

ارزیابی ایمنی مخزن کروی گاز مایع با استفاده از روش‌های FMEA و ETBA

حجت نژادعلی*^۱؛ دکتر سید باقر مرتضوی^۲؛ دکتر علی خوانین^۳

چکیده

مقدمه: وجود روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل ایمنی، همواره فرد تجزیه و تحلیل‌کننده را مجبور به انتخاب یک روش می‌کند. هدف از انجام این مطالعه، شناسایی انرژی‌ها و حفاظ‌های موجود در مخازن کروی LPG در یک صنعت پتروشیمی به وسیله روش ردیابی انرژی و تحلیل حفاظ‌ها (ETBA) و در ادامه ارزیابی کمی حالات شکست و تأثیرات آن‌ها با استفاده از روش حالات شکست و بررسی اثر FMEA و در نهایت مقایسه نتایج به دست آمده از دو روش و شناسایی نقاط ضعف و قوت هر روش می‌باشد.

مواد و روش‌ها: برای انجام این مطالعه، توسط تیم کارشناسی در ابتدا با استفاده از کاربرگ‌های ETBA که برگرفته از استاندارد MIL-STD-882B می‌باشد، انرژی‌ها و مخاطرات موجود در سیستم و موانع موجود بررسی و تکمیل گردید و در ادامه حالات شکست و اجزای مختلف و تأثیرات شکست به صورت کمی مشخص شده و نمره مربوط به شدت، وقوع و کشف هر یک از موارد به صورت حاصل ضرب شماره اولویت ریسک به دست آمده و کاربرگ PFMEA تکمیل و در نهایت قابلیت‌ها و نقاط ضعف روش‌ها بررسی گردید.

یافته‌ها: در مطالعه ETBA در مجموع ۳۰ جزء مورد بررسی قرار گرفت و هر مورد به صورت کیفی محاسبه گردید که در کل ۱۰ مورد از ریسک‌ها غیرقابل قبول، ۷ مورد نامطلوب، ۸ مورد قابل قبول با نیاز به تجدید نظر و ۵ مورد ریسک قابل قبول بدون نیاز به تجدید نظر به دست آمد. در مطالعه FMEA نیز ۲۹ حالت بالقوه شکست شناسایی شدند.

نتیجه گیری: روش ETBA برای بررسی ایمنی سیستم از دیدگاه کلان و جامع به کار رفته و توصیه می‌شود قبل از بررسی ایمنی سیستم‌های پیچیده و عملکردی، از این روش به عنوان بررسی اولیه و یا در کنار سایر روش‌های پیچیده جزءنگر استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: ایمنی، مخزن LPG، حالات شکست و تأثیرات آن‌ها (FMEA)، ردیابی انرژی و واکاوی حفاظ‌ها (ETBA).

«دریافت: ۱۳۸۶/۴/۱۳ پذیرش: ۱۳۸۷/۷/۲»

۱. کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای، دانشگاه تربیت مدرس

۲. دانشیار گروه بهداشت حرفه ای و محیط دانشگاه تربیت مدرس

۳. استادیار گروه بهداشت حرفه ای و محیط دانشگاه تربیت مدرس

* عهده‌دار مکاتبات: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، گروه بهداشت حرفه‌ای و محیط، تلفن تماس: ۰۹۱۲۲۸۳۹۰۶۷

مقدمه

ضرورت انجام تحقیق در استفاده و کاربرد روبه‌گسترش از گاز مایع^(۱) (LPG) در صنایع مختلف از جمله صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و حوادث فاجعه‌بار رخ داده در دنیا از جمله در فی‌زین^۲ فرانسه نهفته است که در این حادثه ۱۵ نفر کشته و چندین مخزن از بین رفت. در حادثه مکزیکوسیتی در سال ۱۹۸۴ نیز برطبق اظهارات رسمی به دلیل مجاورت با منطقه مسکونی ۵۴۲ نفر جان خود را از دست داده و ۱۰۰۰۰ نفر بی‌خانمان شدند. از جمله خصوصیات LPG که موجب خطرناک بودن آن شده، این است که معمولاً این گاز تحت فشار بوده و در دمای بالای نقطه جوش نگهداری و جابه‌جا می‌شود. پس هر نشستی موجب تبدیل آن به بخار و گاز می‌گردد. این عمل موجب می‌شود که LPG قبل از این‌که به منبع جرقه برسد صدها متر در محیط پخش شود (۱).

بخار LPG در غلظت‌های بین ۲ درصد L.E.L (حد پایین قابلیت اشتعال) و ۱۰ درصد U.E.L (حداکثر قابلیت اشتعال) ترکیب قابل انفجاری ایجاد می‌کند و به علت تبخیر سریع و در نتیجه پایین آمدن سریع دما (به‌خصوص پروپان مایع) می‌تواند موجب سوختگی‌های شدید پوست گردد (۲).

نگاهی به حوادث اتفاق افتاده در نقاط مختلف دنیا نشان می‌دهد که کوچک‌ترین قصوری در طراحی، ساخت، نصب، استفاده و نگهداری از مخازن کروی LPG منجر به وقوع حوادث و فاجعه‌ای بزرگ شده است.

حالات شکست و بررسی اثر FMEA^۳ مانند تمام روش‌های تحلیل مخاطرات، قابلیت شناسایی و ارزیابی مخاطرات را دارد. مهم‌ترین دستاورد این روش، تعیین عناصر آسیب‌پذیر فرایند و همچنین مناطق بحرانی سیستم است، که با در نظر گرفتن شاخص کمی هر خرابی، تأثیر به‌سزایی در کاهش مخاطرات و هزینه عملیاتی و تعمیراتی واحد دارد. نگاه سخت افزاری FMEA به سیستم این امکان را فراهم می‌کند که با شناسایی زود هنگام حالات بالقوه خرابی و رفع آن‌ها، علاوه بر کاهش اسای میزان خسارات احتمالی، سطح ایمنی و قابلیت اعتماد فرایند را بهبود بخشد (۳).

FMEA روشی است سیستماتیک که در تجزیه و تحلیل‌های متنوعی از طراحی سیستم مانند بررسی ایمنی سیستم، طرح‌ریزی فعالیت‌های تعمیر و نگهداری سیستم، تعریف تمهیدات لازم برای تحمل شکست، کشف و ایزولاسیون شکست، شناسایی تغییرات طراحی و اقدامات اصلاحی لازم برای تخفیف تأثیرات یک شکست در روی سیستم به‌کار می‌رود (۴).

روش ردیابی انرژی و تحلیل حفاظها (ETBA^۴) نیز یکی از کاربردی‌ترین و آموزنده‌ترین ابزارهای در دسترس محققین برای بررسی ایمنی سیستم‌ها می‌باشد. ETBA براساس این منطق شکل گرفته است که «خسارت ناشی از حادثه در اثر تبادلات ناخواسته‌ای که در جریان عبور انرژی از حفاظ به درون اهداف در معرض تماس رخ می‌دهند، به وجود می‌آید». ردیابی انرژی و واکاوی

1. Liquefied Petroleum Gas

2. Fyzin

3. Failure Mode & Effect Analysis

4. Energy Trace & Barrier Analysis

شکست و تأثیرات آن‌ها، در مجموع ۱۸ جلسه برگزار گردید که متوسط زمان هر جلسه ۱/۵ ساعت بود، لذا در این مرحله با احتساب ۳ نفر برای متوسط نفرات شرکت‌کننده در جلسات، حدود ۲۷ ساعت (۸۱ نفر ساعت) زمان صرف شد.

در مرحله دوم مطالعه، کاربرگ‌های PFMEA که با اندکی تغییر و اصلاح از استاندارد کاربرد پیشنهادی SAE.J 1739 برگرفته شده است، مؤلفه‌های خطر شامل حالات شکست در اجزای مختلف مخزن و تأثیرات شکست به صورت کمی مشخص شده و نمره مربوط به شدت، وقوع و کشف هر یک از موارد به صورت حاصل ضرب شماره اولویت خطر با استفاده از جداول پیشنهادی استاندارد مذکور به دست آمد. نمونه تکمیل شده این کاربرگ در جدول ۱ آمده است (۸).

در این جلسات اعضاء تیم با استفاده از برگه کار مبناء PFMEA، فهرست کلیه اجزای موجود در مخزن از طریق نقشه‌های طراحی مشخص شده و سپس حالات و تأثیرات بالقوه شکست‌های احتمالی را بررسی کردند. در مجموع در مرحله اول تجزیه و تحلیل، ۲۹ حالت بالقوه شکست شناسایی شدند که این حالات بالقوه شکست شامل: نقص ساختاری (گسیختگی)، جمع شدگی یا له شدگی فیزیکی، ارتعاش، نقص در قرار گرفتن موقعیت، نقص در باز شدن، نقص در بسته شدن، باز ماندن، بسته ماندن، نشست داخلی، نشست خارجی، بیشتر از تحمل بودن، کم تر از تحمل بودن، عملکرد ناخواسته، عملکرد متناوب، عملکرد غیرقابل پیش‌بینی، کشف و نمایش نادرست، نقص در توقف، نقص در شروع، نقص در روشن شدن، به کار

حفاظت‌ها (ETBA) یک روش آنالیز کیفی است که برای توسعه جزئیات بیشتری از مخاطرات مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش، نگرش به کشف مخاطرات با استفاده از اصل ردیابی جریان‌های انرژی در سیستم‌ها و یا عملیات دارد (۵). هدف از انتخاب این روش در کنار روش FMEA، شناسایی مخاطرات کلان سیستم از جمله تأثیرات شرایط محیطی در روی مخازن بوده است، چرا که با روش FMEA فقط می‌توان اجزاء سیستم را مورد مطالعه قرار داد (۶). مطالعات زیادی در جهان در زمینه ارزیابی ایمنی مخازن صورت گرفته است ولی در کشورمان فقط یک مطالعه تحت عنوان ارزیابی خطر انفجار مخازن نگهداری اتیلن‌اکساید پتروشیمی اراک با استفاده از روش FTA موجود می‌باشد و در مورد مخازن LPG مطالعه خاصی صورت نگرفته است. در جهان نیز مطالعات بیشتر در روی قابلیت سیستم‌های اطفاء حریق این مخازن صورت پذیرفته است (۷).

مواد و روش‌ها

برای اجرای این مطالعه که از نوع کاربردی می‌باشد، تیم کارشناسی ۵ نفری با اعضای رئیس HSE مجتمع پتروشیمی، مهندس فرآیند، مهندس مکانیک، مهندس تولید و به رهبری مؤلف تشکیل گردید.

در ادامه، تیم FMEA پس از کسب آگاهی و آمادگی لازم در خصوص محدوده، روش و اهداف این تجزیه و تحلیل، اقدام به تشکیل جلسات اصلی نمود. این جلسات حداقل با ۳ نفر از اعضاء تشکیل شدند. در مرحله اول تجزیه و تحلیل، یعنی شناسایی و ارزیابی حالات بالقوه

جدول ۱- نمونه کاربرد تکمیل شده FMEA : جزء MOV's (شیرهای موتوری)

| نتایج اقدامات | | | | اقدامات پیشنهادی | RPN | کنش | کنترل‌های موجود در پروسه - پیشگیری - کشف | توجه | علل / مکانیسم بالقوه شکست | توجه | اثرات شکست | حالات بالقوه شکست | عملکرد |
|---------------|-----|------|-----|---|-----|-----|---|------|---|------|--|---|--|
| RPN | کشف | توقع | شدت | | | | | | | | | | |
| ۷۲ | ۴ | ۳ | ۶ | - بازرسی منظم و دوره‌ای تجهیزات اعلام و اطفاء حریق - آموزش و توجه اپراتورها - روغن کاری منظم دیسک‌بر - بازرسی منظم و دوره‌ای رینگ‌ها آب‌بندی | ۱۷۵ | ۵ | - تعمیر و نگه‌داری منظم و دوره‌ای (PM) ای - تجهیزات اعلام و اطفاء حریق | ۵ | - تراز نبودن موتور - بازرسی ناکافی - اتمام عمر - سوراخ شدن پیچ و مهره پوشش در اثر فرسودگی و خوردگی | ۷ | - نقص در ایزوله کردن - تسلسل‌خرابی (اثر دومینو) - نشتی - مواجهه پرسنل با محتویات - آتش‌سوزی - انفجار | - گریپاژ دیسک بر (Thrust Disc) - سایدگی فلنج - لقی رینگ آب‌بندی | ایزوله کردن خط انتقال LPG ورودی به مخزن در شرایط اضطراری |

مربوطه ETBA که برگرفته از استاندارد MIL-STD-882B می‌باشد تکمیل نمودند که نمونه تکمیل شده این کاربرد در جدول ۲ آمده است. در مجموع، ۲۴ کاربرد تکمیل و ۳۰ نوع خطر شناسایی و تجزیه و تحلیل شدند و حفاظت‌های موجود در سیستم و اقدامات کنترلی برای هر یک از مخاطرات نیز تعیین گردید.

یافته‌ها

پس از تکمیل کاربرگ‌های PFMEA در مرحله اول تجزیه و تحلیل، ۲۹ حالت بالقوه شکست شناسایی شدند. سپس حالات شکست شناسایی شده براساس مقادیر RPN^۱ به ترتیب اولویت‌بندی شدند. بیشترین RPN برابر ۲۹۴ و کم‌ترین آن ۴۸ به دست آمد. در واقع محدوده RPN به دست آمده در فاصله ۲۹۴-۴۸ می‌باشد. مقادیر شکست غیرقابل قبول $RPN \geq 100$ در جدول ۳ آمده است (۹).

افتادن زودرس، به کار افتادن تأخیری، ورودی غلط، خروجی غلط، از دست دادن ورودی، از دست دادن خروجی، اتصال کوتاه الکتریسیته، الکتریسیته باز، نشت الکتریسیته، جریان محدود، به کار اندازی غلط، خوردگی و سایر موارد می‌باشد.

اما برای مرحله دوم تجزیه و تحلیل، یعنی انجام ETBA و شناسایی انرژی‌هایی که می‌توانند به رخدادهای نامطلوب و عملکردهای بد اجزاء منجر شوند، در مجموع ۸ جلسه ۱/۵ ساعتی تشکیل گردید و به طور متوسط ۱۲ ساعت (۴۸ نفر ساعت) زمان صرف شد. در این مرحله برای کمک به شناسایی انرژی‌های احتمالی موجود در سیستم از چک‌لیست کامل انرژی‌ها استفاده شد.

در ابتدا اعضای تیم، انرژی‌ها و مخاطرات موجود در سیستم و موانع موجود را بررسی و در کاربرگ‌های

جدول ۲- نمونه تکمیل شده کاربرد ETBA

| تاریخ: ۸۵/۴/۱۷ | | کد یا سیستم مورد بررسی: Gate Valve | | | | | |
|----------------|-----------|--|---------------------------|---|----------|--|--------------------|
| ردیف | نوع اثرژی | توصیف ریسک | اهداف بالقوه در معرض تماس | حفاظ های موجود در مسیر جریان اثرژی | سطح ریسک | اقدامات کنترلی پیشنهادی | سطح ریسک کنترل شده |
| ۱ | ۴-۷ | ریسک باز شدن ناخواسته Gate Valve در روی جریان پایین دستی FV-81599 که باعث افزایش سطح در مخزن می شود. | محصول | LI-81505B/C/D LAL LAHH LSHH-81504B/C/D | 3B | ۴ اینترلاک باید فعال باشند. | 3C |
| ۲ | ۲-۷ | ریسک باز شدن ناخواسته Gate Valve بر روی خط مکش پمپ (P-8102A/B) که باعث کاهش سطح در مخزن و آسیب و خرابی پمپ می شود. | محصول تجهیزات | LI-81505B/C/D LAL LALL LSLL-81504B/C/D برای متوقف کردن پمپ فعال خواهد شد. دستورالعمل عملیاتی نمونه برداری (SP.B-81502) | 3B | در موارد وجود محصول Offspec در مخزن، اپراتور باید بر حسب گذاری انجام دهد تا محصول Offspec مشخص باشد. | 3C |

جدول ۳- فهرست حالات بالقوه شکست غیر قابل قبول ($RPN \geq 100$) در مخزن کروی LPG

| مقدار RPN | حالات بالقوه شکست | جزء |
|-----------|--|-----------------|
| ۱۲۰ | عمل نکردن | Level Indicator |
| ۲۱۶ | باز ماندن و باز شدن | Drain Valve |
| ۱۷۵ | گریپاژ- ساییدگی- لقی | MOV |
| ۱۲۰ | باز نشدن یا باز ماندن ناخواسته | Pressure Valve |
| ۱۸۰ | بسته نشدن یا بسته ماندن | Pressure Valve |
| ۱۰۵ | از کار افتادن- نمایش غلط دما | ترموستات |
| ۱۴۴ | خوردگی- هرز شدن | Level Switch |
| ۱۰۰ | بسته ماندن | Block Valve |
| ۱۴۴ | از کار افتادن | Pump-8102A/B |
| ۱۳۵ | نشست یا باز ماندن | PSV |
| ۲۹۴ | نقص در عملکرد- مسدود شدن | کمپرسور |
| ۱۲۸ | باز شدن ناخواسته بر روی جریان پایین دستی | Gate Valve |
| ۱۹۲ | باز شدن ناخواسته بر روی خط مکش پمپ | Gate Valve |
| ۱۲۰ | باز و بسته شدن ناخواسته | Globe Valve |

در مطالعه ETBA در کل ۳۰ جزء مورد بررسی قرار گرفت و خطر هر مورد به صورت کیفی محاسبه گردید، که در مجموع ۱۰ مورد از مخاطرات شناسایی شده غیرقابل قبول، ۷ مورد خطر نامطلوب و ۸ مورد نیز خطر قابل قبول با نیاز به تجدیدنظر و ۵ مورد خطر قابل قبول بدون نیاز به تجدیدنظر به دست آمد. در جدول ۴ مخاطرات غیرقابل قبول و نامطلوب آمده است.

خطر کاهش و افزایش سطح در مخزن و باز شدن تصادفی شیر زهکشی (Drain Valve)، خطر عمل نکردن PSV، خطر الکتریسیته ساکن و خطر شعله‌های باز، غیرقابل قبول‌ترین مخاطرات بودند، که مطالعات ۲۴۲

نقص در عملکرد کمپرسور X-1501 و Drain Valve بیشترین نمره RPN را به خود اختصاص داده‌اند که در عمل نیز چنین می‌باشد، چرا که از کار افتادن کمپرسور موجب توقف عملیات به مدت طولانی و نقص در Drain Valve می‌تواند منجر به حوادث و انفجارهای جبران‌ناپذیری گردد. مطالعه حوادث گذشته از جمله فی‌زین فرانسه نیز این امر را اثبات کرده و بر حیاتی بودن عملکرد این شیر تأکید می‌کند.

در بسیاری از موارد، باز شدن خارج از کنترل این شیر باعث سوختگی شدید اپراتور به دلیل برودت خیلی پایین LPG شده است.

جدول ۴- فهرست ریسک‌های غیر قابل قبول و نامطلوب شناسایی شده به روش ETBA در مخزن LPG

| تفسیر | سطح ریسک | نوع ریسک |
|--------------------|----------|--------------------------------------|
| ریسک غیر قابل قبول | 2B | ریسک پر شدن بیش از حد مخزن |
| ریسک غیر قابل قبول | 2B | ریسک کاهش بیش از حد سطح در مخزن |
| ریسک غیر قابل قبول | 2B | ریسک باز ماندن شیر زهکشی Drain Valve |
| ریسک نامطلوب | 1D | ریسک خرابکاری عمدی (Sabotage) |
| ریسک غیر قابل قبول | 1B | ریسک‌های طبیعی |
| ریسک غیر قابل قبول | 2A | ریسک عمل نکردن PSV |
| ریسک غیر قابل قبول | 3A | ریسک Trip پمپ |
| ریسک نامطلوب | 1D | ریسک BLEVE مخزن |
| ریسک نامطلوب | 3C | ریسک خوردگی |
| ریسک نامطلوب | 3B | ریسک باز شدن ناخواسته Gate Valve |
| ریسک نامطلوب | 3B | ریسک باز شدن ناخواسته Gate Valve پمپ |
| ریسک غیر قابل قبول | 2B | ریسک ایجاد الکتریسیته ساکن |
| ریسک غیر قابل قبول | 2B | ریسک شعله باز |
| ریسک نامطلوب | 3B | ریسک از کار افتادن LI |
| ریسک نامطلوب | 2C | ریسک باز ماندن یا باز شدن PCV |
| ریسک غیر قابل قبول | 2A | ریسک افزایش بیش از حد دمای LPG |
| ریسک غیر قابل قبول | 1C | ریسک ایجاد حریق در مخزن |

می‌باشد به طوری که حساسیت RPN را نسبت به نوع فرایند و حتی خرابی به طور چشم‌گیری کاهش داده است. برای مثال، در دو حالت خرابی مختلف که رتبه‌های شدت خرابی، احتمال وقوع و میزان ردیابی آن‌ها به ترتیب ۳، ۲، ۲ و ۳، ۱، ۴ باشد، RPN=12 است، در حالی که میزان خطر آن دو لزوماً یکسان نیست. از جمله محدودیت‌های دیگر این روش می‌توان به نادیده گرفتن خطای انسانی و هم‌چنین نبود استاندارد واحد برای تعیین رتبه‌بندی شدت، احتمال وقوع و میزان ردیابی در محاسبه RPN اشاره کرد. در مطالعات گذشته نیز غالباً از روش‌های پیچیده و جزءگرایانه مانند FTA و FMEA استفاده شده است که در نگاه اولیه متوجه می‌شویم که مخاطرات کلان از جمله خطر شرایط طبیعی، محیطی و یک‌پارچگی قطعات^۱ نادیده گرفته شده است. در صورتی که طبق مطالعه انجام‌شده توسط مؤلف در زمینه حوادث مخازن جهان در ۴۰ سال گذشته، حوادث فراوانی به علل مذکور رخ داده است که صاعقه و زمین‌لرزه به تنهایی ۳۳ درصد حوادث مخازن جهان را شامل می‌شوند (۱۰ و ۱۱). مطالعات نشان می‌دهد که در صورت لحاظ کردن استانداردهای مهندسی در طراحی، ساخت و ساز، نگهداری، عملیات و مدیریت ایمنی، بیشتر این حوادث قابل اجتناب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به طبیعت و مخاطرات مخازن LPG، روش ETBA برای به‌دست‌آوردن دید جامعی از انرژی‌های موجود در سیستم بسیار مفید است و مسیر تحقیق را

حادثه مخازن مواد شیمیایی در ۴۰ سال اخیر توسط مؤلف نیز مؤید این مطلب می‌باشد.

بحث

با به‌کارگیری روش FMEA با دیدگاه فرایندی، تحلیل عملیات و ساختار نسبتاً پیچیده مخزن کروی LPG به انجام رسیده و حالات شکست و مخاطرات آن‌ها نیز شناسایی شدند و پیشنهادات اصلاحی و فنی نیز برای کاهش مخاطرات ارائه گردید. در این مطالعه مخاطراتی با RPN بالای ۱۰۰ بر اساس شرایط مطالعه، مطالعات مشابه و تصمیم تیم کارشناسی، خطر غیرقابل قبول فرض شده و اقدامات اصلاحی مورد توجه قرار گرفت. بررسی مخاطرات این اجزا توسط روش ETBA به دلیل پیچیدگی خاص اجزای مخزن و عملکرد آن‌ها اگر نه غیر ممکن، دست کم بسیار وقت‌گیر و مشکل است.

در مقابل روش FMEA دارای محدودیت‌هایی به شرح ذیل می‌باشد:

- دخالت دادن کلیه عوامل ممکن تأثیرگذار بر محصول یا فرایند از قبیل خطاهای انسانی و تأثیرات محیطی می‌تواند تجزیه و تحلیل را طولانی کرده، لذا نیازمند داشتن دانش کامل از خصوصیات و عملکرد اجزاء مختلف سیستم است.

- حصول موفقیت کامل در این روش مستلزم دانش

خوب فردی، تجربه و مهارت‌های خوب تیمی است.

- می‌تواند هزینه‌بر و زمان‌بر باشد.

از نقص‌های مهم RPN، نادیده گرفتن اهمیت نسبی رتبه‌های شدت، احتمال وقوع و قابلیت ردیابی مخاطرات

روش به‌عنوان بررسی اولیه و یا در کنار سایر روش‌های پیچیده جزءنگر مانند FTA و FMEA استفاده شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از اساتید ارجمند، جناب آقای دکتر مرتضوی و دکتر خوانین که در انجام این تحقیق مرا راهنمایی و مشاوره نمودند و همچنین از مدیرعامل و تیم مهندسی شرکت پتروشیمی برزویه (محل انجام مطالعه) کمال تشکر و قدردانی را دارم.

برای جستجوی مخاطرات و ریسک‌هایی که به واکاوی بیشتر نیاز دارند، سازماندهی می‌کند.

ETBA دارای یک روش منظم اجرا، جامعیت داشتن و سازگاری با دیگر روش‌های ایمنی سیستم‌ها می‌باشد و در زمینه بررسی و انتخاب گزینه مناسب کنترل خطر بسیار کارآمد می‌باشد.

بنابراین روش ETBA برای بررسی ایمنی سیستم از دیدگاه کلان و جامع به کار رفته و توصیه می‌شود قبل از بررسی ایمنی سیستم‌های پیچیده و عملکردی، از این

Abstract:***LPG Storage Spheres Risk Assessment with FMEA and ETBA
Methods***

Nejadali, H.¹; Mortazavi, S.B.²; Khavanin, A.³

1. MSPH. Department of Occupational Health, School of Medical Science Tarbiat Modares University

2. Ph.D. Associate Professor of Occupational Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University

3. Ph.D. Assistant Professor of Occupational Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University

Introduction: Everyone who wants to analyze the safety needs to choose one method among all available ways. This study was carried out to identify energies and barriers in LPG storage spheres in a petrochemical complex using ETBA method. It also examines the quantitative evaluation of failure modes and their effects as well as evaluation of effect of FMEA and comparing the results plus the identification of the advantage and disadvantages of the two methods.

Materials and Methods: Using an expert team and by ETBA's worksheets, we tried to identify process energies and risks in accordance with MIL-STD-882 standards. Failure modes, different components and the quantified effects of failure as well as their severity score, occurrence and detectability, and advantage and disadvantage of these methods were assessed.

Results: In ETBA study, a total of 30 elements were examined. Each of the elements was qualitatively evaluated. Our results show that there was 10 unacceptable risks, 7 were undesirable, 8 were acceptable but need ed to be reviewed and 5 acceptable with no need to review. In studying of FMEA, 29 potentially failure modes were identified.

Conclusion: A comprehensive approach for safty assessment such as ETBA is recommended before any risk analysis for the complicated systems either as primary assessment or along with any other type of complicated methods.

Key words: Safety, , LPG tank , failure modes and effects Analysis, Energy Trace and Barriers Analysis

منابع

1. National Fire Prevention Association. Standard for the storage and handling of liquefied petroleum gases. Quincy, MA, USA: NFPA; 1999, PP. 3-2014
2. American Institute of Chemical Engineers. Guidelines for storage and handling of high toxic hazard materials center for chemical process safety. New York: AIChE; 1998
3. Society of Automobile Engineers. Recommended failure modes and effects analysis (FMEA) practices for non-automobile application. SAE, J1739; 2001
4. SAE. Potential failure mode and effects analysis in design (design FMEA), potential failure mode and effects in manufacturing and assembly processes (process FMEA), and potential failure mode and effects analysis for machinery (machinery FMEA); SAE, J1746; 2002
5. Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis. Department of Defense, MIL-STD-1629A, USA. 2005, P.114
6. Lars Harma R. Safety analysis. 2nd ed. UK: Taylor & Francis; 2001, PP.59-62
۷. آذربیزین رامین. ارزیابی ایمنی سیستم ریکاوری بویلر در کارخانه چوب و کاغذ ایران با روش FMEA و ارائه راه-حلهای مناسب. پایان نامه فوق لیسانس بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی دانشگاه تربیت مدرس؛ سال ۱۳۷۹
8. Potential failure mode and effects analysis (FMEA) reference manual. Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2001
9. Lars Harms R. Safety analysis. UK: Taylor & Francis; 2003, PP. 170-81
10. CESH, Major accident database center of environmental, safety and health research. Hsinchu, Taiwan: ROC Industrial Technology Research Institute; 2003, P. 302
11. USEPA. Catastrophic failure of storage tanks. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 1997, PP. 211-20