# چگونگی اجرای تکنیک ETBA در صنایع ؛ مطالعه موردی اجرای این روش در واحد آیزوماکس پالایشگاه تهران

مهندس غلامعباس شیرالی[۱] ، دکتر جواد عدل[۲]

۱- عضو هیئت علمی گروه بهداشت حرفه ای دانشگاه جندی شاپور اهواز Zedta52 @ yahoo . com

۲- عضو هیئت علمی گروه بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی تهران

## چکیده

*پیشرفت روز افزون علم و به تبع آن صنعت سبب شده است که انسان در معرض خطرات روز افزون فراوانی قرار گیرد که تا قبل از این هرگز وجود نداشته است. افزایش فزآینده آمار حوادث و خسارات وارده به صنعت در جهان و بخصوص ایران برگ تاییدی بر این مدعا می باشد . با این توصیف ، امروزه برای شناسایی و بررسی خطرات ، روشهای متعدد گوناگونی وجود دارد که از آن جمله می توان به روش ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل سیستمهای کنترل کننده: (Energy Trace & Barrier Analysis – ETBA) اشاره نمود . این روش فرآیند تجزیه و تحلیلی بر اساس ایمنی سیستم می باشد که به منظور شناسایی اصولی خطرات و تعریف آنها و همچنین تعریف ریسک هائی که قادر به وارد ساختن ضررو زیان به سیستم می باشند اجرا می شود .*

*مطالعه حاضر یک پژوهش از نوع توصیفی – تحلیلی بشمار می رود که در واحد آیزوماکس پالایشگاه تهران و بخش های مرتبط با آن اجرا شد . برای جمع آوری داده های لازم و تکمیل برگه های ETBA از روش مشاهده ،مصاحبه با متخصصین فرآیند، walking – Talking Through method ، بررسی اسناد ، مدارک فنی و عملیاتی استفاده شد .*

*نتایجی که در این تحقیق به دست آمده همان برگه های تکمیل شده ETBA می باشند که به علت شناسایی ۱۲ نوع انرژی مختلف و ۲۸ زیر گروه ، تعداد آنها بالغ بر ۵۲ عدد می باشد . لذا در این مقاله یک نمونه از آنها آورده شده است . در این برگه ها علاوه بر تعیین نوع انرژی ، کنترل کننده موجود ، اهداف آسیب پذیر نسبت به انرژی ، عدد ریسک ، ارزیابی کارآیی کنترل کننده ، پیشنهاداتی ( نظیر اصلاح سیستم Record keeping ، بعنوان یک پارامتر کلیدی در ارزیابی ریسک ، تغییرات نرم افزاری و سخت افزاری در طراحی تجهیزات ) نیز برای کاهش سطح ریسک تا حد قابل قبول ارائه شد . در نهایت می توان این نتیجه را استنباط نمود که این روش در صنایع مختلف بخصوص صنایع شیمیائی قابل اجرا بوده و در شناسایی خطرات و حوادثی که در پی آنها ممکن است پیش آید بسیار مفید و مؤثر می باشد .*

***کلمات کلید ی :*** *خطر ، ETBA ، ریسک ، انرژی ، اهداف آسیب پذیر ، خسارت .*

## مقدمه

پیشرفت روز افزون علم و به تبع آن صنعت ، سبب شده است که انسان در معرض خطرات روز افزون فراوانی قرار گیرد که تا قبل از این هرگز وجود نداشته است . افزایش فزآینده آمار حوادث و خسارات وارده به صنعت در جهان و بخصوص ایران برگ تاییدی بر این مدعاست . هر ساله ، حوادث خسارات اسفناکی به پرسنل و صنایع وارد می سازند که بیشتر این وقایع نیز بدون کشف علت به آرشیو فراموشی سپرده می شوند ، در صورتی که تقریباً تمام این حوادث با ارزیابی و کنترل ریسک کاملاً قابل پیش بینی و پیشگیری هستند . با روند شتاب زده ای که از اواسط قرن بیستم در توسعه و گسترش سیستم های حساس و پیچیده شروع شد ، این ایده قوت یافت که برای

ارزیابی ایمنی سیستم ها دیگر نمی توان منتظر وقوع حوادث شد تا بتوان از طریق تجزیه و تحلیل نقاط ضعف سیستم را شناسایی و برطرف کرد و لذا سعی گردید که روش هایی برای ارزیابی ایمنی ابداع شود که قادر باشند ، پتانسیل وقوع حادثه را قبل از مرحله تولید سیستم شناسایی نمایند . نتیجه این تلاش ها به شکل گیری علم ایمنی سیستم ها منجر شد . این علم بر اساس یک برنامه طرح ریزی شده ، قانونمند و سازماندهی شده ، در قالب یک فرایند قبل از وقوع حادثه ایمنی سیستم را پیگیری می نماید .

امروزه برای شناسائی و بررسی خطرات ، روشهای متعدد و گوناگونی وجود دارد که از آن جمله می توان به روش ردیابی انرژی و تجریه و تحلیل سیستمهای کنترل کننده آن (ETBA) اشاره نمود . این روش فرآیند تجزیه و تحلیلی بر اساس ایمنی سیستم می باشد که به منظور شناسایی اصولی خطرات و تعریف آنها و همچنین تعریف ریسک هائی که قادر به وارد ساختن ضرر و زیان به سیستم می باشند اجرا می شود . این روش با درک عمیق منابع ، طبیعت و نوع جریان های ناخواسته انرژی که می توانند صدمات تصادفی را بوجود آورند در سال ۱۹۷۳ توسط W.Haddon از روش پایش مدیریتی و درخت ریسک منتج شد . نتایج حاصل از انجام این روش که بصورت جدولی در برگه های خاص ارائه می شوند در برآوردمقادیر ریسک ، شناسایی و ارزیابی گزینه های خاص به منظورحذف یا کنترل خطرات بسیار مؤثر می باشند . (۱)

با توجه به معضل انرژی در قرن حاضر ، این روش می تواند علاوه بر کنترل خطرات از یک طرف از بروز حوادث جلوگیری نموده و از طرف دیگر در حفظ و ذخیره انرژی بعنوان یک سرمایه ملی نقش بسیار مؤثری را ایفا نماید .

## مواد و روشها

مطالعه حاضر یک پژوهش توصیفی - تحلیلی به شمار می ورد که محل انجام آن واحد آیزوماکس پالایشگاه تهران و بخش های مرتبط با آن بود . برای جمع آوری داده های لازم و تکمیل برگه های ETBA از روش مشاهده ، مصاحبه با متخصصین فرآیند ، walking - Talking Through method ، بررسی اسناد و مدارک فنی و عملیاتی استفاده شد . ETBA مبتنی بر این فرضیه می باشد که صدمه اتفاقی ناشی از تبادلات انرژی مربوط به جریان های ناخواسته انرژی می باشد که از موانع رد شده و وارد اهداف می شوند. گرچه اصلاحات بعدی منجر به سادگی این روش شد ولی فرآیند تجزیه و تحلیل مبسوط با استفاده از استدلاهای متوالی شانس چشم پوشی از خطرات را در زمان تجزیه و تحلیل ایمنی سیستم به حداقل می رساند . این روش با انجام ۶ مرحله اساس زیر شکل می گیرد: (۲و۱)

۱- شناسایی تمام انرژی های موجود در سیستم : که بدین منظور سیستم باید بطور دقیق تعریف شود تا تحلیل گر قادر به شناسایی و ردیابی انرژی ها از زمانی که وارد سیستم شده تا زمانی که سیستم را ترک یا تبدیل به کار می شوند ، باشد . یک تعریف مناسب از سیستم آنست که وروردی ها ، پروسه کار ، خروجی ها و کنترل کننده های انرژی را شرح دهد.

۲- انتخاب یک چک لیست مناسب از انواع انرژی های موجود در سیستم تا از این موضوع که تمام منابع انرژی مورد بررسی در تجزیه و تحلیل شناسایی شده اند ، اطمینان حاصل شود . جدول ۱ چک لیست بکار رفته در این تحقیق را نشان می دهد . (۲)

۳- ردیابی انرژی : یعنی بعد از شناسایی همه انرژی ها باید منشاء آنها تعیین و جریان آنها در سیستم ردیابی شود . کار ردیابی انرژی بوسیله مطالعه نقشه های P&ID [1] دستورالمعل های عملیاتی مقدور می شود . شکل شماره ۲ بخشی از نقشه PFD [2] واحد آیزوماکس پالایشگاه تهران را نشان می دهد .

1 Piping & Instryrument Diagram
2 Piping Flow Diagram

۴- تجزیه و تحلیل موانع یا کنترل کننده های سیستم باید به دقت صورت پذیرد . انواع موانع و کنترل کننده ها در شکل ۱ نشان داده شده است . (۳)

۵- تعیین ریسک مربوط به خطرات آزاد شدن جریان های ناخواسته و ناگهانی انرژی در سیستم با ترسیم و تکمیل ماتریس ارزیابی ریسک که بصورت کد ارزیابی ریسک (Risk Assessment code - RAC )متناسب با نوع خطر ( مانند 1A ) نشان داده می شود . برای تعیین مقدار ریسک مربوط به خطرات و محاسبه ارزیابی ریسک از طبقه بندیهای کیفی شدت و احتمال تبدیل شدن خطرات به حادثه و معیارهای ریسک پذیری مطرح شده در منابع استفاده گردید . جداول ۲ و ۳ بترتیب طبقه بندی کیفی شدت و احتمال وقوع حادثه و جداول ۴و۵ ماتریس ریسک و معیارهای ریسک پذیری را نشان می دهند . (۴)

۶- توصیه در زمینه طراحی و نصب موانع وکنترل کننده های مناسب با در نظر گرفتن موانع توصیه شده برای کلیه بخش های یک سیستم که امکان تماس انرژی آزاد شده بصورت ناخواسته با عناصر هدف ( افراد ، تجهیزات، محیط زیست ، بهره وری و حتی آبروی افراد حقیقی یا حقوقی ) وجود داشته باشد . کد ارزیابی ریسک جدید تعیین و کارایی کنترل کننده های پیشنهادی پیش بینی می گردد .

## یافته ها

یافته های این پروژه همان برگه های کاری یا جداول تکمیل شده ETBA می باشد که تعداد آنها به دلیل شناسایی ۱۲ نوع مختلف انرژی در واحد آیزوماکس و ۲۸ زیر گروه گوناگون بیش از ۵۲ جدول می باشد که در این مقاله به دلیل حجم زیاد آنها تنها یک برگه کاری بعنوان نمونه ارائه شده است ( جدول ۶ ) .

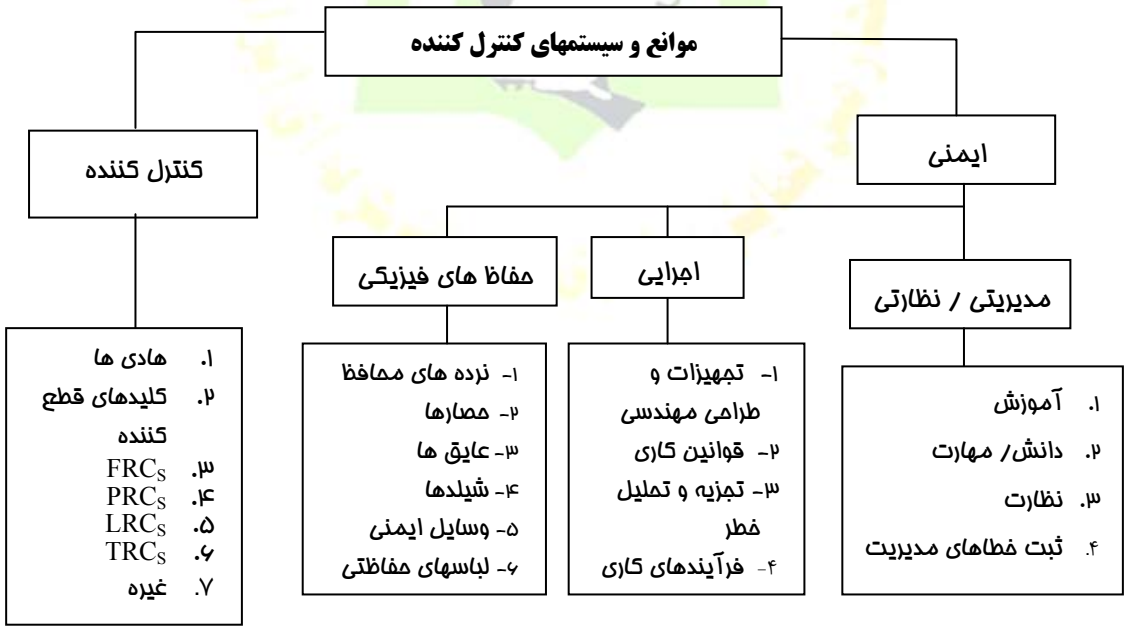
## بحث و نتیجه گیری

همانطوری که جدول ۶ نشان می دهد اولین انرژی شناسایی شده مربوط به افزایش یا ردیف ۴-۱ از جدول ۱ می باشد . چون واحد آیزوماکس و بخصوص بخش فشار بالا ( High pressure unit ) بصورت سیستم کاملاً بسته طراحی شده است لذا افزایش فشار در مبدل E -۴۳۰ می تواند دلایل مختلفی نظیر بسته شدن۴۰۴- FRC در هنگام قطع هوای ابزار دقیق ، فولینگ تیوبهای مبدل و غیر داشته باشد . این انرژی با ترکیدن و شکستن مبدل E-۴۳۰ و لوله های قبل از FRC -۴۰۴ میتواند آزاد شده و در اثر پریدن و برخورد قطعات به پرسنل صدماتی وارد کرده و محیط زیست را به دلیل پخش مواد نفتی و گازها در هوا و ریزش مواد نفتی در زمین ، آلوده سازد . به نظر می رسد که این آزاد شدن انرژی می تواند در حد فاجعه بار ارزیابی گردد . در مورد احتمال وقوع این حادثه با توجه به مستندات موجود در پالایشگاه و نظرات مهندسین بهره برداری سطح C یا گاه به گاه ( جدول ۴ ) بهترین کد ارزیابی ریسک در نظر گرفته شده می باشد . با نگاهی به ماتریس ارزیابی ریسک مشاهده می شود که این عدد ( RAC ) قابل قبول نیست و باید تا سطح ۴C کاهش داده شود . برای حصول این امر اقداماتی ضروری و مناسبی در ستون توصیه های برگه کار ETBA اشاره شده که در سه گروه مختلف بشرخ زیر ارائه شده است .

گروه اول شامل بازرسی های مرتب ( inspection ) می باشد ، گروه دوم که به مسئله تعمیر و نگهداری می پردازد و نهایتاً گروه سوم به نصب وسایل ایمنی جدید و پیشرفته تر ( از جمله HPA ، PSV ) اشاره دارد . در این سه گروه توصیه همانطوریکه در برگه کار ETBA ( جدول ۶ ) نشان داده شده ، ارزانترین و ساده ترین راه کاهش سطح ریسک ( بازرسی های مرتب ) در اول آمده و در گروه بعدی که در اجرا مشکل تر و هزینه برتر از گروه اول هستند در آخر آورده شده اند . باید در نظر داشت که نصب آلارم فشار بالا در نهایت باز هم توجه نیروی انسانی را می طلبد که می تواند همواره در اثر خطاهای گوناگون توجه به موقع به افزایش فشار نشود؛ ولی نصب PSV ، بطور خودکار افزایش فشار را تخلیه کرده و از وقوع انفجار در مبدل یا لوله ها جلوگیری می نماید . در مورد نحوهٔ تصمیم گیری برای اولویت در نصب ، مسائل مختلفی از جمله مهارت های فنی و امور اقتصادی باید مد نظر قرار گیرند. باید درنظر داشت که در ردیف بعدی جدول ۶ به مشکل خوردگی ( ردیف ۸-۲ جدول ۱ ) اشاره شده است . مشکل خوردگی یکی از مهمترین عواملی است که در پالایشگاه ها و کلیه صنایع شیمیائی مطرح است . در

واحد آیزوماکس و بخصوص بخش فشار بالا موضوع خوردگی بدلیل آنکه گرما و فشار زیاد تسریع کننده خوردگی هستند ، می تواند صدمات بسیار شدیدی به این واحد وارد نماید . عدد ریسک این واقعه پس از مشورت با مهندسین بهره برداری و مراجعه به مستندات شیفت های مختلف 1C تعیین شد . چون این عدد ریسک غیر قابل قبول است ( به جدول ۵ مراجعه شود ) پس باید به سراغ توصیه های لازم رفت تا عدد ریسک را تا آنجا که در توان صنعت مذکور است ، کاهش داد.

با مطالعات انجام شده می توان این عدد ریسک را تا سطح 4C کاهش داد به شرطی که اقدامات توصیه شده و از آن جمله بازرسی و آزمایشات مختلف بصورت دقیق و منظم انجام شود . طبیعی است که موارد توصیه شده ای که بسیار مشکل بوده یا از نظر اقتصادی می توانند بسیار سنگین باشنددر بندهای آخرموارد توصیه شده آمده اند . در ردیف های ۳ و ۴ جدول ۶ نیز انرژی گرمایی و صدمات آن به طرق مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته اندکه از آن جمله می توان به مشکل شوک های حرارتی ، ایجاد نقاط داغ (Hot spots) و اشکال در مدار نمایشگر دمایی ۴۰۳ – ۲ – Ti اشاره نمود که می توانند باعث افزایش بیش از حد دمای تیوبها و نهایتاً پارگی و انفجار شوند . در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده بطور کلی می توان نتیجه گیری نمودکه تکنیک ETBA به راحتی در صنایع مختلف و حداقل در صنایع شیمیائی قابل اجرا می باشد و در شناسایی خطرات و حوادثی که در پی آنها ممکن است پیش بیایند بسیار مؤثر و مفید می باشد . اما آنچه که به هنگام اجرای این روش در صنعت مورد مطالعه مشاهده کردیم و با روش اجرای دقیق این تکنیک مغایرت داشت این بود که سیستم Record keeping در صنعت باید بسیار گسترده و دقیق باشد تا به هنگام اجرای این روش بتوان به آسانی به اطلاعات دقیقی چون اعداد ریسک مربوط به خطرات مختلف دستیابی داشت.بعنوان مثال اگر کلیه بازرسی ها و آزمایش خوردگی درواحد بطورمنظم اجراو نتایج آزمون ثبت و نگهداری میشد،براحتی میتوانستیم عدد ریسک یا کد RAC مربوطه را بصورت واقعی و دقیق تعیین نمائیم و نیازی به جمع آوری نظرات عمومی و شفاهی مهندسین نداشتیم .




شکل ۱ – انواع کلی موانع و سیستمهای کنترل کننده (۳ )

جدول ۱ – چک لیست انواع انرژی (۲)

۱- انرژی الکتریکی
۱-۱-جریان های متداول AC یا DC
۱-۲-انرژی الکتریکی ذخیره شده / تخلیه الکتریکی
۱-۳-تابش های الکترو مغناطیس / پالس های RF
۱-۴-جریانات /ولتاژهای القایی
۱-۵-کنترل کننده ولتاژها /جریانات الکتریکی

**۲-جرم / جاذبه / ارتفاع ( m/g/h )**
۱-۱- سقوط فرد از ارتفاع / زمین خوردن فرد
۱-۲-ریزش / سقوط اشیاء
۱-۳-اشیاء معلق

**۳-انرژی جنبشی چرخشی**
۱-۱-چرخ ها / چرخ دنده ها / ماشین آلات چرخنده
۱-۲-حرکت فن / پره های ملخی

**۴- فشار / حجم / حرکت جنبشی ( P/V/KD )**
۱-۱-افزایش فشار و ترکیدگی / انفجار
۱-۲-افزایش خلاء
۱-۳-ریزش مایع / حالت شناوری / افزایش و یا کاهش سطح مایع
۴-۴- انبساط سیالات / جهش سیالات
۴-۵-خارج شدن شی ء از حالت حلقوی
۴-۶-حرکت هوا ( تهویه )
۴-۷-حرکت زمین / حفاری و خاک برداری

**۵- انرژی جنبش خطی**
۵-۱- پرتابه ها ، موشک ها / هواپیمای در پرواز
۵-۲- چکش ها ، پایه کوب ها ، قسمت های متحرک
۵-۳- قیچی ها ، پرس ها
۵-۴- وسایل نقلیه / تجهیزات متحرک
۵-۵- فنرها ، اشیای تحت فشار

**۶- صدا / ارتعاش**
۶-۱-صدا
۶-۲-ارتعاش

**۷ - نم / رطوبت**

**۸ -انرژی ناشی از مواد شیمیایی ( جامد و مزمن )**
۸-۱- بیهوشی آور / خفگی آور شیمیایی
۸-۲- خوردگی
۸-۳-مواد روان کننده / حلال ها / محلول ها
۸-۴- مواد قابل تجزیه / فساد پذیر
۸-۵- مواد ته نشین شده / پس مانده
۸-۶-قابل انفجار

**۸-۷- مواد اکسید کننده / قابل احتراق / خود سوز**
۸-۸- مواد قابل پلیمریزاسیون
۸-۹- مواد سمی / سرطان زا / تراتوژن
۸-۱۰-مواد زائد / آلود مکننده ( هوا / زمین / آب )

**۹- انرژی گرمایی**
۹-۱-تابشی
۹-۲- جابجایی
۹-۳- همرفت
۹-۴-سیکل گرمایی
۹-۵-تولید گرما

**۱۰-عوامل اتیولوژیک ( Etiological )**
۱۰-۱- ویروس
۱۰-۲- باکتری
**۱۰-۳- قارچ**
۱۰-۴- انگل
۱۰-۵- مسمومیت های بیولوژیک

**۱۱- انرژی تابشی**
۱۱-۱- یونیزان
۱۱-۲- غیر یونیزان

**۱۲- میدان های مغناطیسی**

**۱۳-اشیاء یا موجودات زنده**
۱۳-۱- اعمال و عکس العملهای افراد
۱۳-۲- عکس العملهای حیوانات
۳-۳- دخالت های درختان ، بوته ها و غیره

**۱۴- بلایای طبیعی**
۱۴-۱- زمین لرزه
۱۴-۲-سیل / غرق شدن
**۱۴-۳- بهمن / ریزش کوه**
۱۴-۴- رانش زمین
۱۴-۵- فشردگی
۱۴-۶- آوار
۱۴-۷- جریانات آب زیر زمینی
۱۴-۸- یخبندان
۱۴-۹- آتشفشان

**۱۵- شرایط جوی ( اتمسفریک )**
۱۵-۱- جهت ، تراکم ، سرعت باد
۱۵-۲- باران ( گرم / سرد / یخ زدن )
۱۵-۳- برف / تگرگ / ریز تگرگ
۱۵-۴- الکترو استاتیک / برق ( صاعقه )
۱۵-۵- ذرات گرد و غبار / آیروسل ها / پودرها
۱۵-۶- درخشندگی خورشید / نور خورشید
۱۵-۷ -باران اسیدی / ابرهای بخار / گاز
۱۵-۸- هوا ( معتدل / سرد / یخبندان ، وارونگی )

جدول ۲- طبقه بندی شدت حادثه (۴)

| نوع خطر | طبقه | تعریف |
|---|---|---|
| فاجعه بار | ۱ | مرگ و میر یا از بین رفتن سیستم |
| بحرانی | ۲ | جراحات ، بیماری های شغلی یا آسیب های وارده به سیستم شدید است. |
| مرزی | ۳ | جراحات ، بیماری های شغلی یا آسیب های وارده به سیستم کم می باشد. |
| جزیی | ۴ | جراحات ، بیماری های شغلی یا آسیب های وارده به سیستم بسیار جزیی می باشد. |

جدول ۳- درجات مختلف احتمال وقوع حادثه (۴)

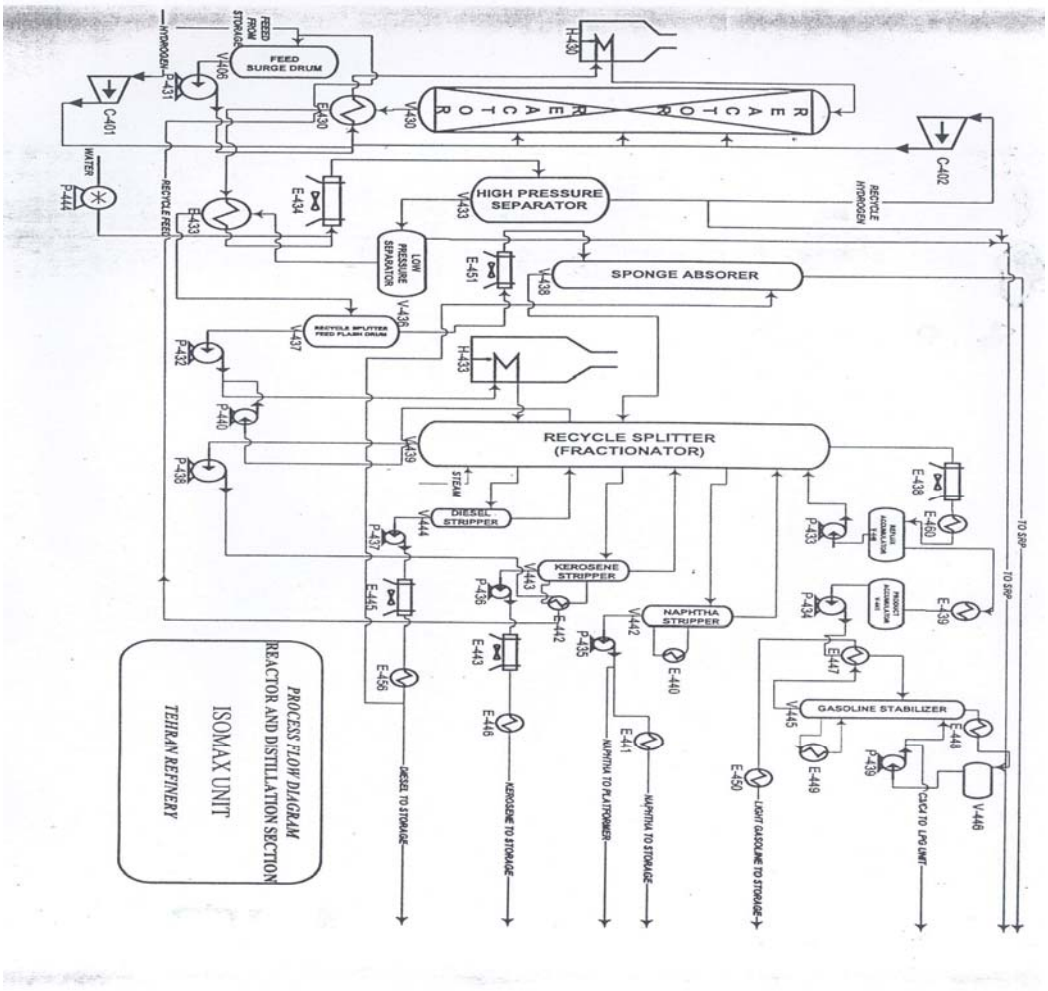
| احتمال وقوع | سطح | پیامد |
|---|---|---|
| مکرر ( $x > ۱۰^{-۱}$ ) | A | احتمالاً بطور مکرر اتفاق می افتد. |
| محتمل ( $۱۰^{-۱} > x > ۱۰^{-۲}$ ) | B | بصورت متعدد در مدت زندگی یک ایتم اتفاق می افتد . |
| گاه به گاه ( $۱۰^{-۲} > x > ۱۰^{-۳}$ ) | C | احتمالاً بعضی وقت ها اتفاق می افتد. |
| ناچیز ( $۱۰^{-۳} > x > ۱۰^{-۴}$ ) | D | غیر متحمل است ، اما ممکن است احتمالاً اتفاق بیافتد. |
| غیر متحمل ( $x > ۱۰^{-۴}$ ) | E | بسیار احتمال وقوع آن کم است و می توان فرض کرد که خطر اتفاق نخواهد افتاد . |

جدول ۴- ماتریس ارزیابی ریسک (۴)

| شدت خطر / احتمال وقوع | (۱) فاجعه بار | ( ۲) بحرانی | (۳) مرزی | (۴) جزیی |
|---|---|---|---|---|
| مکرر (A) | ۱ A | ۲ A | ۳ A | ۴ A |
| محتمل (B) | ۱ B | ۲ B | ۳ B | ۴ B |
| گاه به گاه (C) | ۱ C | ۲ C | ۳ C | ۴ C |
| خیلی کم (D) | ۱ D | ۲ D | ۳ D | ۴ D |
| غیر محتمل (E) | ۱ E | ۲ E | ۳ E | ۴ E |

جدول ۵- معیارهای تصمیم گیری بر اساس شاخص ریسک ( ۴ )

| طبقه بندی ریسک | معیار ریسک |
|---|---|
| ۱A,۱ B,۱C,۲A,۲B,۳A | غیر قابل قبول |
| ۱D,۲C,۲D,۳B,۳C | نامطلوب ( مستلزم تصمیم مدیریت ) |
| ۱E,۲E,۳D,۳E,۴A,۴B | قابل قبول ولی با نیاز به تجدید نظر |
| ۴C,۴D,۴E | قابل قبول بدون نیاز به تجدید نظر |




شکل ۲ : فلودیاگرام واحد آیزوماکس

## منابع

1-Jeffery w.vincoli , 1993. “system safety” . New york : van Nastrand Reinheld

2-http : \\ www . 1.02 melle11 . doc

3-http : \\ www . tis.eh.doe.gov/analysis/trace/29/barrier.html.

4-Harold E.Roland , Brian moriarity – 2 nd ed .1990. “ system safety Engineering and Management . Jhon wiley and sons , Inc.

Iran, 14-16 November 2000.