مقاله اصلی
(Original Article)

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
p-ISSN: 2345-2455 e-ISSN: 2383 -1901
دوره ۲. شماره ۲. تابستان۱۳۹۳، صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۲

ارزیابی لایه‌های حفاظتی مستقل برج‌های شیرین سازی گاز در دو پالایشگاه گاز

محمد جواد جعفری [۱]، علیرضا عسکریان [۲*]، لیلا امیدی [۳]، محمد رضا میری لواسانی [۲]، لعبت تقوی [۲]، علیرضا عاشوری [۴]

۱- دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲- دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.
۳- دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۴- مجتمع گاز پارس جنوبی، بوشهر، ایران.

چکیده

سابقه وهدف: صنایع فرایندی ملزم به ارائه و حفظ محیط های کاری ایمن برای شاغلین، همسایگان و محیط زیست اطراف خود هستند. ایمنی از طریق طراحی ذاتاً ایمن، حفاظ های متعدد مانند تجهیزات ابزار دقیق، رویه ها و آموزش تأمین می گردد. تجزیه و تحلیل لایه های حفاظتی (LOPA) یک روش نیمه کمی است که می تواند به صورت مستقل برای ارزیابی لایه های حفاظتی استفاده شود. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی لایه‌های حفاظتی مستقل موجود در کنترل خطرات احتمالی در برج‌های شیرین سازی دو پالایشگاه گاز مختلف صورت پذیرفته است.

مواد و روش ها: در فرایند ارزیابی ریسک، مخاطرات موجود در واحد شیرین سازی در هر یک از پالایشگاه های گاز در چهار گره عملیاتی از طریق تکنیک HAZOP شناسایی و سپس سناریوی حوادث تعیین گردید. با استفاده از روش LOPA بر اساس علت - پیامد، سطح ریسک هر یک از سناریوها با در نظر گرفتن لایه‌های حفاظتی مشخص شد. در خاتمه، اطلاعات جمع آوری شده با استفاده از الگوی استاندارد LOPA و بسته نرم‌افزاری PHA-Pro6 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها: در هر دو پالایشگاه با وجود تفاوت در لایه‌های حفاظتی مستقل در برج‌های شیرین سازی، سطح ریسک در هر یک از سناریو های مشابه، یکسان می باشد. به کارگیری لایه های حفاظتی مستقل سبب کاهش احتمال وقوع سناریوها می گردد. سطح یکپارچگی ایمنی در تجهیزات کنترلی برابر SIL-۴ بود اما احتمال شکست در تقاضا (TPFD) Total Probability to Fail Demand در پالایشگاه دوم بیشتر است.

نتیجه گیری: نتایج مطالعه نشان داد که سطح یکپارچگی تجهیزات (SIL) برای هر دو برج جهت کنترل رویدادها یکسان بوده است در حالیکه لایه‌های حفاظتی در برج‌های شیرین سازی با یکدیگر متفاوت بودند. این پژوهش کاربرد روش LOPA را بر اساس نقش لایه‌های حفاظتی موجود در کنترل خطرات احتمالی و ارائه پیشنهادات لازم در قالب لایه‌های حفاظتی بیشتر تا کاهش خطرات به حد قابل قبول را نشان می دهد.

کلمات کلیدی: ارزیابی ریسک، سطح یکپارچگی، لایه های حفاظتی،HAZOP

مقدمه

پالایشگاه های گاز از نظر ایمنی اهمیت ویژه‌ای دارند. نتایج حوادث گذشته نشان داده است که بروز حوادث در این صنعت عموماً فاجعه بار بوده و خسارات جبران ناپذیر انسانی ، زیست محیطی و اقتصادی را به دنبال دارد (۱). در صنعت امروزی ، مبارزه ای مداوم میان بهبود عملکرد و سودآوری از یکسو و حفظ و بهبود

نویسنده مسئول مکاتبات: **Ara.hse20@gmail.com**

ایمنی از سوی دیگر وجود دارد. صنایع فرایندی نیازمند تأمین و حفظ و نگهداری شرایط ایمن در محیط کاری برای شاغلین خود، اطرافیان و محیط‌زیست هستند. در صنایع فرایندی سیستم‌های ابزار دقیق اغلب ریسک را در محدوده قابل‌قبول نگاه می‌دارند (۲). در این صنایع طیف گسترده ای از مواد قابل اشتعال و سمی وجود دارد که می‌تواند سلامت و ایمنی شاغلین را تحت تأثیر قرار داده و همچنین دارای اثرات نامطلوب بر جامعه باشد. کاهش ریسک به یک محدوده قابل‌تحمل یا قابل‌پذیرش نیازمند الزامات فنی و سازمانی است (۳). همان‌گونه که در استاندارد IEC 61511 تشریح شده است، آنالیز لایه‌های حفاظتی Layer of Protection Analysis (LOPA)یک روش نیمه کمی جهت آنالیز و ارزیابی ریسک است که می‌تواند در هر زمان از چرخه‌ی عمر فرایند مورداستفاده قرار گیرد، اما اغلب در مرحله طراحی یا زمانی که تغییراتی در فرایند یا سیستم ایمنی به وجود می آید بکار گرفته می‌شود (۴). آنالیز لایه های حفاظتی (LOPA)تنها یک ابزار ارزیابی ریسک یا خطر نبوده بلکه یک ابزار مهندسی است که اطمینان لازم را ایجاد می‌کند که ریسک به محدوده قابل‌پذیرش کاهش‌یافته است و سیستم در سطح ایمنی مطلوب در حال انجام وظایف خود است. این روش، یک روش منطقی و قابل دفاع است که اجازه شناسایی سریع و مقرون‌به‌صرفه ی لایه های حفاظتی مستقل Independent Protective Layers (IPLs)را فراهم می‌سازد تا از این طریق احتمال وقوع و پیامد حوادث خطرناک را کاهش دهد (۵). در این روش لایه‌های حفاظتی متفاوت به‌صورت جداگانه تجزیه‌وتحلیل شده و سطح یکپارچگی ایمنی Safety Integrity Level (SIL)هر یک از لایه‌ها در حین فعالیت در یک دوره زمانی، مشخص می‌گردد (۶). همچنین استانداردهای IEC 61508و IEC 61511، سطح یکپارچگی ایمنی را به‌عنوان ابزار سودمندی جهت سنجش قابلیت اطمینان سیستم های ابزار دقیق پیشنهاد نموده‌اند (۷ و ۸).

روش تجزیه‌وتحلیل لایه‌های حفاظتی در مطالعات مختلفی جهت ارزیابی ریسک سیستم‌ها به‌کاربرده شده است. نتایج مطالعه جعفری و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که افزودن لایه‌های حفاظتی مستقل به سیستم‌های فعال در واحد هیدروژن سبب کاهش نرخ رخداد حوادث و همچنین کاهش نرخ ریسک در این صنایع فرایندی می‌گردد (۹). همچنین نتیجه مطالعه تحلیل پیامد حوادث عمده و تعیین سطح یکپارچگی ایمنی فرایند در واحد آب‌ترش پالایشگاه گازی با استفاده از روش آنالیز لایه‌های حفاظتی (۱۳۹۰) نشان داد که در ۶۰٪ از موارد ارزیابی ریسک انجام‌شده بر اساس لایه های حفاظتی مستقل، سیستم دارای پایین ترین سطح یکپارچگی ایمنی بوده (سطح (SIL- 1) و نیازمند افزودن لایه‌های حفاظتی مستقل بیشتری است (۱۰). نتایج مطالعه تعیین سطح یکپارچگی ایمنی در واحد تولید هیدروژن با استفاده از روش تجزیه وتحلیل لایه‌های حفاظتی توسط جعفری و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که روش تجزیه‌وتحلیل لایه‌های حفاظتی در صنایعی با سطح متوسط ازنظر ایمنی قابل‌اجرا بوده و اجرای فن نیازمند تجارب کارشناسانه و گروه تخصصی است (۱۱).

با توجه به اینکه صنایع نفت و گاز دارای مخاطرات متعددی مانند اشتعال و انفجار بوده و این مخاطرات می‌توانند پیامدهای فاجعه‌بار و جبران‌ناپذیری را به دنبال داشته باشند، مطالعه حاضر باهدف ارزیابی نیمه کمی ریسک به روش آنالیز لایه‌های حفاظتی به‌صورت مقایسه‌ای در واحد شیرین سازی دو پالایشگاه گاز کشور صورت پذیرفته است.

روش بررسی

این مطالعه مقطعی- کاربردی در واحد شیرین سازی دو پالایشگاه گاز (فاز ۱ و فازهای ۲ و ۳) واقع در منطقه پارس جنوبی انجام شد. وظیفه واحد شیرین سازی گاز، جداسازی H_2Sو CO_2از ورودی است. کارکرد عملیاتی دو واحد شیرین سازی مشابه هم بوده و تنها

تفاوت در نام واحدها است. مطالعه در دو بخش کلی انجام شد. بخش اول شامل شناسایی مخاطرات موجود در واحد شیرین سازی گاز دو پالایشگاه بود. بخش دوم شامل ارزیابی ریسک توسط روش ارزیابی لایه های حفاظتی بود.

شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک

برای شناسایی مخاطرات موجود و تعیین سناریوهای حوادث در واحد شیرین سازی دو پالایشگاه گاز، تیمی متشکل از افراد متخصص ازجمله مدیر واحد ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (سرپرست گروه)، مهندس کنترل فرایند، مهندس ابزار دقیق، مهندس مکانیک، مدیر واحد مهندسی فاز، مهندس تأسیسات و مهندس شیمی تشکیل گردید. در صنایع شیمیایی برای شناسایی مخاطرات از روش HAZOP استفاده می‌شود. فن What ifنیز مانند روش HAZOP برای ارزیابی انحرافات فرایند از حدود طراحی‌شده و شناسایی مخاطرات احتمالی کاربرد دارد و لذا اطلاعات موردنیاز برای اجرای هر دو روش یکسان است (۱۲). در مطالعه حاضر برای شناسایی مخاطرات از هر دو روش به‌صورت مکمل استفاده گردید تا از خروجی هر دو مطالعه کیفی برای ارزیابی ریسک به روش LOPA استفاده گردد (۱۰). در مطالعه حاضر با استفاده از روش What If، مخاطرات شناسایی‌شده و اطلاعات حاصل از آن با استفاده از دستورالعمل استاندارد HAZID به صورت اطلاعات ورودی به روش HAZOP مورداستفاده قرار گرفت. فن LOPAمعمولاً پس از به کارگیری روش HAZOP به‌عنوان ابزار ارزیابی مخاطرات بکار می‌رود (۶). گروه متخصص هر پالایشگاه، بر اساس دیاگرام فرایند و رویکرد موجود درروش شناسایی خطر، واحد شیرین سازی هر پالایشگاه را به ۴ گره عملیاتی تقسیم کردند. بر اساس مخاطرات موجود، برای هر گره موردمطالعه یک سناریو تعریف و سپس شدت و تکرار سناریوها موردبررسی قرارگرفته و مخاطرات شناسایی‌شده در کار برگ‌های مرتبط ثبت گردید (۱۱ و ۱۳). جدول ۱، ماتریکس ریسک مورداستفاده جهت تعیین شدت و احتمال وقوع سناریوها را نشان می‌دهد. این جدول بر اساس ماتریکس ارزیابی ریسک شرکت Shellکه در پالایشگاه‌های گاز از آن استفاده می شود، می‌باشد (۱۴). بر پایه نتایج شناسایی خطر HAZOP، در هر دو برج، چهار خطر از گره‌های ۲، ۳ و ۴ با سطح ریسک E و D انتخاب و سناریوی مربوط به هر یک تعیین گردید. آن دسته از سناریوها که محتمل‌تر بوده و به‌نوعی سایر سناریوها را تحت پوشش خود قرار می‌دادند، انتخاب شدند. درواقع هدف از این مرحله کاهش تعداد سناریوها به حدی بود که مطالعات مربوط به آن قابل مدیریت باشد اما در همین حال از هیچ یک از سناریوهای محتمل صرف‌نظر نشود.

جدول ۱. ماتریکس ریسک مورد استفاده در مطالعه

	نرخ احتمال				
	غیر محتمل (۱)	خیلی کم (۲)	گاه به گاه (۳)	محتمل(۴)	مکرر (۵)
کم (۱)	A	A	B	B	C
متوسط (۲)	A	B	C	C	C
زیاد (۳)	B	C	C	D	D
بزرگ (۴)	B	C	D	D	E
فاجعه بار (۵)	C	C	D	E	E
	A	B	C	D	E
	خیلی پایین	پایین	متوسط	بالا	خیلی بالا

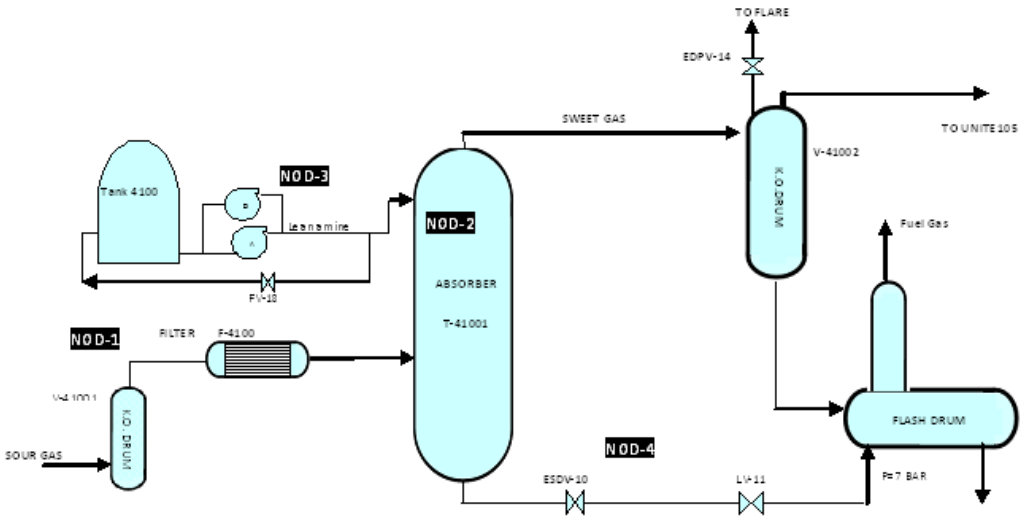
به طور کلی در پالایشگاه اول چهار سناریو و در پالایشگاه دوم نیز چهار سناریو با مخاطرات مشابه مشخص گردید. برای هر سناریو، تحلیل علل ریشه ای و ارزیابی پیامد انجام و مقدار تکرار پذیری و سطح ریسک تعیین شد. در ادامه با استفاده از روش آنالیز لایه های حفاظتی (LOPA)، سطح ریسک هر یک از سناریو ها مشخص گردید. این کار با اعمال لایه‌های حفاظتی، سطح یکپارچگی ایمنی و احتمال شکست در تقاضا تعیین گردید (۱۲). جدول۲ سطوح یکپارچگی ایمنی و احتمال شکست در تقاضای مرتبط با آن را نشان می دهد (۲). سطح بالاتر SILنشان دهنده ی سطوح ایمنی بیشتری است و سیستم در این حالت نیازمند افزودن لایه های حفاظتی مستقل بیشتر نیست.

جدول۲. سطح یکپارچگی ایمنی و احتمال شکست در تقاضا

احتمال نقص خطرناک به ازاء هر ساعت کار سیستم	احتمال شکست در تقاضا	سطح بندی یکپارچگی ایمنی
$\geq 10^{-9}\ to < 10^{-8}$	۰/۱ تا ۰/۰۱	۱
$\geq 10^{-8}\ to < 10^{-7}$	۰/۰۱ تا ۰/۰۰۱	۲
$\geq 10^{-7}\ to < 10^{-6}$	۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۰۱	۳
$\geq 10^{-6}\ to < 10^{-5}$	۰/۰۰۰۱ تا ۰/۰۰۰۰۱	٤

شکل ۱ گره های عملیاتی مورد بررسی در این مطالعه را نشان می دهد. کارکرد گره های همنام در هر دو برج، یکسان است. باید توجه داشت که در روش آنالیز لایه های حفاظتی (LOPA) برای هر سناریو یک علت و یک پیامد وجود دارد (۶).

نقطه شروع مطالعه آنالیز P&IDs (Piping & Instrumentation Diagram)بود و در خاتمه با استفاده از الگوی استاندارد تحلیل لایه‌های حفاظتی در بسته نرم‌افزاری PHA-Pro6داده‌های جمع‌آوری شده، تحلیل و بررسی شد.



شکل ۱. گره‌های عملیاتی شروع مطالعه آنالیز

یافته ها

نتایج حاصل از شناسایی مخاطرات به روش What if تفاوتی را در مخاطرات شناسایی شده در واحد شیرین‌سازی هر دو پالایشگاه نشان نداد. با استفاده از این روش ۱۴ خطر شناسایی گردید. با استفاده از خروجی روش What ifو کاربرد روش HAZOP، تعداد ۵۲ خطر شناسایی و سطح ریسک هر یک از مخاطرات موجود در فرایند با در نظر گرفتن تجهیزات کنترلی محاسبه گردید. جدول ۳ مخاطرات شناسایی شده و سطح ریسک هر یک از مخاطرات را نشان می دهد. بیشترین سطح ریسک محاسبه‌شده درروش HAZOP مربوط به سطح D بود که افزایش فشار و نشت گاز سمی و یا کاهش میزان فشار و نشت گاز سمی می‌باشد. نقص در عملکرد ولوها و ولوهای ایزوله با سطح ریسک Cدومین ریسک بااهمیت واحدها می‌باشد. کم ترین سطح ریسک محاسبه‌شده سطح Aبود که مربوط به جریان خط آمین سبک به سمت برج و یا گازترش ارسالی به سمت برج به دلیل اشتباه اپراتور است.

جدول ۳ . تعداد مخاطرات شناسایی شده به روش HAZOP و سطح ریسک در هر گره

		تعداد مخاطرات شناسایی شده بر اساس سطح ریسک				
		A	B	C	D	E
گره ۱	مسیر ورود گاز ترش	۱	٤	۲	۱	۰
گره ۲	برج جذب	۳	٦	۱۱	۲	۰
گره ۳	مسیر آمین سبک	۱	٥	۹	۰	۰
گره٤	مسیر آمین غنی	۰	۳	۳	۱	۰

نتایج شناسایی مخاطرات نشان داد که سطح ریسک در تمامی مخاطرات هر دو برج به‌جز سناریوی ۱ در گره ۴ یکسان است. ریسک سناریوی ۱ در گره ۴ یعنی جریان بیش‌ازحد آمین به سمت برج در هر دو پالایشگاه در سطح بالا به دست آمد (جدول ۴).

نتایج احتمال و شدت پیامد سناریوهای مربوط به مخاطرات در ارزیابی لایه‌های حفاظتی در هر دو پالایشگاه بدون در نظر گرفتن لایه‌های حفاظتی نشان داد که سناریوهای مربوط به نشت شدید گاز و همچنین جریان کم آمین به برج دارای احتمال وقوع بالا و شدت پیامد فاجعه‌بار است. بالا بودن عدد این دو منجر به سطح ریسک بسیار بالا یعنی Eشده است. جدول ۴ احتمال و شدت پیامد مربوط به سناریوهای مختلف را در هر پالایشگاه نشان می‌دهد. احتمال وقوع کلیه سناریوها مشابه هم و به‌صورت مکرر با فراوانی ۵ به دست آمد.

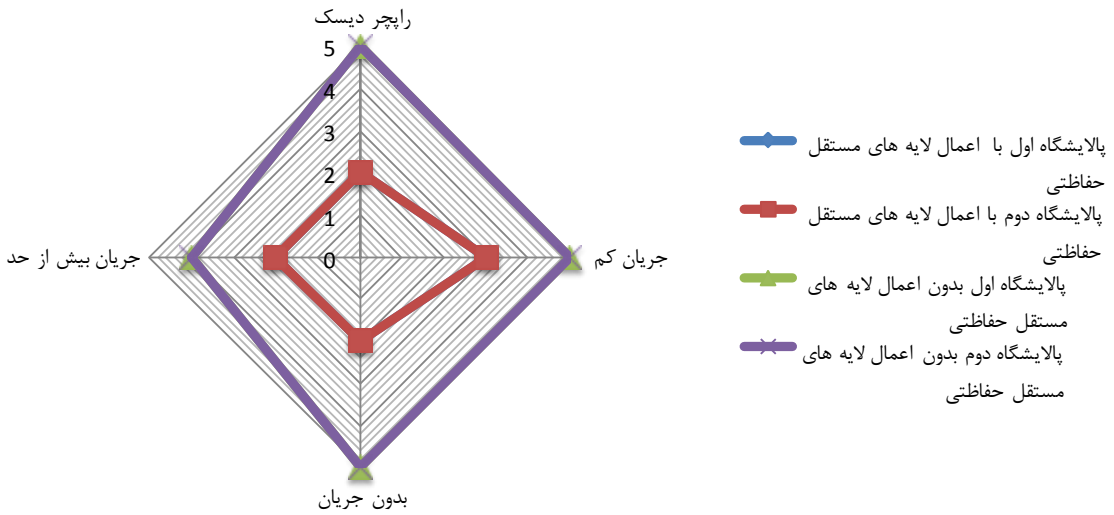
جدول ۴. احتمال وقوع، شدت پیامد و سطح ریسک سناریوها

پالایشگاه	گره	سناریو	کد	احتمال	شدت	ریسک
۱	۲	نشت شدید گاز	S ۱-۱-۱	۵	۵	E
	۳	جریان کم آمین به برج	S ۱-۲-۱	۵	۵	E
	۳	عدم جریان آمین به برج	S ۱-۲-۲	۵	٤	E
	٤	جریان بیش از حد آمین به برج	S ۱-۳-۱	۵	۳	D
۲	۲	نشت شدید گاز	S ۲-۱-۱	۵	۵	E
	۳	جریان کم آمین به برج	S ۲-۲-۱	۵	۵	E
	۳	عدم جریان آمین به برج	S ۲-۲-۲	۵	٤	E
	٤	جریان بیش از حد آمین به برج	S ۲-۳-۱	۵	۳	D

ارزیابی احتمال و شدت پیامد سناریو های هر دو پالایشگاه با اعمال لایه‌های حفاظتی مستقل (IPLs) نشان داد که در هر دو پالایشگاه با وجود تفاوت در لایه‌های حفاظتی مستقل در هر دو برج، سطح ریسک هر یک از سناریوهای مشابه در هر دو پالایشگاه یکسان می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که با اعمال لایه های مستقل حفاظتی سطح ریسک هر یک از سناریوها کاهش می یابد. جدول ۵ احتمال و شدت پیامد سناریوها و سطح یکپارچگی ایمنی هر دو پالایشگاه را با اعمال لایه‌های حفاظتی مستقل نشان می دهد. شکل ۲ نتایج مقایسه ارزیابی ریسک به روش LOPAرا با در نظر گرفتن و بدون در نظر گرفتن لایه های حفاظتی مستقل نشان می دهد. با توجه به شکل ۲، با اعمال لایه های مستقل حفاظتی شدت پیامد سناریوهای مورد مطالعه از سطح ۵ به ۲ کاهش یافته و در واقع سطح ایمنی سیستم ها افزایش یافته است.

جدول ۵. احتمال وقوع، شدت پیامد و سطح ریسک سناریوها پس از اعمال لایه های حفاظتی مستقل

پالایشگاه	گره	سناریو	کد	احتمال	شدت	ریسک	یکپارچگی
۱	۲	نشت شدید گاز	S ۱-۱-۱	۱	٤	B	٤
	۳	جریان کم آمین به برج	S ۱-۲-۱	۱	۵	C	٤
	۳	عدم جریان آمین به برج	S ۱-۲-۲	۱	٤	B	٤
	٤	جریان بیش از حد آمین به برج	S ۱-۳-۱	۱	۳	B	۲
۲	۲	نشت شدید گاز	S ۲-۱-۱	۱	٤	B	٤
	۳	جریان کم آمین به برج	S ۲-۲-۱	۱	۵	C	٤
	۳	عدم جریان آمین به برج	S ۲-۲-۲	۱	٤	B	٤
	٤	جریان بیش از حد آمین به برج	S ۲-۳-۱	۱	۳	B	۲



شکل ۲. مقایسه سطح ریسک سناریوهای هر دو پالایشگاه با اعمال و بدون اعمال لایه‌های حفاظتی

بحث

در واحد شیرین سازی گاز در پالایشگاه اول (S 1-1-1) و دوم (S 2-1-1)سناریوی نشت شدید گاز (گره ۲) بدون در نظر گرفتن لایه‌های حفاظتی مستقل دارای بیشترین نرخ احتمال (مکرر) و شدیدترین پیامد ممکن (فاجعه‌بار) می‌باشد، اما همین سناریو با در نظر گرفتن لایه‌های حفاظتی مستقل باوجود پیامد شدید (بزرگ) دارای احتمال وقوع پایین (غیرمحتمل) بوده و سطح ریسک آن با موردنظر قرار دادن الزامات سازمانی و فنی به حالت قابل‌قبول کاهش‌یافته می‌یابد. درواقع قرار دادن لایه‌های حفاظتی مستقل سبب کاهش احتمال وقوع و شدت پیامد حوادث گردیده است.

نتایج مطالعه جعفری و همکاران نیز نشان داد که اعمال لایه‌های حفاظتی مستقل سبب کاهش احتمال وقوع حوادث (P-Value= ۰/۰۰۰۰۰۰۵) می‌گردد (۹).

در ارزیابی LOPA، سطح یکپارچگی ایمنی مصاحبه شده در این سناریو ۴ (SIL - 4)و احتمال شکست در تقاضای کل (TPFD) نیز ۰/۰۰۰۱می‌باشد. بدین معنی که بیشترین لایه‌های حفاظتی مستقل ممکن برای این سناریو در نظر گرفته‌شده است و عملکرد ایمنی تجهیزات سطح قابل‌پذیرشی از ریسک را به وجود آورده است. مطالعه Ouazraouiو همکاران در سال ۲۰۱۳ نشان داد که بهبود سطح یکپارچگی ایمنی از طریق اعمال لایه‌های حفاظتی مستقل سبب کاهش احتمال رخداد و پیامد حوادث می‌گردد (۳). در گره ۳ در هر دو پالایشگاه سناریوی جریان کم آمین به سمت برج شیرین سازی، باوجود کاهش احتمال وقوع پس از در نظر گرفتن لایه‌های حفاظتی مستقل بازهم دارای شدت پیامد بالا بوده و ریسک کاهش‌یافته با اعمال لایه های حفاظتی مستقل دارای سطح ریسک متوسط و نامطلوب می‌باشد. بنابراین، نیاز به اعمال کنترل‌های مدیریتی و مهندسی برای کاهش ریسک در محدوده قابل پذیرش است. در ارزیابی LOPA، سطح یکپارچگی ایمنی محاسبه‌شده در هر دو پالایشگاه SIL4 بوده اما احتمال شکست در تقاضای کل (TPFD) با در نظر گرفتن کلیه لایه‌های حفاظتی برای این سناریو در پالایشگاه اول از قبیل شیرهای اطمینان، عملکرد اپراتور و تجهیزات ابزار دقیق برابر با ۱×۱۰^{-۷} می‌باشد که نشان از احتمال شکست در تقاضای کل پایین برای سیستم بوده و سیستم باقابلیت اطمینان بالا در حال فعالیت می‌باشد و احتمال نقص خطرناک به ازای هر ساعت فعالیت در سیستم نیز در کم‌ترین مقدار خود قرار دارد. در پالایشگاه دوم احتمال شکست در تقاضای کل این سناریو (TPFD)با در نظر گرفتن لایه های حفاظتی

مستقل مانند check valvesدارای نرخ ۱×۱۰^{-۶} می‌باشد. مقایسه نرخ TPFDدر این سناریو نشان داد که پالایشگاه اول برای کارکرد سیستم در قابلیت اطمینان بالاتر، در مسیر آمین سبک به سمت برج جذب دو شیر اطمینان (Check Valve)جهت کنترل جریان قرار داده است درصورتی‌که در پالایشگاه دوم در همین مسیر تنها یک شیر اطمینان (Check Valve) قرار داده شده است. با این وجود سطح یکپارچگی تجهیزات در هر دو پالایشگاه یکسان می‌باشد. نتایج مطالعه Bergدر سال ۲۰۰۷ در صنایع فرایندی نشان داد که احتمال شکست در تقاضا در صنعت فرایندی موردمطالعه برای شیرهای اطمینان و تجهیزات کنترلی ابتدایی برابر با ۱×۱۰^{-۲} بوده و این صنعت نیازمند افزودن لایه‌های حفاظتی مستقل بیشتری جهت افزایش سطح یکپارچگی ایمنی و کاهش نرخ احتمال شکست در تقاضا می‌باشد (۲). مقایسه نرخ احتمال شکست در تقاضا در مطالعه حاضر و مطالعه Bergحاکی از سطح یکپارچگی ایمنی بالاتر در لایه‌های حفاظتی مستقل در مطالعه حاضر است. همچنین در همین گره، شدت پیامد و احتمال وقوع سناریوی عدم جریان آمین به سمت برج در هر دو پالایشگاه پس از اعمال لایه های حفاظتی مستقل کاهش‌یافته است. در ارزیابی LOPA، ارزیابی سطح یکپارچگی ایمنی سیستم نشان داد که این سناریو با SIL4در هر دو پالایشگاه دارای لایه های حفاظتی مستقل متناسب با نوع مخاطرات بوده و تعبیه مسیرهای کنارگذر و وجود زنگ خطرهای کافی جهت هشدار عدم جریان ورودی به برج سبب بهبود سطح یکپارچگی ایمنی این سیستم شده است و سیستم باقابلیت اطمینان بالا در حال فعالیت می‌باشد. در گره چهارم، سناریوی جریان بیش‌ازحد آمین به برج دارای احتمال وقوع مکرر بوده که پس از اعمال لایه های حفاظتی مستقل، احتمال وقوع به حداقل میزان خود (غیرمحتمل) کاهش‌یافته است.

در ارزیابی LOPA، سطح یکپارچگی ایمنی سیستم پس از در نظر گرفتن لایه‌های حفاظتی مستقل در هر دو پالایشگاه ۲ (SIL - 2)تعیین شد که نشان از ناکافی بودن سیستم‌های اعلام ارتفاع مواد در برج، ناکافی بودن شیرهای خودکار کاهنده جریان و ناکافی بودن سیستم‌های هشدار به اپراتور جهت کاهش یا قطع جریان بوده و سیستم نیازمند افزودن لایه‌های حفاظتی مستقل بیشتری است تا باقابلیت اطمینان بیشتر در طول زمان به فعالیت خود ادامه دهد.

نتایج مطالعه Beckmanدر سال ۱۹۹۸ نشان داد که بکار بردن افزونگی‌ها سبب بهبود سطح یکپارچگی ایمنی در SIL2و بالاتر می‌گردد (۱۵). طراحی زنگ خطرهای خاص جهت هشدار به اپراتور می‌تواند به‌عنوان یک‌لایه حفاظتی مستقل در کاهش ریسک این سناریو بکار رود (۱۶). ارزیابی لایه‌های حفاظتی مستقل (LOPA)در صنایع فرایندی ازجمله پالایشگاه‌های گاز روشی مؤثر برای تعیین سطح یکپارچگی ایمنی سیستم به‌خصوص در تجهیزات ابزار دقیق است. در صنایع فرایندی طراحی ایمن تجهیزات به‌عنوان یک اصل مهم می‌تواند نیازمندی سیستم به تجهیزات ابزار دقیق را کاهش و هزینه‌های نصب، تعمیر و نگهداری را به حداقل ممکن برساند.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه نشان داد که تکنیک LOPAروشی سودمند در ارزیابی کفایت لایه‌های حفاظتی مستقل بکار رفته در کاهش ریسک در برج‌های شیرین سازی گاز در دو پالایشگاه بوده است. سطح یکپارچگی تجهیزات (SIL)برای هر دو برج موردمطالعه جهت کنترل رویدادها یکسان بوده است درحالی‌که لایه های حفاظتی در برج‌های شیرین سازی با یکدیگر متفاوت بودند. این پژوهش کاربرد روش LOPAرا بر اساس نقش لایه‌های حفاظتی موجود در کنترل خطرات احتمالی و ارائه پیشنهادهای لازم در قالب لایه های حفاظتی بیشتر تا کاهش خطرات به حد قابل‌قبول را نشان می‌دهد.

REFERENCES

1. *Arendt JS, Lorenzo DK. Evaluating process safety in the chemical industry: A user's guide to quantitative risk analysis. 1nd ed. New York: American Institute of Chemical Engineers; 2009.*
2. *Berg AR. Applicability of Layer of Protection Analysis to determine Safety Integrity Levels in the Process Industry [Dissertation]. Department of Production and Quality Engineering:Norwegian University of Science and Technology; 2007.p.2.*
3. *Ouazraoui N, Nait-Said R, Bourareche M, Sellami I. Layers of protection analysis in the framework of possibility theory. Journal of hazardous materials. 2013;262:168-78.*
4. *Bridges W, Dowell III A, Gollin M, Greenfield W, Poulsen J, Turetzky W. Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment Center for Chemical Process Safety. AIChE, New York, NY. 2001.*
5. *Summers AE. Introduction to layers of protection analysis. Journal of Hazardous Materials. 2003; 104(1):163-8.*
6. *Dowell III AM. Layer of protection analysis for determining safety integrity level. Isa Transactions. 1998;37(3):155-65.*
7. *Bell R. Introduction to IEC 61508. Proceedings of the 10th Australian workshop on Safety critical systems and software - Volume 55; Sydney, Australia. 1151817: Australian Computer Society, Inc.; 2006. p. 3-12.*
8. *Lundteigen MA, Rausand M. Assessment of hardware safety integrity requirements. Reliability of Safety-Critical Systems: Proceedings of the 30th ESReDA Seminar; Trondheim, Norway: European Commission, Joint Research Centre; 2006. p. 185-98.*
9. *Jafari MJ, Lajevardi SS, Fam IM. Semi Quantitative Risk Assessment of a Hydrogen Production Unit. International Journal of Occupational Hygiene. 2013;5(3):101-8.*
10. *Habibi EA, Keshavarzi M, Yousefi HA, Hasanzadeh A. Outcome Analysis of Major Accidents and Determining the Safety Integrity Level of Processes in Sour Water Stripping Unit of Gas Refinery Using LOPA Technique. health system research .2011;7(3):301-14. (Full Text in persian)*
11. *Lajevardi SS, Jafari MJ, MohammadFam I. Determining Safety Integrity Level on a Hydrogen Production Unit with Application of the Layers of Protection Analysis Method. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention 2014;2(1):23-30.*
12. *Mohammad Fam A. Safety Engineering. 3nd ed. Hamedan: Fanavaran; 2005. p.21-40. (Text in persian)*

13. *Zarei E, Jafari MJ, Badri N. Risk Assessment of Vapor Cloud Explosions in a Hydrogen Production Facility with Consequence Modeling. Journal of research in health sciences. 2013; 13(2):181-7.*

14. *Hairulanuar. Incident Classification and Reporting. In: HSE Management System, editor. June 2003.p. 17-30.*

15. *Beckman L. Determining the required safety integrity level for your process. ISA transactions. 1998; 37(2):105-11.*

16. *Tauffer T, editor. Making the Most of Alarms as a Layer of Protection. Safety Control Systems Conference–IDC Technologies (May 2010).*

The Assessment of Independent Layers of Protection in Gas Sweetening Towers of Two Gas Refineries

Jafari M.J[1], Askarian A[2] *, Omidi L[3] , Miri Lavasani M.R[2], Taghavi L[2], Ashori A[4]

Abstract

Backgrounds and objective: Process industries are required to provide and maintain the working places safe for their workers, neighbors and environment. Safety may be provided through inherent safety design, providing several safeguards including instrumentation, applying proper procedures and training. Layer of protection analysis (LOPA) is a semi- quantitative technique. This technique has been used to analyze the protecting layers independently. This study was carried out to assess the independent layers of protection analysis in controlling the likely risks in sweetening gas units of two different gas purification plants.

Materials and Methods: In the risk assessment process, hazards were identified by HAZOP technique at four nodes in each gas refinery and the incident scenarios were determined then. By using LOPA technique based on cause & effect, the level of risk for each scenario was determined considering the protective layers. Finally, the collected data was analyzed using the LOPA standard method and PHA-Pro6 software.

Results: Despite the fact that the independent protection layers (IPLs) were different in each refinery sweetening towers, risk levels at different scenarios were similar. The application of Independent protection layers may decrease the likelihood of scenarios. The safety integrity level of control equipment was SIL-4 but total probability of failure on demand (TPFD) was higher in second gas refinery.

Conclusion: The results suggested that safety integrity level (SIL) were the same in both gas refinery sweetening towers while the protection layers were different. Results of research indicated that LOPA method can be used for controlling hazards based on layers of protection. Adding layers of protection to equipment are recommended to reduce the hazards to acceptable levels.

Keywords: Risk Assessment, Integrity Level, Layer of Protection, HAZOP

1- Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Environment and Energy, Science and Research Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran

3- Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- South Pars Gas Complex, Bushehr, Iran

*** Corresponding Author:** Ara.hse20@gmail.com