گیری ها با استفاده از تکنیک های خاص انجام می گیرد. هر مجموعه از مقادیر داده ها برای بدست آوردن تخمین Y در رابطه (۷-۴) استفاده می شود. این کار برای تعداد دفعات بسیار زیاد (مثلاً ۱۰۰۰۰ بار)، جهت بدست آوردن تعداد زیادی نمونه برای تخمین توزیع Y ، تکرار می شود. نمونه های بدست آمده برای مقدار Y ، بعداً برای بدست آوردن مشخصات و نمودار توزیع مربوطه استفاده می شود. شکل (۴-۱۸) روند شبیه سازی مونت کارلو را نشان می دهد.



شکل (۴-۱۸) روند شبیه سازی مونت کارلو (مدرس ۲۰۰۶)

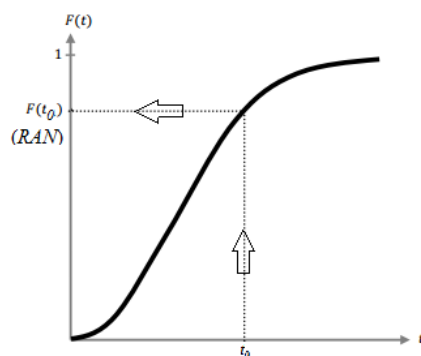
¹ Mean Time Between Failure

برای نمونه‌گیری از اعداد تصادفی استفاده می‌شود. با توجه به تراکم بالای مقادیر تابع چگالی احتمال در یک بازه کوتاه زمانی، و عدم در نظر گیری این تراکم در نمونه‌گیری، روش مونت‌کارلو از تابع توزیع تجمعی به جای تابع چگالی احتمال، برای نمونه‌گیری استفاده می‌شود (ایوب ۲۰۰۳). یکی از روش‌های تولید عدد تصادفی روش معکوس نمایی است. (اگر تابع توزیع تجمعی یک رخداده مشخص باشد $F(x)$ ، با استفاده از روش معکوس نمایی می‌توان عدد تصادفی را تولید کرد. در این حالت اگر u یک متغیر تصادفی در بازه ۰ تا ۱ باشد، آنگاه:

$$X = F_x^{-1}(u) \quad (7-4)$$

$$\Pr(X < x) = \Pr[F_x^{-1}(u) \leq x] = \Pr[u \leq F_x(x)] = F(x) \quad (8-4)$$

بنابراین با داشتن u_i مقدار x_i تولید می‌شود. شکل این فرآیند را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۱۹) روش معکوس نمایی (کورس و دیگران ۲۰۱۱)

۱-۸-۴- مزایا و معایب روش شبیه سازی :

از مزایای شبیه سازی مونت‌کارلو می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (مدرس ۲۰۰۶):

- a) نمونه‌گیری وسیع از بازه و المان‌های ورودی.
- b) استفاده مستقیم از مدل و اعتماد نکردن به مدل‌های جایگزین.

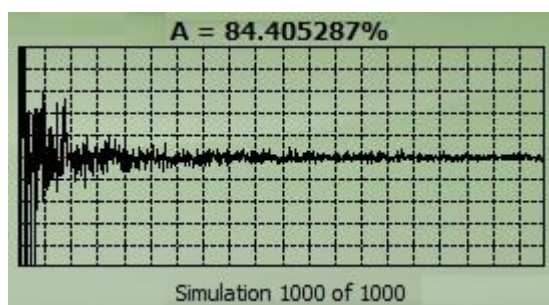
(c) عدم نیاز به اصلاح و دست‌کاری مدل اصلی.

(d) نمونه‌گیری وسیع از متغیرهای اختصاصی، که اجازه شناسایی غیر خطی بودن، آستانه‌ها^۱ و ناپیوستگی را می‌دهد.

(e) سادگی مفهوم و ساختار روش و سهولت استفاده از آن برای کاربردهای مختلف.

شبیه‌سازی، در سناریوهای پیچیده که نیازمند محاسبات احتمالاتی رویدادها هستند و روش‌های تحلیلی برای این محاسبات بسیار پیچیده می‌شوند مانند تعمیرات ناقص، قابلیت دسترسی، بهینه‌سازی روندها، تخصیص منابع و به حداقل رساندن از کار افتادگی تجهیزات کاربرد دارد. از معایب روش‌های شبیه‌سازی نیز می‌توان صرف زمان، وابستگی درستی نتایج به تعداد شبیه‌سازی‌ها، تکرار ناپذیر بودن نتایج به دلیل تولید تصادفی داده‌ها را نام برد (راهنمای نرم‌افزار 9 BlockSim).

برای اجرای فرآیند شبیه‌سازی و تحلیل میزان تغییر پذیری، می‌توان نتیجه هر تکرار از شبیه‌سازی را محاسبه کرد و با میانگین‌گیری از نتایج مجموع شبیه‌سازی‌ها، مقدار میانگین قابلیت دسترسی را محاسبه کرد. نتایج هر یک از شبیه‌سازی‌ها به صورت شکل زیر بیان شده است. در این فرآیند مدت زمان اتمام شبیه‌سازی ۱۲۰۰۰ ساعت و تعداد شبیه‌سازی‌ها نیز ۱۰۰۰ تکرار انتخاب شده است.



شکل (۴-۲۰) محاسبات مربوط به هر تکرار شبیه‌سازی برای قابلیت دسترسی تجهیزات

این روند برای هر یک از زیرسیستم‌ها برای مدت ۳۰ سال با ۱۰۰۰ بار تکرار انجام شده است و نتایج شبیه‌سازی نیز در جدول مشاهده می‌شود.

^۱ Thresholds

جدول (۷-۴) محاسبات مربوط به هر زیر سیستم

سیستم مخزن نگهداری و سوخت رسانی دیزل ژنراتور	سیستم روغن کاری دیزل ژنراتور	سیستم خنک کننده آبی دیزل ژنراتور	سیستم هوای راه انداز	سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری	در طول ۳۰ سال
0.99999493	0.99845932	0.99936952	0.99954692	0.99963176	قابلیت دسترسی میانگین (تمامی رویداد ها)
0.999995	0.999	0.999997	1	0.999957	قابلیت دسترسی میانگین بدون بازرسی و نگهداری پیشگیرانه
1	0.999	0.999	1	1	قابلیت دسترسی نقطه ای (تمام رویداد ها) در سال سی ام
7210421.409	87404581.07	262767696.4	379140256.7	521557.8439	متوسط زمان تا رخداد اولین خرابی MTTF(Hr)
262798.6685	262395.1105	262634.3104	262680.9295	262703.2264	مدت زمان کارکرد Uptime(Hr)
1.271583	0.007615	0.645085	0	10.836463	مدت زمان از کار افتادگی به دلیل نگهداری اصلاحی CM Downtime(Hr)
0.059868	0	99.995511	0	3.888558	مدت زمان از کار افتادگی به دلیل بازرسی Inspection Downtime(Hr)
0	142.074306	65.048995	119.070453	81.584111	مدت زمان از کار افتادگی به دلیل نگهداری پیشگیرانه PM Downtime(Hr)
0.036	0.003	0.001	0	0.552	تعداد خرابی ها

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

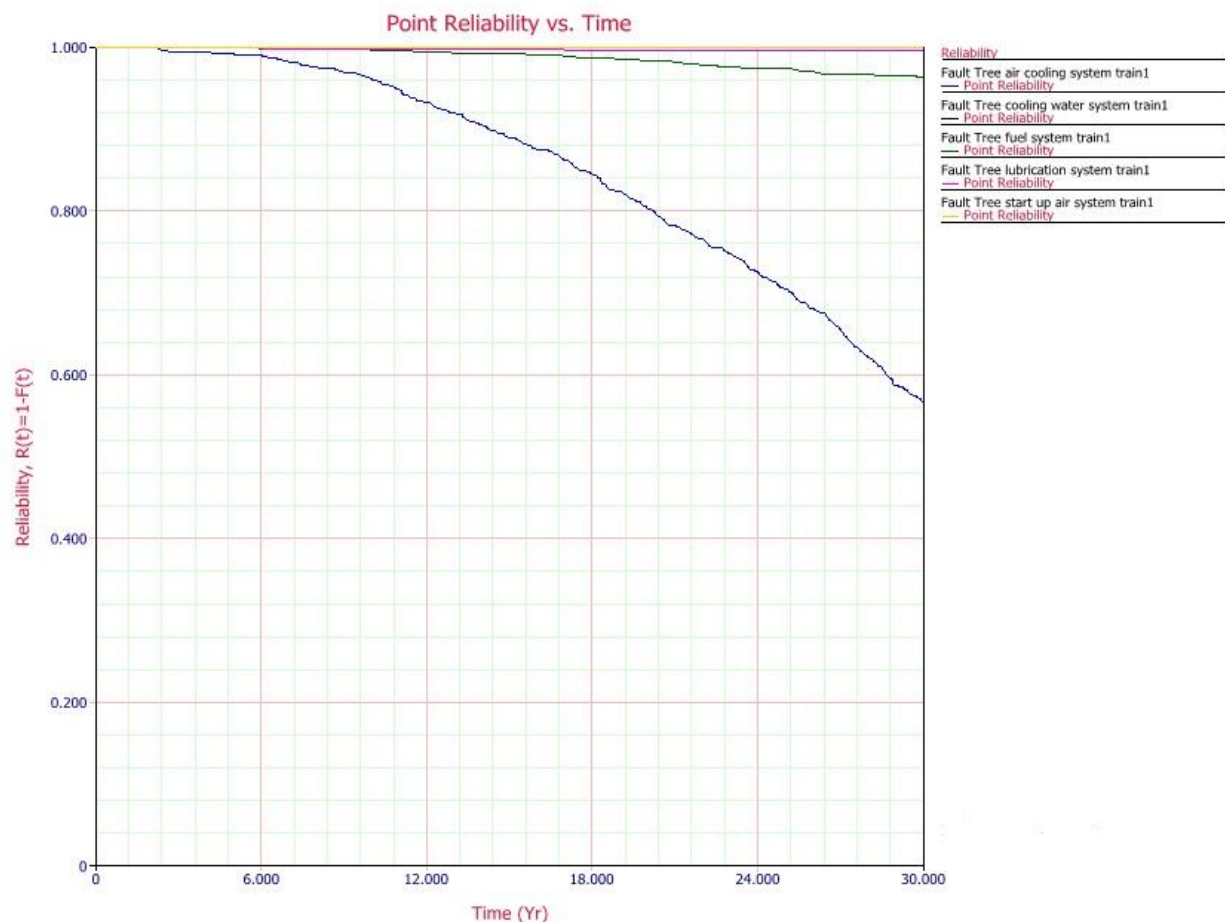
نتایج :

در پژوهش حاضر با بررسی رفتار دینامیک سیستم دیزل ژنراتور اضطراری نیروگاه هسته ای بوشهر در طول ۳۰ سال کارکرد دیزل ژنراتور، ارزیابی دینامیکی قابلیت اطمینان صورت گرفته است. این ارزیابی تا کنون به صورت کلاسیک در طول ۲۴ ساعت صورت گرفته بود. بدین منظور در مدلسازی کلاسیک، با در نظر گرفتن توزیع نمایی (که همانطور که اشاره کردیم این توزیع memory less بودو نمی توانست رفتار دینامیک سیستم را مدل کند) برای پارامتر های ورودی و همچنین دیدن رفتار سیستم در طول ۲۴ ساعت بدین مفهوم که تعمیرات و نگهداری در ارزیابی دخالت داده نمی شد، سیستم تحلیل شده بود.

بنابراین ما با تبدیل توزیع نمایی به ویبول طبق روش گفته شده در فصل چهار، همچنین دخالت دادن داده های تعمیرات و بازرسی در تک تک اجزا و به خصوص به کارگیری شبیه سازی مونت کارلو در آنالیز صورت گرفته (این شبیه سازی به ما این امکان را می داد که رفتار سیستم به عنوان مثال در ۳۰ سال کارکرد، با تکرار ۱۰۰۰ شبیه سازی در هر روز، رفتار سیستم را مدل کنیم، که این در محاسبات کلاسیک ثابت در نظر گرفته می شود.)، ارزیابی دینامیکی قابلیت اطمینان و همچنین تاثیر آن بر روی ageing را انجام دادیم که به نتایج واقعی تری نسبت به حالت کلاسیک می رسید.

❖ ارزیابی قابلیت اطمینان :

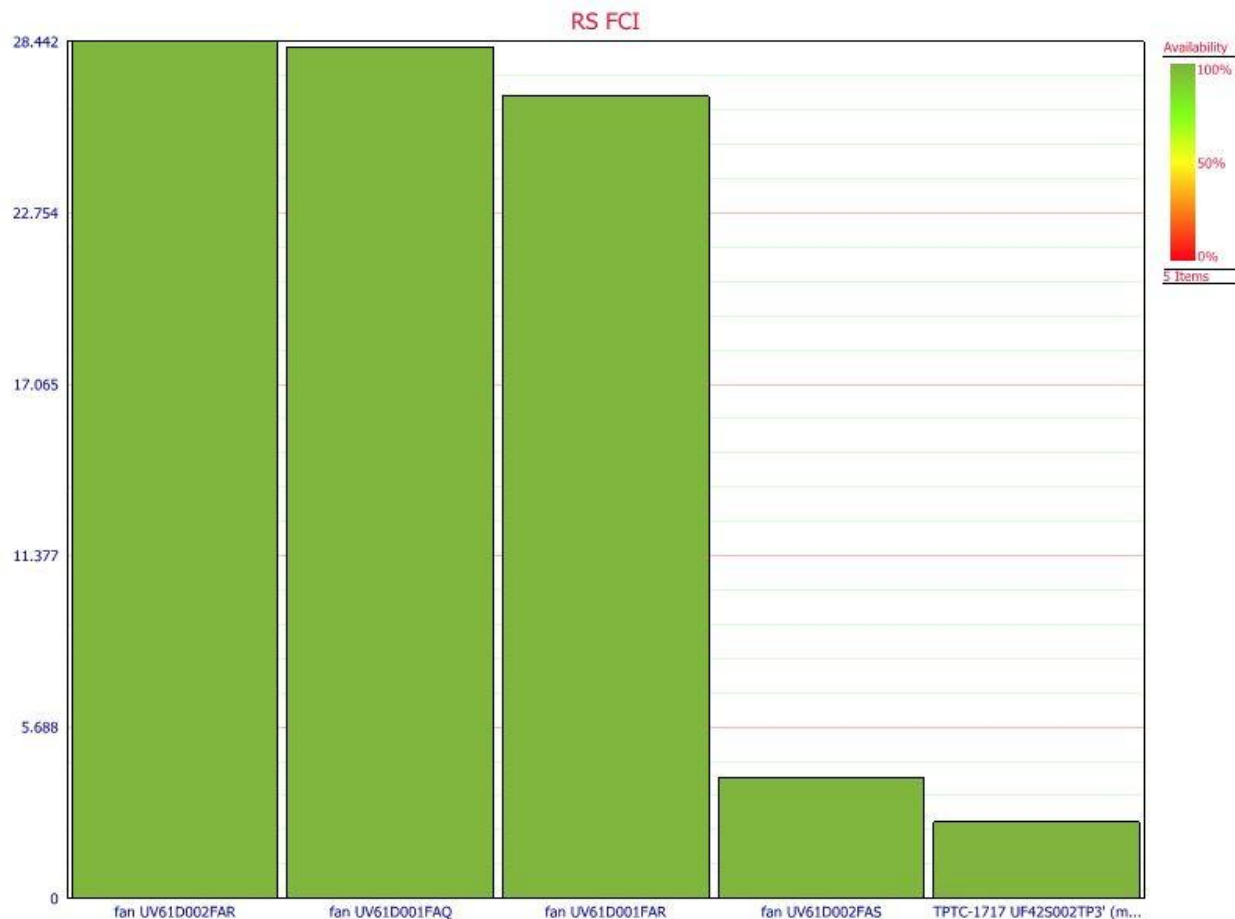
با توجه به فرمول های بیان شده برای محاسبات قابلیت اطمینان ، که در فصل اول بیان شده قابلیت اطمینان تک تک زیر سیستم ها با توجه به توزیع انتخابی و پارامترهای داده شده قابل محاسبه می باشد. در زیر می توان قابلیت اطمینان هر یک از زیر سیستم ها را نسبت به زمان مشاهده کرد.



شکل (۵-۱) نمودار قابلیت اطمینان بر حسب زمان برای هر یک از زیر سیستم ها

همانطور که پیداست در لحظه صفر قابلیت اطمینان نزدیک به یک و هر چه زمان بیشتر می گذرد این عدد کاهش می یابد.

این روند کاهشی برای سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری با شیب بیشتری همراه است که البته این نشان دهنده این است که این سیستم در طول ۳۰ سال، خرابی های بیشتری نسبت به باقی سیستم ها دارد. در نتیجه در آنالیز اهمیت نیز جز مهم در این سیستم، برای طراحی شناسایی گردید.

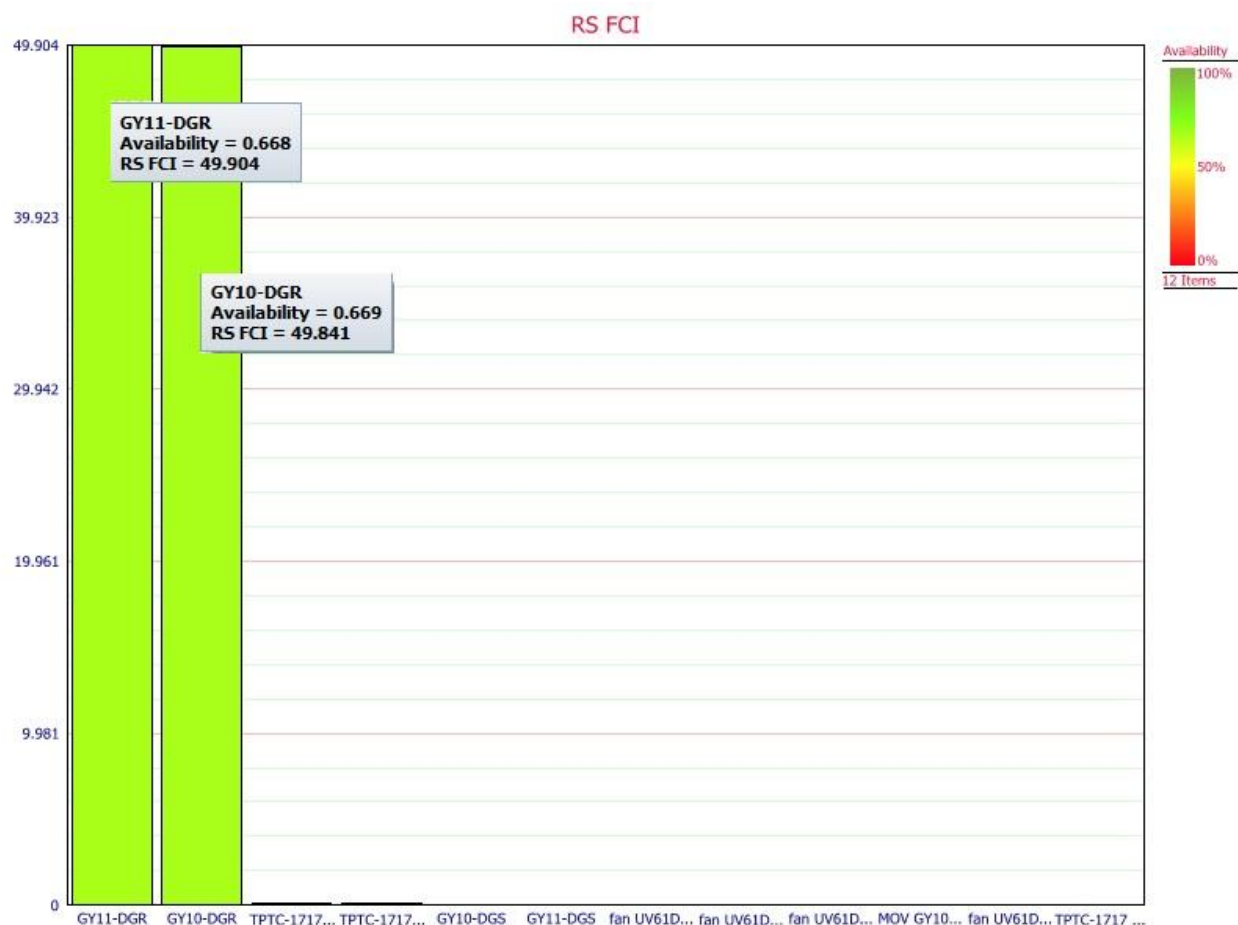


شکل (۵-۲) شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور های اضطراری

که طبق آن فن UV61D002FAR، همانطور که از نمودار بر می آید، دارای اهمیت بیشتری است که پیشنهاد می‌گردد در طراحی و برنامه ریزی مورد توجه قرار گیرد، به عنوان مثال از چند نوع مارک استفاده گردد و هزینه بیشتری روی آن صورت گیرد.

❖ شناسایی اجزای با اهمیت در سیستم

آنالیز اهمیت در راستای آنالیز قابلیت اطمینان است، به بیان دیگر اگر قابلیت اطمینان در یک جز یا زیر سیستم کمتر باشد، اهمیت آن بیشتر است.



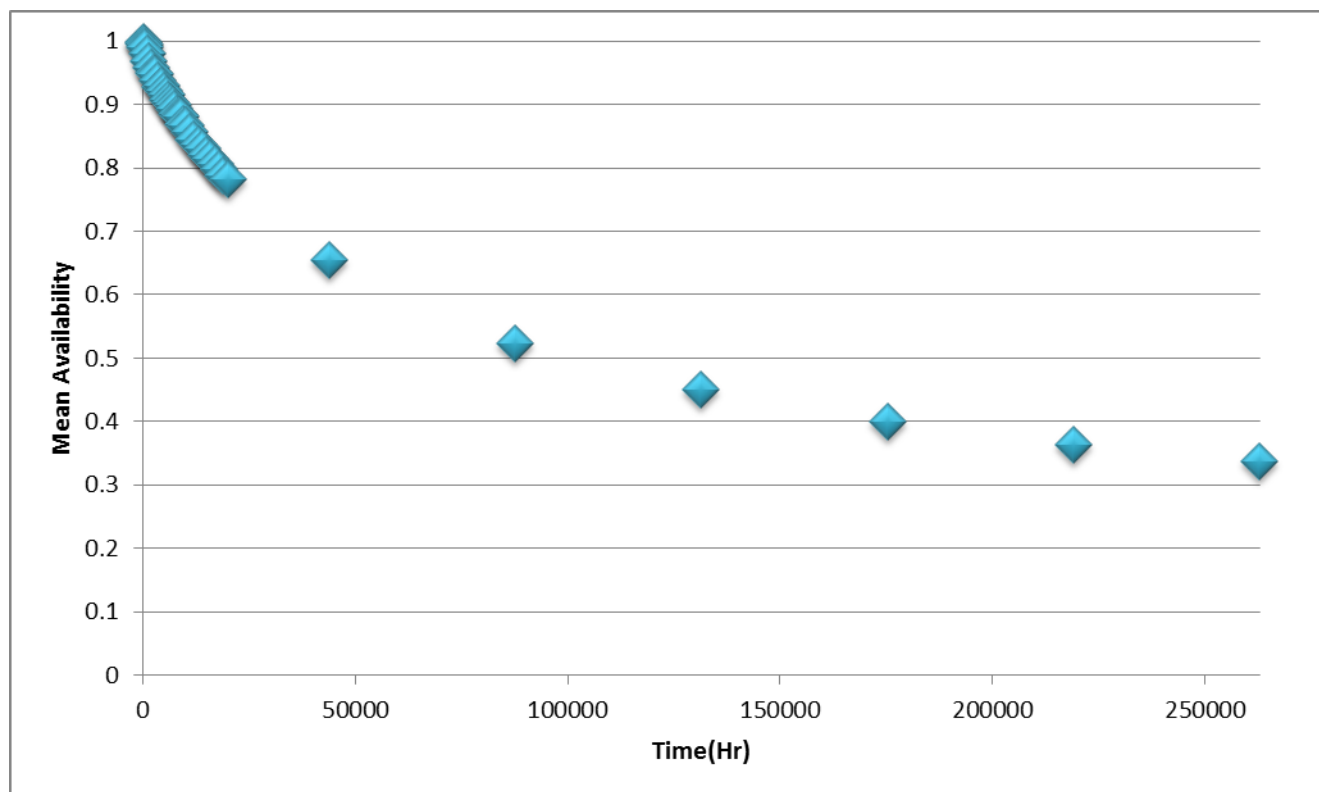
شکل (۳-۵) شاخص اهمیت خرابی برای یک کانال دیزل ژنراتور اضطراری

در شکل بالا ۱۲ آیتم پر اهمیت تر برای یک کانال دیزل ژنراتور اضطراری مشاهده می گردد، که نشان دهنده اهمیت به کار افتادن دیزل ژنراتور است. این جز در قابلیت اطمینان سیستم تاثیر شگرفی می گذارد، به طوری که از شکل (۱-۵) نیز بر می آید، تک تک زیر سیستم ها قابلیت اطمینان بالایی دارند، این در حالی است که وقتی به تحلیل یک کانال با دخالت مود های خرابی خود دیزل یعنی راه اندازی نشدن و خرابی در عملکرد می پردازیم، قابلیت اطمینان سیستم افت شگرفی می کند.

در مورد جز مهم در زیر سیستم ها نیز UV61D002FAR که مربوط به سیستم خنک کننده هوای اتاق دیزل ژنراتور اضطراری است. در نتیجه، اقدامات لازم برای بهبود سیستم، طراحی و برنامه ریزی، باید در طراحی ها مورد توجه قرار گیرد.

❖ اثر AGING در محاسبات قابلیت دسترسی

در این پروژه با در نظر گرفتن تعمیرات و بازرسی میتوانیم اثر این دو عامل را بر روی قابلیت دسترسی، طبق شکل زیر بر روی یک کانال مشاهده کنیم:

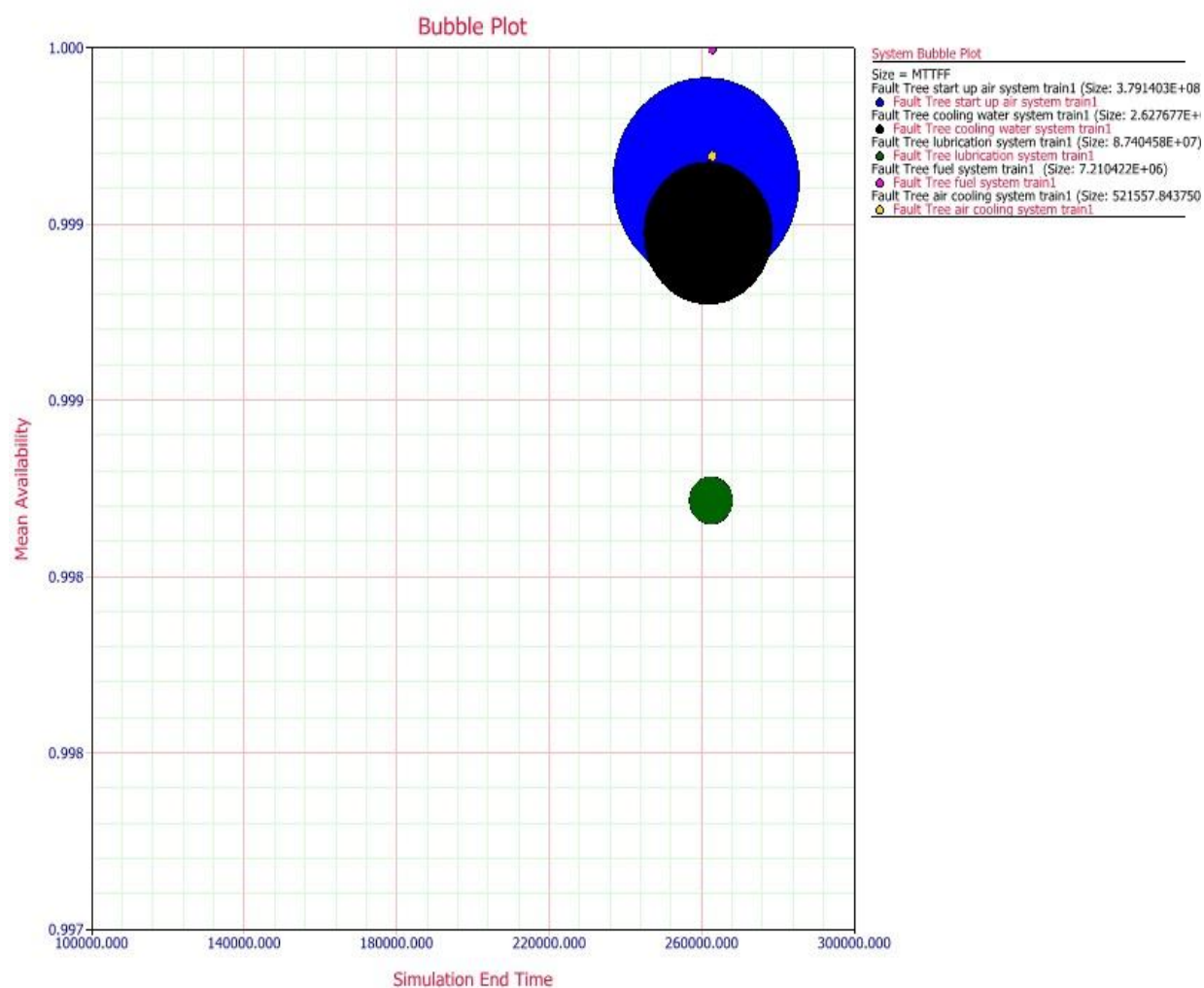


شکل (۴-۵) نمودار تغییرات قابلیت دسترسی بر حسب زمان برای یک کانال دیزل ژنراتور اضطراری

همانطور که مشاهده می گردد، در ۲۴ ساعت (Upper Band)، قابلیت دسترسی سیستم عدد ۹۹۹۸۸۹۰۳٫۰ می باشد، با گذر زمانی حدود ۲ سال کارکرد دیزل این عدد به حدود ۰٫۸ می رسد که با در نظر گرفتن تعمیرات و بازرسی، همچنین تعویض های صورت گرفته در طول این زمان، عددی قابل اعتماد است، زیرا دیزل ژنراتور ها معمولا در حالت آماده به کار می باشند در حالی که ما با در نظر گرفتن کارکرد مداوم دیزل، به این عدد رسیده ایم. اگر محاسبات را تا ۳۰ سال (Lower Band) ادامه دهیم، این عدد برای یک کانال دیزل به ۳۳۶۲۷۵۷۶٫۰ می رسد. که این عدد ها ارزش آنالیز دینامیکی را نمایان می سازد.

❖ متوسط زمان تا رخداد اولین خرابی در مقایسه با قابلیت دسترسی

نتیجه مهمی که از جدول تحلیل زیر سیستم‌ها (۷-۴) می‌رسم این است که قابلیت دسترسی میانگین سیستم روغن کاری از همه پایین‌تر می‌باشد. در شکل زیر قابلیت دسترسی با متوسط زمان تا رخداد اولین خرابی با توجه به مساحت دایره‌ها مقایسه شده است.



شکل (۵-۵) مقایسه متوسط زمان تا رخداد اولین خرابی با قابلیت دسترسی در هر یک از زیر سیستم‌ها

❖ ارزشیابی پژوهش و اعتبار سنجی

در این جا به مقایسه نتایج به دست آمده در این پروژه برای یک کانال دیزل ژنراتور نیروگاه بوشهر که شامل دو دیزل ژنراتور، که به صورت موازی به هم متصل می باشند، می پردازیم. طبق مدرک NUREG/CR 6928 عدم دسترسی از اردر 10^{-4} است، که این با عدد به دست آمده از روش پروژه حاضر همخوانی دارد. از آنجا که محاسبات کلاسیک بوده اند، قابلیت عدم دسترسی محاسبه شده موجود برای ۲۴ ساعت کارکرد دیزل مقایسه شده است.

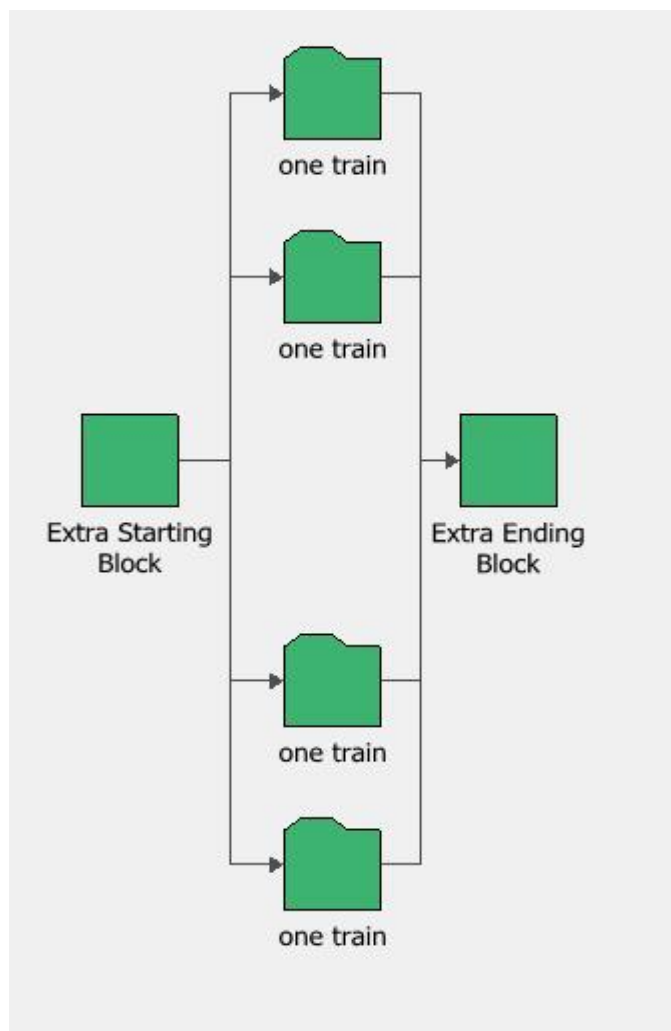
جدول (۵-۱) مقایسه قابلیت عدم دسترسی

زمان ۲۴ ساعت	طبق NUREG/CR 6928	محاسبات انجام شده در پروژه حاضر
قابلیت عدم دسترسی	8.5×10^{-4}	1.1×10^{-4}

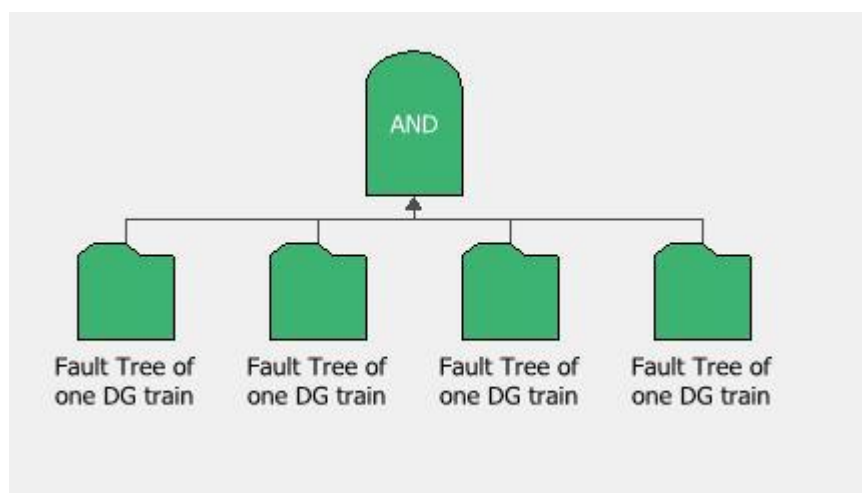
که این عدد با تقریب بسیار خوبی بر پژوهش حاضر صحه می گذارد.

❖ محاسبات مجموعه ۴ کاناله دیزل ژنراتور اضطراری

با توجه به اینکه سیستم دیزل متشکل از ۴ کانال مشابه هم می باشد و این کانال ها به صورت موازی عمل می کنند، قابلیت دسترسی سیستم به ۶۱۶۲۱۶۶۰,۰ در ۳۰ سال کارکرد نائل می گردد. در آنالیز صورت گرفته از Subdiagram بهره برده ایم.



شکل (۵-۶) نمای دیاگرام قابلیت اطمینان سیستم دیزل ژنراتور اضطراری



شکل (۷-۵) درخت خطای سیستم دیزل ژنراتور اضطراری

❖ اهمیت و کاربرد پروژه صورت گرفته در محاسبات PRA

محاسبات انجام شده ما به عنوان پیش نیازی برای محاسبات ریسک محسوب می شود. درست است که دیزل ژنراتور اضطراری نمی تواند باعث ریسک شود، ولی اگر دیزل ژنراتور اضطراری در دسترس نباشد، می تواند همچون حادثه فوکوشیما بر روی ذوب قلب تاثیر بگذارد. پس این پروژه به عنوان پیش نیازی در محاسبات PRA قابل استفاده بوده چون دانستن این که DG , availability در هر لحظه چقدر است در محاسبات PRA اهمیت دارد.

پیشنهادهای :

- نرم افزار مورد استفاده در این پروژه با وجود داشتن یک سری قابلیت ها همچون بسیاری از نرم افزارهای دیگر محدودیت هایی داشت که می تواند در پروژه های بعدی مد نظر قرار گیرد. به عنوان مثال ، Standby Gate برای سیستم های Complex قابل استفاده نیست. یعنی زیر هر Stand by Gate فقط basic event قرار می گیرد .
- خرابی های با عامل مشترک در آنالیز در نظر گرفته شود.
- پیشنهاد می گردد برای ثبت زمان های بازرسی و تعمیرات، اپراتور ها و تعمیر کاران و بازرسان اطلاعات مربوطه را ثبت نمایند.
- برای ثبت اطلاعات از نرم افزار های موجود استفاده گردد.
- از آنجا که دیزل دو مود آماده به کار و کارکرد دارد، لذا داده های خرابی نیز برای هر دو حالت متفاوت می باشد، که این مورد در تحلیل احتمالاتی ایمنی لحاظ نشده است.
- از آنجا که مارک دیزل های به کار گرفته شده یکی می باشد توصیه می شود که از مارک دیگری نیز به دلیل افزونگی استفاده شود.

منابع فارسی:

- [۱] پور گل محمد، محمد. (۱۳۷۷). ارزیابی مقایسه ای قابلیت اعتماد سیستم برق اضطراری نیروگاه به روش PSA و مارکوف. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای. دانشکده فیزیک. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- [۲] سپانلو، کامران. (۱۳۶۸). کاربرد ارزیابی ایمنی به روش احتمالاتی (PSA) در بررسی قابلیت اطمینان سیستمهای نیروگاه اتمی بوشهر در صورت وقوع حادثه قطع تغذیه الکتریکی خارجی. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای. دانشکده مکانیک. دانشگاه صنعتی شریف.
- [۳] خرمی، وحید. (۱۳۸۹). کاربرد روش PSA در ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم برق اضطراری نیروگاه اتمی بوشهر و تحلیل حادثه قطع کامل برق نیروگاه (Station Black out). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای گرایش راکتور. دانشکده مهندسی انرژی. دانشگاه صنعتی شریف.
- [۴] معینان، فاطمه. (۱۳۹۰). ارزیابی احتمالی ایمنی نیروگاه IR-۳۶۰ در حادثه قطع برق و تعیین فرکانس وقوع آن. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای گرایش راکتور. دانشکده مهندسی انرژی. دانشگاه صنعتی شریف.
- [۵] کرباسیان، مهدی. و لیلا طباطبایی. (۱۳۸۸). آشنایی با قابلیت اطمینان. تهران: ارکان دانش
- [۶] شریفی، سید محمد مهدی. و [دیگران]. (۱۳۹۱). مهندسی قابلیت اطمینان. تهران: امید انقلاب.
- [۷] گروه، دوریس لوید. (۱۳۸۱). مبانی نظریه قابلیت اعتماد (پایایی). ترجمه ی مسعود نخکوب. تهران: دانشگاه صنعتی شریف.

- [1] Atom energoproekt, BVPP Probabi Listic safety Assessment , level 1, revision 3, state resarch, Design and Engineering survey Institute, Atomener goproekt, 2003.
- [2] Aldemir, T. (1987). Computer-Assisted Markov Failure Modeling Of Process-Control Systems, IEEE Transactions On Reliability, 36(1), pp. 133-149.
- [3] Aldemir, T. and E. Zio (1998). New Domain of Application: Discussion Group II, Fifth International Workshop on Dynamic Reliability: Future Directions.
- [4] Amari, S., G. Dill, et al. (2003). A new approach to solve dynamic fault trees, Annual Reliability and Maintainability Symposium, 2003 Proceedings: pp. 374-379.
- [5] Blooksim 8 user's guide ; Relia saft carporation; www.reliasoft.com , 2013.
- [6] Borest, M. et al. An overview of PSA importance measure, Reliability Engineering & system safety, Volume 72, Issue 3, June 2001, pages 241-249.
- [7] Cepin, M. and B. Mavko (2002). A dynamic fault tree, Reliability Engineering & System Safety, 75(1):pp. 83-91.
- [8] Cojazzi, G. (1996). The DYLAM approach for the dynamic reliability analysis of systems Reliability Engineering & System Safety, 52(3): pp. 279-296.
- [9] Chang, Y.-H. (1999). Cognitive Modeling and Dynamic Probabilistic Simulation of Operating Crew Response to Complex System Accident (ADS-IDACrew), Ph.D. issertation, University Of Maryland, College Park, MD.
- [10] Devooght, J. (1998). Dynamic Reliability: The Challenges Ahead, Fifth International Workshop on Dynamic Reliability: Future Directions, Greenbelt, Maryland.
- [11] Devooght, J. and C. Smidts (1992). Probabilistic Reactor Dynamics.1. The Theory Of Continuous Event Trees, Nuclear Science and Engineering, 111(3): pp. 229-240.
- [12] Devooght, J. and C. Smidts (1992). Probabilistic Reactor Dynamics.3. A Framework For Time-Dependent Interaction Between Operator And Reactor During A Transient Involving Human Error, Nuclear Science And Engineering, 112(2): pp. 101-113.
- [13] Devooght, J. and C. Smidts (1996). Probabilistic dynamics as a tool for dynamic PSA, Reliability Engineering & System Safety, 52(3): pp. 185-196.
- [14] Dugan, J. B. (1991). Automated-Analysis Of Phased-Mission Reliability, IEEE Transactions On Reliability 40(1): pp. 45 - 55.

- [15] Dugan, J. B. (2000). Galileo: A tool for dynamic fault tree analysis, Computer Performance Evaluation, Proceedings, 1786: pp. 328-331.
- [16] Dugan, J. B., and K. J. Sullivan, et al. (2000). Developing a low-cost high-quality software tool for dynamic fault-tree analysis, IEEE Transactions on Reliability, 49(1): pp. 49-59.
- [17] Eide S.A et al, Industry Average Performance for components and Initiating Events at U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-6928.
- [18] Fragola, J. R. (1995). Probabilistic Risk Assessment of the Space Shuttle, NASA CR-197808, SAIC, New York.
- [19] Hsueh, K. S. and A. Mosleh (1996). The development and application of the accident dynamic simulator for dynamic probabilistic risk assessment of nuclear power plants, Reliability Engineering & System Safety, 52(3): pp. 297-314.
- [20] IAEA, Regulatory review of probabilistic safety assessment (PSA) Level 1, International Atomic Energy Agency, TECDOC.1135, 2000.
- [21] Kaplan, S. and B. J. Garrick (1981). On the Quantitative Definition of Risk Risk analysis 1: pp. 11-27.
- [22] Labeau, P. E., C. Smidts (2000). Dynamic reliability: towards an integrated platform for probabilistic risk assessment, Reliability Engineering & System Safety, 68(3): pp. 219-254.
- [23] Mosleh, A. and V. Bier (1992). On Decomposition and Aggregation Error in Estimation: Some Basic Principles and Examples, Risk Analysis, 12(2): pp. 203-214.
- [24] Modarres et al, Reliability Engineering and Risk Analysis, A Practical Guide, Taylor & Francis Group, 2010.
- [25] NRC (1995). Review of NRC's Individual Plant Examination (IPE) Program, OIG/95A-16, <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/insp-gen/1996/95a-16.html>, Nuclear Regulatory Commission.
- [26] NRC (1975). Reactor Safety Study: an Assessment of Accident Risks in US Commercial Nuclear Power Plants. Nuclear Regulatory Commission.
- [27] Nejad-Hosseini, Seyed Hamed. (2007) Automatic Generation of Generalized Event Sequence Diagrams for Guiding Simulation Based Dynamic Probabilistic Risk Assessment of Complex Systems. Dissertation of Ph.D. Department of Mechanical Engineering.
- [28] Nivolianitou, Z., A. Amendola (1986). Reliability-Analysis of Chemical Processes By The Dylam Approach, Reliability Engineering & System Safety, 14(3): pp. 163-182.

- [29] PJSC "Klomensky Zavod". Service Manual Diesel Generator Set 6200, No.30, 16. Bu.1.zk1.TM.RE.RDS.2004.
- [30] Relcon Scandpower, Risk Spectrum Professional, user Manual, Relcon AB, 2008.
- [31] Stamatelatos, M., (2000). Probabilistic Risk Assessment: What Is It And Why Is It Worth Performing It, Available at: <<http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/qnews/prs.pdf>>, Office of Mission and Safety Assurance, NASA.
- [32] Siu, N. (1994). Risk Assessment for Dynamic-Systems - An Overview, Reliability Engineering & System Safety, 43(1): pp. 43-73.
- [33] Stamatelatos, M., et al. (2002). Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners, NASA.
- [34] Billinton, Roy. and Ronald N. Allan .1992. Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques. Springer Science+Business Media, LLC
- [35] Modarres, Mohammad. Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools, and Trends, Taylor & Francis Group, 2006.
- [36] Lee, John C. McCormick, Norman J. Risk and Safety Analysis of Nuclear Systems, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2011.
- [37] Alexander, D. (2003). "Application of Monte Carlo Simulations to System Reliability Analysis." Proceedings of the 20th International Pump Symposium, Houston, TX.
- [38] Kroese, P., Thomas, T., Zdravko I. (2011). "Handbook of Monte Carlo Methods." Vol. 706. John Wiley & Sons.
- [38] Moghadasa, R., Fadaeeb, M. (2012). "Reliability Assessment of Structures by Monte Carlo Simulation and Neural Networks." Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing) 13.1: 79-88.
- [39] Ayyub, M. (2003). "Risk Analysis in Engineering and Economics." CRC Press.

Abstract:

During nuclear power plant (NPP) normal operation, emergency power systems are in stand-by status, but in a continuous readiness for start-up. In case of occurrence of an initiating event, e.g. loss of offsite power, requiring operation of diesel generators, the start-up and acceptance of emergency loads is required in few seconds automatically. Since diesel generators are mostly in standby status for long time, it is vital needed to ensure about their operability in a periodic manner. The maintenance policy is designed for a test/inspection procedure to examine that diesel generators work correctly per demand. Thus, diesel generators have special functional profile. The profile takes into account of redundancy and other safety features such as physical separation and diversity. The maintenance also obeys strict safety and quality requirements. Due to their long standby mode, aging problems shall receive special attention. Although classic reliability assessment is widely used for evaluation and safety of nuclear power plants, deterioration mechanisms during intervals might affect dynamic behavior of diesel generators. This process cannot be modeled by classic reliability assessment adequately. In this research, Dynamic reliability assessment is used to model dynamic behavior of the Emergency Diesel Generators by utilizing Monte Carlo simulation. The study investigates effectiveness of aging consideration on the proposed method compared with conventional methods through incorporation of dynamic reliability assessment. In this research, using exact computations and/or discrete event simulation, reliability block diagram and Fault tree applied for representing dynamic sets aimed at aging, reliability and maintenance modeling to find out the optimum maintenance policy for maximum availability of the emergency power system upon demand. The methodology applied on Boushehr nuclear power plant PWR Emergency Diesel Generators.

Keywords: *Emergency Diesel Generator Bushehr Nuclear Power Plant, Ageing, Dynamic Reliability, Dynamic Reliability Block Diagram, Dynamic Fault Tree, Availability*